

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Елабужский институт (филиал) Федерального  
государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный  
университет»**  
**Кафедра биологии и химии**

**С.В. Куланина**

**Сборник описаний лабораторных работ по  
физиологии человека и животных  
(Физиология системы кровообращения.  
Физиология пищеварения и обмена веществ и  
энергии)**

**Пособие для студентов**

**Елабуга 2018**

**УДК 57**  
**ББК 28.707.3**  
**К90**

**Печатается по решению Ученого Совета ЕИ КФУ**  
**Протокол № 11 от 20 декабря 2018 г.**

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

*Чернышова Ф.А.*, к.б.н., доцент Набережночелнинского филиала Казанского инновационного университета им. В.Г.Тимирязова.

*Леонтьев В.В.*, к.б.н., доцент, зав.кафедрой биологии и химии ЕИ К(П) ФУ

Учебно-методическое пособие «Физиология человека и животных. Пищеварение и обмен веществ» предназначено для студентов 4 и 5 курсов кафедры биологии и химии и имеет целью облегчить им выполнение практических работ по физиологии человека и животных.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

*Куланина С.В.*, ассистент кафедры биологии и химии ЕИ КФУ

# ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

**Работа 1. Влияние изменения позы и мышечной работы на частоту сердечных сокращений.**

**Оборудование и материалы:** секундомер

1. Испытуемый спокойно сидит в течение 5 минут. Затем измерить пульс за 30 секунд в покое, в положении стоя и лежа.
2. Измерить пульс в состоянии покоя. Выполнить 30 приседаний и измерить пульс за 30 секунд. Затем измерить пульс через 1 минуту, через 2 минуты и через 3 минуты. Выполнить график изменения количества ударов пульса во времени.

**Вопросы:**

1. Объясните причину возрастания частоты сердечных сокращений (ЧСС) при переходе в вертикальное положение.
2. Почему увеличивается ЧСС во время физической работы?
3. Объясните отличия у разных людей в величине реакции сердца на физическую нагрузку, быстроте восстановительного периода исходной ЧСС (возраст, уровень физического развития, тренированность, пол и т.д.).

## **Работа 2. Определение физической работоспособности**

Тесная связь сердечнососудистых реакций с выполняемой физической нагрузкой позволяет применить простейшую функциональную пробу, позволяющую судить об общей физической работоспособности человека по характеру изменения пульса.

Такой простейшей функциональной пробой является «степ-тест», разработанный в Гарвардском университете.

**Оборудование и материалы:** секундомер, метроном, ступенька переменной величины.

### **Условия выполнения степ-теста.**

1. Гарвардский степ-тест заключается в подъемах на скамейку высотой 50 см для мужчин и 43 см для женщин в течение 5 мин в заданном темпе.
2. Темп восхождения постоянный и равняется 30 циклам в 1 мин. Каждый цикл состоит из четырех шагов. Темп задается метрономом 120 ударов в минуту.
3. После завершения теста обследуемый садится на стул и в течение первых 30 с на 2-й, 3-й и 4-й минутах подсчитывается ЧСС.

4. Если обследуемый в процессе тестирования отстает от заданного темпа, то тест прекращается.

О физической работоспособности судят по индексу гарвардского степ-теста (ИГСТ), который рассчитывается, исходя из времени восхождения на ступеньку и ЧСС после окончания теста. Высота ступеньки и время восхождения на нее выбираются в зависимости от пола и возраста обследуемого.

Индекс гарвардского степ-теста рассчитывают по формуле:

$$\text{ИГСТ} = (t \times 100) / [(f1 + f2 + f3) \times 2]$$

где t — время восхождения в секундах, f1, f2, f3 — частота сердечных сокращений (ЧСС) за 30 с на 2-й, 3-й и 4-й минутах восстановления соответственно.

Оценка результатов гарвардского степ-теста

Оценка	ИГСТ
Отлично	90
Хорошо	80—89,9
Средне	65—79,9
Слабо	55—64,9
Плохо	55

**Порядок работы:**

Определение пульса у испытуемого в покое (запишите).

1. Установите режим метронома 60 ударов в минуту и запустите его.
  2. Объясните испытуемому условия выполнения физической нагрузки и спросите о его готовности.
  3. Определите пульс испытуемого перед началом выполнения нагрузки (запишите).
  4. Дайте команду «Начинать» и включите секундомер.
  5. Корректируйте правильность выполнения степ-теста.
  6. По истечении 5 минут дайте команду «Прекратить» и остановите метроном.
  7. Сразу после окончания нагрузки определите пульс (запишите).
  8. Подсчитайте количество сокращений сердца по пульсу в восстановительном периоде на «60-90», «120-150» и «180-210» секундах.
  9. Определите частоту сердечных сокращений в минуту в конце 5-й минуты восстановительного периода.
- I. Определите ИГСТ у двух испытуемых, результаты сравните.
- II. Определите количество выполненной работы по формуле:

$$A = P \cdot H \cdot n + P \cdot H \cdot n \cdot 1/2,$$

где  $A$  – работа в кгм,

$P$  – вес испытуемого в кг,

$n$  – количество восхождений,

$H$  – высота ступеньки в м.

III. Проследите динамику изменения ЧСС под влиянием физической нагрузки (покой, предстартовое состояние, восстановительный период). Постройте график зависимости ЧСС от времени восстановления.

IV. На основании полученных данных сделайте сравнительный анализ результатов по двум испытуемым и выводы о влиянии физической нагрузки на сердечно-сосудистую систему.

### **Контрольные вопросы:**

1. Объясните механизм учащения сердечных сокращений при выполнении физических нагрузок.
2. Каков механизм предстартового учащения пульса?

### **Работа 3. Измерение артериального пульса и его классификация**

**Пульс** – колебания стенок сосуда под действием меняющегося давления. Определяются следующие свойства пульса: ритм, частота, напряжение, наполнение, величина и форма.

У здорового человека сокращение сердца и пульсовые волны следуют друг за другом через равные промежутки времени, т. е. пульс ритмичен (*pulsus regularis*). При расстройствах сердечного ритма пульсовые волны следуют через неодинаковые промежутки времени и пульс становится неритмичным (*pulsus irregularis*).

В нормальных условиях частота пульса соответствует частоте сердечных сокращений и равна 60-80 в минуту. При учащении сердечных сокращений (тахикардия) увеличивается число пульсовых волн в минуту, появляется частый пульс (*pulsus*; при замедлении сердечного ритма (брадикардия) пульс становится редким (*pulsus rarus*). Частоту пульса подсчитывают в течение 1 мин; если пульс неритмичен, следует определять также, соответствует ли число пульсовых волн числу сердечных сокращений. При частых неритмичных сокращениях сердца отдельные систолы левого желудочка могут быть настолько слабыми, что изгнания в аорту крови совсем не последует либо ее поступит так мало, что пульсовая волна не достигнет периферических артерий. Разница между числом сердечных сокращений и пульсовых волн, подсчитанная в течение минуты, называется дефицитом пульса, а сам пульс — дефицитным (*pulsus deficiens*). Чем больше



дефицит пульса, тем неблагоприятнее это сказывается на кровообращении.

**Напряжение пульса.** Определяется той силой, которую нужно приложить исследующему для полного сдавливания пульсирующей артерии. Это свойство пульса зависит от величины систолического артериального давления. При нормальном артериальном давлении артерия сдавливается при умеренном усилии, поэтому в норме пульс умеренного напряжения. Чем выше давление, тем труднее сжать артерию — такой пульс называется напряженным, или твердым (*pulsus durus*). При низком давлении артерия сжимается легко — пульс мягкий (*pulsus mollis*).

**Наполнение пульса.** Отражает наполнение исследуемой артерии кровью, обусловленное в свою очередь тем количеством крови, которое выбрасывается в систолу в артериальную систему и вызывает колебание объема артерии. Оно зависит от величины ударного объема, от общего количества крови в организме и ее распределения. При нормальном ударном объеме крови и достаточном кровенаполнении артерии ощущается полный пульс (*pulsus plenus*). При нарушении кровообращения, кровопотере наполнение пульса уменьшается — такой пульс называется пустым (*pulsus vacuus*).

**Величина пульса.** Величина пульсового толчка — понятие, объединяющее такие его свойства, как наполнение и напряжение. Она зависит от степени расширения артерии во время систолы и от ее спадения в момент диастолы. Это в свою очередь зависит и от наполнения пульса, величины колебания артериального давления в систолу и диастолу и способности артериальной стенки к эластическому расширению. При увеличении ударного объема крови, большом колебании давления в артерии, а также при снижении тонуса артериальной стенки величина пульсовых волн возрастает. Такой пульс называется большим (*pulsus magnus*). Большой, высокий пульс наблюдается при недостаточности клапана аорты, при тиреотоксикозе, когда величина пульсовых волн возрастает за счет большой разницы между систолическим и диастолическим артериальным давлением; такой пульс может появляться при лихорадке в связи со снижением тонуса артериальной стенки.

Уменьшение ударного объема, малая амплитуда колебания давления в систолу и диастолу, повышение тонуса стенки артерии приводят к уменьшению величины пульсовых волн — пульс становится малым (*pulsus parvus*). Малый пульс наблюдается при малом или медленном поступлении крови в артериальную систему: при сужении устья аорты или левого

венозного отверстия, тахикардии, острой сердечной недостаточности. Иногда при шоке, острой сердечной недостаточности, массивной кровопотере величина пульсовых волн может быть настолько незначительной, что они едва определяются, такой пульс получил название нитевидного (*pulsus filiformis*).

В нормальных условиях пульс ритмичен и величина пульсовых волн одинакова, пульс равномерный (*pulsus aequalis*). При расстройствах сердечного ритма, когда сокращения сердца следуют через неравные промежутки времени, величина пульсовых волн становится различной. Такой пульс называется неравномерным (*pulsus inaequalis*). В редких случаях при ритмичном пульсе определяется чередование больших и малых пульсовых волн. Это так называемый перемежающийся пульс (*pulsus alternans*). Полагают, что он связан с чередованием различных по силе сердечных сокращений; обычно он наблюдается при тяжелом поражении миокарда.

**Цель работы.** Оценка свойств пульса в состоянии покоя и влияния изменения положения тела на пульс.

**Оборудование и материалы.** Секундомер.

**Порядок работы.**

**Задание 1.** Оценка пульса в состоянии покоя. Испытуемый должен спокойно сидеть в состоянии психологического комфорта течение 5 минут, чтобы за это время завершились процессы в системе гемодинамики, вызванные физической и эмоциональной активностью. Нащупайте кончиками пальцев лучевую артерию в области запястья. Определите следующие свойства пульса: ритм, частоту, напряжение, наполнение, величину.

**Задание 2.** Влияние изменения положения тела на пульс. Испытуемый спокойно лежит в горизонтальном положении в течение 5 минут. После этого начинают считать его пульс по 30 с каждую минуту (в общей сложности в течение 5 минут). Затем испытуемый поднимается, и его пульс снова просчитывают таким же образом в течение 5 минут. Повторяют подсчет пульса после того, как испытуемый снова ляжет.

**Порядок работы.** Измеренные пальпаторно свойства пульса занесите в таблицу:

Свойство пульса	Его характеристика

Постройте график по полученным результатам. На сколько процентов увеличилась частота пульса при переходе из горизонтального положения в

вертикальное? Объясните механизм наблюдаемых изменений пульса при переходе из горизонтального положения в вертикальное.

**Вывод.** Перечислите определенные в ходе лабораторной работы индивидуальные особенности свойств пульса. Изменилось ли частота пульса при переходе из горизонтального положения в вертикальное, почему?

#### **Работа 4. Измерение артериального давления крови**

**Артериальное давление** – это давление крови в крупных артериях человека.

Различают два показателя артериального давления:

– **систолическое (верхнее) артериальное давление (СД)** – это уровень давления крови в момент максимального сокращения сердца, характеризует состояние миокарда левого желудочка и равняется 100–120 мм рт. ст.

– **диастолическое (нижнее) артериальное давление (ДД)** – это уровень давления крови в момент максимального расслабления сердца, характеризует степень тонуса артериальных стенок и равняется 50–80 мм рт. ст.

Разность между величинами систолического и диастолического давлений называется пульсовым давлением (ПД). Оно показывает, насколько систолическое давление превышает диастолическое, что необходимо для открытия полулунного клапана аорты во время систолы. В норме пульсовое давление равно 35–55 мм рт. ст. Только при таких условиях во время систолы левого желудочка клапан открывается полностью, и кровь поступает в большой круг кровообращения. Если систолическое давление станет равным диастолическому, движение крови будет невозможным и наступит смерть. Повышение давления на каждые 10мм рт. ст. увеличивает риск развития сердечнососудистых заболеваний на 30%.

Величина кровяного давления зависит от трех основных факторов:

- частоты и силы сердечных сокращений;
- величины периферического сопротивления, т.е. тонуса стенок сосудов, главным образом, артериол и венул;
- объема циркулирующей крови.

Артериальное давление здорового человека является величиной довольно постоянной, однако оно всегда подвергается небольшим колебаниям в зависимости от фаз деятельности сердца и дыхания. Кровопотери ведут к снижению кровяного давления, а

переливание большого количества крови повышает артериальное давление. Величина давления зависит от возраста. У детей артериальное давление ниже, чем у взрослых, потому что стенки сосудов более эластичны.

**Цель работы:** Ознакомиться с методикой измерения кровяного (артериального) давления у человека по способу Короткова и научиться его определять у человека.

**Оборудование и материалы:** тонометр, фонендоскоп, испытуемый.

**Порядок работы:**

1. Вымойте руки.
2. Обработайте мембрану фонендоскопа 70%-ным спиртом двукратным протиранием.
3. Положите правильно руку пациента: в разогнутом положении ладонью вверх, мышцы расслаблены.
4. Наложите манжетку на обнаженное плечо пациента на 2–3 см выше локтевого сгиба; одежда не должна сдавливать плечо выше манжетки; закрепите манжетку так плотно, чтобы между ней и плечом проходил только один палец.
5. Соедините манометр с манжеткой. Проверьте положение стрелки манометра относительно нулевой отметки шкалы.

6. Нащупайте пульс в области локтевой ямки и поставьте на это место фонендоскоп.

7. Закройте вентиль на груше и накачивайте в манжетку воздух: нагнетайте воздух, пока давление в манжетке по показаниям манометра не превысит на 25–30 мм рт. ст. уровень, при котором перестала определяться пульсация артерии.

8. Откройте вентиль и медленно выпускайте воздух из манжетки. Одновременно фонендоскопом выслушивайте тоны и следите за показаниями шкалы манометра.

9. Отметьте величину систолического давления при появлении над плечевой артерией первых отчетливых звуков.

10. Отметьте величину диастолического давления, которая соответствует моменту полного исчезновения тонов.

11. Запишите данные измерения артериального давления в виде дроби (в числителе – систолическое давление, а в знаменателе – диастолическое), например, 120/75 мм рт.ст.

**Запомните!** Артериальное давление нужно измерять два – три раза на обеих руках с промежутками в 1–2 минуты, достоверным артериальным давлением считать наименьший



результат. Воздух из манжетки надо выпускать каждый раз полностью.

## **Работа 5. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы**

Во время работы возрастает потребность мышц и головного мозга человек в питательных веществах и кислороде, в удалении продуктов распада (молочной, уксусной и углекислоты). Необходимым условием для этого является увеличение скорости кровотока и минутного объема крови.

Минутный объем крови зависит от таких показателей, как частота пульса и ударный объем крови, который в свою очередь, зависит от артериального кровяного давления.

**Артериальное давление (АД)** бывает максимальным, минимальным и пульсовым. 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 уменьшится, 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 артериальным давлением крови. Физическая работа увеличивает пульсовое давление.

В качестве нагрузки чаще всего применяется проба Мартина (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., диастолическое давление крови не изменяется или незначительно снижается) на 5-10 мм РТ. ст.), а через 3 минуты артериальное давление крови возвращается к исходному уровню. При учащении пульса на 25% состояние ССС 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 систолического давления 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 правила, увеличивается.

С учетом возможности тех или иных сдвигов гемодинамических показателей различают следующие типы реагирования ССС на нагрузку:

а) нормотоническая реакция, для которой наряду с учащением пульса характерно увеличение пульсовой амплитуды за счет выраженного повышения систолического давления и умеренного понижения диастолического, 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 диастолическое давление либо остается неизменным, либо повышается, восстановительный период несколько затянут;

в) гипотоническая (астеническая) реакция, при которой систолическое давление поднимается незначительно, но сильно учащается пульс, а восстановительный период продолжителен; диастолическое давление 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 диастолического давления; восстановление развивается замедленно;

д) ступенчатая реакция, при которой непосредственно после нагрузки систолическое давление оказывается ниже, чем на 2-й или даже 3-й минуте восстановительного периода; нередко отмечается снижение диастолического давления 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 систолического давления при различных вариантах изменения диастолического или одновременное повышение того и другого.

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

**Оборудование и материалы.** Тонометр, секундомер, калькулятор.

## **Порядок работы.**

Измерить артериальное давление, подсчитать пульс и частоту дыхания в состоянии покоя и после физической 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.

### **2) Систолический (ударный) объем крови (СО): по формуле Старра**

$$\text{СО} = (90,97 + 0,54 * \text{ПД}) - (0,57 * \text{ДАД} + 0,61 * \text{В}),$$

Где В – возраст (полное количество лет),

ПД – пульсовое давление,

ДАД – диастолическое давление.

В норме систолический объем равен 60-80мл.

### **3) Минутный объем (МО)**

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

где СО – систолический объем,

ЧП – частота пульса за 1 минуту.

В норме этот показатель для мужчин равен 3500-500мл, для женщин 3000-4000мл.

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

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

Где В – возраст (полное количество лет),

ПД – пульсовое давление,

ДАД – диастолическое давление.

В норме СДД равно 80 мм рт.ст.

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

$$\text{ПС} = \text{СДД} * 79980 / \text{МО},$$

Где СДД – среднединамическое давление, МО – минутный объем, в мл.

В состоянии покоя у здорового человека величина периферического сопротивления колеблется в пределах 1095-2500 дин.с.см. После окончания работы периферическое сопротивление в течение некоторого времени остается пониженным.

**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 (K1)**

$$K1 = (САДн - САДп) / САДп,$$

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

**Коэффициент повышения частоты пульса (K2)**

$$K2 = (ЧПн - ЧПп) / ЧПп,$$

Где ЧПн – частота пульса после физической нагрузки, ЧПп - частота пульса в покое.

Если K1 больше K2 – регуляция сердечно-сосудистой деятельности осуществляется нормально. Если K1 меньше K2 – имеет место сердечная недостаточность.

**2) Коэффициент выносливости (КВ), характеризующий степень тренированности сердечно-сосудистой системы к выполнению физической нагрузки:**

$$КВп = ЧПп / ПДп,$$

Где ЧПп - частота пульса в покое,

ПДп – пульсовое давление в покое.

$$КВн = ЧПн/ПДн,$$

Где ЧПн – частота пульса после физической нагрузки,

ПДн – пульсовое давление после физической нагрузки.

Увеличение КВ после физической нагрузки служит показателем детренированности сердечно-сосудистой системы.

**3) 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

$$Кр = (ПДн - ПДп)/(ЧПн - ЧПп),$$

Где ПДп и ЧПп – соответственно пульсовое давление и частота пульса в покое,

ПДн и ЧПн – то же, после нагрузки.

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

**4) Существует связь между сердечно-сосудистой и дыхательной системами человека во время труда, что**



можно выразить через **коэффициент соотношения пульс-дыхание (КСПД)**:

$$\text{КСПД}_п = \text{ЧП}_п / \text{ЧД}_п,$$

Где ЧД<sub>п</sub> – частота дыхания в покое,

ЧП<sub>п</sub> – частота пульса в покое.

$$\text{КСПД}_н = \text{ЧП}_н / \text{ЧД}_н,$$

Где ЧД<sub>н</sub> – частота дыхания после физической нагрузки,

ЧП<sub>н</sub> – частота пульса 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.

## **Работа 6. Электрокардиография человека**

**Электрокардиография** – метод регистрации электрических потенциалов работающего сердца.

Электрокардиограмма представляет собой кривую, состоящую из пяти зубцов – PQRST. 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 объяснения различного вольтажа зубцов Эйнтховен предложил схематически изобразить тело человека в виде треугольника. Электрическая ось сердца расположена в центре треугольника параллельно его левой стороне. Проекция данной оси на стороне треугольника соответствует разности потенциалов, регистрируемой гальванометром.

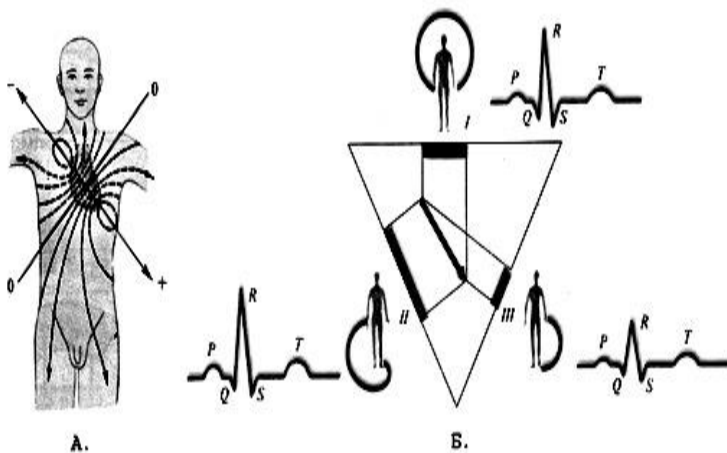


Рис. 1. А - электрическое поле сердца при формировании электрокардиограммы; Б – треугольник Эйнтховена и проекции электрической оси сердца на стороны треугольника: I, II, III отведения

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.

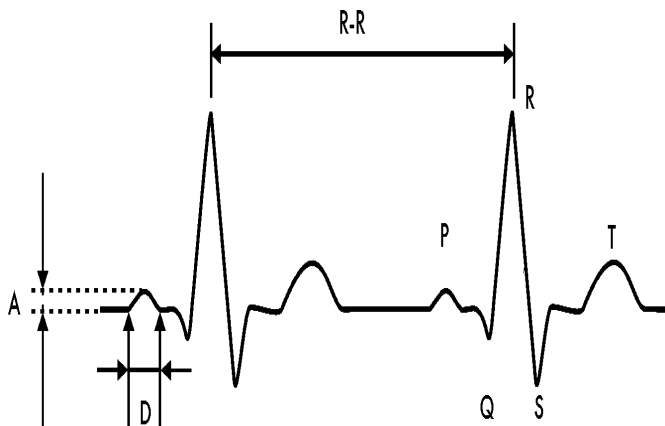
**Цель работы:** Ознакомиться с методикой электрокардиографии человека и анализом электрокардиограммы.

**Оборудование и материалы:** Электрокардиограф, марля, физиологический раствор.

**Порядок работы.** Перед включением заземляют электрокардиограф и включают прибор. Закрепляют электроды на испытуемом резиновыми лентами (между кожей и электродами помещают прокладку из марли, предварительно смоченную раствором поваренной соли). Подсоединяют к наложенным электродам разноцветные выводы кабеля отведений в следующем порядке: правая рука - *красный*, левая рука – *желтый*, левая нога – *зеленый*, правая нога – *черный*.

После наложения электродов на пациента и подключения кабеля отведений производят следующее: устанавливают переключатель отведений в положение “К”, включите кнопку "Запись" и нажмите кнопку “1мВ”. Производят запись калибровочного сигнала. Устанавливают

переключатель отведений в положении “1”, включают кнопку "Запись", записывают необходимое число циклов ЭКГ (рис. 15), выключают кнопку "Запись". После окончания работы необходимо отжать все кнопки переключателя на лицевой панели и выключить прибор.



Производят анализ работы ЭКГ в трех отведениях, записав далее данные в таблицу 1.

Таблица 1

Амплитуда зубцов (А) в мВ и их длительность (Д) в с									
P		Сегмент PQ	Q	R	S	QRS	T		QRST
А	Д	Д	А	А	А	Д	А	Д	Д
0-0,25	0,06-0,11	0,12-0,18	0-0,25	0,15-2,4	0-0,6	0,06-0,09	0,05-0,3	0,05-0,25	0,36

Делают выводы, сравнив полученные величины ЭКГ с нормой.

# ПИЩЕВАРЕНИЕ

Пищеварение является физиологическим процессом, в результате которого происходит процесс сложной физической и химической обработки пищевых веществ.

## **Работа 1. Ферментативные свойства слюны**

Слюна содержит ферменты - амилазу, лактазу, мальтазу, лизоцим. Под действием амилазы слюны происходит гидролиз углеводов до дисахаров. Слюна имеет слабощелочную реакцию – рН 7,4-8,0.

**Цель работы.** Познакомиться с ферментативными свойствами слюны.

Материал и оборудование: штатив с пробирками, крахмальный клейстер, слюна, 0,5%-ный раствор HCl, 10%-ный раствор NaOH, 2%-ный раствор CuSO<sub>4</sub>, раствор Люголя, пипетки, воронка, бумажный фильтр, водяная баня, спиртовка.

### **Порядок работы.**

Собрать в пробирку несколько миллилитров слюны, разбавить ее в два раза дистиллированной водой. Профильтровать.

Заполнить пробирки следующим образом.

Пробирка № 1 – 3 мл крахмального клейстера + 1 мл разбавленной слюны,

№ 2 - 3 мл крахмального клейстера + 1 мл прокипяченной слюны,

№ 3 - 3 мл крахмального клейстера + 1 мл 0,5% HCl + 1 мл слюны,

№ 4 - 3 мл крахмального клейстера + 1 мл дистиллированной воды.

Все пробирки поместить на 10 минут на водяную баню ( $t = +37^{\circ}$ ), после чего содержимое каждой пробирки разделить на две части. С одной частью проделать качественную реакцию на сахар (пробу Треммера). Для этого в каждую пробирку прибавить по 0,5 мл 10 % - ного раствора NaOH и по 2-4 капли 2% - ного раствора  $\text{CuSO}_4$ , после чего содержимое пробирки прокипятить. Появление желтовато-красного осадка свидетельствует о наличии сахара.

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

## **Работа 2. Переваривание крахмала ферментами слюны человека**

Ротовая полость является начальным отделом пищеварительного тракта, где осуществляется: анализ вкусовых свойств, измельчение, смачивание слюной

пищи, начальный гидролиз углеводов и формирование пищевого комка; всасывание небольшого количества воды, глюкозы и лекарственных веществ. Секретция слюны осуществляется тремя парами крупных, а также множеством мелких желез. В сутки секретуруется 1,5-2,0 л слюны. В слюне находится высокоактивная  $\alpha$ -амилаза, активность других ферментов (липазы, мальтозы, протеазы, нуклеазы, ингибитора трипсина) низкая, также имеются муцин, факторы роста эпидермиса и нервов. Бактериальная активность обеспечивается лизоцимом, пероксидазой, IgA, лейкоцитов. Начальный гидролиз крахмала и гликогена ограничен временем акта жевания и осуществляется под действием  $\alpha$ -амилазы (образуемой преимущественно в околоушной железе), которая расщепляет

1,4-глюкозидные связи с образованием декстринов, а затем мальтозы и сахарозы, которые в свою очередь мальтазой расщепляются до моносахаридов. Оптимум действия ферментов находится в пределах нейтральной реакции среды при температуре 37°.

**Цель работы.** Изучение факторов влияющих на переваривание крахмала ферментами слюны.

**Оборудование и материалы.** Термостат или водяная баня с температурой 37-38° С, спиртовка,

штатив с пробирками, пипетки, слюна человека, 1 %-ный раствор вареного крахмала, 1 %-ный раствор сырого крахмала, растворы йода или Люголя, реактив Фелинга, 0,5 %-ный раствор HCl, лакмусовая бумага, стеклограф, лед или холодильник.

**Порядок работы.** Заблаговременно готовятся растворы и реактивы. Для приготовления раствора Люголя необходимо 0,1 г кристаллического йода и 0,15 г йодистого калия растереть в ступке пестиком, а затем растворить порошок в 150 мл дистиллированной воды. В качестве реактива на крахмал можно использовать 5%-ный спиртовой раствор йода, но его нужно в 8 раз разбавить водой. Реактив Фелинга состоит из двух растворов, которые готовят и сохраняют отдельно и смешивают в равных объемах только перед употреблением: 1) 5 г NaOH и 17,5 г сегнетовой соли растворяют в 50 мл воды; 2) 3,5 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  растворяют в 50 мл воды.

Собирают слюну с помощью капсулы или естественным путем, выпуская ее через воронку в пробирку. Для постановки опыта необходимо около 12 мл слюны. Нумеруют пробирки, ставят их в штатив и в пробирки с 1 по 6 отмеривают по 1 мл слюны. Затем в первую пробирку добавляют 3 мл 1 %-ного раствора вареного крахмала; вторую пробирку нагревают на спиртовке до кипения, охлаждают и добавляют 3 мл 1 %-ного раствора вареного крахмала;



в третью — добавляют 0,5 %-ный раствор  $\text{HCl}$  до появления стойкого окрашивания лакмусовой бумаги и 3 мл 1 %-ного раствора вареного крахмала; в четвертую — 3 мл 1 %-ного раствора сырого крахмала; в пятую — 3 мл 1 %-ного охлажденного раствора вареного крахмала и помещают ее в стакан со льдом; в шестую — 3 мл 1 %-ного раствора вареного крахмала; в седьмую — 3 мл 1 %-ного раствора вареного крахмала и добавляют 1 мл  $\text{H}_2\text{O}$ .

Пробирки 1-4, 6, 7 помещают в термостат или водяную баню при температуре  $37-38^\circ \text{C}$ ; пятую ставят в холодильник, или в стакан со льдом. В пробирке 6 определяют время наступления полного гидролиза через 10, 15, 20, 25, 30 мин. Содержимое пробирок 1-5, 7 через 30 мин делят на две части (для чего нумеруют столько же пробирок) и исследуют наличие крахмала и простых сахаров.

Содержимое пробирок, в которых присутствует крахмал, при добавлении 1-2-х капель раствора Люголя приобретает синий цвет. При добавлении к содержимому пробирок реактива Фелинга и нагревании их до кипения определяют наличие простых сахаров, т.е. продуктов расщепления крахмала ферментами слюны. При наличии простых сахаров содержимое пробирки окрашивается в бурокрасный цвет.

**Оформление отчета.** Составьте таблицу и внесите в нее результаты опыта и объясните, почему содержимое пробирок при добавлении реактива Фелинга и раствора Люголя приобретают различную окраску:

№ пробирок	Содержание пробирок	Цвет содержимого пробирок после добавления		Результаты опытов
		р-ра Люголя	реактива Фелинга	
1	1 мл слюны + 3 мл вареного крахмала, t+37° С			
2	1 мл прокипяченной слюны + 3 мл вареного крахмала, t+37° С			
3	1 мл слюны + 1%-ный раствор HCl + 3 мл вареного крахмала, t+37° С			
4	1 мл слюны + 3 мл сырого крахмала, t+37° С			
5	1 мл слюны (t+4° С (снег или лед)) + 3 мл вареного крахмала			
6	1 мл слюны + 3 мл вареного крахмала, t+37° С (контроль полного гидролиза крахмала по реакции с йодом; «+» - есть крахмал; «->» - нет крахмала)	10 мин 15 мин 20 мин 25 мин 30 мин		
7	3 мл вареного крахмала + 1 мл H <sub>2</sub> O, t+37° С			

**Вывод.** Дайте оценку условиям необходимым для эффективного переваривания углеводов ферментами слюны.

### **Работа 3. Состав и свойства желудочного сока**

**Цель работы.** Определить реакцию желудочного сока и провести наблюдение за действием его ферментов.

**Оборудование и материалы.** Бюретка для титрования на штативе, химический стаканчик, пробирки в штативе, водяная баня, термометр, спиртовка, воронка, часовое стекло, лакмусовая бумажка, фильтровальная бумага, фибрин, молоко, 0,5% раствор HCl, 0,1N раствор NaOH, 1% раствор фенолфталеина, эфир, желудочный сок натуральный, прокипяченный и нейтрализованный.

#### **3.1 Реакция желудочного сока**

1. На часовое стекло наливают несколько капель желудочного сока. Погружают в него лакмусовую бумажку. Покраснение свидетельствует о наличии кислоты.

2. Кислотность желудочного сока определяют титрованием. В качестве индикатора применяют фенолфталеин. Для этого в химический стаканчик с 5 мл желудочного сока прибавляют 1-2 капли 1% раствора фенолфталеина. Затем приливают из

бюретки по каплям 0.1 N раствора NaOH до тех пор, пока жидкость не примет красноватого оттенка. При титровании содержимое стаканчика взбалтывать.

Зная количество щелочи, затраченной на нейтрализацию желудочного сока, высчитывают его кислотность. Каждый миллилитр 0,1N раствора NaOH соответствует 0,00365 г. HCl. Устанавливают, сколько HCl входит в 5 мл желудочного сока. Путем умножения полученной цифры на 20 определяют процентное содержание в нем кислоты.

### **3.2 Переваривание фибрина желудочным соком.**

1. Берут 4 пробирки. В первую из них наливают 5 мл натурального желудочного сока, во вторую – 5 мл прокипяченного желудочного сока, в третью – 5 мл нейтрализованного желудочного сока и в четвертую – 5 мл 0,5 % раствора HCl.

Пробирки, положив в них по кусочку фибрина, помещают в водяную баню с температурой 38-40° C.

2. Через полчаса пробирки вынимают из бани и рассматривают.

3. На основании результатов опытов делают вывод о значении компонентов желудочного сока (пепсина и соляной кислоты) в переваривании белков.

### **3.3 Створаживание молока желудочным соком.**

1. В три пронумерованные пробирки наливают по 5 мл молока. Затем добавляют в пробирку №1- 0,5 мл натурального желудочного сока, в пробирку №2 – 0,5 мл нейтрализованного желудочного сока и в пробирку №3 – 0,5 мл нейтрализованного прокипяченного желудочного сока.

2. Пробирки помещают в водяную баню (температура воды 38-40° С).

3. Через 15-20 минут пробирки вынимают из бани и обнаруживают, что в них, за исключением пробирки № 3) произошло створаживание молока. Делают выводы о работе ферментов желудочного сока.

#### **Работа 4. Влияние желчи на жиры**

За сутки у человека отделяется 500-1500 мл желчи, которая содержит электролиты, билирубин, желчные кислоты, холистерол, фосфолипиды. Молекулы желчных кислот имеют такую трехмерную структуру, при которой гидрофильные карбоксильные и гидроксильные группы находятся на одной стороне молекулы, а гидрофобная часть молекулы (стероидное ядро, метильные группы) на противоположной, за счет чего молекулы желчных кислот обладают *гидрофильными*, и *липофильными* свойствами. Благодаря такому строению молекулы желчных

кислот действуют как детергенты: на границе раздела липидной и водной фаз они образуют почти мономолекулярную пленку, в которой гидрофильные группы обращены к водной, а липофильные — к липидной фазе. В водной фазе желчные кислоты образуют упорядоченные *агрегаты* — *мицеллы* при условии, что их концентрация достигает определенного уровня, называемого *критической концентрацией мицеллообразования* (1-2 ммоль/л). Внутренняя, липофильная область мицеллы может содержать *липиды*, например холестерол и фосфолипиды; такие мицеллы называют смешанными (рис. 15).

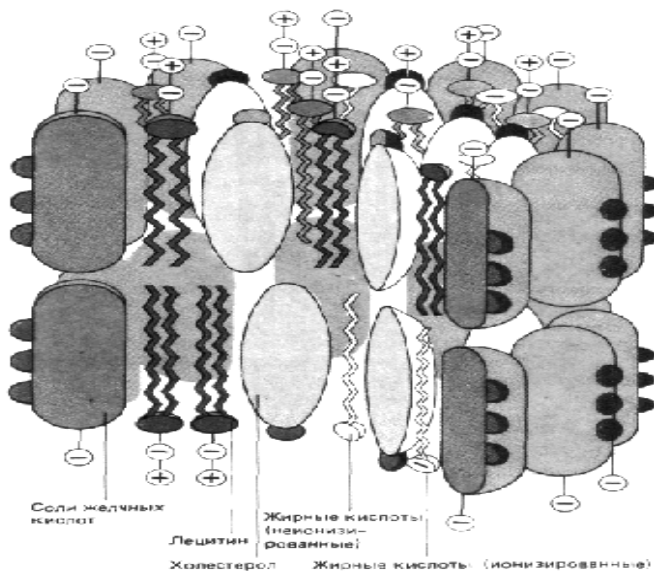


Рис. 15. Строение смешанной мицеллы

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

**Оборудование и материалы.** Лупа, предметные стекла, штатив, пробирки, воронки, пипетки, свежая желчь, растительное масло, бумажные фильтры, вода.

**Порядок 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 профильтрованного жира в обеих пробирках.

3. В пробирку № 3 налить 5 мл желчи, прибавить 1-2 мл растительного масла, 1 мл воды и взболтать до образования стойкой эмульсии.

**Оформление отчета.** Зарисуйте в тетрадь, как распределяется жир в капле воды и в капле желчи. Определите, в какой пробирке образовалась стойкая эмульсия. Определите количество профильтрованного

растительного масла через фильтры, смоченные водой и желчью. Результаты опыта занесите в таблицу:

	Результаты
Желчь	
Вода	
Желчь + вода	

**Вывод.** На основании полученных результатов оцените роль желчи в переваривании жиров.

**Цель работы.** Определить особенности протеолитического и гидролитического действия кишечного сока.

**Оборудование и материалы.** Натуральный кишечный сок, штатив, пробирки, воронки, пипетки, бумажные фильтры, вода, 3% - ный раствор пептона, 5%-ный раствор сахарозы, кусочки фибрина, бромная вода, спиртовка, водяная баня.

### **Порядок работы.**

1. Для определения особенностей протеолитического действия кишечного сока нумеруют 3 пробирки и в каждую наливают по 2 мл кишечного сока. Затем в 1-ю пробирку добавляют 2 мл 3%-ного раствора пептона; сок 2-ой кипятят, охлаждают и добавляют 2 мл 3%-ного



раствора пептона; в 3-ю вносят кусочек фибрина. Все пробирки помещают в термостат или водяную баню на 45 минут при 39°C, а затем в каждую пробирку прибавляют по 10 капель бромной воды. При наличии аминокислот в пробирке содержимое приобретает розовое окрашивание. По результатам делают заключение об особенностях ферментативного действия кишечного сока на белки. Объясняют отмеченную особенность.

2. Для определения гидролитического действия кишечного сока на дисахариды в 2 пробирки наливают по 2 мл кишечного сока. Затем в одну пробирку добавляют 3 мл 5%-ной сахарозы, сок другой пробирки кипятят, охлаждают и добавляют в нее также 3 мл 5%-ной сахарозы. Пробирки ставят в термостат на 30 минут при 39°C. После этого в содержимое каждой пробирки добавляют реактивы пробы Троммера (на глюкозу). По результатам исследований делают заключение, есть или нет в кишечном соке фруктофуридаза, расщепляющая сахарозу.

## **ФИЗИОЛОГИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ**

### **Работа 1. Вычисление основного обмена по формуле Рида**

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. Допустимым считается отклонение до 10 % от нормы.

**Цель работы:** определить основной обмен с помощью формул.

**Материалы и оборудование:** тонометр, фонендоскоп, секундомер.

#### **Порядок работы.**

У испытуемого определяют частоту пульса с помощью секундомера и артериальное давление по способу Короткова.

Процент отклонений основного обмена от нормы определяют по формуле Рида:

$$\text{ПО} = 0,75 \cdot [(\text{ЧП} + (\text{ПД} \cdot 0,74)) - 72],$$

где ПО - процент отклонения основного обмена от нормы,

ЧП - частота пульса,

ПД - пульсовое давление.

Вычислить собственную величину отклонения основного обмена от нормы по формуле Рида.

## **Работа 2. 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.

**Материалы и оборудование:** ростомер, весы, таблицы для определения основного обмена.

### **Порядок работы.**

С помощью ростомера и весов измеряют рост и вес испытуемого. Затем используют таблицы. Таблицы для определения основного обмена мужчин и женщин различны, так как у мужчин уровень основного обмена в среднем на 10 % выше, чем у женщин. Таблицами пользуются следующим образом. Например, если испытуемым является мужчина 25 лет, имеющий рост 168 см и массу 60 кг, то по таблице для определения основного обмена мужчин (часть А) находят рядом с величиной массы испытуемого число 892. В таблице

(часть Б) находят по горизонтали возраст (25 лет) и по вертикали рост (168 см). На пересечении граф возраста и роста расположено число 672. Сложив оба числа ( $892 + 672 = 1564$ ), получают среднестатистическую величину нормального основного обмена человека мужского пола данных возраста и массы 1564 ккал.

Сопоставьте величину основного обмена, полученную для данного испытуемого с помощью приборов, с результатом, найденным по таблицам.

### **Работа 3. Составление пищевого рациона**

Для поддержания нормальной жизнедеятельности необходимо рациональное питание. Составление пищевых рационов необходимо для того, чтобы привести в соответствие количество энергии, получаемое с пищей, с энергетическими потребностями организма.

**Цель работы.** Составить пищевой рацион из расчета на одного человека на один день.

**Материал и оборудование.** Таблицы химического состава пищевых продуктов и их калорийности, калькулятор.

#### **Порядок работы.**

Рациональное питание должно полностью покрывать потребности человека в энергии и пластических веществах и способствовать сохранению

здоровья, высокой трудоспособности, а детям 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.

Суточная потребность в энергии для лиц разной категории труда

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

Потребность человека в пластическом материале покрывается только в том случае, если пищевой рацион содержит все три рода питательных веществ: белки, жиры, углеводы.

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.

#### Физиологические нормы питания в сутки

Категория населения	Пищевые вещества (грамм)			
	Белки	Жиры	Углеводы	Ккал
I	65-72	70-80	300-350	2450
II	72-80	83-93	366-411	2800
III	84-94	98-100	432-484	3500
IV	96-108	113-128	499-566	3850
V	104-117	137-153	524-586	4200

Пищевой рацион составляют, используя специальные таблицы, в которых указано процентное содержание в пищевых продуктах белков, жиров и углеводов и калорийность 100 г. продукта.

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

Результаты работы записать в виде таблицы.

Режим питания	Продукты	Масса, г.	Содержание, г.			Ккал
			белков	жиров	углеводов	
1 завтрак						
2 завтрак						
Обед						
Ужин						

## Литература

1. Лабораторный практикум по физиологии человека. Учеб. пособие / В.Д. Киселев, И.Н. Томилова, Н.В. Плешкова. — Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2008. — 210 с.
2. Малый практикум по физиологии человека и животных / А.С. Батуев, И.П. Никитина, В.Л. Журавлев, Н.Н. Соколова – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2001. - 348 с.
3. Практикум по курсу «Физиология человека и животных» [Электронный ресурс]: учеб. пос. / Под общей ред. Р.И. Айзмана. - 2 изд. - М.: Инфра-М, 2013. - 282 с. - Высшее образование - ISBN 978-5-16-006605-9.
4. Практикум по физиологии сельскохозяйственных животных / И.П. Битюков, В.Ф. Лысов, Н.А. Сафонов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 256 с.
5. Физиология высшей нервной деятельности: лабораторный практикум / Кемеровский государственный университет; сост. Н.А. Литвинова. – Кемерово, 2015. - 116 с.