



Казанский федеральный  
УНИВЕРСИТЕТ



Хаертдинов Н.Н.  
Блохина А.С.  
Шайдуллов И.Ф.  
Королёва К.С.  
Ситдикова Г.Ф.

# нормальная физиология

вторая часть



**Казанский федеральный**  
УНИВЕРСИТЕТ

Н.Н. Хаертдинов, А.С. Блохина,  
И.Ф. Шайдуллов, К.С. Королёва,  
Г.Ф. Ситдикова

**ПРАКТИКУМ**  
**ПО НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ**  
**Часть II**

Учебно-методическое пособие

**Казань 2020**

**УДК 577.352**  
**612**  
**ББК 28.073**  
**X15**

*Печатается по решению методической комиссии  
Института фундаментальной медицины и биологии  
(протокол №5 от 5 марта 2020)  
Заседания кафедры физиологии человека и животных  
(протокол №8 от 5 марта 2020)*

### **Рецензенты**

*кандидат биологических наук,  
доцент кафедры физиологии человека и животных  
Казанского федерального университета*  
**Яковлев Алексей Валерьевич**

*кандидат медицинских наук,  
доцент кафедры нормальной физиологии  
Казанского государственного медицинского университета*  
**Телина Эвелина Николаевна**

**X15**      **Практикум по нормальной физиологии:** Учебно-методическое пособие. Часть II / Н.Н. Хаертдинов, А.С. Блохина, И.Ф. Шайдуллов, К.С. Королёва, Г.Ф. Ситдикова – Казань: КФУ, 2020. – 80 с.

В учебно-методическое пособие включены теоретические материалы и лабораторные работы по нормальной физиологии, включающие главы по разделам: физиология крови, сердечно-сосудистая система, дыхание, обмен веществ, эндокринология. Работы рассчитаны на самостоятельное выполнение студентами. Каждая лабораторная работа включает в себя методические указания и практические задачи. После выполнения работы студенты делают выводы на основании полученных в исследовании данных. Практикум предназначен для студентов-специалистов по медицинскому направлению при изучении курса «Нормальная физиология».

**© Казанский университет, 2020**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Глава 1. ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ .....</b>	<b>5</b>
1.1. Подсчет количества эритроцитов в крови.....	10
1.2. Определение количества гемоглобина в крови .....	11
1.3. Расчёт цветового показателя крови.....	12
1.4. Лейкоцитарная формула.....	14
1.5. Определение скорости оседания эритроцитов.....	15
1.6. Осмотическая устойчивость эритроцитов .....	15
1.7. Определение группы крови и резус-фактора.....	16
<b>Глава 2. СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА .....</b>	<b>19</b>
2.1. Метод изоляции сердца лягушки по Штраубу .....	23
2.2. Влияние физического и химического воздействия на работу изолированного препарата сердца.....	25
2.3. Анализ проводящей системы сердца (опыт Станиуса).....	27
2.4. Наблюдение кровообращения в капиллярах лягушки.....	28
2.5. Измерение артериального давления крови по методу Короткова .....	29
2.6. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы	30
2.7. Выслушивание тонов сердца .....	36
2.8. Электрокардиография.....	37
<b>Глава 3. ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ .....</b>	<b>43</b>
3.1. Определение дыхательных объемов.....	46
3.2. Исследование и оценка функционального состояния системы органов дыхания.....	48
3.3. Оценка функциональных резервов респираторной системы по пробе Серкина .....	51
3.4. Оценка вентиляции легких .....	53
<b>Глава 4. ПИЩЕВАРЕНИЕ.....</b>	<b>55</b>
4.1. Исследование ферментативных свойств слюны .....	56
4.2. Исследование ферментативного действия желудочного сока .....	58
4.3. Действие желчи на жиры.....	59
4.4. Гуморальная регуляция моторной функции кишечника .....	60

<b>Глава 5. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ .....</b>	<b>62</b>
5.1. Расчет основного обмена по таблицам .....	63
5.2. Вычисление отклонения основного обмена по формуле Рида.....	64
5.3. Оценка рациона питания.....	65
<b>Глава 6. ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИНОЙ СИСТЕМЫ.....</b>	<b>69</b>
6.1. Действие меланофорного гормона и адреналина на пигментные клетки лягушки.....	69
6.2. Сперматозоидная реакция Галли-Майнини.....	70
<b>ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРГАНИЗМА ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА.....</b>	<b>72</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>78</b>

## Глава 1. ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

**Кровь** – функциональная система, обеспечивающая доставку кислорода, питательных веществ и удаление продуктов метаболизма из клеток, тканей и интерстициальных пространств, а также осуществляющая защитную и гомеостатическую функции. Кровь и органы, в которых происходит образование клеток крови и их разрушение (костный мозг, лимфатические узлы, селезенка, вилочковая железа, печень) объединяются в единую систему кроветворных органов. Но нужно помнить, что название «кроветворные органы» в значительной мере условно, т. к. кроветворение в них, за исключением костного мозга, осуществляется в основном лишь во время внутриутробного развития, а после рождения интенсивность его быстро снижается. Ввиду тесной функциональной связи кроветворных органов и крови Г. Ф. Ланг (1939) предложил объединить их под общим понятием «система крови» под которой понимают упорядоченное взаимодействие клеток, органов и систем, участвующих в выполнении определенной функции, т. е. объединенных выполнением «общей цели». Как система, кровь не только саморегулирующаяся структура, но и сложный комплекс компонентов, включающихся в систему и выпадающих из нее по мере «запроса», исходящего из тканей и органов.

Кровь представляет собой жидкую соединительную ткань, состоящую из плазмы и форменных элементов. Общее количество крови у высших животных зависит от вида, пола, интенсивности метаболизма - чем интенсивнее протекает обмен, тем выше потребность в кислороде и больше крови у животного. В организме человека 4.5-6.0 л крови, или 6.5-7% от массы тела. Объем крови в организме - величина достаточно постоянная и тщательно регулируемая. В покое только 45-60% общего объема крови циркулирует по сосудистому руслу (циркулирующая кровь), 55-40% выключено из кровообращения и сосредоточено в кровяных депо (депонированная кровь). Функцию депо крови выполняют селезенка (депонирует 16% от всей массы крови), капиллярная система печени (20%), подкожная жировая клетчатка и капилляры кожи (10%), легкие (10%). При кровопотерях, усиленной мышечной работе и функциях, требующих напряжения, депонированная кровь

рефлекторно выбрасывается в кровяное русло, увеличивая массу циркулирующей ее части.

Функции крови многообразны:

- **Транспортная** – кровь переносит питательные вещества от органов пищеварения к тканям и клеткам и продукты обмена к органам выделения. Участвуя в дыхательных процессах, кровь переносит кислород от легких к тканям и двуокись углерода от тканей к легким. Переносит гормоны, другие биологически активные вещества, электролиты и метаболиты, кровь осуществляет гуморальную регуляцию деятельности органов и систем организма.
- **Терморегуляторная** – циркулируя в организме, кровь объединяет органы, в которых образуется тепло (печень, скелетные мышцы) с органами, его отдающими (кожа, легкие), поддерживая тем самым постоянство температуры тела.
- **Защитная** – предохраняет организм от действия микроорганизмов и их токсинов. Осуществляется за счет химических факторов (антител), фагоцитарной активности лейкоцитов и деятельности иммунокомпетентных клеток, ответственных за тканевый и клеточный иммунитет.
- **Регуляторная** – кровь объединяет все системы организма, обеспечивая его гуморальное единство, своим постоянством состава и свойств создает оптимальную среду для жизнедеятельности клеток и тканей.

Кровь состоит из форменных элементов крови и плазмы. Соотношение между плазмой и форменными элементами – гематокритное число (гематокрит) относительно постоянно. У человека объем плазмы составляет 55-60%, а клеток – 40-45% от общего объема крови. Гематокрит дает представление об общем объеме эритроцитов и характеризует степень гемоконцентрации – гидремии, т.е. содержание воды в крови. Состав и свойства плазмы. Плазма крови состоит из воды (90-92%) и сухих веществ (10-8%) – белков, минеральных элементов, углеводов, липидов, биологически активных соединений. Общее содержание белков составляет 7% объема плазмы (у взрослого человека 200-300 г), основные из них: альбумины – 4%, глобулины – 2-3%, фибриноген – 0.2-0.4%.

В состав плазмы входят небелковые азотсодержащие вещества (аммиак, мочевины, мочевая кислота, креатин, креатинин, аминокислоты и др.). Общее

их содержание составляет 30-40 мг%. В плазме крови содержатся и другие органические вещества, моль/л: глюкоза – 3.3-6.1, холестерол – 4.7-5.8, молочная кислота – 1.1-1.5; пировиноградная кислота – 0.14; липиды – 4.7-6.1. Неорганические вещества плазмы (или сыворотки) составляют 0.9-0.95% и представлены, моль/л:  $\text{Na}^+$  (142),  $\text{Ca}^{2+}$  (2.5),  $\text{K}^+$  (4.4),  $\text{Mg}^{2+}$  (0.9),  $\text{Cl}^-$  (103). Плазма содержит бикарбонаты – 24 ммоль/л при соотношении бикарбонат/угольная кислота 20:1; фосфаты – 1 ммоль/л при соотношении двузамещенного и однозамещенного фосфата натрия 4:1; сульфаты – 0.5 ммоль/л. Также содержит компоненты, концентрация которых изменяется: ферменты (например, липазу и амилазу), витамины, гормоны, растворимые продукты гидролиза пищевых веществ в желудочно-кишечном тракте, а также продукты, подлежащие экскреции.

**Форменные элементы крови.** Все форменные элементы крови – эритроциты, лейкоциты и тромбоциты – образуются в костном мозге из единой полипотентной, или плюрипотентной, стволовой клетки.

Эритроциты, или красные кровяные диски, впервые обнаружил в крови лягушки Мальпиги Марчело (1661), Антони Ван Левенгук (1673) показал, что они также присутствуют в крови человека и млекопитающих. В норме число эритроцитов у мужчин равно 4.5-5 млн в 1 мкл. У женщин число эритроцитов меньше и, как правило, составляет 3.7-4.7 млн в 1 мкл. При беременности число эритроцитов может снижаться (многие исследователи считают это нормой). У человека с массой тела 60 кг общее число эритроцитов равняется 25 триллионам. В норме число эритроцитов подвержено незначительным колебаниям. При различных заболеваниях количество эритроцитов может уменьшаться. Подобное состояние носит название «эритропения» и часто сопутствует малокровию или анемии. Увеличение числа эритроцитов обозначается как «эритроцитоз».

Эритроцитам присущи три основные функции: транспортная, защитная и регуляторная. Транспортная функция эритроцитов заключается в том, что они транспортируют  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ , аминокислоты, полипептиды, белки, углеводы, жиры, ферменты, гормоны, различные биологически активные соединения (простагландины, цитокины, лейкотриены и др.), микроэлементы и др. Защитная функция эритроцитов заключается в том, что они играют существенную роль в специфическом и неспецифическом иммунитете и принимают участие в сосудисто-тромбоцитарном гемостазе, свертывании



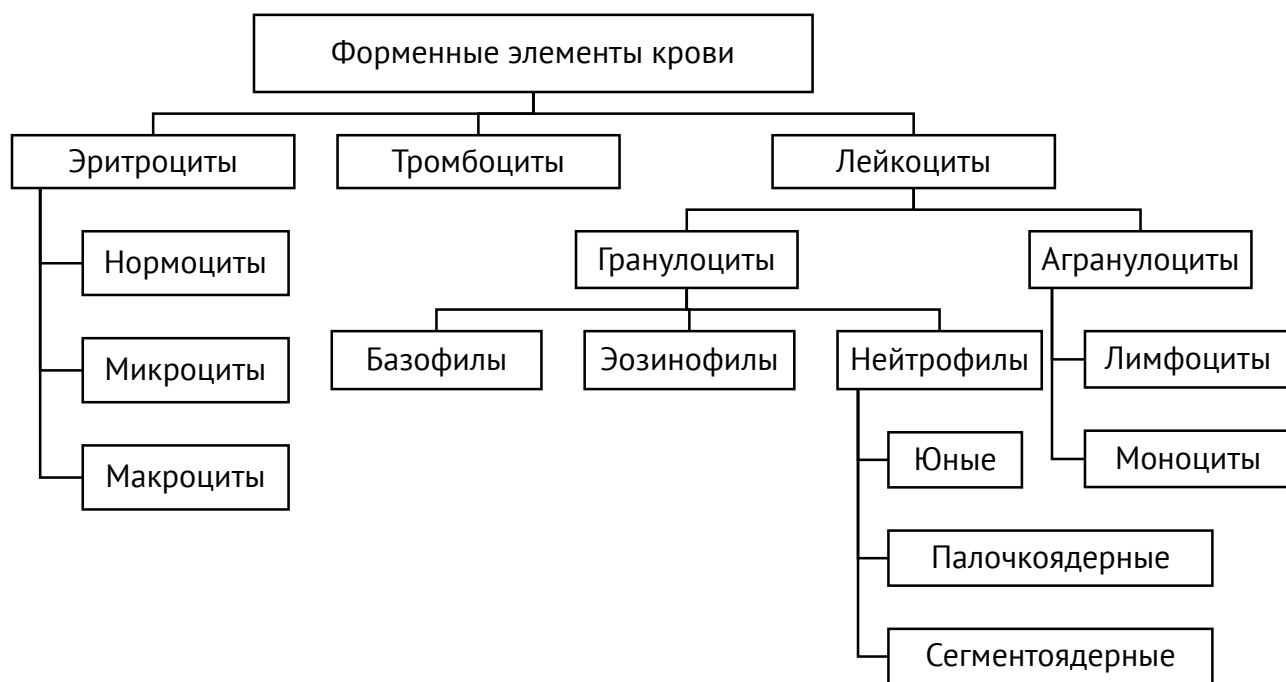
крови и фибринолизе. Регуляторную функцию эритроциты осуществляют благодаря гемоглобину: регулирует рН крови, ионный состав плазмы и водный обмен. Проникая в капилляр (артериальную часть), эритроцит отдает воду и растворенный в ней  $O_2$ , уменьшается в объеме. При переходе в венозный конец капилляра эритроцит забирает воду,  $CO_2$  и продукты обмена, поступающие из тканей и межклеточного пространства, увеличиваясь в объеме.

Важнейшую роль тромбоцитов в живом организме открыл итальянский врач и патолог Джулио Биццоццо (1882). Тромбоциты образуются из гигантских клеток красного костного мозга – мегакариоцитов. В костном мозге мегакариоциты плотно прижаты к промежуткам между фибробластами и эндотелиальными клетками, через которые их цитоплазма выдвигается наружу и служит материалом для образования тромбоцитов. В кровотоке тромбоциты имеют круглую или слегка овальную форму, диаметр их не превышает 2-3 мкм. У тромбоцита нет ядра, но имеется большое количество гранул (до 200) различного строения и состава: плотные гранулы содержат нуклеотиды (АТФ, АДФ, ГТФ, ГДФ), серотонин, в высокой концентрации ионы кальция,  $\alpha$ -гранулы содержат различные белки (в том числе факторы свертывания крови), лизосомы – некоторые ферменты (коллагеназа, эластаза и др.). При соприкосновении с поверхностью, отличающейся по своим свойствам от эндотелия, тромбоцит активируется, расплывается и у него появляется до 10 зубрин и отростков, которые могут в 5-10 раз превышать диаметр тромбоцита. Наличие этих отростков важно для остановки кровотечения. В норме число тромбоцитов у здорового человека составляет 180-400 тыс. в 1 мкл циркулирующей крови. Живут тромбоциты в кровотоке в среднем 5–9 дней, а затем разрушаются в селезенке и печени.

Увеличение числа тромбоцитов носит наименование «тромбоцитоз», а уменьшение – «тромбоцитопения». В нормальных физиологических условиях число тромбоцитов подвержено значительным колебаниям (количество их возрастает при стрессе и физической нагрузке), но редко выходит за пределы нормы. Как правило, тромбоцитопения является признаком патологии и наблюдается при лучевой болезни, врожденных и приобретенных заболеваниях системы крови.

Лейкоциты, или белые кровяные тельца, представляют собой образования различной формы и величины. Их открытие связано с именем

английского анатома Вильяма Гевсона (1771). Однако долгое время лейкоциты оставались без должного внимания пока во второй половине XIX в Пауль Эрлих не изобрел способ окраски, который позволил выявить их структуру и дал возможность классифицировать. По строению лейкоциты делят на две большие группы: зернистые, или гранулоциты, и незернистые, или агранулоциты. К гранулоцитам относятся нейтрофилы, эозинофилы и базофилы, к агранулоцитам лимфоциты и моноциты (рис. 1). Свое наименование клетки зернистого ряда получили от способности окрашиваться красками: эозинофилы воспринимают кислую краску (эозин), базофилы - щелочную (гематоксилин), а нейтрофилы - и ту, и другую. В норме количество лейкоцитов у взрослых людей колеблется от 4 до 9 тыс. в 1 мм<sup>3</sup>. Увеличение числа лейкоцитов носит название лейкоцитоза, уменьшение - лейкопении. Лейкоцитозы могут быть физиологические и патологические, тогда как лейкопении встречаются только при патологии.



**Рисунок 1.** Форменные элементы крови.

В норме и патологии учитывается не только количество лейкоцитов, но и их процентное соотношение, получившее наименование лейкоцитарной формулы, или лейкограммы. В крови здорового человека кроме зрелых могут встречаться и юные формы лейкоцитов, однако в норме обнаружить их удастся лишь у самой многочисленной группы - нейтрофилов. К ним относятся юные (метамиелоциты) и палочкоядерные нейтрофилы. Юные

нейтрофилы имеют довольно крупное бобовидное ядро, палочкоядерные – содержат несегментированное ядро. Зрелые, или сегментоядерные, нейтрофилы имеют ядро, разделенное на 2 или 3 сегмента. Чем больше сегментов в ядре, тем старше нейтрофил. Увеличение количества юных и палочкоядерных нейтрофилов свидетельствует об омоложении крови и носит название сдвига лейкоцитарной формулы влево, снижение количества этих клеток свидетельствует о старении крови и называется сдвигом лейкоцитарной формулы вправо. Сдвиг влево часто наблюдается при лейкозах (белокровие), инфекционных и воспалительных заболеваниях. По сдвигу влево можно судить как о тяжести патологического процесса, так и о реактивности организма.

### **1.1. Подсчет количества эритроцитов в крови**

**Цель работы:** ознакомиться со счетной камерой Горяева. Овладеть техникой подсчета эритроцитов и лейкоцитов. Определить количество форменных элементов в исследуемой крови.

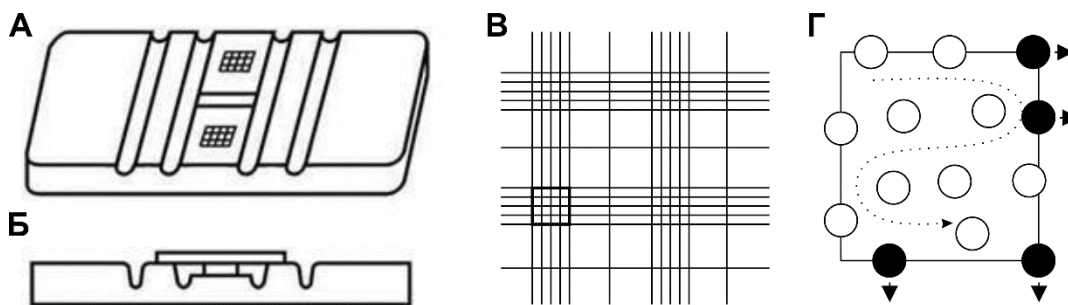
**Для работы необходимо:** микроскоп, счетная камера Горяева, градуированные пипетки на 1 мл и 0.02 мл (20 мкл), 3% раствор NaCl, 5% раствор уксусной кислоты, подкрашенный метиленовой синью, консервированная кровь, вата, две пробирки.

#### **Ход работы**

Для подсчета форменных элементов пользуются счетной камерой Горяева, средняя площадка которой ниже боковых частей на 0.1 мм и разделена пополам поперечным желобом. По обе стороны от желоба расположены сетки. Сетка состоит из 225 больших квадратов. Каждый третий разделен на 16 маленьких квадратов (рис. 2). Сторона маленького квадрата равняется 1/20 мм, площадь – 1/400 мм<sup>2</sup>, а объем – 1/400×1/10 = 1/4000 мм<sup>3</sup>. При подсчете руководствуются правилом Егорова:

*« Относящимися к данному квадрату считаются эритроциты, лежащие внутри квадрата, так и на его левой и верхней границе »*

Запись необходимо вести столбиками в том порядке, в каком ведется подсчет.



**Рисунок 2.** А - общий вид камеры Горяева. Б - вид сбоку камеры. В - увеличенный фрагмент сетки для подсчета клеток (выделен один большой квадрат). Г - пример подсчета эритроцитов по правилу Егорова

**Подсчет эритроцитов.** В пробирку налить 4 мл 3% раствора NaCl. Набрать в пипетку 0.02 мл (20 мкл) крови и вылить ее в раствор хлорида натрия. Тщательно перемешать раствор и оставить стоять на 5-10 минут. Сетку камеры накрыть покровным стеклом, притерев последнее до появления цветных колец. Затем каплю раствора с эритроцитами нанести на среднюю пластину камеры у края покровного стекла. В силу капиллярности капля заполнит камеру. Подсчитать количество эритроцитов в 5 больших квадратах, поделенных на малые. Определить количество эритроцитов в 1 мм<sup>3</sup> (мкл), пользуясь следующей формулой:

$$X = \frac{A \times 4000 \times 200}{80},$$

где **X** – искомое число эритроцитов в 1 мкл крови, **A** – сумма эритроцитов в 80 маленьких квадратах сетки Горяева, 4000 – число малых квадратов в 1 мм<sup>3</sup> (1 мкл), 200 – кратность разведения.

Подсчитать количество эритроцитов в 1 л крови. (1 л – 1000000 мкл). Допустим, в 1 мкл содержится 4000000 эритроцитов, в 1 л – X эритроцитов.

$$X = \frac{4000000 \times 1000000}{1} = 4 \times 10^{12} / \text{л},$$

Результаты работы и оформление: зафиксировать в рабочей тетради полученные данные, опишите функции эритроцитов, причины возникновения эритроцитоза и эритропении. Сравните полученный результат с нормой, сделайте выводы.

## 1.2. Определение количества гемоглобина в крови

**Цель работы:** познакомиться с методикой определения количества гемоглобина в крови.

**Для работы необходимо:** гемометр Сали, 0.1 Н раствор HCl, консервированная кровь, дистиллированная вода, глазная пипетка.

### **Ход работы**

Налить в градуированную пробирку гемометра Сали 0.1 Н раствор HCl до нижней метки (200 мкл). Набрать в дозатор 20 мкл крови и выпустить в пробирку с раствором соляной кислоты. Содержимое пробирки встряхнуть и оставить стоять в течение 5-10 минут; за это время произойдет образование солянокислого гематина. Через 10 минут к раствору прибавить по каплям дистиллированную воду до тех пор, пока цвет полученного раствора не будет совершенно одинаков с цветом стандартного раствора (добавляя воду, раствор перемешивают стеклянной палочкой). По шкале на пробирке определяют цифру, стоящую на уровне полученного раствора. Данная цифра выражает количество гемоглобина в г %. Найденную концентрацию гемоглобина в г % умножить на 10 и выразить содержание гемоглобина в крови в г/л. Найти кислородную емкость крови (**КЕК**): найденное содержание гемоглобина (**Hb**) (в г/л) умножить на 1.34 мл O<sub>2</sub>/г (один грамм гемоглобина переносит 1.34 мл кислорода – константа Гюфнера). КЕК выражается в мл O<sub>2</sub>/л.

$$\text{КЕК} = [\text{Hb}] \times 1.34$$

При нормальном уровне гемоглобина каждый литр крови способен транспортировать в соединении с гемоглобином примерно 200 мл кислорода у мужчин и 190 мл кислорода у женщин.

**Результаты работы и оформление:** в рабочей тетради необходимо зафиксировать полученные данные и сделать выводы.

### **1.3. Расчёт цветового показателя крови**

Эритроциты способны концентрировать гемоглобин до 34 г на 100 мл клеток. У здоровых людей процент гемоглобина в клетке всегда максимален, однако при недостаточности образования гемоглобина его концентрация в клетках может существенно снижаться, при этом уменьшается и объем эритроцита. О содержании гемоглобина в эритроцитах судят по цветовому показателю (ЦПК) или фарб-индексу – F<sub>i</sub> (от *farb* - цвет, *index*- показатель). F<sub>i</sub> – это процентное отношение количества гемоглобина и эритроцитов в определенном объеме крови.

**Цель работы:** познакомиться с методикой определения цветового показателя и определить насыщенность эритроцитов гемоглобином.

**Для работы необходимо:** результаты работ по определению количества эритроцитов и гемоглобина в крови.

### Ход работы

Для расчета  $F_i$  за 100% принимают 166.7 г/л гемоглобина и  $5 \times 10^{12}$ /л эритроцитов. Если содержание гемоглобина и эритроцитов равно 100 %, то  $F_i$  будет равен 1.

$$F_i = \frac{a}{b}$$

где  $a$  - % содержания гемоглобина в исследуемой крови в сравнении с нормой (166,7 г/л);  $b$  - % содержания эритроцитов в исследуемой крови в сравнении с нормой ( $5 \times 10^{12}$ /л)

Также расчет ЦПК можно сделать следующим образом: утроенное содержание гемоглобина (Hb) (в г/л) делят на первые три цифры содержания эритроцитов (без учета запятой)

$$\text{ЦПК} = \frac{[Hb] \times 3}{\text{[три первые цифры содержания эритроцитов без учета запятой]}}$$

Эритроциты называются нормохромными в случае, если цветовой показатель входит в диапазон 0.8-1.05 или близкий к тому. При ЦПК менее 0.8 эритроциты называются гипохромными, такие эритроциты недонасыщены гемоглобином. При ЦПК более 1.05 эритроциты именуют гиперхромными, что возможно в следствие увеличения объема эритроцита.

В качестве альтернативы может выступать расчет содержания гемоглобина к 1 эритроците (СГЭ). СГЭ находят путем деления содержания гемоглобина на число эритроцитов в определенном объеме крови. В среднем СГЭ колеблется от 28 до 33 пг. Данный показатель не отличается для мужчин и женщин.

$$\text{СГЭ} = \frac{[Hb]}{\text{количество эритроцитов}}$$

Гипо- и гиперхромия встречаются лишь при анемиях. Определение цветового показателя позволяет установить этиологию анемии.

**Результаты работы и оформление:** рассчитайте различными способами насыщенность эритроцитов гемоглобином. Сделайте вывод о состоянии

эритроцитов. В случае отклонения от нормы объясните, с чем это отклонение может быть связано.

#### 1.4. Лейкоцитарная формула


**Цель работы:** познакомиться с методикой подсчета лейкоцитарной формулы.

**Для работы необходимо:** счетчики, готовые препараты мазков крови, микроскоп, иммерсионное масло.

#### Ход работы

Нанесите каплю иммерсионного масла на препарат мазка крови и найдите клетки крови под микроскопом, пользуясь иммерсионным объективом. Подсчет начинают у края мазка и, передвигая его к центру, подсчитывают различные лейкоциты общей суммой равной 100.

**Таблица 1.** Результаты подсчета лейкоцитов.

	Гранулоциты %				Агранулоциты %	
	базо филы	эозино филы	Нейтрофилы		лимфо циты	моно циты
			палочко ядерные	сегменто ядерные		
<b>Показатели в норме</b>	<b>0-1</b>	<b>0.5-5</b>	<b>1-6</b>	<b>45-70</b>	<b>19-37</b>	<b>2-9</b>
Полученные результаты						
Внешний вид						

**Результаты работы и оформление:** зарисуйте разные типы лейкоцитов. Заполните таблицу 1, кратко опишите основные функции каждого вида лейкоцитов, сравните полученные данные с показателями в норме, сделайте выводы.

### 1.5. Определение скорости оседания эритроцитов

**Цель работы:** ознакомление с методикой определения скорости оседания эритроцитов.

**Для работы необходимо:** прибор Панченкова, 5% раствор лимоннокислого натрия, часовое стекло, кровь, вата.

#### Ход работы

Промыть пипетку аппарата Панченкова 5% раствором лимоннокислого натрия, затем набрать в нее тот же раствор до метки «Р» и выпустить его на часовое стекло. Набрать кровь в пипетку до верхней метки «К», сразу же выдуть ее в лимоннокислый натрий и тщательно перемешать. Набрать в пипетку смеси до метки «0», наклоня капилляр и закрывая пальцем противоположный его конец, установить капилляр строго вертикально в штатив. Через час определить, на сколько делений осели эритроциты, т.е. скорость оседания в мм/час.

**Результаты работы и оформление:** в рабочей тетради необходимо зафиксировать полученные данные и сделать выводы.

### 1.6. Осмотическая устойчивость эритроцитов

Осмотическая устойчивость (резистентность) эритроцитов оценивается как степень устойчивости эритроцитов к гемолизу в гипотоническом растворе. Гемолизом называется выход гемоглобина в плазму в результате разрыва оболочки эритроцитов, благодаря чему кровь приобретает лаковый цвет (прозрачный раствор красного цвета). При сохранении целостности эритроцитов раствор опалесцирует (рассеивает свет вследствие своей неоднородности).

Различают минимальную и максимальную границы осмотической резистентности. Для здоровых людей минимальная граница соответствует раствору, содержащему 0.42-0.48% NaCl. В растворе с данной концентрацией происходит гемолиз только 50% эритроцитов. Полный гемолиз (максимальная граница) происходит при концентрации 0.3-0.34% NaCl. При анемиях границы устойчивости смещаются в сторону повышения концентрации гипотонического раствора.

**Цель работы:** определить осмотическую устойчивость (резистентность) эритроцитов.



**Для работы необходимо:** 1% раствор NaCl, стабилизированная и разбавленная в 5 раз физиологическим раствором кровь, дистиллированная вода, 6 пробирок в штативе, пипетки на 1 и 10 мл.

### **Ход работы**

Приготовить растворы NaCl различной концентрации:

1. 1 мл дистиллированной воды +1% раствор NaCl до 10 мл;
2. 2 мл дистиллированной воды +1% раствор NaCl до 10 мл;
3. 4 мл дистиллированной воды +1% раствор NaCl до 10 мл;
4. 6 мл дистиллированной воды +1% раствор NaCl до 10 мл;
5. 8 мл дистиллированной воды +1% раствор NaCl до 10 мл;
6. налить 10 мл 1% раствора NaCl.

Таким образом, в пробирках будут растворы с концентрацией NaCl: соответственно 1.0, 0.9, 0.8, 0.6, 0.4 и 0.2%. Необходимо прибавить во все пробирки по 500 мкл крови, разбавленной физиологическим раствором, осторожно перемешать и оставить в штативе на 1 час. Через 1 час отметить, при какой концентрации произошел гемолиз, т.е. определить осмотическую устойчивость эритроцитов исследуемой крови.

**Результаты работы и оформление:** Оформить результаты в виде таблицы, отразить в ней полученные концентрации раствора, наличие или отсутствие полного или частичного гемолиза, признаки, по которым был определен гемолиз в каждой пробирке. Сделайте выводы об осмотической устойчивости эритроцитов. Объясните, как был сделан данный вывод.

## **1.7. Определение группы крови и резус-фактора**

Открытие групп крови связано с работой венского врача Ладштейнера (1901), который обнаружил, что плазма крови одних людей способна склеивать (агглютинировать) эритроциты других людей. В основе данного явления лежит наличие на эритроцитах антигенов, которые названы агглютиногенами (различают агглютиногены А и В), а в плазме крови – специфических антител – агглютининов (различают агглютинины  $\alpha$  и  $\beta$ ). Агглютинация эритроцитов наблюдается при встрече одноименных агглютиногенов и агглютининов. Групповую принадлежность крови по системе АВ0 определяют с помощью реакции агглютинации.

**Цель работы:** познакомиться с методикой определения групп крови и определить группу исследуемой крови.

**Для работы необходимо:** стандартные сыворотки I, II, III групп крови или моноклональные антитела (цоликлоны анти-А, анти-В, Анти-АВ), планшет с лунками, стеклянные палочки, стандартная универсальная сыворотка «антирезус» или циклон D.

### Ход работы

**Определение группы крови:** нанести на предметное стекло по капле сыворотки I, II и III группы (соответственно метке на планшете). К каждой капле сыворотки прибавить стеклянной палочкой (отдельной для каждой сыворотки) небольшое количество крови, хорошо перемешать. Через 1-2 минуты наблюдать отсутствие или наличие агглютинации в смеси каждой сыворотки и крови. Сравните получившийся результат с данными таблицы 2.

**Таблица 2.** Схема оценки результатов определения групп крови с помощью моноклональных антител (цоликлоны анти-А, анти-В, Анти-АВ).

Группы крови		Наличие агглютинации при реакции с цоликлоном		
		Анти-А	Анти-В	Анти-АВ
<b>Oαβ</b>	<b>I</b>	–	–	–
<b>Aβ</b>	<b>II</b>	+	–	+
<b>Bα</b>	<b>III</b>	–	+	+
<b>AB</b>	<b>IV</b>	+	+	+

*Примечание:* «-» – отсутствие агглютинации; «+» – наличие агглютинации

**Определение резус-фактора:** в пробирку вводят одну каплю (50 мкл) исследуемой крови и добавляют 1-2 капли стандартного универсального реагента «антирезус» той же группы крови. Перемешивают содержимое путем встряхивания пробирки и помещают ее на водяную баню на 5 минут при температуре 37°C. Как правило, агглютинация наступает в течение 3-5 мин. По истечении этого времени для исключения неспецифической агрегации эритроцитов в пробирку добавляют 2-3 мл изотонического раствора NaCl и перемешивают (не взбалтывая!), 2-3 раза переворачивая пробирку.

Трактовка результатов. Пробирки просматривают на свет невооруженным глазом. При положительном результате агглютинация выражается в появлении хлопьев из склеенных эритроцитов на фоне просветленной жидкости. При отрицательном результате жидкость в пробирке остается равномерно окрашенной, без признаков агглютинации эритроцитов. Результат учитывают, как истинный после проверки контрольных, образцов, т.

е. при положительном результате со стандартными резус-отрицательными эритроцитами, с группой крови, совпадающей с исследуемой кровью.

**Результаты работы и оформление:** зарисовать полученный результат (в каких лунках произошла агглютинация) определить группу крови, и резус-принадлежность исследуемых образцов. Зафиксировать полученные данные в рабочей тетради. Объяснить механизм агглютинации.

---

### Контрольные вопросы

1. Основные функции крови. Состав и количество крови.
2. Буферные системы крови, рН артериальной и венозной крови.
3. Белки плазмы крови. Онкотическое давление плазмы крови.
4. Осмотическое давление, его регуляция. Понятие о гемолизе. Виды гемолиза. Определение осмотической устойчивости эритроцитов.
5. Свертывание крови. Тромбоцитарно-сосудистый и коагуляционный гемостаз. Факторы свертывания крови. Фибринолиз.
6. Противосвертывающая система крови, механизмы. Регуляция свертывания крови.
7. Группы крови. Изоантигены, классификация. Агглютинация эритроцитов. Резус-фактор. Принципы переливания крови, кровезаменители.
8. Эритроциты, их количество в литре крови, строение, роль. Методы определения СОЭ.
9. Гемоглобин, строение, его соединения. Основные функции гемоглобина. Методы определения гемоглобина.
10. Кислородная емкость крови. Карбгемоглобин, метгемоглобин.
11. Лейкоциты, их строение, количество в 1 л крови. Методы определения. Лейкограмма и ее анализ.
12. Иммуниет. Виды иммуниета. Классификация иммуниета. Специфический и неспецифический иммуниет. Гуморальный и клеточный иммуниет. Функция Т- и В-лимфоцитов.
13. Лимфа, образование и состав. Основные функции лимфы. Лимфатическая система. Кругооборот лимфы.
14. Органы кроветворения. Эритропоэз, лейкопоэз. Старение и разрушение форменных элементов крови. Регуляция кроветворения.

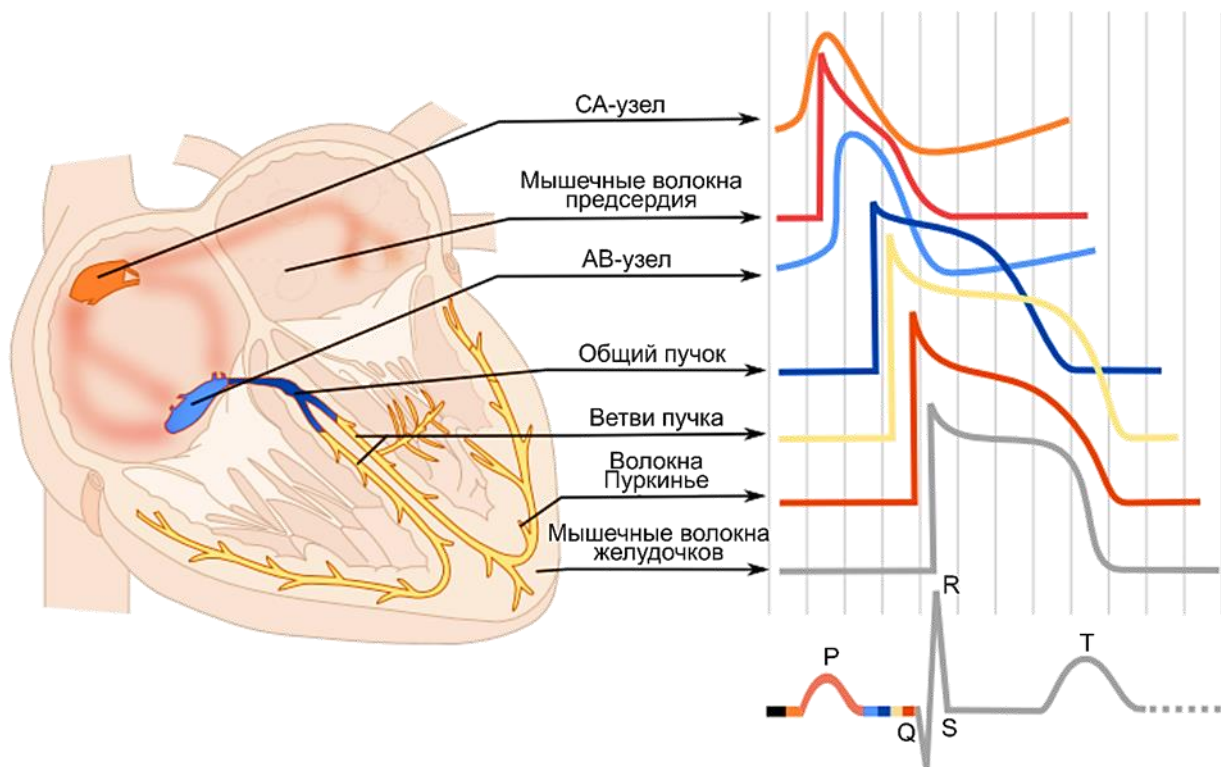
## Глава 2. СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

Одной из наиболее важных систем, обеспечивающих функционирование организма является сердечно – сосудистая система, у позвоночных животных и человека она обеспечивает непрерывную циркуляцию крови по замкнутому сосудистому руслу. И только находясь в постоянном движении, кровь способна выполнять свои многочисленные функции, главной из которых является транспортная. Постоянная циркуляция крови по сосудистому руслу делает возможным ее непрерывный контакт со всеми органами организма, что обеспечивает, с одной стороны, поддержание постоянства состава и физико-химических свойств межклеточной (тканевой) жидкости, а с другой – сохранение гомеостаза самой крови. Из крови в тканевую жидкость проникают кислород и другие необходимые клеткам вещества; в кровь, оттекающую от тканей, поступают продукты обмена клеток. От тканей, помимо крови, оттекает лимфа, которая также уносит часть продуктов обмена.

Основной движущей силой крови по сосудам является насосная функция сердца. Оттекающая от тканей венозная кровь поступает в правое предсердие, а оттуда в правый желудочек сердца. При сокращении его кровь нагнетается в легочную артерию. Протекая через легкие, она отдает  $\text{CO}_2$  и насыщается  $\text{O}_2$ . Система легочных сосудов – легочные артерии, капилляры и вены – образуют малый (легочный) круг кровообращения. Обогащенная кислородом кровь из легких по легочным венам поступает в левое предсердие, а оттуда в левый желудочек. При сокращении последнего кровь нагнетается в аорту, артерии, артериолы и капилляры всех органов и тканей, а оттуда по венам притекает в правое предсердие. Система этих сосудов образует большой круг кровообращения.

Сердечная мышца (миокард) обладает рядом свойств, обеспечивающих ее непрерывную ритмическую деятельность – автоматией, возбудимостью, проводимостью, сократимостью. Возбуждение в сердце возникает периодически под влиянием процессов, протекающих в нем самом. Это явление получило название автоматии. Способностью к автоматии обладают определенные участки миокарда, состоящие из специфической (атипичной)

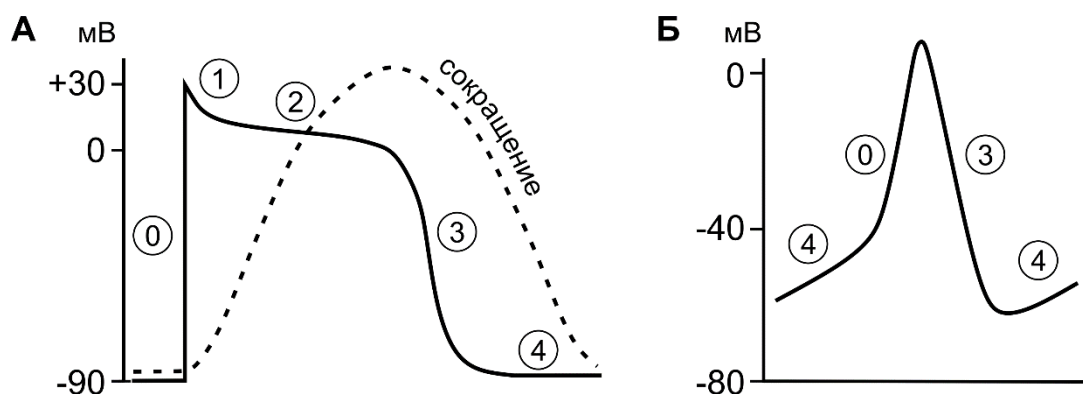
мышечной ткани, бедной миофибриллами, богатой саркоплазмой и напоминающей эмбриональную мышечную ткань. Специфическая мускулатура образует в сердце проводящую систему, состоящую из синусно-предсердного (синоатриального) узла – водителя ритма сердца, расположенного в стенке предсердия у устьев полых вен и предсердно-желудочкового (атриовентрикулярного) узла, расположенного в нижней трети правого предсердия и межжелудочковой перегородке. От этого узла берет начало предсердно-желудочковый пучок (пучок Гиса), прободаящий предсердно-желудочковую перегородку и делящийся на правую и левую ножки, следующие в межжелудочковой перегородке. В области верхушки сердца ножки предсердно-желудочкового пучка загибаются вверх и переходят в сеть сердечных проводящих миоцитов (волокна Пуркинье), погруженных в рабочий (сократительный) миокард желудочков. Кроме этого в сердце могут присутствовать дополнительные элементы проводящей системы (Пучки: Джеймса, Кента – Паладино, Махайма) их наличие связано с патологическими процессами (синдром Вольфа – Паркинсона – Уайта, экстрасистолия и пароксизмальная тахикардия, преждевременное возбуждение основания желудочков и т.д.).



**Рисунок 3.** Проводящая система сердца. Формы потенциалов действия различных отделов сердца.

В естественных условиях клетки миокарда находятся в состоянии ритмической активности (возбуждения), поэтому об их потенциале покоя можно говорить лишь условно. У большинства клеток миокарда он составляет около  $-90$  мВ и определяется почти целиком концентрационным градиентом ионов калия.

Потенциалы действия (ПД), зарегистрированные в разных отделах сердца при помощи внутриклеточных микроэлектродов, существенно различаются по форме, амплитуде и длительности (рис. 3). В ПД рабочего кардиомиоцита различают следующие фазы: быструю деполяризацию – **фаза 0**; быструю начальную реполяризацию – **фаза 1**; медленную реполяризацию, так называемое плато – **фаза 2**; быструю конечную реполяризацию – **фаза 3** которая сменяется мембранным потенциалом покоя – **фаза 4** (рис 4, А).



**Рисунок 4.** Фазы потенциала действия: А - рабочего (типичного) кардиомиоцита; Б - атипичного кардиомиоцита

Атипичные (пейсмекерные) кардиомиоциты генерируют ПД отличные по конфигурации от типичных (рис 3). Потенциал покоя в пейсмекерных клетках около  $-60$  мВ. **Фаза 4** ПД у них характеризуется постепенной спонтанной деполяризацией (медленная диастолическая деполяризация), которая при достижении порогового потенциала (примерно  $-40$  мВ) переходит в **фазу 0** – деполяризацию, обусловленную в отличие от типичных кардиомиоцитов медленным входящим кальциевым током. **Фазы 1 и 2** у атипичных кардиомиоцитов как таковые отсутствуют, и реполяризация отмечается как фаза 3 (рис 4, Б).

Спонтанная генерация ритмических импульсов является результатом слаженной деятельности многих клеток синусно-предсердного узла, которая обеспечивается тесными контактами (нексусы) и электротоническим

взаимодействием этих клеток. Возникнув в синусно-предсердном узле, возбуждение распространяется по проводящей системе на рабочий миокард.

Особенностью проводящей системы сердца является способность каждой клетки самостоятельно генерировать возбуждение. Существует так называемый градиент автоматии, выражающийся в убывающей способности к автоматии различных участков проводящей системы по мере их удаления от синусно-предсердного узла, генерирующего импульс с частотой около 60-80 в минуту. В обычных условиях автоматия всех нижерасположенных участков проводящей системы подавляется более частыми импульсами, поступающими из синусно-предсердного узла. В случае поражения и выхода из строя этого узла водителем ритма может стать предсердно-желудочковый узел. Импульсы при этом будут возникать с частотой 40-50 в минуту. Волокна предсердно-желудочкового пучка (пучок Гиса) генерируют импульсы с частотой 30-40 в минуту, волокна Пуркинье около 20 в минуту.

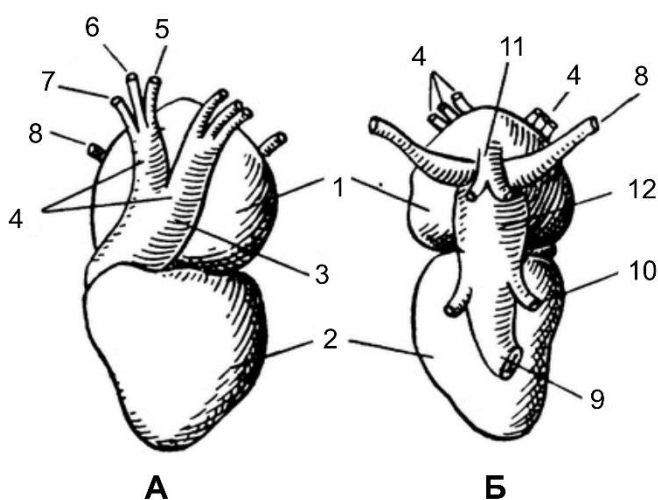
Сосудистое русло начинается крупными артериями, выносящими кровь из сердца. Артерии по своему ходу ветвятся, давая начало артериям более мелкого калибра (средним и мелким артериям). Войдя в кровоснабжаемый орган, артерии многократно ветвятся до артериол, представляющих собой самые мелкие сосуды артериального типа ( $\varnothing$ 15-70 мкм). От артериол, в свою очередь, под прямым углом отходят метартериолы (терминальные артериолы), от которых берут начало истинные капилляры, образующие капиллярную сеть. В местах отделения капилляров от метартериолы имеются прекапиллярные сфинктеры, контролирующие локальный объем крови, проходящий через истинные капилляры. Капилляры представляют собой самые мелкие сосуды в кровеносном русле ( $\varnothing$ 5-7 мкм, длина – 0.5-1.1 мм), их стенка не содержит в своем составе мышечную ткань, а образована всего лишь одним слоем эндотелиальных клеток и окружающей их базальной мембраной. У человека насчитывается 100-160 млрд. капилляров, их общая длина составляет 60-80 тыс. километров, а суммарная площадь поверхности – 1500 м<sup>2</sup>. Кровь из капилляров последовательно поступает в посткапиллярные (диаметр до 30 мкм), собирательные и мышечные (диаметр до 100 мкм) вены, а затем в мелкие вены. Мелкие вены, объединяясь друг с другом, образуют средние и крупные вены.

Артериолы, метартериолы, прекапиллярные сфинктеры, капилляры и вены составляют микроциркуляторное русло, на уровне которого

осуществляется обмен между кровью и тканевой жидкостью. Причем наиболее эффективно такой обмен происходит в капиллярах. Вены же как никакие другие сосуды имеют прямое отношение к течению воспалительных реакций в тканях, поскольку именно через их стенку при воспалении проходят массы лейкоцитов и плазма.

### 2.1. Метод изоляции сердца лягушки по Штраубу

Сердце лягушки состоит из трех отделов: венозного синуса (пазухи), двух предсердий и одного желудочка (рис. 5).



**Рисунок 5.** Строение сердца лягушки.

А- Вид с брюшной стороны; Б- Вид со спинной стороны: 1- предсердия; 2- желудочек; 3- артериальный ствол; 4- ветви артериального ствола; 5- сонная артерия; 6- начало аорты; 7- кожно- легочная дуга; 8- верхняя полая вена; 9- нижняя полая вена; 10- печеночная вена; 11- легочная вена; 12- венозный синус.

В физиологических опытах используется препарат сердца лягушки по Штраубу, который представляет собой изолированный желудочек сердца, венозный же синус и предсердия исключены из перфузии.

**Цель работы:** освоение методики изоляции сердца по Штраубу, ознакомление с работой сердца лягушки.

**Для работы необходимо:** лягушка, препаровальный столик, канюля, лигатуры, штатив, универсальная установка для регистрации мышечных сокращений, набор препаровальных инструментов, раствор Рингера.

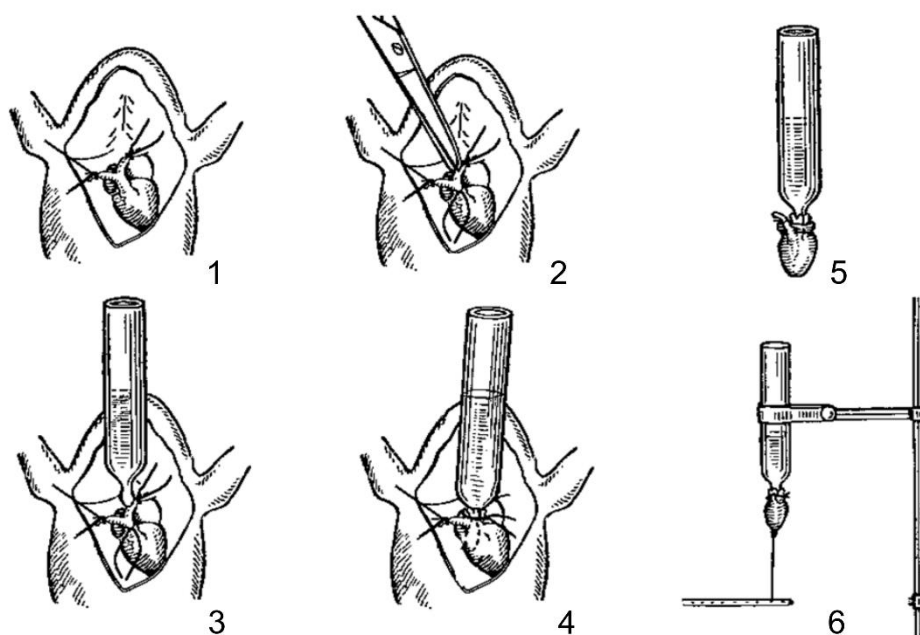


## Ход работы

Лягушку необходимо обездвигнуть, разрушив спинной мозг при помощи металлического зонда. Поместить лягушку на препаровальный столик брюшком вверх, зафиксировав ее лапки. Вырезать ножницами кожный лоскут, вершина которого должна находиться на середине брюшка, а основание под нижней челюстью. Ввести браншу ножниц в полость тела лягушки и, держа их плашмя, осторожно, чтобы не поранить сердце, отделить грудину. Захватить пинцетом перикард на уровне верхушки сердца и разрезать его, обнажив таким образом сердце, найти и перерезать уздечку сердца. Обнаженное сердце необходимо периодически орошать раствором Рингера во избежание пересыхания. Необходимо отметить порядок сокращения (систола) и расслабления (диастола) его отделов – венозного синуса, предсердий и желудочка.

Отпрепарировать обе дуги аорты и, подведя под них лигатуры, перевязать их, отступив как можно дальше от сердца (рис. 6.1). Третью лигатуру подвести под луковицу аорты. Надрезать ножницами стенку левой дуги аорты (рис. 6.2) и вводя в сосуд канюлю с раствором Рингера, осторожно продвинуть ее в полость желудочка (рис. 6.3). Показателем того, что канюля вошла в полость сердца, служит движение в ней раствора Рингера при каждой систоле желудочка. Канюлю укрепить, завязывая на ее шейке нитку, предварительно подведенную под луковицу аорты (рис. 6.4). Затем препарат сердца вырезать из организма лягушки, слегка приподняв его на канюле (рис. 6.5). При этом венозный синус вырезать вместе с кусочком печени (*не повредить венозный синус*).

Канюлю с изолированным сердцем укрепить в зажиме на штативе, верхушку желудочка при помощи нитки соединить с рычажком тензодатчика для графической регистрации сердечных сокращений на установке (рис. 6.6). В течении 5-10 минут отслеживать сокращения



**Рисунок 6.** Приготовление препарата изолированного сердца по Штраубу

**Результаты работы и оформление:** зарегистрировать и зарисовать в рабочую тетрадь сокращения изолированного сердца. Сделать выводы.

## 2.2. Влияние физического и химического воздействия на работу изолированного препарата сердца

Деятельность сердца регулируется не только нервной системой, но и гуморальной - различными химическими агентами, находящимися в крови. Наиболее выраженным влиянием на деятельность сердца обладает адреналин. Его действие подобно раздражению симпатической нервной системы. Существенное влияние на деятельность сердца оказывают и некоторые электролиты. Так, избыток ионов калия в крови угнетает сердечную деятельность, а при значительном их избытке сердце останавливается в диастоле. Избыток ионов кальция действует в противоположном направлении.

**Цель работы:** провести наблюдение на примере изменения автоматии сердца и зависимости физиологических процессов от температуры. Выяснить влияние на сердце медиаторов симпатической и парасимпатической системы. Установить влияние на сердечную мышцу ионов калия и кальция.

**Для работы необходимо:** лягушка, препаровальный столик, канюля, лигатуры, штатив, универсальная установка для регистрации мышечных сокращений, набор препаровальных инструментов, раствор Рингера. Пипетка, растворы адреналина, ацетилхолина,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{KCl}$ , горячая вода и лёд.

## Ход работы

Изолировать сердце лягушки по Штраубу (см. работу 2.1.). Канюлю с изолированным сердцем укрепить в зажиме на штативе и соединить с рычажком тензодатчика (рис. 6.6) для графической регистрации сердечных сокращений на универсальной установке. Записать сокращения изолированного сердца, заменить раствор Рингера в канюле раствором, охлажденным до 5°C. Наблюдать изменения записи сокращений сердца на установке. Последовательно заменить раствор в канюле на обычный раствор (18-20°C), нагретым до 30°C (не выше). Наблюдать происходящие при этом изменения на записи сократительных ответов. Заменить раствор Рингера на новый.

Исследовать влияние на сердце избытка ионов калия. Для этого заменить в канюле обычный раствор Рингера раствором, в котором концентрация калия в 4 раза выше нормы. Как только произойдет изменение параметров работы сокращений сердца лягушки (ритм и сила), необходимо многократно промыть сердце раствором Рингера и дождаться возвращения к прежней амплитуде сокращений сердца. Заменить раствор на новый для восстановления нормальных сокращений. После записи нормальной деятельности сердца исследовать действие раствора с содержанием ионов кальция в 3 раза выше нормы. Сердце промыть несколько раз нормальным раствором Рингера для восстановления исходных сокращений.

При помощи пипетки ввести в канюлю с раствором Рингера 10-20 мкл раствора адреналина. Отметить изменение сердечных сокращений. Многократно промыть сердце раствором Рингера, дождаться восстановления сокращений до начального уровня.

Испытать влияние на сердце ацетилхолина. Для этого в канюлю со свежим раствором Рингера прибавить 10-20 мкл раствора ацетилхолина. Отметить произошедшие изменения.

**Результаты работы и оформление:** зарисовать график изменения сердечных сокращений, проанализировать полученные данные, описать механизмы, через которые осуществляется изменение сердечной деятельности при изменении физических условий, воздействии электролитов и медиаторов, сделать выводы.

### 2.3. Анализ проводящей системы сердца (опыт Станиуса)

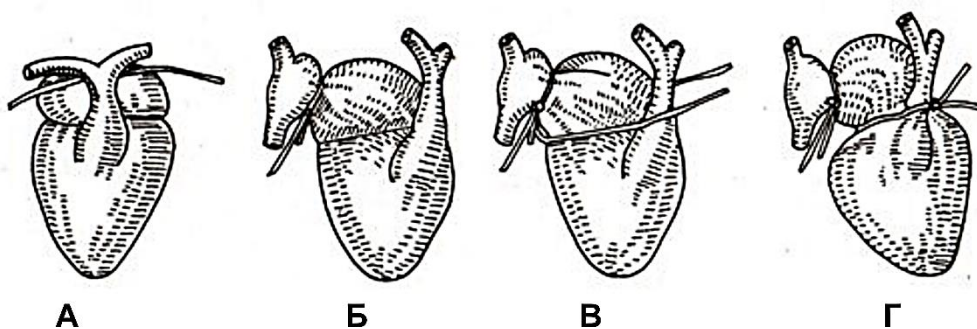
**Цель работы:** выполнить опыт Станиуса, доказывающий ведущую роль синусного узла в автоматии сердца лягушки и наличие градиента автоматии.

**Для работы необходимо:** лягушка, набор препаровальных инструментов, препаровальный столик, канюля, раствор Рингера, лигатуры, универсальная установка для регистрации мышечных сокращений, штатив, пипетка.

#### Ход работы

Лягушку необходимо обездвигнуть, разрушить спинной мозг при помощи металлического зонда. Поместить лягушку на препаровальный столик брюшком вверх, зафиксировав ее лапки булавками. Вырезать ножницами кожный лоскут, вершина которого должна находиться на середине брюшка, а основание под нижней челюстью. Ввести браншу ножниц в полость тела лягушки и, держа их плашмя, осторожно, чтобы не поранить сердце, отделить грудину. Захватить пинцетом перикард на уровне верхушки сердца и разрезать его, обнажив таким образом сердце, найти и перерезать уздечку сердца. Обнаженное сердце необходимо периодически орошать раствором Рингера во избежание пересыхания. Сердце от организма лягушки не отделять. Необходимо отметить порядок сокращения (систола) и расслабления (диастола) его отделов – венозного синуса, предсердий и желудочка.

Верхушку желудочка при помощи нитки соединить с рычажком для графической регистрации сердечных сокращений на установке. Подвести под венозный синус лигатуру, но не завязывать ее. Произвести регистрацию работы сердца, подсчитать число сокращений за 30 секунд. Наложить первую лигатуру Станиуса (рис. 7).



**Рисунок 7.** Наложение лигатур по Станиусу

А – подведение лигатуры для перевязки венозного синуса; Б – венозный синус отделен лигатурой от предсердий; В – подведение второй лигатуры для отделения предсердий от желудочка; Г – предсердия отделены от желудочка.

Для этого слабо завязать лигатуру и, постепенно стягивая ее, расположить точно по границе между синусом и предсердиями. После наложения первой лигатуры синус должен сокращаться в прежнем ритме, а предсердия и желудочек останавливаются. Наложить вторую лигатуру Станниуса. При правильном наложении лигатуры сейчас же восстанавливаются сокращения желудочков. Подсчитать их число. Наложить третью лигатуру на кончик сердца и наблюдать эффект.

**Результаты работы и оформление:** зарисовать схему наложения лигатур Станниуса. Проанализировать полученные результаты, описать механизмы автоматии сердца, объяснить явление градиента автоматии и сделать выводы. Провести сравнительный анализ с работой сердца млекопитающих.

#### **2.4. Наблюдение кровообращения в капиллярах лягушки**

В кровеносной системе принято различать три отдела, разнородные по своей структуре и функциям: артерии, вены, капилляры. Скорость течения крови в разных отделах неодинакова, что объясняется разной шириной общего сечения сосудистого русла. Удобным объектом для наблюдения периферического кровообращения являются лягушки, плавательные перепонки которых на задних конечностях, богато снабжены капиллярной сетью.

**Цель работы:** провести наблюдения кровообращения в капиллярной сети плавательной перепонки и языка живой лягушки.

**Для работы необходимо:** лягушка, микроскоп, дощечка с отверстиями, булавки, раствор ингаляционного анестезирующего вещества, вата.

##### **Ход работы**

Лягушку обездвигить ингаляционным наркозом. Обездвиженную лягушку положить на дощечку и при помощи булавок растянуть плавательную перепонку задней лапки между 2 и 3 пальцами. Следует избегать сильного натяжения перепонки, т.к. при этом может остановиться ток крови. Кожу необходимо поддерживать во влажном состоянии, смачивая ее водой. Дощечку с лягушкой установить под микроскопом.

Произвести следующие наблюдения:

- а. под малым увеличением найти и зарисовать артериолы, венулы и капилляры;

- б. наблюдать за током крови в различных отделах кровяного русла (артериолы, капилляры, вены);
- в. при большем увеличении наблюдать за осевым и пристеночным током крови;
- г. проследить изменения формы эритроцитов у изгибов капилляров при большем увеличении.

Наблюдение кровообращения в языке лягушки. Лягушку положить на дощечку спинкой кверху. Язык осторожно захватить пинцетом, извлечь из полости рта и зафиксировать над отверстием дощечки. Язык поддерживать влажным, смачивая водой. Под микроскопом хорошо виден осевой и пристеночный ток крови. Схематически зарисовать наблюдаемую картину.

**Результаты работы и оформление:** необходимо зафиксировать полученные результаты в рабочей тетради и сделать выводы о скорости движения крови в различных сосудах.

## **2.5. Измерение артериального давления крови по методу Короткова**

Одним из важнейших показателей состояния сердечно-сосудистой системы является кровяное давление. Величина его определяется двумя факторами: величиной напора крови в аорте и сопротивлением стенок сосудов. Различают систолическое давление (СД), равное у здорового человека 105-139 мм рт. ст., и диастолическое давление (ДД) – 65-89 мм рт. ст. Разница между СД и ДД называется пульсовым давлением (ПД)

Измерение кровяного давления в клинике производят с помощью прибора – тонометра, представляющий из себя манометр, соединенный с резиновой манжеткой и нагнетательной грушей. Данный метод измерения артериального давления (АД) является косвенным, так как проверяется давление воздуха в манжетке.

**Цель работы:** ознакомиться с методикой измерения АД у человека по методу Короткова.

**Для работы необходимо:** тонометр, фонендоскоп, напольные весы.

### **Ход работы**

Наложить манжетку на обнаженное плечо испытуемого. Установить фонендоскоп строго в локтевом сгибе над плечевой артерией. Нагнетая

воздух в манжетку, создать в ней давление, превышающее максимальное, затем, слегка открыв кран, выпускать воздух до появления ритмических звуков (тонов Короткова). Показание манометра в этот момент соответствует систолическому давлению крови. Продолжать снижение давления в манжете до исчезновения звука. Давление в манометре в этот момент равно диастолическому давлению крови.

Для определения должной индивидуальной нормы АД могут использоваться зависимости:

**Для мужчин:**  $СД = 109 + 0.5 \times В + 0.1 \times М_T$ ;

$$ДД = 74 + 0.1 \times В + 0.5 \times М_T$$

**Для женщин:**  $СД = 102 + 0.7 \times В + 0.15 \times М_T$

$$ДД = 78 + 0.17 \times В + 0.15 \times М_T$$

где **В** – возраст, **М<sub>Т</sub>** – масса тела.

**Результаты работы и оформление:** зафиксировать полученные результаты в рабочей тетради, сравнить их с должными показателями. Объяснить природу систолического и диастолического давления, возникновения тонов Короткова.

## 2.6. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы

Во время работы возрастает потребность мышц и головного мозга человека в питательных веществах и кислороде, в удалении продуктов метаболизма. Необходимым условием для этого является увеличение скорости кровотока и минутного объема крови. Минутный объем крови зависит от таких показателей, как частота сердечбиений и ударного объема крови, который в свою очередь зависит от АД. Различают максимальное, минимальное и пульсовое давление. Систолическое давление крови (САД), – максимальное давление, которое оказывает протекающая кровь на стенку сосудов артерий во время сокращения мышц левого желудочка сердца. Повышение систолического давления при работе служит показателем усиления сердечной деятельности.

Минимальное, или диастолическое давление крови (ДАД), – наименьшая величина давления крови к концу расслабления мышцы сердца. Если во время

работы оно уменьшается, это свидетельствует о расширении кровеносных сосудов и снижении сопротивления сосудистых стенок движению крови. Если диастолическое давление крови увеличивается, что связано с нервно – эмоциональным влиянием, то, значит, сосудистый тонус имеет большее напряжение.

Пульсовое давление – разница между максимальным и минимальным АД крови. Физическая работа увеличивает пульсовое давление. В качестве нагрузки чаще всего применяется проба Мартине-Кушелевского (20 приседаний за 30 с, ноги на ширине плеч, руки вытянуты вперед). Непосредственно после такой физической нагрузки у здоровых людей систолическое давление крови повышается на 25-30 мм рт. ст., ДАД крови не изменяется или незначительно снижается (на 5-10 мм рт. ст.), а через 3 минуты АД крови возвращается к исходному уровню. При учащении пульса на 25% состояние сердечно – сосудистой системы оценивается как хорошее, на 50-75% – удовлетворительное, более чем на 75% – неудовлетворительное. Восстановление пульса до исходной величины после окончания физической работы у здоровых людей длится 1-2 минуты. Процент повышения САД крови в норме больше чем процент увеличения частоты пульса. Во время физической работы частота дыхания увеличивается на 4-6 дыхательных движений в минуту и возвращается после ее окончания к исходному уровню через 1-2 минуты. Пульсовое давление при мышечной работе, как правило, увеличивается. Увеличение пульсового давления обычно происходит с нарастанием систолического давления и в известной степени зависит от тяжести работы. При очень утомительной работе, вызывающей снижение САД, может уменьшаться и пульсовое давление. С учетом возможности тех или иных сдвигов гемодинамических показателей различают следующие типы реагирования сердечно - сосудистой системы на нагрузку:

- а. нормотоническая реакция, для которой наряду с учащением пульса характерно увеличение пульсовой амплитуды за счет выраженного повышения систолического давления и умеренного понижения ДАД, а также короткий восстановительный период;
- б. гипертоническая реакция, при которой резко повышается (до 200 мм рт. ст. и выше) систолическое давление и резко нарастает частота сердечных сокращений, при этом ДАД либо остается неизменным, либо повышается, восстановительный период несколько затянут;



- в. гипотоническая (астеническая) реакция, при которой САД поднимается незначительно, но сильно учащается пульс, а восстановительный период продолжителен. При этом ДАД обычно повышается, вследствие чего пульсовая амплитуда остается неизменной или несколько повышается;
- г. дистонический тип реакции, при котором отмечается феномен «бесконечного тона» – неисчезающей звуковой пульсации при аускультативном способе определения ДАД, восстановление развивается замедленно;
- д. ступенчатая реакция, при которой непосредственно после нагрузки САД оказывается ниже, чем на 2-й или даже 3-й минуте восстановительного периода, нередко отмечается снижение ДАД и учащение пульса.

Наиболее благоприятной и вместе с тем наиболее часто встречающейся реакцией на нагрузку является нормотонический тип рабочих сдвигов гемодинамики. Неблагоприятной реакцией следует считать понижение после нагрузки САД при различных вариантах изменения ДАД или одновременное повышение того и другого. Гипертонический, гипотонический, дистонический, ступенчатый типы реагирования рассматриваются как проявление ухудшения функционального состояния сердечно-сосудистой системы и нарушения механизмов регуляции кровообращения.

**Цель работы:** оценить показатели сердечно-сосудистой и дыхательной систем в состоянии покоя и после физической нагрузки.

**Для работы необходимо:** тонометр, фонендоскоп, секундомер, калькулятор.

### Ход работы

Измерить АД, подсчитать пульс и частоту дыхания в состоянии покоя. Затем, не снимая манжеты сделать 20 приседаний за 30 с, (ноги на ширине плеч, руки вытянуты вперед). После этого испытуемый садится на стул, и производят замеры АД и пульса (замеры производят сразу после нагрузки, на 2-й минуте и на 3-й минуте после нагрузки).

Для характеристики гемодинамики используют следующие основные показатели:

1. Пульсовое давление (ПД):

$$\text{ПД} = \text{САД} - \text{ДАД},$$

где **САД** – систолическое давление, **ДАД** – диастолическое давление.

?

В норме пульсовое давление равно 35–55 мм рт. ст. ПД косвенно свидетельствует о величине систолического выброса, т.е. об ударном объеме сердца. Чем выше пульсовое давление, тем больше ударный объем. Рассчитать для покоя и нагрузки. Изменилось ли ПД при нагрузке?

2. Систолический (ударный) объем крови (**СО**) по формуле Стара:

$$\text{СО} = (90.97 + 0.54 \times \text{ПД}) - (0.57 \times \text{ДАД} + 0.61 \times \text{В}),$$

где **В** – возраст (полное количество лет).

?

В норме систолический объем равен 60-80 мл. У нетренированных лиц систолический объем крови может возрастать до 120-130 мл, а у хорошо тренированных – до 180-200 мл. Увеличение систолического выброса является одним из важнейших факторов, обеспечивающих усиление кровообращения работающих органов. Рассчитать для покоя и нагрузки. Как меняется СО и за счет чего?

3. Минутный объем (**МО**):

$$\text{МО} = \text{СО} \times \text{ЧП},$$

где **ЧП** – частота пульса за 1 минуту.

?

Минутный объем крови зависит от ЧСС и систолического объема крови, а также от величины поверхности тела. В условиях покоя МО у мужчин колеблется в пределах 3500-5000 мл/мин, а у женщин – 3000-4000 мл/мин. При легкой работе МО может увеличиваться до 10-15 л. У тренированных людей при очень напряженной мышечной деятельности он способен достигать 30-35 и более литров. Рассчитать для покоя и нагрузки. Как меняется МО и за счет чего?

4. Среднединамическое давление (**СДД**) – результирующая всех переменных значений давления в течение одного сердечного цикла. Рассчитывается по формуле Хикема:

$$\text{СДД} = \text{ПД} / \text{В} + \text{ДАД},$$

?

В норме СДД равно 80 мм т. ст. У здоровых людей под влиянием умеренной физической нагрузки оно изменяется не более, чем на 3-5 мм рт.ст. Неспособность организма удерживать среднее динамическое давление при физической нагрузке является одним из ранних признаков нарушения деятельности ССС. Рассчитать СДД для покоя и нагрузки.

5. Периферическое сопротивление току крови (**ПС**) по формуле Пуазейля:

$$\text{ПС} = (\text{СДД} \times 60 \times 1333) / \text{МО},$$

?

В состоянии покоя у здорового человека величина периферического сопротивления колеблется в пределах 1095 – 2500 дин. с./см. Рабочая гиперемия, возникающая при мышечной деятельности, ведет к уменьшению общего сосудистого сопротивления. Понижение этого показателя пропорционально мощности выполняемой работы и увеличению минутного объема циркуляции крови. После окончания работы периферическое сопротивление в течение некоторого времени остается пониженным. Рассчитать ПС для покоя и нагрузки, сравнить показатели, сделать вывод об их изменении после нагрузки.

6. Вегетативный индекс Кердо (**ВИК**) определяется по формуле Давыдова:

$$\text{ВИК} = (1 - \text{ДАД}/\text{ЧП}) \times 100\%,$$

Этот показатель позволяет прогнозировать направленность гемодинамики в сторону гипертензии или гипотензии у человека. Состояние организма считается нормальным, если ВИК имеет положительное значение, и чем выше это значение, тем стабильнее и лучше состояние организма за счет увеличения влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы. Отрицательное значение ВИК (усиление влияния парасимпатического отдела нервной системы) служит ранним симптомом гипертонической болезни, и чем выше отрицательное значение ВИК, тем выше этот риск.

Для оценки состояния сердечно - сосудистой системы в зависимости от трудовых нагрузок те или иные показатели после работы сравнивают с показателями состояния покоя. Рассчитывают следующие показатели:

1. Коэффициент повышения систолического давления (**К1**)

$$\text{К1} = (\text{САДн} - \text{САДп}) / \text{САДп},$$

где **САДн** – систолическое давление после физической нагрузки, **САДп** – систолическое давление в покое.

2. Коэффициент повышения частоты пульса (**К2**)

$$\text{К2} = (\text{ЧПн} - \text{ЧПп}) / \text{ЧПп},$$

где **ЧПн** – частота пульса после физической нагрузки, **ЧПп** – частота пульса в покое.

Если **К1 > К2** то регуляция сердечно - сосудистой деятельности осуществляется нормально. Если **К1 < К2** то имеет место сердечная недостаточность. Сравнить К1 и К2.

3. Коэффициент выносливости при покое (**КВп**), характеризующий степень тренированности сердечно-сосудистой системы к выполнению физической нагрузки:

$$\text{КВп} = \text{ЧПп} \times 10 / \text{ПДп},$$

где **ПДп** – пульсовое давление в покое.

В норме его величина равна 16, уменьшение этого показателя свидетельствует об улучшении сердечной деятельности, а снижение говорит о высокой выносливости сердца.

4. Коэффициент выносливости при нагрузках (**КВн**), характеризующий степень тренированности сердечно - сосудистой системы к выполнению физической нагрузки:

$$\mathbf{КВн = ЧПн \times 10 / ПДн,}$$

где **ПДн** - пульсовое давление после физической нагрузки.



Увеличение КВн после физической нагрузки служит показателем детренированности сердечно - сосудистой системы. Сравнить КВп со значениями нормы, сравнить КВп и КВн, сделать вывод о тренированности сердечно-сосудистой системы.

5. О приспособленности сердечно - сосудистой системы к физическим нагрузкам можно судить и по показателю качества реакции (**Кр**), характеризующему особенности восстановления артериального давления и частоты пульса после выполнения работы. Он рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{Кр = (ПДн - ПДп) / (ЧПн - ЧПп),}$$

В норме **Кр < 1**. Увеличение Кр свидетельствует о неблагоприятной реакции сердечно-сосудистой системы на работу.

6. Существует связь между сердечно-сосудистой и дыхательной системами человека во время труда, что можно выразить через коэффициент соотношения пульс-дыхание в покое (**КСПДп**):

$$\mathbf{КСПДп = ЧПп / ЧДп,}$$

где **ЧДп** – частота дыхания в покое.

7. Коэффициент соотношения пульс-дыхание при нагрузках (**КСПДн**):

$$\mathbf{КСПДн = ЧПн / ЧДн,}$$

где **ЧДн** – частота дыхания после физической нагрузки.

В состоянии покоя КСПД равен 4-5, при работе его величина возрастает. Чем ближе КСПД к исходным данным, тем более слаженно работают системы дыхания и кровообращения. Резкое увеличение КСПД свидетельствует о перенапряжении сердечно-сосудистой системы, а снижение – о декомпенсации в дыхательной системе.

**Результаты работы и оформление:** зафиксировать полученные результаты в рабочей тетради в виде таблицы, предварительно приведя все расчеты, сравнить полученные показатели при покое и при физических нагрузках, оценить функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной системы. Объяснить природу изменения показателей при физической нагрузке, механизмы регуляции АД.

## 2.7. Выслушивание тонов сердца

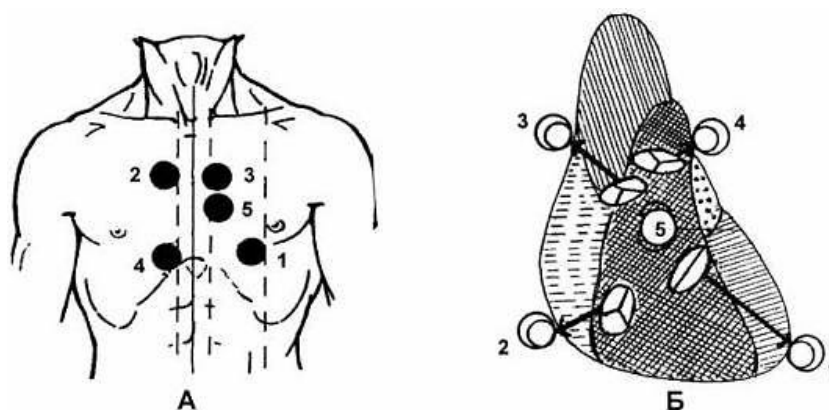
Каждому циклу сердечной деятельности соответствуют два четко прослушиваемых звука, которые называются I и II тонами сердца. Сначала возникает более протяжный и низкий звук I тона сердца и после непродолжительной паузы короткий и более высокий звук II тона. В происхождении I тона главную роль играет вибрация мускулатуры желудочков в фазу их систолического напряжения. Вторая причина – колебания плотно смыкающихся створчатых клапанов. Второй тон возникает при захлопывании полулунных клапанов аорты и легочной артерии в начале диастолы желудочков.

**Цель работы:** знакомство со звуковыми явлениями, возникающими при работе сердца.

**Для работы необходимо:** фонендоскоп, испытуемый.

### Ход работы

Пользуясь рисунком, найти места проекции клапанов и места выслушивания (рис. 8).



**Рисунок 8.** Стандартные положения фонендоскопа для аускультации сердца. Точки: 1- верхушка, митральный клапан; 2 - аорта, II межреберье у грудины справа; 3 - легочная артерия, II межреберье у грудины слева; 4 - трехстворчатый клапан,

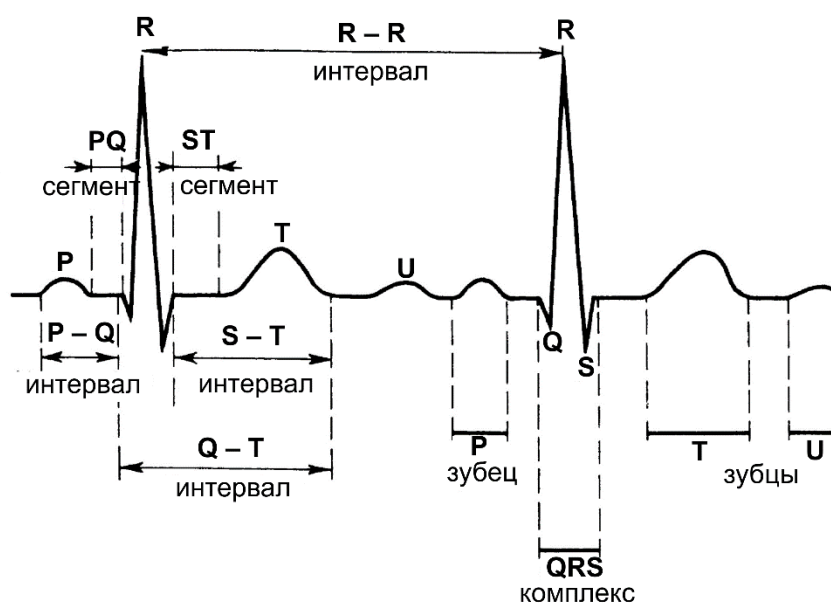
основание мечевидного отростка на груди или у ее правого края на уровне V-VI межреберья; 5 - точка Боткина-Эрба, выслушивается аортальный клапан.

Выслушать тоны сердца в данных точках с помощью фонендоскопа. После прослушивания тонов сердца в покое, испытуемый делает несколько приседаний, затем вновь выслушивают тоны.

**Результаты работы и оформление:** зафиксировать результаты в рабочей тетради.

## 2.8. Электрокардиография

Электрокардиография – метод регистрации электрических потенциалов работающего сердца. Электрокардиограмма представляет собой кривую, состоящую из пяти зубцов – PQRST (рис. 9). Зубец P отражает возбуждение предсердий и является алгебраической суммой потенциалов, возникающих при возбуждении правого и левого предсердий. Зубцы QRST представляют собой желудочковый комплекс, отражающий процесс возбуждения желудочков. При нормальном положении сердца наибольшую амплитуду зубцов имеет ЭКГ во втором отведении, наименьшую в третьем. Для регистрации ЭКГ используют три стандартных отведения: I – правая рука–левая рука; II – правая рука–левая нога; III – левая рука–левая нога. Применяют также грудные отведения и однополюсные отведения от конечностей.



**Рисунок 9.** Элементы нормальной ЭКГ.

- **Зубец Р** отображает последовательную деполяризацию правого и левого предсердий.
- **Интервал PQ** соответствует времени сокращения предсердий, когда предсердия полностью охвачены возбуждением, и времени проведения через АВ-узел.
- **Интервал QT** отражает сумму процессов деполяризации и последующей реполяризации миокарда желудочков (электрическая систола желудочков).
- **Зубец Q** отображает деполяризацию межжелудочковой перегородки.
- **Комплекс QRS** отображает деполяризацию (сокращение) обоих желудочков.
- **Сегмент ST** отображает то время, когда оба желудочка сокращены, и их реполяризация (расслабление) только начинается
- **Зубец Т** отображает процесс быстрой реполяризации (расслабления) желудочков
- **Зубец U** отображает конечную стадию реполяризации желудочков, может отсутствовать на ЭКГ.

**Цель работы:** ознакомиться с методом регистрации и анализом электрокардиограммы.

**Для работы необходимо:** электрокардиограф, марлевые салфетки, физиологический раствор или специальный крем-гель для улучшения контакта электродов с кожей испытуемого.

#### **Ход работы**

Регистрация ЭКГ происходит в помещении, изолированном от возможных источников электрических помех. Необходимо ознакомиться с инструкцией электрокардиографа. Исследование начинается после 5-7 минут отдыха испытуемого, запись проводится в положении лежа на спине, что позволяет добиться максимального расслабления мышц. Электроды закрепляются на внутренней поверхности голени и предплечий испытуемого. Для достижения лучшего контакта электродов с кожей следует предварительно обезжирить спиртом кожу в местах наложения электродов, а также между кожей и электродами поместить прокладку из марли, предварительно смоченную физиологическим раствором, либо нанести специальный крем. Необходимо подсоединить к наложенным электродам разноцветные выводы кабеля отведений в следующем порядке: правая рука – красный, левая рука – желтый, правая нога – черный, левая нога – зеленый. После наложения электродов на пациента и подключения кабеля отведений запишите необходимое число циклов ЭКГ.

Запись ЭКГ осуществляют при спокойном дыхании или его задержке. В данной лабораторной работе предпочтительно производить регистрацию при скорости движения бумаги 25 мм/с. Амплитуда контрольного милливольты должна составлять 10 мм. Выполнить запись ЭКГ в состоянии покоя, после

физической нагрузки (непосредственно перед регистрацией ЭКГ испытуемый производит 40 приседаний за 1 минуту) и после 5-минутного периода отдыха.

**Результаты работы и оформление:** зафиксировать результаты в рабочей тетради.

Первичная обработка ЭКГ. Произвести измерение величины зубцов и длительности интервалов на зарегистрированных ЭКГ. Продолжительность интервалов и зубцов определяется в тех отведениях, где четко выражены точки, являющиеся их границами. Заполнить таблицы на основе ЭКГ, снятых в покое, после физической нагрузки и после отдыха (табл. 3-5).

**Таблица 3.** Результаты определения временных параметров ЭКГ

		Интервалы ЭКГ			
		P-Q	Q-S	Q-T	R <sub>1</sub> -R <sub>2</sub>
Покой	Расстояние между зубцами, мм				
	Длительность интервалов, с				

**Таблица 4.** Определение амплитудных параметров ЭКГ.

	Виды зубцов и типы отведений														
	P			Q			R			S			T		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Покой. Высота зубцов, мм															
Покой. Амплитуда зубцов, мВ															

**Таблица 5.** Амплитудно-временная характеристика ЭКГ в покое и при физической нагрузке (II стандартное отведение).

	Длительность интервалов (с)				Амплитуда зубцов (мВ)			
	P-Q	Q-S	Q-T	R <sub>1</sub> -R <sub>2</sub>	P	Q	R	S
Покой								
Нагрузка								
Отдых								

**1. Оценка регулярности сердечных сокращений.** Регулярность сердечных сокращений оценивается при сравнении продолжительности интервалов R- R между последовательно зарегистрированными сердечными циклами. Ритм считается правильным (регулярным), если продолжительность измеренных R- R интервалов одинакова и разброс полученных величин не



превышает 10 % от средней продолжительности интервалов R- R. В остальных случаях диагностируется неправильный (нерегулярный) сердечный ритм (аритмия). Рассчитать среднее значение интервалов R- R, рассчитать процент отклонения отдельных интервалов R- R от среднего значения.

**2. Подсчет числа сердечных сокращений.** ЧСС определяют по формуле:

$$\text{ЧСС} = 60 / (\text{R-R}),$$

где R-R – средняя длительность интервала, выраженная в секундах.

Повышение ЧСС (более чем 90 в минуту) называют тахикардией, а урежение (менее 60 в минуту) – брадикардией.

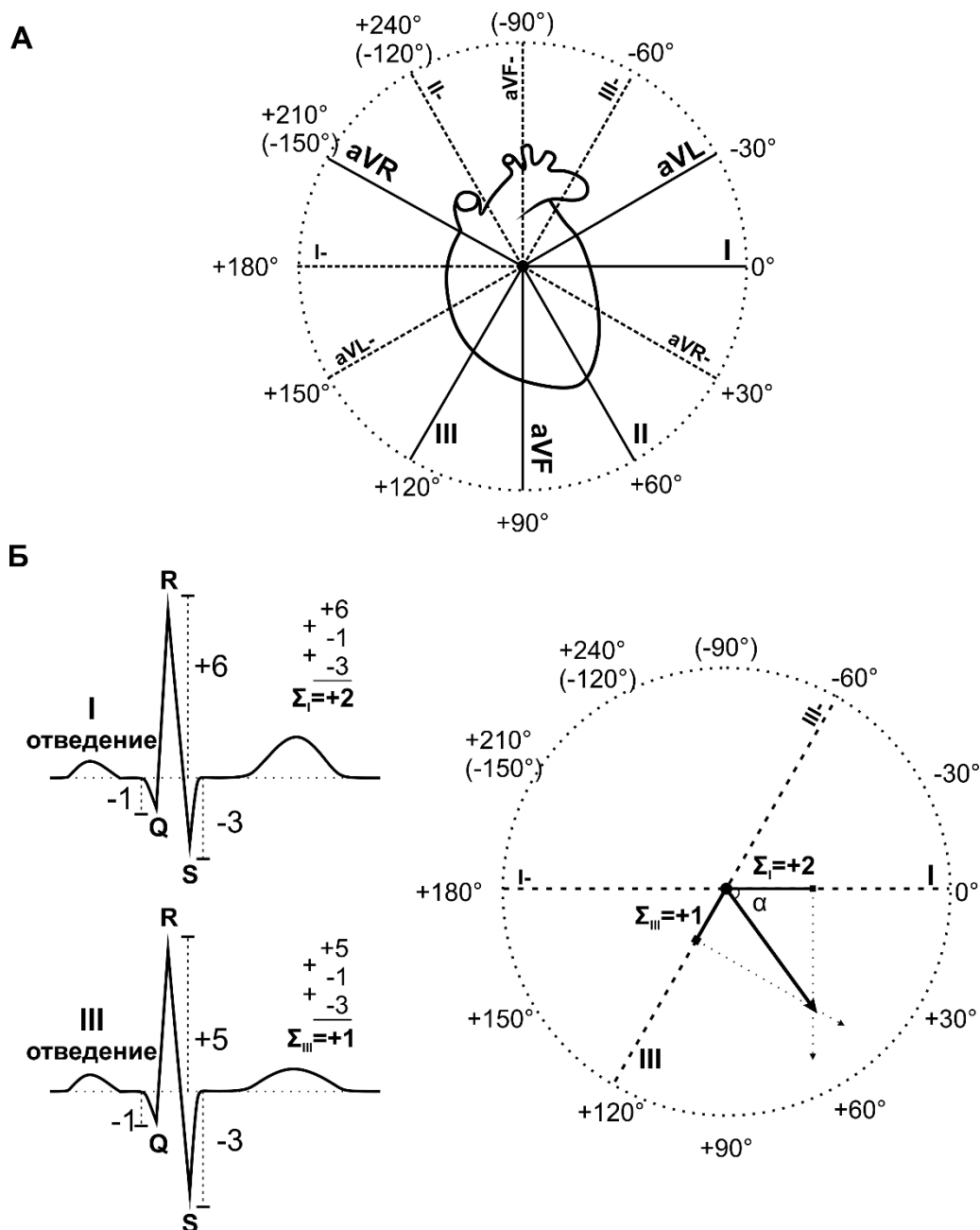
**3. Определение источника возбуждения.** В норме водителем ритма является синоатриальный (СА) узел. Синусовый ритм характеризуется наличием во II-ом стандартном отведении положительных зубцов P, предшествующих каждому комплексу QRS; постоянной одинаковой формой всех зубцов P в одном и том же отведении. При отсутствии этих признаков диагностируются различные варианты несинусового ритма.

**4. Оценка функции проводимости.** При оценке функции проводимости необходимо измерить:

- Длительность зубца P, которая характеризует скорость проведения электрического импульса по предсердиям;
- Продолжительность интервала PQ(R) (скорость проведения по предсердиям, атриовентрикулярному узлу и системе Гиса);
- Общую длительность желудочкового комплекса QRS (проведение возбуждения по желудочкам).

Полученные результаты сравните с нормой.

**5. Определение положения электрической оси сердца.** Электрическая ось сердца (ЭОС) – это проекция суммарного вектора деполяризации желудочков на фронтальную плоскость. ЭОС соответствует в основном анатомической оси сердца. Положение ЭОС во фронтальной плоскости определяется углом альфа ( $\angle\alpha$ ), который образуется направлением результирующего вектора и осью I стандартного отведения. Для здорового сердца возможно положение ЭОС в диапазоне от  $+20^\circ$  до  $+100^\circ$ . Нормальное положение ЭОС в стандартных отведениях характеризуется соотношением зубцов:  $R_2 < R_1, R_3$ . Отклонение ЭОС влево и вправо может встречаться в норме.



**Рисунок 10.** А - Направление осей отведений (в градусах) в шестисековой системе координат. Б- Трехосевой (векторный) метод определения электрической оси сердца. Пример построения электрической оси сердца по I и III отведениям.

Для нахождения величины угла  $\alpha$  предварительно определяют на электрокардиограмме алгебраическую сумму зубцов желудочкового комплекса (Q+R+S) в I и III стандартных отведениях. Для определения алгебраической суммы зубцов желудочкового комплекса измеряют в миллиметрах величину каждого зубца одного желудочкового комплекса QRS, учитывая при этом, что зубцы Q и S имеют знак минус (-), поскольку находятся ниже изоэлектрической линии, а зубец R – знак плюс (+). Если какой-либо

зубец на электрокардиограмме отсутствует, то его значение приравнивается к нулю (0). Полученные значения отмечают на осях соответствующих отведений (рис. 10) Далее из выявленных точек опускают перпендикулярные прямые, место их пересечения соединяют с центром диаграммы. Полученный результирующий вектор будет являться электрической осью сердца. Измерьте угол  $\alpha$  и запишите результат.

---

### Контрольные вопросы

1. Основные свойства сердечной мышцы. Особенности строения миокарда. Анатомическое и физиологическое отличие от поперечно-полосатой скелетной мышцы.
2. Автоматия сердца. Проводящая система. Градиент автоматии.
3. Кардиомиоциты, морфология и функции. Потенциал действия в различных типах кардиомиоцитов.
4. Механизм сокращения сердечной мышцы. Электромеханическое сопряжение в кардиомиоцитах.
5. Нервная и гуморальная регуляция сердечной деятельности.
6. Энергетика миокарда.
7. Электрокардиограмма: отведения, регистрация и анализ. Практическое значение ЭКГ.
8. Сердечный цикл, его фазы. Способ определения длительности сердечного цикла.
9. Закон Франка-Старлинга.
10. Тоны сердца. Их происхождение и регистрация.
11. Основные законы гемодинамики. Линейная и объемная скорости кровотока. Кровообращение в артериях, венах, капиллярах.
12. Способы измерения артериального давления крови. Измерение артериального давления у человека. Пульсовое и среднее давление, значения. Венозное давление крови. Давление в полых венах.
13. Минутный и систолический объемы кровотока. Методы их регистрации. Изменения кровообращения при работе.
14. Артериальный и венозный пульс. Сфигмограмма и флебограмма.
15. Нервная и гуморальная регуляция кровообращения. Роль сосудистых рефлексогенных зон в регуляции гемодинамики.
16. Сосудодвигательный центр, его структура и функция. Физиологические механизмы регуляции тонуса сосудов.
17. Современные методы лабораторной диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы.

### Глава 3. ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Дыханием называется комплекс процессов, обеспечивающих потребление кислорода тканями организма и выделение углекислого газа. Дыхание является непрерывным условием жизнедеятельности человека, животных, растений, условием осуществления энергетических превращений. В условиях покоя, например, при умственной деятельности, в среднем за каждую минуту организм должен получать 250-300 мл кислорода. При физической нагрузке потребность в кислороде существенно возрастает и достигает у нетренированных людей – 2-3 л/мин, у высоко-тренированных – 4-6 л/мин.

Дыхательная система объединяет органы, которые выполняют воздухоносную (полость рта, носоглотка, гортань, трахея, бронхи) и дыхательную или газообменную функции (альвеолы). Основная функция органов дыхания – обеспечение газообмена между воздухом и кровью путем диффузии кислорода и углекислого газа через стенки легочных альвеол в кровеносные капилляры. Кроме того, органы дыхания участвуют в звукообразовании, определении запаха, выработке некоторых гормоноподобных веществ, в поддержании иммунитета и др. В воздухоносных путях происходит очищение, увлажнение, согревание вдыхаемого воздуха, а также восприятие запаха, температурных и механических раздражителей. Характерной особенностью строения дыхательных путей является наличие хрящевой основы, в результате чего они не спадаются. Внутренняя поверхность дыхательных путей покрыта слизистой оболочкой, эпителий которой содержит значительное количество желез, выделяющих слизь. Трахея представляет собой непарный орган, через который в легкие поступает воздух и наоборот. Она имеет вид трубки длиной 9–10 см. В грудной полости трахея делится на два главных бронха, которые входят в правое и левое легкое. Длина бронхов составляет 3–5 см. Легкие – главный орган дыхательной системы. Каждое легкое бороздами делится на доли: правое на три (верхнюю, среднюю и нижнюю), левое – на две (верхнюю и нижнюю). Каждое легкое состоит из разветвленных бронхов, которые образуют бронхиальное дерево и систему легочных пузырьков. Главные бронхи делятся на долевыe, затем на сегментарные и далее на

субсегментарные. В каждом легком насчитывается около 20000 конечных бронхиол, которые заканчиваются альвеолярными ходами или альвеолярными мешочками. Количество альвеол у человека составляет примерно 400- 700 млн, а общая площадь их поверхности меняется и составляет при выдохе до 40 м<sup>2</sup> и при вдохе до 120 м<sup>2</sup>.

Процесс дыхания включает в себя 5 основных этапов:

1. Внешнее дыхание, или вентиляция легких, обмен газов между альвеолами легких и атмосферным воздухом;
2. Обмен газов в легких между альвеолярным воздухом и кровью;
3. Транспорт кислорода кровью от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким;
4. Обмен газов между кровью капилляров большого круга кровообращения и клетками тканей;
5. Внутреннее дыхание – биологическое окисление в митохондриях клетки.

**Вентиляцией легких** называют процесс обновления газового состава альвеолярного воздуха, обеспечивающего поступление в них кислорода и выведение углекислого газа. Вентиляция легких происходит благодаря дыхательным движениям, которые обеспечивают механическое перемещение воздуха. Интенсивность вентиляции определяется глубиной вдоха и частотой дыхания. Вентиляция легких осуществляется за счет создания разности давления между альвеолярным и атмосферным воздухом. Перед началом вдоха давление в альвеолярном пространстве равно атмосферному, при этом давление в плевральной полости на 3 мм. рт. ст. ниже атмосферного. При вдохе объем грудной клетки растет, а давление в плевральной полости увеличивает свою «отрицательность» (до -6 мм. рт. ст. в конце спокойного вдоха), и легкие следуют за увеличившейся грудной клеткой. Вследствие этого в альвеолярном пространстве значительно снижается давление и становится меньше атмосферного, поэтому воздух из атмосферы входит в воздухоносные пути. При выдохе ребра и плечевой пояс опускаются, диафрагма поднимается, при этом внутриплевральное давление становится менее отрицательным, и благодаря эластическому и поверхностному натяжению растянутых пред этим легких начинается спадение легких. Давление в альвеолярном пространстве оно приближается к атмосферному, или даже становится выше него, что приводит к удалению очередной порции воздуха из легких.

**Параметры газообмена.** Количество кислорода, поступающего в альвеолярное пространство из вдыхаемого воздуха в единицу времени, равно количеству кислорода, переходящего за это время из альвеол в кровь легочных капилляров. Именно это обеспечивает постоянство концентрации кислорода в альвеолярном пространстве.

Переход кислорода из воздуха альвеол в кровь легочных капилляров и углекислого газа из крови в альвеолярный воздух совершается посредством диффузии газов через легочную мембрану. Эта диффузия обусловлена разностью между парциальным давлением газов в крови и альвеолярном воздухе. Парциальное давление определенного газа в газовой смеси – это давление, осуществляемое молекулами данного газа, которое остаётся в наличии при удалении всех других газовых компонентов. По закону Дальтона сумма парциальных давлений всех компонентов смеси газов (также  $H_2O$ ) даёт общее давление. Парциальное давление газов выражается в % (или в мм рт. ст.) к общему составу воздуха. Градиент парциального давления кислорода или углекислого газа – это сила, с которой молекулы этих газов стремятся проникнуть через альвеолярную мембрану.

На уровне моря в среднем атмосферное давление составляет 760 мм рт. ст., а процентное содержание кислорода в воздухе – 20.93%. В этом случае парциальное давление кислорода составляет  $(760 \times 20.93) / 100 = 159$  мм рт. ст. Углекислого газа в атмосферном воздухе содержится меньше (0.03%), что соответствует 0.2 мм рт. ст. парциального давления. При подъеме в горы атмосферное давление снижается, а процентное содержание кислорода остается прежним – 20.93%, поэтому парциальное давление кислорода в этом случае уменьшается.

При выражении содержания газов в крови говорят о парциальном напряжении газа и о его количестве. Парциальное напряжение газа в крови или в тканях – это сила, с которой молекулы растворенного газа стремятся выйти в газовую среду. Выражается это давление в мм рт. ст., например, в артериальной крови парциальное напряжение кислорода достигает 100 мм рт. ст., в венозной – 40 мм рт. ст. Напряжение углекислого газа в артериальной крови составляет 40 мм рт. ст., в венозной – 46 мм рт. ст. Градиент парциального давления (напряжения) кислорода направлен в сторону тканей, а градиент углекислого газа – наоборот, от тканей к атмосфере. Наличие направленных градиентов создает основу для газообмена, а сила, влекущая

газ войти в клетку или выйти из нее, определяется величиной градиента. При обмене газа между альвеолярным воздухом и кровью, на этапе переноса газа кровью и в процессе обмена газа между кровью капилляров и клетками тканей – во всех случаях движущей силой является градиент давления (напряжения). Биофизической характеристикой проницаемости барьера легких для респираторных газов является так называемая диффузионная способность легких. Это количество мл газов, проходящее через легочную мембрану в одну минуту при разнице парциального давления газа по обе стороны мембраны в 1 мм рт. ст. Величина диффузионной способности зависит от объема крови в легочных капиллярах.

### 3.1. Определение дыхательных объемов

Важным показателем дыхательной системы является регистрация дыхательных объемов у человека. Основными из них являются дыхательный объем (ДО), резервный объем вдоха (РО вдох), резервный объем выдоха (РО выдох), жизненная емкость легких (ЖЕЛ). На основании этих показателей рассчитываются другие критерии дыхания. Функциональная остаточная емкость (ФОЕ), это количество воздуха оставшегося в альвеолах после спокойного выдоха. Общая емкость легких (ОЕЛ), т.е. сумма жизненной емкости легких и остаточного объема воздуха в альвеолах после глубокого выдоха. Емкость вдоха (ЕВ), это разница в объемах между ОЕЛ и ФОЕ. В свою очередь сумма ФОЕ и ЕВ равна ОЕЛ (рис. 11).



Рисунок 11. Объемы и емкости легких

**Цель работы:** ознакомиться с методикой определения легочных объемов и жизненной емкости легких.

**Материалы и оборудование:** сухой спирометр, спирт, вата.

### Ход работы

Определение ДО. Спирометр привести в нулевое положение, предложить испытуемому выдохнуть ртом через спирометр (сделать спокойно 5-6 дыхательных движений). Затем отсчитать объем выдохнутого воздуха и разделить его на число дыханий. Определение РО выдоха. Спирометр поставить в нулевое положение. Предложить испытуемому сделать несколько спокойных дыхательных движений, затем после обычного выдоха задержать на несколько секунд дыхание, сделать глубокий выдох в спирометр, записать показания. Определение ЖЕЛ, спирометр поставить в нулевое положение, испытуемому предложить сделать несколько дыхательных движений и сделать глубокий вдох затем выдохнуть в спирометр с максимальным усилием напрягая все дыхательные мышцы. Объем выдохнутого воздуха показывает ЖЕЛ. РО вдоха рассчитать по формуле:

$$PO_{\text{вдоха}} = \text{ЖЕЛ} - (DO + PO_{\text{выдоха}})$$

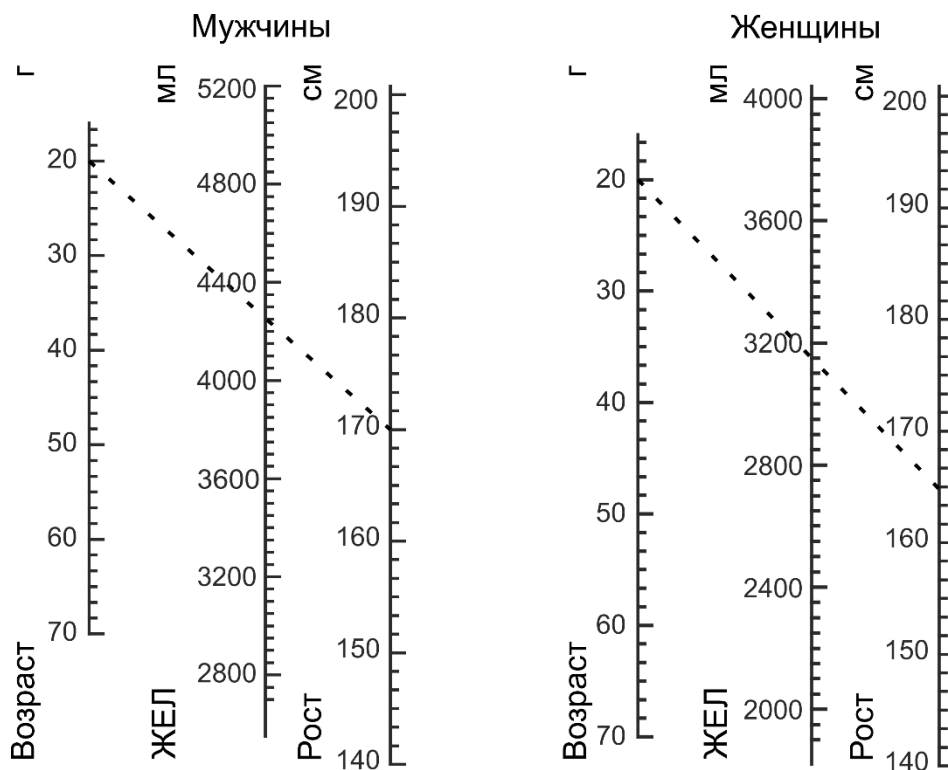


Рисунок 12. Номограмма для определения жизненной емкости легких.

**Результаты работы и оформление:** Для оценки адекватности полученных данных необходимо сравнить ЖЕЛ полученную в опыте с номограммой (рис. 12), на рисунке при помощи линейки нужно соединить шкалу возраст и роста и на месте пересечения со шкалой ЖЕЛ находим



должное значение. Оформить полученные результаты эксперимента в виде таблицы (см. табл. 6). Проанализируйте полученные результаты, сравните со значениями нормы. Дайте определение всем объемам и емкостям. Сделать выводы.

**Таблица 6.** Показатели измерений объема воздуха в легких

Испытуемый	Пол/Возраст	Объем воздуха			ЖЕЛ
		Дыхательный (ДО)	Резервный объем вдоха (PO <sub>вдох</sub> )	Резервный объем выдоха (PO <sub>выдох</sub> )	

### **3.2. Исследование и оценка функционального состояния системы органов дыхания**

**Цель работы:** овладеть методиками определения функционального состояния системы органов дыхания; оценить функциональные возможности системы органов дыхания и изучить устойчивость организма к избытку углекислого газа.

#### **3.2.1. Проба Штанге**

*(определение устойчивости дыхательного центра к избытку углекислого газа)*

**Для работы необходимо:** зажим для носа, секундомер.

#### **Ход работы**

В положении сидя после 2-3 глубоких дыхательных движений сделайте глубокий вдох и задержите дыхание. При этом рот должен быть закрыт, а нос зажат пальцами или зажимом. С помощью секундомера измерьте максимально возможное произвольное время задержки дыхания. Сделать 2-3 повтора, рассчитать среднее значение. На основании таблицы 7 проведите оценку результатов.

### 3.2.2. Проба Генче-Сообразе

**Для работы необходимо:** зажим для носа, секундомер.

#### Ход работы

В положении сидя после 2-3 глубоких дыхательных движений сделайте глубокий выдох и задержите дыхание на максимально возможное время. При этом рот должен быть закрыт, а нос зажат пальцами или зажимом. С помощью секундомера измерьте максимально возможное произвольное время задержки дыхания. Сделать 2-3 повтора, рассчитать среднее значение. На основании таблицы 7 проведите оценку результатов.

**Таблица 7.** Результаты функциональных проб Штанге и Генче-Сообразе

Оценка состояния взрослого испытуемого	Время задержки дыхания на вдохе (в сек)	Время задержки дыхания на выдохе (в сек)
Отличное	>60	>50
Хорошее	40-60	30-50
Удовлетворительное	30-40	20-30
Неудовлетворительное	<30	<20

### 3.2.3. Определение показателя устойчивости организма к избытку углекислого газа

**Для работы необходимо:** зажим для носа, секундомер.

#### Ход работы

Стоя, в состоянии подсчитайте ЧСС по пульсу в течение минуты. Учитывая полученные данные ЧСС и время задержки дыхания на выдохе (проба Генче- Сообразе), рассчитайте показатель устойчивости (ПУ) организма к избытку углекислого газа по формуле:

$$\text{ПУ} = \text{ЧСС (уд/мин)} / \text{длительность апноэ (сек)}.$$

Запишите на доске результаты студентов группы, сопоставьте их и сделайте вывод об устойчивости вашего организма к избытку CO<sub>2</sub>. Норма ПУ ≤ 1 (балл). Чем ниже величина показателя, тем устойчивость организма к избытку CO<sub>2</sub> выше. Если ПУ от 1–1,19 – это патология 1-й степени; 2-й – 1,2-1,49; 3-й – 1,5-1,99; 4-й – 2-2,99; 5-й – 3-5,99. От 6 до 11,9 – недопустимо низкая устойчивость. Выше 12 – «граница жизни». Данные показатели просты, объективны и доступны для самодиагностики состояния устойчивости кардио-респираторной функции.

### **3.2.4. Определение выносливости дыхательных мышц (проба Розенталя)**

**Для работы необходимо:** сухой спирометр, секундомер.

#### **Ход работы**

С помощью сухого спирометра каждые 15 секунд пятикратно измерьте величину жизненной емкости легких (ЖЕЛ). Проследите динамику ЖЕЛ и сделайте вывод о выносливости Ваших дыхательных мышц. В зависимости от функционального состояния костно-мышечного аппарата системы внешнего дыхания, кровообращения и нервной системы величина ЖЕЛ в процессе последовательных измерений ведет себя по-разному. Так, при хорошей выносливости дыхательных мышц ЖЕЛ возрастает, при удовлетворительной остается без изменений, а при неудовлетворительной выносливости уменьшается. Результат представьте в виде графика.

### **3.2.5. Определение времени максимальной задержки дыхания после дозированной нагрузки**

**Для работы необходимо:** секундомер, зажим для носа.

#### **Ход работы**

В положении сидя испытуемый задерживает дыхание на максимально длительное время на спокойном выдохе. После отдыха (около 5 минут) испытуемый делает 20 приседаний за 30 секунд. После приседаний испытуемый садится на стул и задерживает дыхание на выдохе. Полученные результаты оформить в виде таблицы и сравнить с данными представленными в таблице 8.

**Таблица 8.** Результаты функциональной пробы с задержкой дыхания до и после дозированной нагрузки

<b>Категории испытуемых</b>	<b>Задержка дыхания в покое, секунды</b>	<b>Задержка дыхания после 20 приседаний</b>	<b>Задержка дыхания после отдыха</b>
<b>Здоровые тренированные</b>	46-60	Более 50% от первой фазы	Более 100% от первой фазы
<b>Здоровые нетренированные</b>	36-45	30-50% от первой фазы	70-100% от первой фазы
<b>С нарушением здоровья</b>	20-35	30% и менее от первой фазы	Менее 70% от первой фазы

### **3.2.6. Определение индекса Скибинской (функциональные резервы кардиореспираторной системы)**

**Для работы необходимо:** сухой спирометр, секундомер.

#### **Ход работы**

После 5-минутного отдыха в положении сидя определите по пульсу ЧСС, уд/мин, ЖЕЛ, в мл и через 5 минут длительность задержки дыхания (ЗД) после глубокого вдоха (проба Штанге), в сек.

По формуле найти индекс Скибинской (ИС):

$$\text{ИС} = \text{ЖЕЛ} \times \text{ЗД} / (100 \times \text{ЧСС})$$

Оценку полученных результатов произведите, пользуясь таблицей 9. Сделайте вывод о функциональных резервах кардиореспираторной системы вашего организма. Сопоставьте полученные данные с особенностями образа жизни (курение, привычка употреблять крепкий чай, кофе, гиподинамия и т.д.) или с наличием заболеваний.

**Примечание:** не забывайте перевести значения ЖЕЛ в мл.

**Таблица 9.** Функциональные резервы кардиореспираторной системы (индекс Скибинской)

<b>Функциональные резервы</b>	<b>Величина ИС</b>
Отличные	Более 60
Хорошие	30-60
Удовлетворительные	10-29
Плохие	5-9
Очень плохие	Менее 5

**Результаты работы и оформление:** зафиксировать полученные результаты в рабочей тетради. Объясните, почему в большинстве проб анализируется устойчивость к избытку углекислого газа, а не снижению уровня кислорода. Проанализируйте данные, полученные при выполнении всех работ. Сделайте выводы по функциональному состоянию органов дыхания у испытуемых на основании всех проведенных проб.

### **3.3. Оценка функциональных резервов респираторной системы по пробе Серкина**

**Цель работы:** ознакомиться с методикой определения функционального резерва респираторной системы.

**Для работы необходимо:** сухой спирометр, секундомер.

### **Ход работы**

В положении сидя после 2-3-х спокойных дыхательных движений сделайте вдох и задержите дыхание, зажав нос пальцами или зажимом для носа. Зафиксируйте с помощью секундомера максимально произвольное время задержки дыхания на вдохе (I фаза, покой). Также определите длительность задержки дыхания на вдохе после 20 приседаний за 30 секунд (II фаза, после 20 приседаний). Стоя отдохните 1 минуту и повторите определение продолжительности задержки дыхания на вдохе в положении сидя (III фаза, после отдыха, в положении сидя).

Оценку полученных результатов проведите, пользуясь таблицей 10. Определите категорию обследуемых, к которой вы относитесь по состоянию респираторной системы.

**Таблица 10.** Результаты функциональной пробы Л.Г.Серкина

Категория обследуемых	Длительность задержки дыхания		
	Фазы пробы		
	I	II	III
Здоровые тренированные	60 и более	30 и более	60 и более
Здоровые нетренированные	40-55	15-20	35-55
Лица со скрытой недостаточностью кровообращения	20-40	15 и менее	24 и менее

**Результаты работы и оформление:** зафиксировать полученные результаты в рабочей тетради. Проанализируйте данные, полученные при выполнении работы. На основании анализа полученных результатов укажите устойчивость вашего организма к избытку углекислого газа, категорию обследуемых, к которой вы относитесь по состоянию респираторной системы (данные пробы Серкина), состояние выносливости дыхательных мышц. Сделайте вывод о причинах, по которым вы отнесены к той или иной категории обследуемых. Сопоставьте полученные данные с особенностями образа жизни (курение, гиподинамия и т.д.) или с наличием заболеваний. Сделайте вывод о функциональных резервах респираторной системы вашего организма.

### 3.4. Оценка вентиляции легких

При обычном вдохе в легкие попадает меньше воздуха, чем может войти в них при максимальном вдохе. Объем вдоха и выдоха при спокойном дыхании составляет 450-500 мл, это дыхательный объем воздуха. Однако при вдохе из 450 мл его остается в воздухоносных путях (трахеях, бронхах) и в газообмене не участвует. Этот объем воздуха называют воздухом «мертвого» пространства.

**Цель работы:** определить объем легочной и альвеолярной вентиляции.

**Для работы необходимо:** сухой спирометр, секундомер.

#### Ход работы

Определить число циклов дыхательных движений (ЧД) в минуту и дыхательный объем (ДО). Спирометр привести в нулевое положение, предложить испытуемому выдохнуть ртом через спирометр (сделать спокойно 5-6 дыхательных движений). Затем отсчитать объем выдохнутого воздуха и разделить его на число дыханий (см. работу 3.1). Вычислить величину легочной вентиляции (ЛВ) по формуле:

$$\text{ЛВ} = \text{ЧД} \times \text{ДО}$$

Вычислить величину объема «мертвого» пространства (ОМП) и альвеолярной вентиляции (АВ) по формулам:

$$\text{ОМП} = \text{ДО} \times 30 / 100$$

$$\text{АВ} = \text{ЧД} \times (\text{ДО} - \text{ОМП})$$

**Результаты работы и оформление:** зафиксировать полученные результаты в рабочей тетради. Сделать выводы о объеме легочной и альвеолярной вентиляции, сравнить данные нескольких испытуемых. Сопоставьте полученные данные с гендерными различиями, с особенностями образа жизни (курение, гиподинамия и т.д.), или с наличием заболеваний кардио-респираторной системы.

---

## Контрольные вопросы

1. Внешнее дыхание. Механизм вдоха и выдоха. Инспираторные и экспираторные мышцы.
2. Роль диафрагмы и плевральной полости в акте дыхания. Роль плеврального давления в механизме вдоха. Модель Дондерса. Пневмоторакс.
3. Функциональная единица легких. Эластическая тяга альвеол.
4. Легочные объемы и емкости, способы их определения и их должная величина. Легочная и альвеолярная вентиляция.
5. Содержание кислорода и углекислого газа в атмосферном, выдыхаемом и альвеолярном воздухе. Методы определения состава воздуха.
6. Парциальное давление. Обмен газов в легких.
7. Кривая диссоциации оксигемоглобина. Факторы, влияющие на насыщение гемоглобина кислородом.
8. Транспорт кислорода кровью. Кислородная емкость крови.
9. Транспорт углекислого газа кровью. Карбоангидраза. Роль бикарбонатной буферной системы.
10. Регуляция дыхания: дыхательный центр и зависимость его деятельности от газового состава крови. Центральные и периферические хеморецепторы, участвующие в регуляции дыхания.
11. Роль рефлекторных и гуморальных факторов в регуляции дыхания.
12. Дыхание в разных условиях: при мышечной работе, при повышенном и пониженном атмосферном давлении.

## Глава 4. ПИЩЕВАРЕНИЕ

Пищеварение – это совокупность процессов, обеспечивающих механическую обработку пищи, гидролиз ее компонентов до мономеров, всасывание питательных веществ и эвакуацию непереваренных компонентов. Функции пищеварительной системы делятся на пищеварительные (измельчение пищи, гидролиз, всасывание и депонирование) и непещеварительные (защитная, экскреторная, метаболическая, эндокринная).

**Секреторная функция** – совокупность процессов, обеспечивающих образование специфического продукта – секрета из веществ, поступающих в клетку, и выделение его во внеклеточную среду. Пищеварительные ферменты (класс гидролаз) вырабатываются органами пищеварительной системы и осуществляют расщепление компонентов пищи. Протеазы – это группа ферментов, расщепляющая белки до аминокислот (эндопептидазы – пепсин, трипсин, химотрипсин и др. и экзопептидазы – аминопептидаза, карбоксипептидаза, три- и дипептидаза и др.). Липазы – это группа ферментов, расщепляющая жиры и липиды до моноглицеридов и жирных кислот (эстеразы гидролизуют различные эфиры, например, липаза расщепляет жиры с образованием глицерина и жирных кислот; щелочная фосфатаза гидролизует фосфорные эфиры). Карбогидразы – это группа ферментов, расщепляющих углеводы до моносахаридов (амилазы расщепляют крахмал и гликоген,  $\alpha$  и  $\beta$ -гликозидазы гидролизуют олиго- и дисахариды с образованием моносахаридов). Химус – смесь компонентов пищи, продуктов гидролиза, пищеварительного секрета, слизи, отторгшихся энтероцитов и микроорганизмов.

**Моторная (двигательная) функция** – координированная сократительная активность поперечно-полосатых и гладких мышц пищеварительного тракта, обеспечивающая измельчение пищи, ее перемешивание с секретом и продвижение химуса в дистальном направлении. Существует несколько типов двигательной активности желудочно-кишечного тракта: пропульсивно-перистальтические движения – сокращение циркуляторных мышечных слоев, волнообразно распространяющееся по пищеварительной трубке (что обеспечивает перенос пищевого комка), непропульсивная перистальтика осуществляется на коротких участках желудочно-кишечного тракта:



сегментация – периодическое одновременное сокращение циркуляторных мышечных слоев соседних участков; маятникообразное движение – сокращение продольных мышц на небольших отрезках желудочно-кишечного тракта. Перистальтика – волнообразное сокращение стенок желудочно-кишечного тракта, способствующее передвижению его содержимого сверху вниз, которое есть результат координированных сокращений продольных и поперечных мышц. Антиперистальтика – волнообразное сокращение стенок пищеварительного тракта, при котором содержимое передвигается в направлении, обратном обычному. При нормально протекающем процессе пищеварения она наблюдается в толстом кишечнике, что способствует задержке содержимого, его лучшему перемешиванию. В тонкой кишке и желудке данный тип моторики, как правило, не наблюдается (исключение – рвота).

**Всасывательная функция** – это транспорт продуктов гидролиза, воды, ионов и витаминов из полости пищеварительного тракта через слизистую оболочку во внутреннюю среду организма через различные механизмы активного и пассивного транспорта. Нейроэндокринная энтеринавая система – совокупность эндокринных клеток, диффузно расположенных в пищеварительном тракте и образующих несколько десятков биологически активных веществ с широким спектром действия. Двенадцатиперстная кишка – «гипофиз» пищеварительной системы (А.М. Уголев), место образования наибольшего количества этих гормонов.

#### 4.1. Исследование ферментативных свойств слюны

Слюна содержит ферменты –  $\alpha$ -амилазу, лактазу, мальтазу, лизоцим. Под действием  $\alpha$ -амилазы слюны происходит гидролиз углеводов до дисахаров. рН слюны 6-7.9.

**Цель работы:** познакомиться с ферментативными свойствами слюны.

**Для работы необходимо:** штатив с 10 пробирками, крахмальный клейстер, слюна, 0.5% раствор HCl, 10% раствор NaOH, раствор Люголя, пипетки, воронка, бумажный фильтр, спиртовая горелка.

##### Ход работы

Предложите испытуемому прополоскать рот несколько раз водой, подождать минуту и собрать в пробирку несколько миллилитров слюны,

разбавить ее в два раза дистиллированной водой. Желательно слюну профильтровать.

Необходимо заполнить пробирки следующим образом как приведено в таблице 11. В первую очередь подготавливаются пробирки со слюной в необходимых условиях, и только потом добавляется крахмал.

**Таблица 11.** Результаты гидролиза крахмала амилазой слюны

№ пробирки	Состав содержимого пробирки	Проба Троммера	Качественная реакция на крахмал
1	3 мл крахмального клейстера + 1 мл разбавленной слюны		
2	3 мл крахмального клейстера + 1 мл прокипячённой слюны		
3	3 мл крахмального клейстера + 1 мл 0.5% HCl + 1мл слюны		
4	3 мл крахмального клейстера + 1мл дистиллированной воды		

Все пробирки поместить на 10 минут в термостат ( $t=37^{\circ}\text{C}$ ), после чего содержимое каждой пробирки разделить на две части. С одной частью проделать качественную реакцию на сахар (пробу Троммера). Для этого в каждую пробирку надо добавить по 0.5 мл 10% раствора NaOH и по 2-4 капли 2% раствора  $\text{CuSO}_4$ , после чего содержимое пробирки необходимо прокипятить. Появление желтовато - красного осадка свидетельствует о наличии сахара.

С оставшимся содержимым пробирок необходимо проделать качественную реакцию на крахмал (прибавить 1-2 капли раствора Люголя). В случае положительной реакции смесь в пробирке будет иметь синий цвет.

**Результаты работы и оформление:** зафиксировать полученные результаты в рабочей тетради. Данные оформляются в виде таблицы с указанием в ней результатов реакции Троммера и качественной реакции на крахмал. Объясните, о чем свидетельствуют результаты реакций в каждой их пробирок. Сделать выводы о ферментативной активности слюны и наиболее благоприятных условиях для работы ферментов слюны.

## 4.2. Исследование ферментативного действия желудочного сока

Желудочный сок содержит следующие ферменты: пепсин, химозин, липазу. Пепсин выделяется в неактивной форме в виде пепсиногена, который при кислой  $pH < 5$ , освобождается от ингибитора, а при  $pH 1.6-2.0$  проявляет оптимум действия.

**Цель работы:** изучить наличие протеолитической активности желудочного сока и установить зависимость действия фермента от реакции среды.

**Для работы необходимо:** профильтрованный желудочный сок, 0.5% раствор  $HCl$ , раствор пепсина в воде, раствор пепсина в соде, 10% раствор  $NaOH$ , 2% раствор  $CuSO_4$ , штатив с пробирками, фибрин или вареное яйцо.

### Ход работы

Положить в пробирки по маленькому кусочку фибрина или белка варенного яйца, затем заполнить их согласно схеме, приведенной в таблице 12. На 15 минут пробирки поместить в термостат при  $37^\circ C$ .

Через 15 минут рассмотреть состояние фибрина (яичного белка) в желудочном соке, а затем с содержимым пробирок проделать биуретовую реакцию на белки и продукты их расщепления. Для этого в пробирки прилить по 1 мл 10% раствора  $NaOH$  и по несколько капель 2% раствора  $CuSO_4$ . Белки окрашиваются в фиолетово-синий цвет, а альбумозы и пептоны в фиолетово-розовый.

**Таблица 12.** Анализ гидролиза белков в желудочном соке

№ пробирки	Содержимое пробирок	Окрашивание раствора при биуретовой реакции	Наличие белка
1	фибрин + 3 мл желудочный сок		
2	фибрин + 3 мл $HCl$ 0.5%		
3	фибрин + 3 мл раствора пепсина в соде		
4	фибрин + 3 мл раствора пепсина в воде		

**Результаты работы и оформление:** зафиксировать полученные результаты в рабочей тетради заполнив таблицу и сделать выводы о ферментативной активности желудочного сока в отношении белков. Опишите

функции соляной кислоты и условия активации и наибольшей ферментативной активности пепсина.

### **4.3. Действие желчи на жиры**

Желчь непрерывно образуется в печени и вне пищеварения накапливается в желчном пузыре. Желчевыделение в двенадцатиперстную кишку начинается через 3-12 мин после начала приема пищи. Желчь содержит соли желчных кислот, желчные пигменты, холестерин, жирные кислоты, лецитин, муцин, мочевину, мочевую кислоту, незначительное количество ферментов и неорганические вещества. Желчь: эмульгирует жиры, способствует образованию мицелл и хиломикронов, активирует липазу, стимулирует моторику тонкого кишечника, инактивирует пепсин в двенадцатиперстной кишке, оказывает бактерицидное и бактериостатическое действие, стимулирует желчеобразование и желчевыделение.

**Цель работы:** Изучение влияния желчи на жиры.

**Для работы необходимо:** Лупа, предметные стекла, штатив, пробирки, воронки, пипетки, свежая желчь, растительное масло, бумажные фильтры, вода.

#### **Ход работы**

Влияние желчи на жиры можно наблюдать двумя способами:

1. На предметное стекло пипеткой наносят каплю воды и каплю желчи. К каждой капле добавляют небольшое количество растительного масла, перемешивают и рассматривают содержимое обеих капель под лупой.
2. Фильтры, вложенные в воронки, тщательно смачивают один водой, другой желчью. Воронки вставить в пробирки № 1 и № 2, добавить в воронки по 5 мл растительного масла, оставить на 20 мин. Через 20 мин определяют количество профильтровавшегося жира в обеих пробирках.

**Результаты работы и оформление:** Зарисуйте в тетрадь, как распределяется жир в капле воды и в капле желчи. Определите количество профильтрованного растительного масла через фильтры, смоченные водой и желчью. На основании полученных результатов оцените свойство желчи применительно к процессам пищеварения в кишечнике.

#### 4.4. Гуморальная регуляция моторной функции кишечника

Моторная деятельность желудочно-кишечного тракта изменяется при действии гуморальных раздражителей. Особенно важными среди них являются биологически активные вещества - ацетилхолин, а также гормон адреналин. Для изучения влияния гуморальных раздражителей на гладкую мускулатуру кишечника используют методику записи движений отрезка кишечной петли, помещенного в физиологический раствор.

**Цель работы:** изучить механизмы гуморальной регуляции моторной функции изолированного участка тонкого кишечника теплокровных и холоднокровных животных.

**Для работы необходимо:** участок тонкого кишечника теплокровного (крыса, мышь) или холоднокровного (лягушки) животного. Физиологический раствор для теплокровных (холоднокровных), нитки, препаровальный набор, шприц на 2 мл без иглы, универсальная установка для записи мышечных сокращений, аэратор воздуха (компрессор), раствор ацетилхолина (карбахолин), раствор адреналина.

##### Ход работы

У опытного животного под наркозом вырезать тонкий кишечник и поместить в ванночку с физиологическим раствором. Пронаблюдать за перистальтическими и маятникообразными движениями кишечника. К одной стороне отрезка кишки длиной 2-3 см привязать нитку длиной 15-20 см, ко второй стороне прикрепить груз весом 10-20 гр. Поместить отрезок кишки с грузом в сосуд, наполненный физиологическим раствором, держа пинцетом на весу груз за нитку чтобы не повредить отрезок кишечника. Другой конец соединить с рычажком тензодатчика. Сосуд заполнить физиологическим раствором. Раствор необходимо аэрировать с помощью компрессора. Записать сокращения кишечника в контроле и после последовательного добавления 1, 5 и 10 мкМ ацетилхолина с интервалом 2-5 минут, внести полученные данные в таблицу 13. После окончания регистрации необходимо слить физиологический раствор через нижний тубус из сосуда и вновь наполнить ее (это нужно проделать 2 раза с интервалом 2-3 мин). Затем нужно записать сокращения кишечника в контроле и после добавления 5-6 капель адреналина. Повторно отмыть отрезок кишки физиологическим раствором, сделать запись в течении 2-3 минут, внести полученные данные в таблицу 12.

**Таблица 13.** Изменение сократительной активности изолированного отрезка кишечника под воздействием различных химических веществ

Образец кишечника	Ацетилхолин (карбахол)		Адреналин		Эффект отмывки	
	Амплитуда сокращения	Длительность сокращения	Амплитуда сокращения	Длительность сокращения	Амплитуда сокращения	Длительность сокращения
Теплокровное						
Холоднокровное						

**Результаты работы и оформление:** зафиксировать полученные результаты в рабочей тетради заполнив таблицу и зарисовав полученные графики. Сделать выводы о динамике изменения сократимости кишечника под воздействием ацетилхолина (карбахола) и адреналина.

### Контрольные вопросы

1. Классификация пищеварительных процессов. Типы пищеварения.
2. Пищеварение в полости рта. Состав и свойства слюны. Регуляция слюноотделения. Методы изучения секреции слюнных желез.
3. Методы изучения секреции желудочного сока. Работы И. П. Павлова. Современные методы исследований пищеварительной системы.
4. Пищеварение в желудке. Секреторный цикл. Состав и свойства желудочного сока человека. Роль соляной кислоты. Фазы желудочной секреции. Нервная и гуморальная регуляция пищеварения в желудке.
5. Пищеварение в 12-перстной кишке. Пищеварительная функция поджелудочной железы. Состав и свойства панкреатического сока. Ферменты. Механизм секреции.
6. Печень. Желчеобразование и желчевыделение. Роль желчи в пищеварении. Состав и свойства желчи. Роль печени в обмене веществ.
7. Двигательная функция желудка и тонкого кишечника, механизмы регуляции.
8. Транспорт веществ через мембраны, его механизмы, энергетика. Конечные продукты гидролиза белков, жиров и углеводов.
9. Строение ворсинок тонкого кишечника. Механизм всасывания питательных веществ в кишечнике.
10. Пищевая мотивация. Механизм ощущений голода и насыщения. Гипоталамические центры.

## Глава 5. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

Неотъемлемым свойством всех биологических систем является обмен веществ и энергии между организмом и средой. Обмен веществ – это процесс метаболизма веществ, поступивших в организм, в результате которого из этих веществ могут образовываться более сложные или, наоборот, более простые вещества. Другими словами – это совокупность физических, химических и физиологических процессов превращения веществ и энергии в организме человека и обмен между организмом и средой.

Поступающие с пищей в организм вещества подвергаются изменениям – метаболизируются, частично они превращаются в вещества самого организма. В этом состоит процесс ассимиляции (или анаболизм), обеспечивающий пластические потребности организма, т. е. построение новых структур и обновление клеток.

Обратный процесс – диссимиляция (или катаболизм), состоит в расщеплении вещества живого организма с выделением энергии, что обеспечивает энергетические потребности организма. Процессы диссимиляции и ассимиляции находятся в теснейшей взаимосвязи, характеризуются высокой степенью упорядоченности, организованы во времени и пространстве, образуют целостную систему. Потребность организма в пластических веществах может быть удовлетворена тем минимальным уровнем их поступления с пищей, который будет уравнивать потери структурных белков, жиров, углеводов. Потребности в этих веществах строго индивидуальны.

Расход энергии у здорового человека складывается из основного обмена, рабочей прибавки (энергозатрат на выполнение той или иной работы) и специфического динамического действия пищи (затраты энергии на усвоение пищи). Под основным обменом (ОО) понимают минимальный уровень затрат, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма в условиях относительного полного физического и эмоционального покоя. Количество расходуемой энергии на работу сердца, обеспечение кровообращения, дыхание, поддержание постоянной температуры тела называют уровнем основного обмена. Данная величина зависит от пола,

возраста, массы тела, состояния здоровья индивидуума и коррелирует с отношением поверхности тела к его объему. Немецкий физиолог М. Рубнер сформулировал закон энергозатрат: энергозатраты пропорциональны величине поверхности тела. Энергетические затраты основного обмена обычно выражаются в килокалориях за 1 час (или сутки) и рассчитываются на 1 кг массы тела на 1 м<sup>2</sup> его поверхности. Для взрослого человека среднее значение ОО равно 1 ккал/кг/час, для мужчин – 1700 ккал/сутки, для женщин – 1500 ккал/сутки, т.е. на 10–15% меньше, чем у мужчин. Перед определением основного обмена человек должен находиться в состоянии физического и психического покоя и не принимать никакой пищи в течение 12–18 часов. Тогда к моменту измерения желудочно-кишечный тракт испытуемого будет пуст.

Говоря об обмене веществ, имеют в виду белковый, углеводный и липидный обмены.

### **5.1. Расчет основного обмена по таблицам**

Количество энергии, расходуемой организмом на поддержание жизни (работа сердца, кровообращение, дыхание, сохранение постоянной температуры тела), называют основным обменом. Он зависит от возраста, пола, массы тела и состояния здоровья индивидуума, коррелирует с отношением поверхности тела к его объему.

**Цель работы:** Определить основной обмен с помощью таблиц.

**Для работы необходимо:** ростомер, весы, таблицы для определения основного обмена.

#### **Ход работы**

С помощью ростомера и весов измеряют рост испытуемого и взвешивают его. Если взвешивание производится в одежде, то полученный результат следует уменьшить на 5 кг для мужчин и на 3 кг для женщин. Далее используются стандартные таблицы (см. Приложение 1, 2). Таблицы для определения основного обмена мужчин и женщин разные, так как у мужчин уровень основного обмена в среднем на 10% выше чем у женщин.

Таблицами пользуются следующим образом: если, например, испытуемым является мужчина 25 лет, имеющий рост 168 см и массу 60 кг, то по таблицам для определения основного обмена мужчин в части А находят рядом со значением массы испытуемого число 892. В части Б находят по



горизонтали возраст (25 лет) и по вертикали рост (168 см), на пересечении граф возраста и роста находится число 672. Сложив оба числа ( $892+672=1564$ ), получают среднестатистическую величину нормального основного обмена человека мужского пола данного возраста, роста и массы – 1564 ккал. Приведите данные расчёты в результатах.

Сравните уровень своего ОО с уровнем ОО других учащихся. Дайте определение основному обмену. Сделайте вывод о зависимости основного обмена от роста, веса, пола, возраста.

## **5.2. Вычисление отклонения основного обмена по формуле Рида**

Уровень основного обмена имеет суточные, сезонные колебания, кроме того отклонения могут наблюдаться при изменении температуры окружающей среды, а также при изменении двигательной активности и гормонального фона, при повышении или понижении количества отдельных питательных веществ в рационе.

Определение основного обмена используется при диагностике некоторых заболеваний. Должный основной обмен (в ккал за сутки) принимают за 100%. Фактический основной обмен выражается в процентах отклонения от должного. Допустимым считается отклонение (+10) – (+15)%. Повышение основного обмена на 15 – 30% и понижение более 10% требуют контроля и наблюдения. Более существенные отклонения требуют лечения основного заболевания. Определение основного обмена по формулам всегда дает только приблизительные результаты, но при ряде заболеваний (например, тиреотоксикоз) они достаточно достоверны и поэтому часто применяются в клинике.

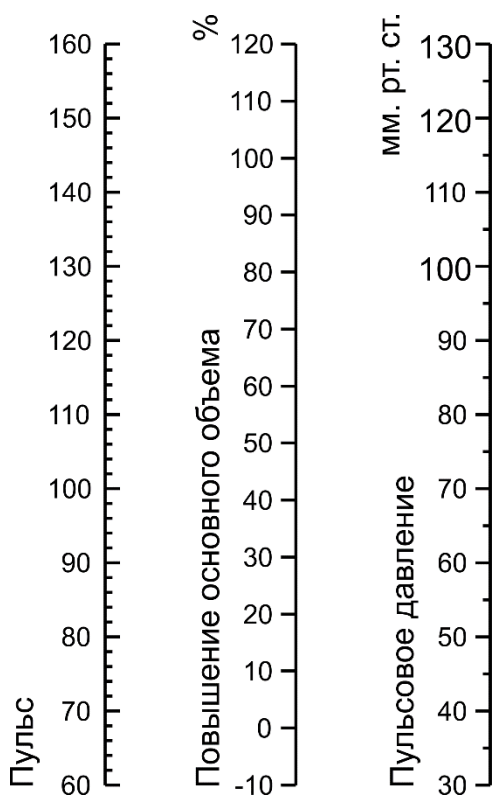
Формула Рида дает возможность вычислить процент отклонения величины основного обмена от нормы. Эта формула основана на существовании взаимосвязи между артериальным давлением, частотой пульса и теплопродукцией организма.

**Цель работы:** научиться определять основной обмен с помощью формул.

**Для работы необходимо:** тонометр, стетофонендоскоп, секундомер.

### **Ход работы**

У испытуемого определяют частоту пульса с помощью секундомера и артериальное давление по способу Короткова (см. раб. 2.5.) 3 раза с



**Рисунок 13.** Номограмма для определения величины отклонения основного обмена

промежутками в 2 мин при соблюдении условий, необходимых для определения основного обмена. Процент отклонений основного обмена от нормы определяют по формуле Рида:

$$ПО = 0.75 \times (ЧП + ПД \times 0.74) - 72$$

где **ПО** – процент отклонения основного обмена от нормы, **ЧП** – частота пульса, **ПД** – пульсовое давление, равное разности величин систолического и диастолического давления.

Числовые величины частоты пульса и артериального давления берут как среднее арифметическое из трех измерений.

**Пример расчета:** пульс 75 ударов / мин, артериальное давление 120/80 мм рт. ст.

$$ПО = 0.75 \times [75 + (120 - 80) \times 0.74] - 72 = 0.75 \times [75 + 40 \times 0.74] - 72 = 6.45$$

Таким образом, основной обмен у данного испытуемого повышен на 6.45%, т.е.

находится в пределах нормы.

Для упрощения расчетов по формуле Рида существует специальная номограмма (рис. 13). С ее помощью, соединив линейкой значение частоты пульса и пульсового давления, на средней линии легко определяют величину отклонения основного обмена от нормы.

**Результаты работы и оформление:** вычислите величину отклонения основного обмена от нормы по формуле Рида. Определите то же по номограмме. Вычислите, сколько ккал (Дж) составляет определенный процент отклонения.

### 5.3. Оценка рациона питания

Для поддержания нормальной жизнедеятельности необходимо рациональное питание, которое должно полностью покрывать потребности человека в энергии, способствовать сохранению здоровья, обеспечить правильный рост и развитие. Физиологические нормы питания в значительной степени изменяются в зависимости от возраста, пола, роста, веса, климатических и географических условий, а также вида труда и отдыха.

Потребность взрослого человека в энергии определяется главным образом родом его труда. По этому признаку все взрослое население можно разделить на 5 категорий (табл. 14). К старости расход энергии снижается и к 80 годам составляет 2000-2200 ккал.

Потребность человека в пластическом материале покрывается только в том случае, если пищевой рацион содержит все три рода питательных веществ: белки, жиры, углеводы. Особенно важно достаточное содержание белка в рационе, так как он является основным пластическим материалом. Нормы питания различных групп населения представлены в таблице 15.

Соотношение между питательными веществами по массе должно составлять 1:1:4, а по энергетической ценности 15:30:55 %. Это соотношение питательных веществ должно сохраняться в пищевых рационах всех групп населения.

**Таблица 14.** Суточная потребность в энергии для лиц разной категории труда

Категория	Пол	Потребность в ккал за сутки	Вид труда
I	М	2450	Люди умственного труда
	Ж	2100	
II	М	2800	Работники, занятые легким физическим трудом
	Ж	2400	
III	М	3300	Лица, занятые на механизированных видах труда: токари, фрезеровщики
	Ж	2950	
IV	М	3850	Работники физического труда в отраслях, где нет механизации или имеется лишь частичная: слесари, сантехники
	Ж	3400	
V	М	4200	Лица, выполняющие тяжелую физическую работу: грузчики, землекопы, шахтеры, металлурги и др.
	Ж	3850	

**Таблица 15.** Физиологические нормы питания в сутки

Пищевые вещества в граммах	Категория населения				
	I	II	III	IV	V
Белки	65-72	72-80	84-94	96-108	104-117
Жиры	70-80	83-93	98-110	113-128	137-153
Углеводы	300-350	366-411	432-484	499-566	524-586
<b>Килокалории</b>	<b>2450</b>	<b>2800</b>	<b>3500</b>	<b>3850</b>	<b>4200</b>

Пищевой рацион рекомендуется распределить по отдельным приемам пищи так, чтобы первый завтрак содержал 25% всего суточного рациона, второй – 15%, обед – 45% и ужин – 15%.

**Цель работы:** определение и оценка химического состава и энергетической ценности суточного рациона.

**Для работы необходимо:** таблицы химического состава пищевых продуктов и их калорийности, калькулятор.

#### **Ход работы**

Составьте меню одного дня с указанием объема порций. Пищевой рацион составляют, пользуясь специальными таблицами, где указано процентное содержание в пищевых продуктах белков, жиров, углеводов и калорийность в 100 г продукта. Определите примерный набор продуктов в каждом блюде. Оформите меню-раскладку в виде таблицы с указанием содержания белков, жиров и углеводов в продуктах в расчете на 100 г и с учетом веса продукта (Табл. 16).

Рассчитайте содержание пищевых веществ в граммах по каждому приему пищи и за сутки в целом. Рассчитайте соотношение пищевых веществ. Сравните с рекомендованным соотношением пищевых веществ.

Вычислите энергетическую ценность (калорийность) каждого приема пищи и суточного рациона в целом. Затем калорийность каждого приема пищи выразите в процентах к общей калорийности всего рациона, сравните с рекомендованными значениями.

**Результаты работы и оформление:** полученные результаты работы записать в виде таблицы. Оцените соответствие рациона нормам для вашей категории труда, при необходимости дайте рекомендации по корректировке рациона. Объясните роль в метаболизме каждого из трех питательных веществ: белков, жиров, углеводов.

**Таблица 16.** Расчет химического состава и калорийности суточного рациона.

Наименование продукта	Вес продуктов, г	Белки, г. 100 г/ вес продукта	Жиры, г. 100 г/ вес продукта	Углеводы, г. 100 г/ вес продукта	Калорийность, ккал. 100 г/ вес продукта
<b>Завтрак</b>					
...	...	.../...	.../...	.../...	.../...
Итого					
<b>Обед</b>					
...	...	.../...	.../...	.../...	.../...
Итого					
<b>Ужин</b>					
...	...	.../...	.../...	.../...	.../...
Итого					
Всего за сутки					

---

### Контрольные вопросы

1. Понятие об обмене веществ. Анаболизм и катаболизм. Методы определения энергозатрат в организме.
2. Основной и рабочий обмен. Методы определения обмена веществ. Расчетный метод по таблицам. Прямая и непрямая калориметрия. Спирография.
3. Потребление кислорода и выделение углекислого газа во время работы. Дыхательный коэффициент. Коэффициент полезного действия и выделение тепла.
4. Энергетические затраты при различных видах трудовой деятельности. Классификация трудовой деятельности. Кислородный долг.
5. Тепловой баланс. Расход энергии и терморегуляция в зависимости от поверхности и массы тела организма.
6. Физические и химические процессы теплопродукции и теплоотдачи. Поддержание постоянства температуры тела.
7. Влияние факторов внешней среды на температурный баланс организма. Охлаждение, перегревание. Гипотермия и гипертермия. Лихорадка.
8. Гуморальная и нервная терморегуляция. Роль вегетативной системы в терморегуляции. Центры терморегуляции.

## Глава 6. ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИНОЙ СИСТЕМЫ

**Эндокринология** - наука о строении и функции желёз внутренней секреции, вырабатываемых ими продуктах (гормонах), о путях их образования и действия на организм животных и человека; а также о заболеваниях, вызванных нарушением функции этих желёз или действием этих гормонов. Железы внутренней секреции выделяют гормоны непосредственно в кровяное русло благодаря тесному контакту секреторных клеток с венозным синусом или капиллярами. Гормоны, регулирующие деятельность отдельных органов обычно вырабатываются в небольших количествах и с током крови переносятся к месту назначения. Достигнув органа-мишени, они оказывают на него специфическое воздействие, которое обеспечивается присутствием в клетках рецепторов к данным гормонам. Гормоны можно условно разделить на три группы: гормоны липидной природы, белковые и производные аминокислот (тиреоидные гормоны и катехоламины). Будучи жирорастворимыми, гормоны липидной группы, легко проникают через клеточную мембрану и взаимодействуют с внутриклеточными рецепторами. Рецепторы белковых, пептидных гормонов и катехоламинов находятся на поверхности клеточной мембраны. Низкомолекулярные тиреоидные гормоны легко проникают во все клетки тела и взаимодействуют с рецепторами, локализованными в ядре.

### 6.1. Действие меланофорного гормона и адреналина на пигментные клетки лягушки.

**Цель работы:** исследовать влияние биологически активных веществ (адреналина и меланофорного гормона) на пигментные клетки кожи лягушки.

**Для работы необходимы:** бинокляр, пробковая пластинка с отверстием, ножницы, пинцеты, булавки, шприцы на 1-2 мл, стеклянные чашечки, часы, питуитрин, адреналин (1:1000), раствор Рингера, лягушка.

#### Ход работы

До начала опыта лягушку в течение 3-4 часов следует продержать на свету. В спинной лимфатический мешок лягушки вводят 0.2 мл питуитрина в 0.5 мл водного раствора. Приблизительно через 20 мин лягушка начинает

темнеть. Необходимо зафиксировать заднюю лапку лягушки на пробковой пластинке и рассмотреть плавательную перепонку под микроскопом.

В спинной лимфатический мешок лягушки вводят 5 мкл раствора адреналина (1:1000). Через 1-2 мин необходимо рассмотреть плавательную перепонку задней лапы лягушки под микроскопом.

**Результаты работы и оформление:** необходимо зарисовать изменения меланофоров при действии питуитрина и адреналина. Запишите время изменения окраски кожи лягушки под действием питуитрина и адреналина. Объясните механизм изменения окраски кожи лягушки под воздействием этих веществ.

## 6.2. Сперматозоидная реакция Галли-Майнини

Широкое распространение получила биологическая проба на беременность человека, которую проводят при помощи лягушек. Данная методика основана на том, что у лягушек (самцов) вне естественного периода их размножения в содержимом клоаки никогда не бывает сперматозоидов. Перед инъекцией мочи беременной женщины необходимо получить и исследовать содержимое клоаки лягушки, чтобы исключить возможность спонтанной сперматореи. Точность диагностики на беременность колеблется от 85 до 100%.

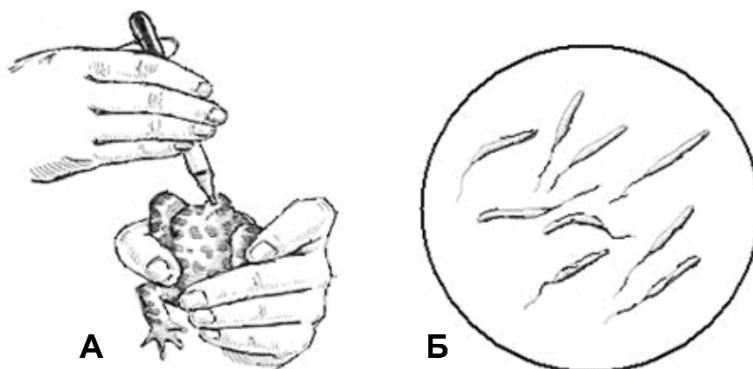
**Цель работы:** изучить сперматозоидную реакцию Гали-Майнини.

**Для работы необходимы:** медицинские перчатки, микроскопы, шприцы на 5 мл, глазные пипетки, предметные стекла, покровные стекла, фильтровальная бумага, моча беременной женщины, самцы лягушек.

### Ход работы

Исследуемую мочу, предварительно профильтрованную и обезвреженную эфиром, в количестве 4 мл вводят однократно в спинной лимфатический мешок лягушки. Рекомендуется не прямо вкалывать иглу шприца в этот лимфатический мешок через кожу спины, а проводить ее туда сзади через бедро, чтобы введенная моча не могла бы вылиться наружу через проколотое иглой отверстие в коже. Каждую реакцию ставят одновременно не менее чем на двух лягушках. Через промежуток времени в 30 минут, 1, 2, и 3 часа после инъекции мочи осторожно вводят в клоаку лягушки на глубину нескольких миллиметров конец глазной пипетки, насасывают небольшое количество содержимого клоаки (рис. 14, А). Полученный секрет переносят на

предметное стекло и, накрыв покровным стеклом, рассматривают под микроскопом при сильном увеличении в слегка затемненном поле зрения.



**Рисунок 14.** Реакция Галли-Майнини.

А – Взятие пипеткой содержимого клоаки у лягушки; Б – Сперматозоиды лягушки

Сперматозоиды лягушек имеют характерную форму благодаря очень длинной и сравнительно узкой головке и длинному тонкому хвостику. Они сильно отличаются от других форменных элементов и паразитических жгутиконосцев, встречающихся в содержимом клоаки (рис. 14, Б).

**Результаты работы и оформление:** сделайте выводы о проведенной работе и запишите их в рабочую тетрадь.

---

### Контрольные вопросы

- 1 Железы внутренней секреции. Функция желез внутренней секреции. Понятие о гормонах.
- 2 Функциональное значение гормонов. Гормональная регуляция физиологических функций. Связь между нервной и эндокринной системой.
- 3 Функциональная классификация гормонов. Синтез, секреция, транспорт гормонов. Механизмы действия гормонов на клеточном уровне.
- 4 Гипоталамо-гипофизарная система. Нейросекреторные клетки гипоталамуса. Характеристика тропных гормонов, рилизинг-гормонов.
- 5 Функции гормонов аденогипофиза и нейрогипофиза.
- 6 Функции гормонов щитовидной и паращитовидной желез. Поддержание концентрации  $Ca^{2+}$  и фосфатов в крови.
- 7 Функции гормонов поджелудочной железы. Регуляция содержания глюкозы в крови (поджелудочная железа, гипофиз, надпочечники).
- 8 Симпато-адреналовая система. Катехоламины как гормоны и медиаторы. Нервная регуляция хромаффинной ткани надпочечников.
- 9 Функции гормонов коры надпочечников.
- 10 Женские половые гормоны. Менструально-овариальный цикл, его нейро-эндокринная регуляция. Мужские половые гормоны и их функции.



## **ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРГАНИЗМА ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА**

### **КРОВЬ**

1. Объем крови в организме – 6.5-7% веса тела.
2. Объем плазмы – 55-60% объема крови.
3. Содержание белков в плазме – около 7% (70 г/л).
4. Содержание сывороточного альбумина в плазме – 4% (40 г/л).
5. Содержание сывороточного глобулина в плазме – 2-3% (20-30 г/л).
6. Содержание фибриногена в плазме – 0.2-0.4% (2-4 г/л).
7. Содержание белков в лимфе – 0.3-4% (3-40 г/л).
8. Содержание минеральных солей в крови – 0.9-0.95 % (285-310 мосм/л).
9. Содержание глюкозы в крови (натощак) – 80-120 мг% (3.3-6.1 ммоль/л, венозная кровь).
10. Осмотическое давление плазмы – около 7.5 атм (5700мм.рт.ст).
11. Онкотическое давление плазмы – 0.03-0.04 атм (25-30 мм рт.ст.)
12. Удельный вес крови – 1.05-1.06
13. Число эритроцитов в 1л крови у мужчин –  $4.5-5 \times 10^{12}$
14. Число эритроцитов в 1л крови у женщин –  $3.7-4.7 \times 10^{12}$
15. Средний диаметр эритроцита – 7.5 мкм
16. Содержание гемоглобина в 1л крови у мужчин – 132-164 г/л
17. Содержание гемоглобина в 1л крови у женщин – 115-144 г/л
18. Цветовой показатель – 0.8-1.0
19. Время «жизни» эритроцита – 100-120 дней.
20. Число тромбоцитов в 1л крови –  $180-320 \times 10^9$
21. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) у мужчин – 1-10 мм/ч
22. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) у женщин – 2-15 мм/ч
23. Число лейкоцитов в 1л крови –  $4-9 \times 10^9$
24. % содержание базофилов в крови – 0-1%
25. % содержание эозинофилов в крови – 0.5-5%
26. % содержание нейтрофилов в крови: палочкоядерные 1-6%; сегментоядерные 45-70%
27. % содержание лимфоцитов в крови – 19-37%
28. % содержание моноцитов в крови – 2-9%
29. Среднее время свёртывания крови – 3-5 мин.
30. pH артериальной крови – 7.4
31. pH венозной крови – 7.35

### **КРОВООБРАЩЕНИЕ**

1. Число сердечных сокращений (в покое) – 60-90 в мин.
2. Средняя продолжительность одного сердечного цикла – 0.8 с.
3. Длительность систолы предсердий – 0.1 с.

4. Длительность сердечной паузы – 0.37-0.4 с.
5. Длительность систолы желудочков – 0.33 с.
6. Систолический объём крови, выбрасываемый сердцем – 60-70 мл.
7. Минутный объём крови, выбрасываемый сердцем в покое – 4.5-5 л.
8. Длительность абсолютной рефрактерной фазы желудочков – 0.27 с.
9. Длительность относительной рефрактерной фазы желудочков – 0.03 с.
10. Длительность интервала PQ на кривой ЭКГ – 0.12-0.2 с.
11. Длительность интервала QRS на кривой ЭКГ – 0.06-0.1 с.
12. Амплитуда зубца R на кривой ЭКГ – 0.8-1.5 мВ
13. Амплитуда зубца P на кривой ЭКГ – 0.1-0.2 мВ
14. Амплитуда зубца T на кривой ЭКГ – 0.05--0.3 мВ
15. Систолическое артериальное давление крови – 105-139 мм рт. ст.
16. Диастолическое артериальное давление крови – 65-89 мм рт. ст.
17. Пульсовое артериальное давление крови – 35-50 мм рт. ст.
18. Линейная скорость течения крови в артериях – 0.3-0.5 м/с
19. Скорость распространения пульсовой волны в аорте – 10-12 м/с
20. Скорость пульсовой волны в периферических артериях – 6-9.5 м/с
21. Средняя скорость кровотока в капиллярах – 0.1-1 мм/с.
22. Минимальное время полного кругооборота крови – 20-30 с.
23. Средняя скорость кровотока в венах среднего калибра – 60-140 мм/с
24. Средняя скорость кровотока в крупных венах – 200 мм/с
25. Кровяное давление в артериальном конце капилляра – 30-40 мм рт. ст.
26. Кровяное давление в венозном конце капилляра – 15-20 мм рт. ст.

### **НЕРВНО-МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА**

1. Средний уровень мембранного потенциала в нервных и мышечных клетках – (-50)-(-90) мВ.
1. Потенциал покоя пейсмерных клеток проводящей системы сердца – (-60 мВ).
2. Потенциал покоя волокон рабочего миокарда – (-90 мВ).
3. Средняя амплитуда потенциала действия в нервных и мышечных клетках – 120-130 мВ.
4. Длительность потенциала действия в нервных волокнах – 1 мс.
5. Длительность потенциала действия в скелетной мускулатуре – 10 мс.
6. Длительность потенциала действия кардиомиоцитов – 300 мс.
7. Средняя скорость проведения возбуждения по двигательным нервным волокнам – 70-120 м/с (тип A $\alpha$ ).
8. Средняя скорость проведения возбуждения по афферентным волокнам кожной чувствительности давления и прикосновения – 30-70 м/с (тип A $\beta$ )
9. Средняя скорость проведения возбуждения по двигательным волокнам мышечных веретен – 15-30 м/с (тип A $\gamma$ )
10. Средняя скорость проведения возбуждения по афферентным волокнам кожной чувствительности температуры и боли – 12-30 м/с (тип A $\delta$ )

11. Средняя скорость проведения возбуждения по симпатическим преганглионарным волокнам -3-15 м/с (тип В)
12. Средняя скорость проведения возбуждения по симпатическим (постганглионарным) нервным волокнам (тип С) – 0.5-3 м/с.

### **ДЫХАНИЕ**

1. Жизненная ёмкость лёгких у мужчин – 4000-5000 мл.
2. Жизненная ёмкость лёгких у женщин – 3000-4500 мл.
3. Дыхательный объем воздуха – 500 мл.
4. Резервный объём вдоха – 3000 мл.
5. Резервный объём выдоха – 1300 мл.
6. Остаточный объём воздуха – 1200 мл.
7. Общая ёмкость лёгких – 6000 мл.
8. Число дыхания в покое – 12-18 в минуту.
9. Минутный объём дыхания в спокойном состоянии – 6-9 л/мин.
10. Минутный объём дыхания при физической нагрузке – 50-100 л/мин.
11. Внутривлепральное отрицательное давление к концу спокойного вдоха – -6 мм рт.ст.
12. Внутривлепральное отрицательное давление в конце спокойного выдоха – -3 мм рт.ст.
13. Содержание в атмосферном воздухе кислорода и углекислого газа соответственно – 20.93% и 0.03%.
14. Содержание в выдыхаемом воздухе кислорода и углекислого газа соответственно – 16% и 4.5%.
15. Содержание в альвеолярном воздухе кислорода и углекислого газа соответственно – 14% и 5.5%.
16. Парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе – 100 мм рт. ст.
17. Парциальное давление углекислого газа в альвеолярном воздухе – 40 мм рт.ст.
18. Напряжение кислорода в артериальной крови – около 100 мм рт. ст.
19. Напряжение кислорода в венозной крови – 40 мм рт. ст.
20. Напряжение углекислого газа в артериальной крови – около 40 мм рт. ст.
21. Напряжение углекислого газа в венозной крови – около 46 мм рт. ст.
22. Коэффициент утилизации кислорода в покое – около 40%.
23. Коэффициент утилизации кислорода при физической нагрузке – 50-60%.

### **ОБМЕН ВЕЩЕСТВ**

1. Дыхательный коэффициент при приёме смешанной пищи – 0.85-0.9.
2. Дыхательный коэффициент при окислении жиров – 0.7.
3. Дыхательный коэффициент при окислении белка – 0.8.
4. Дыхательный коэффициент при окислении углеводов – 1.
5. Основной обмен взрослого человека – около 1700 ккал в сутки.
6. Обмен энергии при лёгкой работе – 2000-3300 ккал в сутки.
7. Обмен энергии при работе средней тяжести – 2500-3500 ккал в сутки.
8. Обмен энергии при тяжелой работе – 3500-6000 ккал в сутки.

## **АНАЛИЗАТОРЫ**

1. Количество колбочек в сетчатке – 7-8 млн.
2. Количество палочек в сетчатке – 110-125 млн.
3. Острота зрения, определяемая углом зрения – 1 мин.
4. Частота звуковых колебаний, слышимых человеком – 16-20000 Гц.
5. Максимальный уровень громкости – 130-140 дБ.

## **ПИЩЕВАРЕНИЕ**

1. Количество слюны, выделяемой в сутки – 0.5-2 л.
2. рН слюны – 6-7.9
3. Количество желудочного сока, выделяемого в сутки – 2.0-2.5 л.
4. Количество панкреатического сока, выделяемого в сутки – 1.5-2.0 л.
5. Содержание соляной кислоты в желудочном соке – 0.3-0.5 %.
6. рН желудочного сока – 1.5-1.8.
7. рН панкреатического сока – 8.4-8.8.
8. Количество желчи, выделяемой в сутки – 0.5-1.2 л.
9. Количество сока тонкой кишки, выделяемого в сутки – 1-1.5 л.
10. рН сока тонкой кишки – 6-7.2.
11. Количество сока толстой кишки, выделяемого в сутки – 0.2-0.3 л.
12. рН сока толстой кишки – 6.2-7.3.
13. Средняя суточная норма потребления белков – 100-120 г.
14. Средняя суточная норма потребления жиров – 100-110 г.
15. Средняя суточная норма потребления углеводов – 400-450 г.

## **ВЫДЕЛЕНИЕ**

1. Количество конечной мочи в сутки – 1.0-1.5 л.
2. Относительная плотность мочи: утренней порции – 1.02-1.024 г/мл.
3. Колебания относительной плотности мочи за сутки в норме: 1.005-1.028 г/мл.
4. Количество мочевины – 1.5-2 %.
5. Эффективное фильтрационное давление в почках – 20 мм рт. ст.
6. Уровень глюкозы в крови, при которой возникает глюкозурия – более 9.9 ммоль/л
7. Количество первичной мочи в сутки – 150-180 л.





## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Физиология человека: в 3 т / ред. Р.Шмидт, Г. Тевс. – М.: Мир, 2005.
2. Фундаментальная и клиническая физиология / Камкин А. Г., Каменский А. А. – М.: Академия, 2004.
3. Большой практикум по физиологии человека и животных / под ред. Васильева Л.Л. и Ветюкова И.А. – М.: Высшая школа, 1961.
4. Практикум по нормальной физиологии / под ред. Н.А. Агаджаняна и А.В. Коробкова. – М.: Высшая школа, 1983. - 328 с.
5. Бабынина Т.В., Ситдикова Г.Ф. Общий практикум по физиологии человека и животных в 2-х частях / под ред. И.Н. Плещинского – Казань. КГУ. 2000.
6. Яковлева, О.В., Ситдикова Г.Ф., Хазипов Р.Н., Яковлев А. В. Физиология возбудимых систем Часть I / Казань 2012, 43 с.







*Н.Н. Хаертдинов, А.С. Блохина,  
И.Ф. Шайдуллов, К.С. Королёва,  
Г.Ф. Ситдикова*

**ПРАКТИКУМ  
ПО НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ  
Часть II**

*Учебно-методическое  
пособие*

Подписано в печать 20.03.2020  
Форм. бум. 60x84 1/16  
Печ. л. 4.6. Тираж 500.

Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Иллюстрация обложки создана @macrovector из freepik.com



**Кафедра  
физиологии  
человека  
и ЖИВОТНЫХ**

