

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ФИЗИОЛОГИИ  
ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

Практикум для студентов по специальности 011600  
“Биология”

Воронеж

2003

Утверждено научно-методическим советом биолого-почвенного факультета 24 сентября 2002 г. (протокол № 11).

Составители: Гуляева С.И., Салей А.П., Мещерякова М.Ю.,  
Демеш К.В.

Практикум по физиологии человека и животных подготовлен на кафедре физиологии человека и животных биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета.

Рекомендуется для студентов 3-го курса дневного отделения биолого-почвенного факультета, обучающихся по специальности 011600 “Биология”.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Практикум по физиологии предназначен для проведения лабораторных занятий по курсу “Физиология человека и животных” для студентов дневного отделения биолого-почвенного факультета. В целом лабораторный практикум соответствует программе курса физиологии человека и животных. В нем представлены разработки 50 лабораторных занятий по следующим разделам: физиология центральной нервной системы, физиология сердечно-сосудистой системы, физиология нервно-мышечной системы, физиология крови, физиология пищеварения, физиология дыхательной системы, физиология сенсорных систем, физиология обмена веществ и энергии. Все разделы практикума имеют общую структуру: тема, цель и ход выполнения лабораторной работы. После выполнения лабораторной работы студент делает выводы на основании полученных экспериментальных исследований. В ходе выполнения работ студенты должны овладеть физиологическими и лабораторно-клиническими методами исследований и закрепить свои теоретические знания. Каждый физиологический раздел заканчивается контрольными вопросами для самоподготовки и ответов на коллоквиумах.

Все лабораторные занятия являются экспериментальными и студенты должны выполнять их самостоятельно под руководством преподавателя. Время, необходимое для выполнения конкретного лабораторного задания, зависит от его сложности. В связи с этим на некоторых занятиях студентам для выполнения будут предлагаться несколько тем.

Разделы физиологии по эндокринологии, высшей нервной деятельности и физиологии выделения предлагается студентам изучить самостоятельно и обсудить на семинарских занятиях.

Настоящий практикум составлен опытными преподавателями кафедры физиологии человека и животных ВГУ.

Практикум включает 16 таблиц, 7 рисунков, 6 библиографических источников.

Рецензент практикума – доцент кафедры биофизики и биотехнологии М.А.Наквасина.

## СОДЕРЖАНИЕ

Физиология нервно-мышечной системы.....	
Работа 1. Методика приготовления нервно-мышечного препарата.....	6
Работа 2. Определение возбудимости нерва и мышцы.....	7
Работа 3. Зависимость пороговой силы стимула от его длительности.....	9
Работа 4. Запись одиночного и тетанического сокращения икроножной мышцы лягушки .....	10
Работа 5. Блокада проведения возбуждения по нерву.....	11
Работа 6. Определение работы и силы мышцы лягушки .....	12
Работа 7. Развитие утомления в нервно-мышечном синапсе.....	13
Работа 8. Зависимость мышечной работы человека от ритма и нагрузки.....	14
Работа 9. Измерение силы мышц человека.....	16
Контрольные вопросы.....	16
Физиология центральной нервной системы.....	
Работа 10. Измерение времени рефлекса по Тюрку.....	17
Работа 11. Анализ рефлекторной дуги.....	18
Работа 12. Центральное торможение.....	18
Работа 13. Определение времени сенсомоторной реакции.....	19
Работа 14. Оценка уравновешенности нервных процессов.....	20
Работа 15. Оценка подвижности нервных процессов по переделке положительной реакции в тормозную.....	21
Контрольные вопросы .....	22
Физиология сердечно-сосудистой системы .....	
Работа 16. Методика изоляции сердца по Штраубу .....	23
Работа 17. Влияние температуры, солей калия и кальция, адреналина и ацетилхолина на работу изолированного сердца лягушки .....	24
Работа 18. Экстрасистола и компенсаторная пауза .....	25
Работа 19. Анализ проводящей системы сердца (опыт Станниуса).....	26
Работа 20. Рефлексы сердца (опыт Гольца) .....	27
Работа 21. Кровообращение в капиллярах лягушки .....	28
Работа 22. Измерение артериального давления крови .....	28
Работа 23. Оценка функционального состояния сердечно- сосудистой системы .....	29
Работа 24. Выслушивание тонов сердца .....	33
Работа 25. Электрокардиография.....	
34 Контрольные вопросы.....	36

Физиология крови.....	
Работа 26. Подсчет количества эритроцитов и лейкоцитов в крови.....	37
Работа 27. Подсчет количества тромбоцитов в крови .....	38
Работа 28. Определение количества гемоглобина в крови.....	39
Работа 29. Определения скорости оседания эритроцитов.....	40
Работа 30. Осмотическая устойчивость (резистентность) эритроцитов.....	40
Работа 31. Определение групп крови.....	41
Работа 32. Оксигемография.....	42
Контрольные вопросы.....	42
Физиология пищеварения.....	
Работа 33. Ферментные свойства слюны.....	43
Работа 34. Исследование ферментного действия желудочного сока .....	44
Работа 35. Гуморальная регуляция моторной функции кишечника .....	45
Контрольные вопросы.....	45
Физиология дыхания.....	
Работа 36. Графическая регистрация дыхательных движений грудной клетка (пневмография).....	46
Работа 37. Определение дыхательных объемов.....	47
Работа 38. Анализ состояния дыхательной системы.....	48
Работа 39. Вентиляция легких.....	51
Работа 40. Сравнительное содержание углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе (клапаны Мюллера).....	51
Контрольные вопросы.....	
52	
Физиология обмена веществ.....	
Работа 41. Расчет основного обмена по таблицам.....	52
Работа 42. Вычисление основного обмена по формуле Рида.....	53
Работа 43. Спирография.....	54
Работа 44. Составление пищевого рациона.....	55
Контрольные вопросы.....	57
Физиология сенсорных систем.....	
Работа 45. Исследование тактильной чувствительности.....	57
Работа 46. Определение остроты зрения.....	58
Работа 47. Определение поля зрения.....	59
Работа 48. Демонстрация слепого пятна на сетчатке глаза.....	60
Работа 49. Определение остроты слуха. Построение аудиограммы...	60
Работа 50. Костная и воздушная проводимость.....	61
Контрольные вопросы.....	61

**ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ****Работа 1. МЕТОДИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ  
НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО ПРЕПАРАТА**

Многие физиологические опыты проводятся на нервно-мышечном препарате, приготовленном из задних лапок лягушки. Обычный классический изолированный нервно-мышечный препарат представляет собой икроножную мышцу лягушки с подходящим к ней седалищным нервом. Для удобства препаровки отделяют кусочек позвонка, связанного с нервом, кроме этого оставляют и бедренную кость для того, чтобы укрепить препарат на штативе (рис. 1).

Цель работы. Освоить технику приготовления нервно-мышечного препарата.

Материалы и оборудование: набор препаровальных инструментов, стаканчик с физиологическим раствором для холоднокровных животных (раствором Рингера), восковая препаровальная доска с набором булавок.

Ход работы.

Произвести обезглавливание лягушки путем декапитации с последующим разрушением спинного мозга. Для этого берут лягушку в левую руку так, чтобы передние конечности ее были прижаты к телу, а голова оставалась свободной. В правую руку взять большие ножницы и ввести остроконечную браншу в ротовую полость через уголок рта под верхнюю челюсть. Затем быстрым движением ножниц отрезать верхнюю челюсть.

В открытый спинномозговой канал ввести зонд и несколькими движениями вверх и вниз разрушить спинной мозг. Полностью разрушенным спинной мозг считается тогда, когда задние лапки не напряжены и свободно могут быть согнутыми.

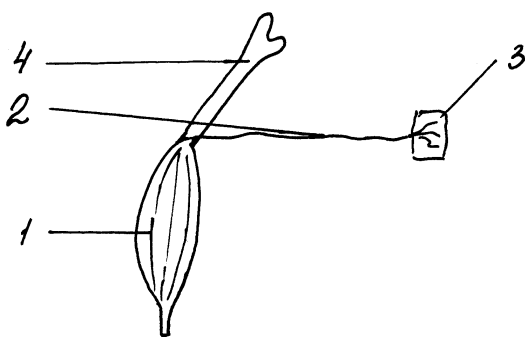


Рис. 1. Нервно-мышечный препарат:

- 1 – икроножная мышца;
- 2 – седалищный нерв;
- 3 – кусочек позвончика;
- 4 – бедренная кость.

Приготовить препарат двух задних лапок лягушки. Взять лягушку за задние лапки так, чтобы ее брюшко отвисло и перерезать сразу за передними лапками. Затем подрезать с обеих сторон кожу и мышцы брюшной стороны и удалить всю свисающую часть туловища и внутренности так,

чтобы остались задние конечности с кусочком позвоночника. Держа одной рукой позвоночник, другой захватывают край кожи и быстрым движением снимают ее. Задние лапки лягушки положить на препаровальную доску брюшной стороной вверх. Затем руки и инструменты, которыми велась препаровка, тщательно вымыть.

Отпрепарировать седалищный нерв лягушки. Прежде чем начать препаровку, рассмотрите нервные стволики крестцового сплетения. Взять в левую руку отрезок позвоночника так, чтобы тазовые кости приняли горизонтальное положение, при этом хвостовая кость (уростиль) приподнимается. Затем ножницами вырезать уростиль так, чтобы не повредить нервные стволики. Разделить препарат задних лапок строго по средней линии, перерезая позвоночник и симфиз тазовых костей. Осторожно отпрепарировать седалищный нерв до тазобедренного сустава. Затем перевернуть лапку дорзальной стороной вверх и двумя пинцетами раздвинуть мышцы на задней стороне бедра по борозде, проходящей между двуглавой мышцей бедра и полуперепончатой. В глубине борозды найти стволик седалищного нерва. Затем булавками на препаровальной доске оттянуть мышцы бедра в стороны так, чтобы хорошо был виден седалищный нерв. Пинцетом приподнять нерв за кусочек позвоночника и, осторожно подрезая маленькими ножницами ткани, отпрепарировать нерв, помня, что касаться нерва без особой надобности металлом, а тем более руками не следует. Во время препаровки необходимо время от времени смачивать нерв физиологическим раствором.

Отпрепарировать икроножную мышцу и бедренную кость лягушки. Седалищный нерв откинуть на голень, взять пинцетом бедренную кость и обрезать все мышцы вокруг нее. Затем под ахиллово сухожилие подвести браншу ножниц, отделить его по всей длине и перерезать ниже сесамовидной косточки. Захватив конец сухожилия пинцетом, отвести мышцу в сторону, разрывая соединяющие ее с другими тканями фасции. Голень перерезать ниже коленного сустава.

В тетради записать основные этапы приготовления нервно-мышечного препарата и зарисовать препарат, обозначив все его части.

## Работа 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗБУДИМОСТИ НЕРВА И МЫШЦЫ

Процесс возбуждения можно вызвать в ткани лишь тогда, когда раздражение достигает определенной силы. Минимальная сила раздражения, при которой наступает возбуждение ткани, называется пороговой силой раздражения (порогом). Пороговая сила раздражения является мерой возбудимости ткани. Возбудимость различных тканей неодинакова.

Цель работы. Определить пороговую силу раздражения для седалищного нерва и икроножной мышцы лягушки и сравнить возбудимость этих тканей.

Материалы и оборудование: набор препаровальных инструментов, стимулятор, кимограф, универсальный штатив, держатель для бедренной кости, влажная камера с электродами для нервного ствола, электроды для раздражения мышцы, писчик, раствор Рингера.

Ход работы.

Приготовить нервно-мышечный препарат. Укрепить бедренную кость в держателе, седалищный нерв расположить во влажной камере на электродах (непрямое раздражение мышцы). На дно влажной камеры кладется небольшой тампон ваты, смоченный раствором Рингера. (ВНИМАНИЕ! Следить, чтобы капли раствора не попадали на электроды и не происходило шунтирование раздражающего тока). Затем края камеры промазываются вазелином и камера закрывается предметным стеклом. Участок седалищного нерва, находящийся между камерой и икроножной мышцей, также тщательно смазывается вазелином для предохранения нерва от высыхания. Крючок, прикрепленный лигатурой к писчику, вкалывается в ахиллово сухожилие. Электроды для раздражения мышцы (прямое раздражение) укрепить таким образом, чтобы они не замыкались и не происходило шунтирование тока.

Заземлить электростимулятор. Провода от электродов влажной камеры соединить с выходными клеммами электростимулятора в положении 1:100 и со знаком  $\perp$  (земля). Поставить тумблер “Вид запуска” на “Внешний разовый”, “Длительность” на 1 мсек. Переключатель “Амплитуда” поставить в положение “0”. Включить прибор в сеть. На передней панели прибора поставить тумблер включения сети в положение “Вкл.”.

Изменяя положение переключателя “Амплитуда”, найти пороговую силу при непрямом раздражении, при которой сократительная реакция мышцы минимальна. Для этого необходимо подать напряжение на электроды, поставив тумблер “Стимул” в положение “Вкл”, и нажать кнопку “Разовый пуск”.

Для определения порога при прямом раздражении электроды присоединить к клеммам “Амплитуда” в положении 1:100 и знаку  $\perp$  (земля). Затем работу вести так же, как и при определении порога при непрямом раздражении. При недостаточном напряжении на данном режиме (мышца не реагирует на раздражение) мышечный электрод поставить в положение 1:10 или 1:1, не убирая другой конец с положения  $\perp$  (земля). Переключатель “Амплитуда” поставить в положение “0” и продолжить определение порога при прямом раздражении.

После определения порогов раздражения записать сокращение мышцы при различных силах раздражения. Напряжение увеличивать до тех пор, пока не получится 2-3 максимальных сокращения.

Зарисовать полученные кривые, построить график зависимости величины сокращения от напряжения раздражения. Сделать выводы, отразив в них ответы на следующие вопросы:





По данным таблицы построить кривые "силы-времени" для нерва и мышцы. Для того чтобы построить график, значения времени по оси абсцисс необходимо отложить в десятичных логарифмах. На графике обозначить следующие параметры: реобазу, полезное время и хронаксию.

Сделать выводы о зависимости между силой и длительностью раздражения при прямом и непрямом раздражении нервно-мышечного препарата.

#### Работа 4. ЗАПИСЬ ОДИНОЧНОГО И ТЕТАНИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ ИКРОНОЖНОЙ МЫШЦЫ ЛЯГУШКИ

В условиях опыта на одиночные раздражения мышца отвечает одиночным сокращением. Тетаническое сокращение (тетанус) можно получить при раздражении мышцы быстро следующими друг за другом импульсами. При небольшой частоте раздражения мышцы возникает зубчатый тетанус, при большой – регистрируется длительное сокращение – гладкий тетанус.

Цель работы. Записать кривые одиночного и тетанического сокращения; зарегистрировать тетанус при оптимальной и пессимальной частоте раздражения.

Материалы и оборудование: набор препаровальных инструментов, стимулятор, кимограф, универсальный штатив, держатель для бедренной кости, влажная камера с электродами для нервного ствола, электроды для раздражения мышцы, писчик.

##### Ход работы.

Приготовить нервно-мышечный препарат лягушки. Укрепить бедренную кость в держателе и наложить электроды для раздражения мышцы. На стимуляторе установить: переключатель рода работ на "Внешний разовый", "Длительность" – 1 мсек, к клеммам "Амплитуда" подключить электроды для прямого раздражения в положение 1:100 и знаку ⊥ (земля), а тумблер "Стимул" в положение "Вкл". Заземлить электростимулятор и включить его в сеть. Переключателем "Амплитуда" найти порог раздражения мышцы, а затем усилить напряжение до получения максимальной силы раздражения.

Ослабить крепление барабана на валу кимографа. Затем быстро (рукой) повернуть барабан кимографа, другой рукой нажать кнопку "Разовый пуск". На кимографе будет запись развернутой кривой одиночного сокращения. Закрепить барабан кимографа. Тумблер "Стимул" поставить в положение "Выкл", "Вид запуска" - в положение "Внутр. Пуск". Записать последовательно сокращения при частоте 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50, 100 Гц, включив на 2-3 сек тумблер "Стимул". При этом получают различные виды тетануса. Для получения кривых сокращений при оптимальной и пессимальной частоте раздражения, записать тетаническое

сокращение при частоте раздражения, при которой возникает тетанус с максимальной амплитудой. Затем, не выключая стимуляции, тумблер частоты импульсов переставить с положения  $x1$  на  $x10$  и таким образом частота импульсов увеличится в 10 раз, при этом наблюдается падение кривой тетануса (пессимум). Затем вновь переключить тумблер частоты в положение  $x1$ , кривая тетануса вновь возрастет (явление оптимума).

Зарисовать полученные кривые и сделать выводы о:

а) соотношении фазы сокращения и фазы расслабления одиночного сокращения;

б) причинах перехода одиночного сокращения в тетаническое;

в) причинах увеличения амплитуды при суммации сокращений;

г) причинах явления оптимума и пессимума.

### Работа 5. БЛОКАДА ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВУ

Новокаин и алкоголь вызывают снижение возбудимости нервных волокон и препятствуют проведению потенциала действия.

Цель работы. Исследовать блокаду проведения возбуждения при использовании фармакологических веществ.

Материалы и оборудование: кимограф, универсальный штатив, влажная камера с электродами для нервного ствола, стимулятор, раствор Рингера, 2 %-ный раствор новокаина или 10 %-ный раствор спирта, фильтровальная бумага, вата, эфир.

Ход работы.

Приготовить нервно-мышечный препарат и укрепить его в штативе. Седалищный нерв поместить во влажную камеру. На стимуляторе установить: переключатель рода работ на “Внешний разовый”, “Длительность” – 1 мсек, к клеммам “Амплитуда” подключить электроды для непрямого раздражения в положение 1:100 и знаку  $\perp$  (земля), а тумблер “Стимул” в положение ”Вкл”. Заземлить электростимулятор и включить его в сеть.

Подобрать субмаксимальную величину напряжения и записать на движущейся ленте кимографа сокращения мышцы.

Смочить в спирте или растворе новокаина фильтровальную бумагу или ватный тампон и положить его на участок нерва между раздражающими электродами и мышцей. С интервалом в 1 минуту повторять раздражения нерва. Отметить, через какое время сокращения прекратятся.

Затем снять тампон и тщательно отмыть нерв раствором Рингера. Через 5 минут повторить раздражение нерва и записать на ленте кимографа результат.

Объяснить происхождение блокады проведения возбуждения при использовании фармакологических веществ.

## Работа 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТЫ И СИЛЫ МЫШЦЫ ЛЯГУШКИ

Работа мышцы (А) измеряется произведением поднятого груза (Р) на величину укорочения мышцы (h) и выражается в килограммометрах или грамсантиметрах ( $A = P \times h$ ). Сила мышцы определяется тем максимальным грузом, который она еще может поднять.

Цель работы. Определить силу мышцы и найти зависимость между величиной груза, который поднимает мышца, и выполняемой ею работой.

Материалы и оборудование: набор препаровальных инструментов, стимулятор, универсальный штатив, держатель для бедренной кости, псичик, электроды для раздражения мышцы, упор для псичика, набор грузиков.

### Ход работы.

Приготовить препарат икроножной мышцы лягушки. Укрепить препарат на универсальном штативе. Регистрирующий рычаг должен быть в горизонтальном положении, для этого под псичиком необходимо закрепить упор.

Режим работы стимулятора следующий: “Вид запуска” – “Внутренний”, “Частота” – 1 Гц, “Длительность” стимула – 1 мс, сила раздражения – максимальная.

На неподвижном кимографе записать сокращения мышцы при отсутствии нагрузки. Затем повернуть барабан от руки примерно на 0,5 см. Зарегистрировать сокращение мышцы при грузе 5 г. Увеличивать нагрузку и делать записи сокращений до тех пор, пока груз не увеличится настолько, что мышца уже не сможет его поднять. Отметить около каждой записи соответствующую величину груза (Рис.2).

Вычислить работу, проделанную мышцей при каждом сокращении.

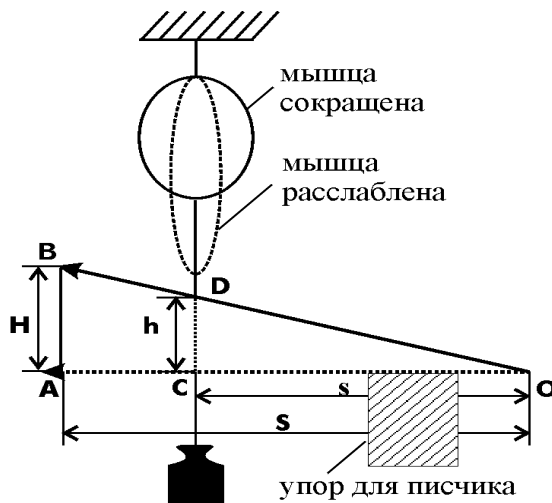


Рис. 2. Схема размещения и крепления груза.

Величину укорочения мышцы ( $h$ ) найти по формуле:  $h = (H \times s) / S$ , где  $H$  – высота подъема писчика в см по записи на барабане кимографа;  $S$  – длина писчика от точки вращения ( $O$ ) до конца писчика ( $A$ );  $s$  – длина писчика от точки вращения ( $O$ ) до точки прикрепления мышцы ( $C$ ).

Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты работы мышцы

Масса груза, г	P	0	5	10	и т.д.		
Высота подъема писчика, см	H						
Высота укорочения мышцы, см	h						
Работа, г/см	A						

На основании таблицы построить графики зависимости величины укорочения мышцы и работы от нагрузки и сделать выводы.

#### Работа 7. РАЗВИТИЕ УТОМЛЕНИЯ В НЕРВНО-МЫШЕЧНОМ СИНАПСЕ

Утомлением называется временное понижение работоспособности клетки, органа или целого организма, наступающее в результате работы и исчезающее после отдыха.

Если длительно раздражать одиночными электрическими стимулами изолированную мышцу, к которой подвешен небольшой груз, то амплитуда ее сокращений постепенно убывает, пока не дойдет до нуля. Полученная таким образом кривая называется кривой утомления.

Утомление развивается с неодинаковой скоростью в различных возбудимых системах. В системе "нерв-мионевральный синапс-мышца" утомляется в первую очередь мионевральный синапс как звено с самой низкой лабильностью. В данной работе утомляемость нерва экспериментально не проверяется. Исходят из опытов Н.Е.Введенского, показавшего практическую неутомляемость нервов.

Цель работы. Определить локализацию утомления в нервно-мышечном препарате.

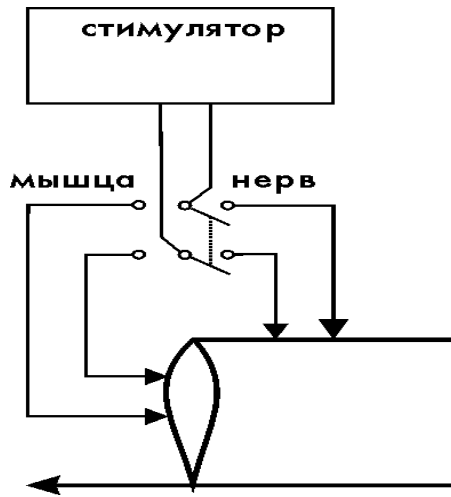
Материалы и оборудование: двойной ключ с шестью клеммами, стимулятор, универсальный штатив, кимограф, влажная камера с электродами для нервного ствола, электроды для раздражения мышцы, держатель для бедренной кости, набор инструментов для препарирования, раствор Рингера.

Ход работы.

Приготовить нервно-мышечный препарат и укрепить его в штативе. Нерв расположить во влажной камере на электродах для нервного ствола,

в мышце закрепить электроды (их изолированные части не должны касаться друг друга) для раздражения.

Провода присоединить к двойному ключу по схеме:



На стимуляторе установить: переключатель рода работ на "Внешний разовый", "Длительность" – 1 мсек, а тумблер "Стимул" в положение "Вкл". Заземлить электростимулятор и включить его в сеть. Изменяя положение переключателя "Амплитуда", найти порог раздражения мышцы. Увеличить напряжение раздражающего тока до такой величины,

которая вызывала бы сокращение мышцы в два раза более высокое, чем пороговое.

Тумблер "Стимул" поставить в положение "Выкл". Поставить тумблер "Вид запуска" на "Внутренний", переключатель "Частота" на 2 Гц, "Длительность" – 1 мсек. Переключатель поставить в положение "на нерв" (непрямое раздражение). Тумблер "Стимул" в положение "Вкл".

Записать кривую утомления мышцы. Когда сила сокращения мышцы заметно уменьшится, не прекращая подачу импульсов, перевести переключатель в положение "на мышцу". Убедиться в том, что при прямом раздражении мышца вновь начинает сокращаться.

Зарисовать кривую утомления в нервно-мышечном препарате. Сделать выводы.

## Работа 8. ЗАВИСИМОСТЬ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ РИТМА И НАГРУЗКИ

При мышечной работе у человека со временем развивается утомление; сила мышечных сокращений постепенно уменьшается и наступает момент, когда человек уже не в состоянии продолжать работу. Скорость развития утомления зависит от ритма работы и величины груза. Большой груз или слишком частый ритм приводят к быстрому развитию утомления. Наибольшая работа совершается при средних, оптимальных для данного человека ритме работы и нагрузке.

Туринский физиолог Моссо сконструировал прибор – эргограф, позволяющий исследовать работу мышц руки человека.

Цель работы. Определить величину выполняемой работы в зависимости от нагрузки и ритма, в котором данная работа производится.

Материалы и оборудование: эргограф, гири – 1, 2 и 5 кг, метроном.

Ход работы.

Часть 1. Определение зависимости работы от величины нагрузки.

Внимание! Ноги под подвешенный груз не подставлять!

Записать на эргографе движения нагруженного пальца. Для этого предплечье и пальцы закрепить в приборе и петлю надеть на средний или указательный палец. Сгибая и разгибая палец, испытуемый поднимает и опускает подвешенный груз: 2 кг для девушек и 3 кг для юношей. Пускают в ход метроном с частотой 90 ударов в минуту. Испытуемый поднимает груз при каждом ударе метронома, сокращения мышцы должны производиться каждый раз с максимальной силой. Высота подъема груза регистрируется на бумаге. Постепенно у испытуемого начинает развиваться утомление, сила мышечных сокращений становится все меньше и меньше, и, наконец, наступит такой момент, когда испытуемый уже не в состоянии поднимать груз – это момент отказа от работы. Полученная таким образом кривая называется кривой утомления.

Вычисляют произведенную пальцем работу (А) в Джоулях по формуле:

$$A = P \cdot H \cdot n / 0,10197,$$

где P – масса груза; H – средняя высота его подъема; n – количество подъемов.

После 10-минутного отдыха увеличить нагрузку: для девушек – 3 кг, для юношей – 5 кг. Записать кривую утомления при том же ритме.

Вычислить работу и сравнить результаты. Сделать выводы.

Часть 2. Определение зависимости выполняемой работы от ее ритма.

К крючку эргографа подвесить тот груз, при поднятии которого в первой части опыта испытуемым была произведена наибольшая работа. Испытуемый поднимает груз средним пальцем руки до полного отказа от работы в ритме 120 раз в минуту. После 10-минутного отдыха повторить опыт, используя тот же груз, но снижая ритм работы до 90 раз в минуту.

Результаты опытов записать в таблицу 3.

Таблица 3

Зависимость работы от ее ритма

Ритм, уд/минуту	Масса, кг	Средняя высота подъема груза (H), м	Число подъемов (n)	Работа, (А) Дж
90	2 (3)			
90	3 (5)			
120				

90				
----	--	--	--	--

Сделать вывод об оптимальном ритме работы для данного испытуемого.

### Работа 9. ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ МЫШЦ ЧЕЛОВЕКА

Одним из показателей физического развития организма служит сила мышц. Сила мышц определяется тем наибольшим напряжением, которое она может развить.

Для определения силы мышц у человека пользуются кистевыми динамометрами. Кистевой динамометр представляет собой стальную скобу, которую человек сжимает в ладони с максимальным напряжением. Деформация шкалы отмечается стрелкой, показывающей на шкале усилие в килограммах. Сила правой кисти у мужчин колеблется в пределах 35-50 кг, левой – 32-46 кг; у женщин – соответственно 25-33 и 23-30 кг.

Цель работы. Определить силу мышц кисти.

Материалы и оборудование: кистевой динамометр.

Ход работы.

Для определения силы мышц кисти взять кистевой динамометр кистью правой руки, которую отвести от туловища до получения с ним прямого угла. Вторую руку опустить вниз вдоль туловища. Сжимать с максимальной силой пальцы правой кисти 5 раз, делая интервалы в несколько минут и каждый раз фиксируя положение стрелки. Наибольшее отклонение стрелки динамометра является показателем максимальной силы мышц кисти. Определить силу левой руки. Вычислить среднюю величину силы мышц правой и левой кисти.

Принять сидячую позу у стола, рука должна лежать на столе, а динамометр, сжимаемый рукой, располагаться своей длинной осью перпендикулярно поверхности стола. Произвести три раза сжатие пружины динамометра (за показатель силы берется наибольшая величина из трех измерений).

Записать результаты, полученные всеми студентами группы, в таблицу. Рассчитать среднюю величину.

#### Контрольные вопросы

1. Понятие о возбудимости. Ионные механизмы потенциала покоя. Калиевый равновесный потенциал (формула Нернста).

2. Локальный потенциал и потенциал действия. Ионные механизмы потенциала действия нервных клеток. Деполаризация и реполаризация, гиперполяризация. Закон "все или ничего".

3. Взаимозависимость амплитуды и длительности порогового раздражителя. Хронаксия.



4. Изменение возбудимости при развитии потенциала действия. Периоды абсолютной и относительной возбудимости, экзальтация. Явление аккомодации.
5. Характеристика ионных каналов. Воротный механизм  $\text{Na}^+$ -канала.
6. Проведение возбуждения по нервному волокну. Миелинизированные волокна и принцип сальтаторного проведения возбуждения.
7. Строение, классификация и функции нервных волокон. Законы проведения возбуждения по нервному стволу.
8. Строение, функции и свойства мышечной ткани.
9. Типы мышечных сокращений. Изотоническое и изометрическое сокращения.
10. Одиночное мышечное сокращение. Суммация сокращений. Тетанус.
11. Двигательная единица. Быстрые и медленные мышечные волокна.
12. Механизм и энергетика мышечного сокращения.
13. Роль АТФ в мышечном сокращении. Теплообразование при сокращении. Работа и сила мышц. Правило средних нагрузок.
14. Физиология гладкой мускулатуры.

## **ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

### **Работа 10. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕФЛЕКСА ПО ТЮРКУ**

Временем рефлекторной реакции называется то время, которое проходит от момента раздражения до начала рефлекса. Время рефлекса зависит от силы раздражения и от состояния рефлекторных центров.

Цель работы. Найти зависимость времени рефлекса от силы раздражителя.

Материалы и оборудование: лягушка, штатив с зажимом, пробка с крючком, набор препаровальных инструментов, фильтровальная бумага, стакан с водой (0,5 л), растворы серной кислоты в концентрации: 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 %, метроном.

Ход работы.

Приготовить спинно-мозговой препарат и подвесить его на штативе.

Через 10-15 минут после спинального шока пустить в ход метроном и погрузить одну из задних лапок в 0,1 %-ный раствор серной кислоты, считая удары метронома от момента погружения до появления сгибательного рефлекса. Обмыть лягушку в стакане с водой и через 1 минуту вновь повторить опыт до трех измерений. Вычислить среднее время рефлекса.

Повторить опыт, раздражая лапку лягушки 0,25; 0,5; 1,0 и 2,0 %-ным раствором серной кислоты. После каждого опыта давать лягушке отдых 3-5 минут.

Проанализировать полученные данные, построить график зависимости времени рефлекса от силы раздражителя, сделать выводы.

### Работа 11. АНАЛИЗ РЕФЛЕКТОРНОЙ ДУГИ

Сущность рефлекторного акта состоит в последовательном возбуждении различных участков рефлекторной дуги, которая является анатомическим субстратом всякого рефлекса: рецептора, чувствительного (афферентного) нерва, нервных клеток спинного мозга, двигательного (эфферентного) нерва, эффектора.

Цель работы. Выяснить роль различных участков рефлекторной дуги в осуществлении рефлекса.

Материалы и оборудование: те же, что в работе 10.

Ход работы.

Приготовить спинно-мозговой препарат и подвесить его на штативе.

Погрузить заднюю лапку лягушки в 0,5 %-ный раствор серной кислоты и наблюдать сгибательный рефлекс. Обмыть лягушку. Сделать круговой разрез кожи вокруг голени и снять ее с лапки. Через 1-2 минуты раздражать лапку 0,5 %-ным раствором серной кислоты. Наблюдать выпадение сгибательного рефлекса.

Отпрепарировать седалищный нерв неповрежденной лапки и подвести под него лигатуру. Перерезать нерв и проверить рефлекс. Убедиться в отсутствии рефлекса. Проверить сгибательный рефлекс на передних лапках лягушки, раздражая их пинцетом; убедиться в его наличии, а затем, разрушив спинной мозг, вновь проверить рефлекс на передних лапках лягушки; рефлекс отсутствует.

Сделать анализ опыта, зарисовать схему рефлекторной дуги.

### Работа 12. ЦЕНТРАЛЬНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ

В 1862 году И.М. Сеченов открыл явление торможения в центральной нервной системе. Пользуясь методикой Тюрка, И.М. Сеченов наблюдал увеличение времени сгибательного рефлекса задней лапки лягушки при раздражении зрительных бугров кристалликом поваренной соли. Этот феномен получил название "сеченовского торможения".

Цель работы. Выявить торможение сгибательного рефлекса после наложения кристалликов поваренной соли на область зрительных бугров.

Материалы и оборудование: штатив с зажимом, пробка с крючком, набор препаровальных инструментов, 0,25 %-ный раствор серной кислоты, кристаллы поваренной соли, стакан с водой, раствор Рингера, марлевая салфетка.

Ход работы.

Обернуть туловище и конечности лягушки марлевой салфеткой или бинтом. Удалить ножницами кожный лоскут в области головы (вести раз-

рез между глазницами к основанию черепа). Сделать трепанацию черепа и удалить маленькими ножницами часть черепной коробки. Кровотечение останавливается ватными тампонами. Рассмотреть мозг и зарисовать его. Головной мозг перерезать глазным скальпелем позади больших полушарий и удалить их. Повесить лягушку на штатив.

Определить время рефлекса по Тюрку 2-3 раза. Интервал между определениями 1-2 минуты.

Тщательно осушить поверхность мозга, наложить кристаллик соли на поверхность мозга. Определить время рефлекса по Тюрку в течение первой минуты после наложения кристаллика соли. Наблюдать увеличение времени рефлекса.

Удалить кристаллик соли. Промыть разрез мозга раствором Рингера и через 2-3 минуты вновь определить время рефлекса.

Записать результаты опыта. Сделать выводы.

### Работа 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ

Время реакции – время от момента появления раздражителя до ответной реакции. На различные раздражители и у разных людей время реакции различно.

Цель работы. Определить время реакции у человека на различные раздражители.

Материалы и оборудование: хронорефлексометр.

Ход работы.

Испытуемый сидит в удобной позе перед прибором, держит нажатой кнопку. Экспериментатор включает световой (красный, желтый или зеленый) или звуковой (высокий или низкий тон) раздражители. При появлении раздражителя испытуемый должен отпустить кнопку.

Экспериментатор записывает показания электросекундомера от момента подачи раздражителя до двигательной реакции пальца.

Каждый раздражитель подается 3 раза.

Результаты наблюдений записать в таблицу 4.

Таблица 4

Время рефлекса (миллисекунды) на различные раздражители

Ф.И	Среднее значение времени реакции (мс)				
	на световой раздражитель			на звуковой раздражитель	
	красный	желтый	зеленый	низкий	высокий

Сравнить средние значения времени реакции на различные раздражители и у разных испытуемых.

## Работа 14. ОЦЕНКА УРАВНОВЕШЕННОСТИ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Уравновешенность нервных процессов характеризуется соотношением силы процесса возбуждения и торможения. Оба процесса могут быть одинаково сильными, либо один может заметно преобладать над другим.

Цель работы. Ознакомиться с методикой оценки уравновешенности нервных процессов у человека.

Материалы и оборудование: хронорефлексометр.

Ход работы.

Испытуемый сидит перед прибором в удобной позе, держа в руке нажатой кнопку. Экспериментатор включает световой раздражитель (белый свет - положительный раздражитель), после появления которого испытуемый должен отпустить кнопку. При включении лампы красного цвета (дифференцировочный раздражитель) испытуемый не должен отпускать кнопку. Экспериментатор определяет латентное время и количество ошибочных реакций.

Сравнить процент неправильных реакций на положительный и дифференцировочный раздражители и сделать вывод. Показателем превалирования или равновесия возбуждательных и тормозных реакций является отношение числа ошибок (неправильных реакций) на положительный и дифференцировочный (тормозный) сигналы. Сделать выводы.

Результаты работы записать в таблицу 5.

Таблица 5

Анализ сенсомоторных реакций на световой раздражитель

Реакция	Количество			Процент неправильных реакций	Среднее время реакции
	примененный раздражитель	правильных реакций	неправильных реакций		
на световой раздражитель белого цвета					
на световой раздражитель красного цвета (дифференцировка)					

## Работа 15. ОЦЕНКА ПОДВИЖНОСТИ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПО ПЕРЕДЕЛКЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ В ТОРМОЗНУЮ

Подвижность нервных процессов определяется быстротой возникновения или прекращения возбуждения и торможения, легкостью перехода от одного нервного процесса к другому. Нервные процессы бывают лабильными и инертными. Подвижность нервных процессов может быть оценена по скорости переделки положительной реакции в тормозную и наоборот. Отмечено, что лиц со слабой нервной системой процесс возбуждения развивается более интенсивно, затухание его более длительное, чем у лиц с сильной нервной системой.

Цель работы. Ознакомиться с методикой оценки подвижности нервных процессов у человека.

Материалы и оборудование: хронорефлексометр.

Ход работы.

Выбрать одного испытуемого, у которого наименьшее число ошибок на дифференцировку и повторить определение сенсомоторной реакции с подачей 10 раздражителей белого и 10 красного цвета, оставляя белый цвет положительным раздражителем, а красный – дифференцировочным. Через 3-5 минут отдыха повторить тестирование, сделав белый цвет – дифференцировочным, а красный – положительным раздражителем.

Данные исследования записать в таблицу 6.

Таблица 6

Анализ подвижности нервных процессов

Реакция	Количество			Процент ошибок
	примененный раздражитель	правильных реакций	неправильных реакций	
на раздражитель белого цвета				
на раздражитель красного цвета (дифференцировка)				
на раздражитель красного цвета				
на раздражитель белого цвета (дифференцировка)				

Сделать вывод о степени подвижности нервной системы испытуемого.

Контрольные вопросы.

1. Функции нейронов, их классификация. Методы исследования нейрональной активности.

2. Строение синапса. Типы синапсов в ЦНС и механизм передачи возбуждения в них. Классификация синапсов: химические синапсы и эфасы (электрические).

3. Особенности синаптической передачи в химических и электрических синапсах. Строение и функционирование синапсов на примере ацетилхолинового синапса.

4. ВПСП. Миниатюрный (локальный) потенциал концевой пластинки. Явления суммации (пространственной и временной) в синапсах.

5. Роль вторичных мессенджеров в развитии процессов возбуждения на постсинаптической мембране.

6. Медиаторы и их классификация. Рецепторы и их влияние на характер синаптической передачи.

7. Механизм торможения в ЦНС. Постсинаптическое и пресинаптическое торможение. Координация рефлекторных процессов.

8. Особенности строения и функционирования вегетативной нервной системы. Симпатическая и парасимпатическая вегетативная нервная система.

9. Рефлекторная дуга. Время рефлекса, способы определения.

10. Понятие "нервный центр". Основные свойства нервных центров.

11. Учение А.А. Ухтомского о доминанте.

12. Спинной мозг. Мотонейроны. Рефлексы спинного мозга. Функции проводящих путей спинного мозга. Координация движений мышца-антагонистов.

13. Продолговатый мозг, его структура и функции. Основные центры продолговатого мозга. Понятие о ретикулярной формации.

14. Функции среднего мозга. Понятие о децеребральной ригидности.

15. Мозжечок и его функция. Последствия удаления мозжечка. Роль мозжечка в координации движений.

16. Нейрональная организация и функции таламуса.

17. Гипоталамус, структура и функции. Нейросекреция.

18. Физиология подкорковых ядер.

19. Структурная и функциональная организация коры. Сенсорные и ассоциативные области коры.

20. Методы исследований функций коры мозга. Понятие об ЭЭГ и ее ритмах.

## ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

### Работа 16. МЕТОДИКА ИЗОЛЯЦИИ СЕРДЦА ПО ШТРАУБУ

Сердце лягушки состоит из трех отделов: венозного синуса (пазухи), двух предсердий и одного желудочка (рис. 3).

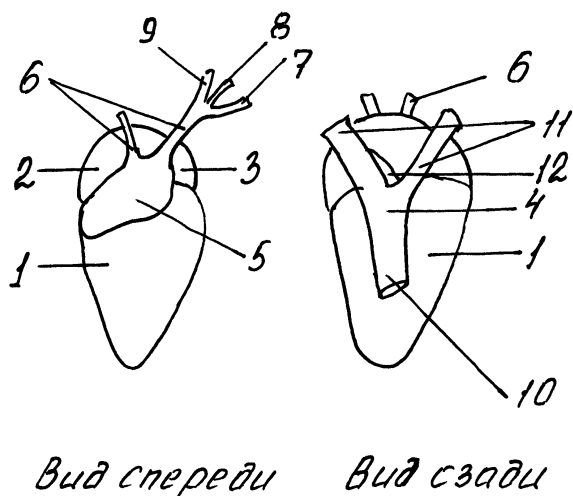


Рис. 3. Сердце лягушки:

1 – желудочек; 2 – правое предсердие; 3 – левое предсердие; 4 – венозный синус; 5 – артериальный конус; 6 – дуги аорты; 7 – легочно-кожная артерия; 8 – аорта; 9 – общая сонная артерия; 10 – нижняя полая вена; 11 – верхние полые вены; 12 – легочные вены.

*Вид спереди*

*Вид сзади*

В физиологических и фармакологических опытах используется препарат изолированного по Штраубу сердца лягушки, 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.

Материалы и оборудование: лягушка, дощечка для фиксации лягушки, канюля, лигатуры, универсальный штатив, кимограф, набор препаровальных инструментов, рычажок Энгельмана с серфином, раствор Рингера.

#### Ход работы.

Лягушку обезглавить, разрушить спинной мозг.

Поместить лягушку на препаровальную дощечку 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 подсыхания.

Рассмотреть и зарисовать строение передней и задней поверхности сердца. Отметить порядок сокращения (систола) и расслабления (диастола) его отделов – венозного синуса, предсердий и желудочка.

Тщательно отпрепарировать обе дуги аорты и, подведя под них лигатуры, перевязать их, отступив как можно дальше от сердца. Третью лигатуру подвести под луковицу аорты.

Острыми ножницами надрезать стенку левой дуги аорты и, вводя в сосуд канюлю с раствором Рингера, осторожно продвинуть ее в полость желудочка. 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. Затем препарат сердца вырезать из организма лягушки, слегка приподняв его на канюле. 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 серфина и нитки соединить с рычажком для графической регистрации сердечных сокращений на кимографе. Записать сокращения изолированного сердца на кимографе.

#### Работа 17. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, СОЛЕЙ КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ, АДРЕНАЛИНА И АЦЕТИЛХОЛИНА НА РАБОТУ ИЗОЛИРОВАННОГО СЕРДЦА ЛЯГУШКИ

Деятельность сердца регулируется не только нервной системой, но и гуморальной – различными веществами, 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 избытке сердце останавливается в диастоле. Избыток ионов кальция действует в противоположном направлении.

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

Материалы и оборудование: лягушка, дощечка для фиксации лягушки, набор препаровальных инструментов, канюля, лигатуры, рычажок Энгельмана с серфином, универсальный штатив, кимограф, раствор Рингера, пипетка, растворы адреналина, ацетилхолина,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{KCl}$ , горячая вода, лед.

#### Ход работы.

Изолировать сердце лягушки по Штраубу. Канюлю с изолированным сердцем укрепить в зажиме на штативе и соединить с рычажком для графической регистрации сердечных сокращений на кимографе.



Записать сокращения изолированного сердца на кимографе и заменить раствор Рингера в канюле раствором, охлажденным до 5 °С. Наблюдать изменения записи сокращений сердца на кимографе. Заменить раствор в канюле на обычный раствор (18-20 °С).

Заменить в канюле раствор Рингера раствором, нагретым до 30 °С (не выше). Наблюдать изменения записи на кимографе.

Испытать 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 отчетливо уменьшится ритм и сила сокращений, необходимо многократно промыть сердце раствором Рингера и дождаться возврата к прежней амплитуде сокращений сердца.

После записи нормальной деятельности сердца исследовать действие раствора с изотоническим содержанием ионов кальция. Сердце промыть несколько раз нормальным раствором Рингера для восстановления исходных сокращений.

При помощи пипетки ввести в канюлю с раствором Рингера 1-2 капли раствора адреналина. Отметить учащение и усиление сердечных сокращений. Многократно промыть сердце раствором Рингера.

Испытать влияние на сердце ацетилхолина. Для этого в канюлю со свежим раствором Рингера прибавить 1-2 капли раствора ацетилхолина. Отметить замедление и ослабление сердечных сокращений. При избытке ацетилхолина может наступить остановка сердца в диастоле.

Зарисовать кривые, проанализировать полученные экспериментальные данные, сделать выводы.

## Работа 18. ЭКСТРАСИСТОЛА И КОМПЕНСАТОРНАЯ ПАУЗА

Одной из важнейших физиологических особенностей сердечной мышцы является длительный рефрактерный период. Он состоит из двух фаз: фазы абсолютной и фазы относительной рефрактерности. Абсолютная рефрактерная фаза во времени совпадает с систолой, относительная рефрактерная фаза – с диастолой. Раздражение, нанесенное на желудочек во время диастолы, вызывает внеочередное сокращение, называемое экстрасистолой. За экстрасистолой всегда следует более длинная, чем обычно, пауза. Ее называют компенсаторной паузой (рис. 4).

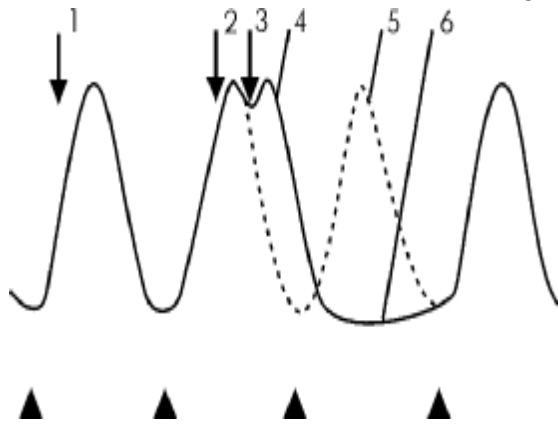


Рис. 4. Экстрасистола и компенсаторная пауза.

▲ – моменты поступления импульсов из синусного узла; 1, 2, 3 – моменты нанесения электрических раздражения; 4 – экстрасистола; 5 – выпавшее сокращение; 6 – компенсаторная пауза;

Цель работы. Исследовать возбудимость желудочка сердца в различные фазы его деятельности.

Материалы и оборудование: лягушка, дощечка для фиксации лягушки, набор препаровальных инструментов, канюля, лигатуры, рычажок Энгельмана с серфином, универсальный штатив, кимограф, раствор Рингера, электроды для раздражения, стимулятор.

Ход работы.

Изолировать сердце лягушки по Штраубу.

Подвести к сердцу электроды от стимулятора. Один укрепить у основания сердца, другой соединить с серфином у верхушки сердца.

Во время записи сердечных сокращений нанести раздражение на сердце в различные периоды его деятельности. Для этого поставить тумблер “Вид запуска” в положение “Внешний разовый”. Сила раздражителя – 1-5 В, “Длительность” стимула – 5 мсек.

Зарисовать полученные кривые и сделать выводы.

## Работа 19. АНАЛИЗ ПРОВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ СЕРДЦА (ОПЫТ СТАННИУСА)

Одной из характерных особенностей сердца является его автоматия. Автоматией называют способность органа, ткани, клетки возбуждаться под

влиянием импульсов, возникающих в них самих без внешних раздражителей. В сердце автоматия свойственна лишь определенным его участкам, которые называют узлами автоматии. Все участки проводящей системы обладают способностью к автоматии, которая изменяется от венозного конца сердца к артериальному (градиент автоматии). Ритм нормально работающего сердца определяется частотой возбуждений, возникающих в

синусном узле. Поэтому синусный узел называют «водителем ритма» - пейсмекером. При нарушении функции синусного узла проявляется автоматия атриовентрикулярного узла. Ритм сокращений сердца, задаваемый этим узлом, вдвое и более раз ниже, чем в норме.

Цель работы. Выполнить опыт Станниуса, доказывающий ведущую роль синусного узла в автоматии сердца и наличии градиента автоматии.

Материалы и оборудование: лягушка, набор препаровальных инструментов, дощечка для фиксации лягушки, канюля, раствор Рингера, лигатуры, кимограф, универсальный штатив, рычажок Энгельмана с серфином, пипетка.

Ход работы.

Произвести изоляцию по Штраубу. Подвести под венозный синус лигатуру, но не завязывать ее. Произвести регистрацию работы сердца в норме, подсчитать число сокращений за 30 секунд.

Наложить первую лигатуру Станниуса. 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.

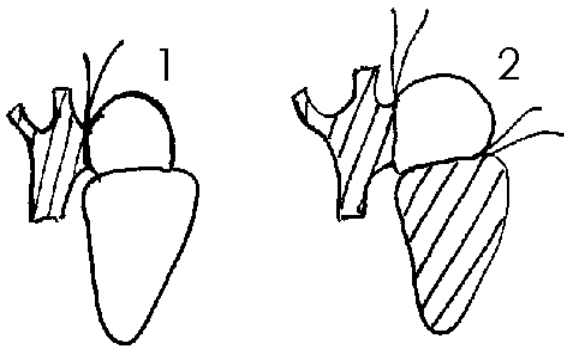


Рис. 5. Схема наложения лигатур по Станниусу.

1 – первая лигатура, 2 – первая и вторая лигатуры. Части сердца, сокращающиеся после наложения лигатур, затемнены.

Наложить вторую лигатуру Станниуса. Она механически раздражает атриовентрикулярный узел и тем самым побуждает его к автоматической деятельности. При правильном наложении лигатуры сейчас же восстанавливаются сокращения желудочков. Подсчитать их число. При наложении на сердца лигатур Станниуса см. рис. 5.

Сделать выводы, зарисовать схему наложения лигатур Станниуса.

## Работа 20. РЕФЛЕКСЫ СЕРДЦА (ОПЫТ ГОЛЬЦА)

Раздражением любых чувствительных окончаний можно рефлекторно вызвать урежение или учащение частоты сердечных сокращений, а раздражением рецепторов кишечника можно не только изменить работу сердца, но даже вызвать его остановку. У человека подобное явление можно

наблюдать при сильном ударе в область подвздошной впадины, когда от сильного раздражения солнечного сплетения происходит рефлекторная

остановка сердца. Выполнение рефлекса Гольца у лягушки не выполняется после перерезки блуждающих нервов или разрушения спинного мозга.

Цель работы. Наблюдать рефлекс Гольца на сердце лягушки.

Материалы и оборудование: лягушка, набор препаровальных инструментов, дощечка для фиксации лягушки, булавки.

Ход работы.

Лягушку обезглавить (спинной мозг не разрушать!). Укрепить лягушку булавками на восковой пластине брюшком кверху. Обнажить сердце (брюшную полость не вскрывать!). Подсчитать число сокращений сердца за 30 с. Нанести ручкой пинцета 2-3 удара по брюшку животного. Сердце рефлексорно останавливается, а затем вновь начинает сокращаться.

Если остановки не происходит, можно раздражать непосредственно рецепторы, сдавливая пинцетом петли кишечника.

Разрушить спинной и продолговатый мозг и снова повторить опыт.

Сделать выводы о характере изучаемого рефлекса и его анатомических путях. Зарисовать схему рефлексорной дуги рефлекса Гольца.

## Работа 21. КРОВООБРАЩЕНИЕ В КАПИЛЛЯРАХ ЛЯГУШКИ

В кровеносной системе различают 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.

Цель работы. Наблюдая кровообращение в плавательной перепонке и языке живой лягушки, убедиться, что кровь движется непрерывно.

Материалы и оборудование: лягушка, микроскоп, дощечка с отверстиями, булавки, 10 %-ный раствор алкоголя или эфир, эксикатор, вата, раствор Рингера.

Ход работы.

Лягушку обездвигать наркозом, поместив ее в эксикатор с 10 %-ным раствором спирта или положить туда вату, смоченную эфиром.

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 артерии, вены и капилляры, б) отметить разницу в движении крови в различных отделах кровяного русла, в) отметить различные скорости осевого и пристеночного тока крови, г) проследить изменения формы эритроцитов у изгибов капилляров.

### Наблюдение кровообращения в языке лягушки

Лягушку положить на дощечку спинкой кверху. Язык осторожно захватить пинцетом, извлечь из полости рта и при помощи 4 булавок растянуть над отверстием дощечки. Булавки вкладывать в края языка. Язык поддерживать влажным, смачивая водой. Под микроскопом хорошо виден осевой и пристеночный ток крови. Схематически зарисовать наблюдаемую картину и сделать выводы о скорости движения крови в разных сосудах.

## Работа 22. ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ

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, равное у здорового человека 110-140 мм рт. ст., и диастолическое – 65-80 мм рт. ст.

Измерение кровяного давления в клинике производят с помощью прибора – сфингомометра, состоящего из ртутного или пружинного манометра, резиновой манжетки и нагнетательной груши. Данный метод измерения артериального давления является косвенным, так как проверяется давление воздуха в манжетке.

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

Материалы и оборудование: тонометр, фонендоскоп.

Ход работы.

Наложить манжетку на обнаженное плечо. Установить фонендоскоп в локтевом сгибе над плечевой артерией. Нагнетая воздух в манжетку, создать в ней давление, превышающее максимальное (140-160 мм рт. ст.), 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. Вычислить пульсовое давление крови.

## Работа 23 ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Во время работы возрастает потребность мышц и головного мозга человека 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 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 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 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 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 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 систолического давления, 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 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. 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.

Материалы и оборудование: тонометр, стетофонендоскоп, секундомер, калькулятор.

Ход 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

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

где В – возраст (полное количество лет), ПД – пульсовое давление, ДАД – диастолическое давление

В норме систолический объем равен 60-80 мл.

3) минутный объем (МО)

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

где СО – систолический объем, ЧП – частота пульса за 1 минуту.

В норме этот показатель для мужчин равен 3500-5000 мл, для женщин – 3000-4000 мл.

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 т. ст.

5) периферическое сопротивление току крови (ПС) по формуле Пуазеля:

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

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. 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.

б) вегетативный индекс Кердо (ВИК) определяется по формуле Давыдова:

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

где ДАД – диастолическое давление, ЧП – частота пульса.

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.

Коэффициент повышения частоты пульса (К2)

$$K2 = (ЧПн - ЧПп)/ЧПп,$$

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

Если К1 больше К2 – регуляция сердечно-сосудистой деятельности осуществляется нормально. Если К1 меньше К2 – имеет место сердечная недостаточность.

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

$$KBп = ЧПп/ПДп,$$

где ЧПп – частота пульса в покое, ПДп – пульсовое давление в покое.

$$KBн = ЧПн/ПДн,$$

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

$$Kp = (ПДн - ПДп) / (ЧПн - ЧПп),$$

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):

$$KCPДп = ЧПп/ЧДп,$$

где ЧДп – частота дыхания в покое, ЧПп – частота пульса в покое.

$$KCPДн = ЧПн/ЧДн,$$

где ЧДн – частота дыхания после физической нагрузки, ЧПн – 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 24. 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.

Материалы и оборудование: фонендоскоп.

Ход работы.

Пользуясь таблицей, найти места проекции клапанов и места выслушивания. Выслушать тоны сердца в данных точках с помощью фонендоскопа.

После прослушивания тонов сердца в покое, испытуемый делает несколько приседаний, затем вновь выслушивают тоны.

Сделать выводы.

## Работа 25. ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ

Электрокардиография – метод регистрации электрических потенциалов работающего сердца. Электрокардиограмма представляет собой кривую, состоящую из пяти зубцов – PQRS<sub>T</sub>. 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, регистрируемых гальванометром (рис. 6).

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.

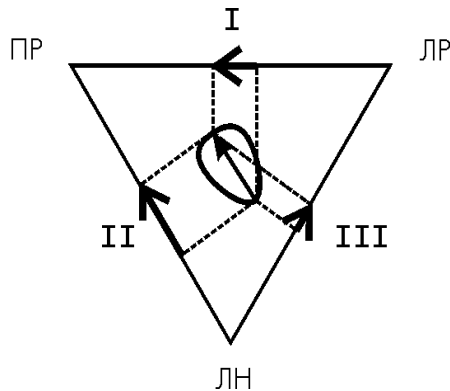


Рис. 6. Треугольник Эйнтховена и проекции электрической оси сердца на стороны треугольника: I, II, III.

Одноканальный портативный электрокардиограф “Малыш”, предназначенный для регистрации ЭКГ, состоит из следующих основных узлов: усилителя, лентопротяжного механизма, стабилизатора и блока питания.

На лицевой панели усилителя расположены кнопочные переключатели. Кнопка «Вкл.» служит для включения напряжения питания прибора. Кнопки “50” и “25” - для выбора скорости протягивания бумажной ленты – 25 и 50 мм/с. кнопка “Запись” предназначена для подачи напряжения подогрева пера и включения лентопротяжного механизма. Кнопка “1:2” обеспечивает ступенчатую регулировку чувствительности в соответствии с 5 мм/мВ; кнопка “2:1” - 20 мм/мВ.

Цель работы. Ознакомиться с методикой электрокардиографии и анализом электрокардиограммы.

Материалы и оборудование: электрокардиограф, марля, физиологический раствор.

Ход работы.

Заземлить электрокардиограф. Вставить вилку шнура в розетку сети. Закрепить электроды на испытуемом резиновыми лентами (между кожей и электродами поместить прокладку из марли, предварительно смоченную раствором поваренной соли). 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 произведите следующее: установите переключатель отведений в положение “К”, включите кнопку “Запись” и нажмите кнопку “1 мВ”, произведите запись калибровочного сигнала, установите переключатель отведений в положении “1”, включите кнопку “Запись”, запишите необходимое число циклов ЭКГ, выключите кнопку “Запись” (рис. 7).

После окончания работы отжать все кнопки переключателя на лицевой панели и выключить прибор.

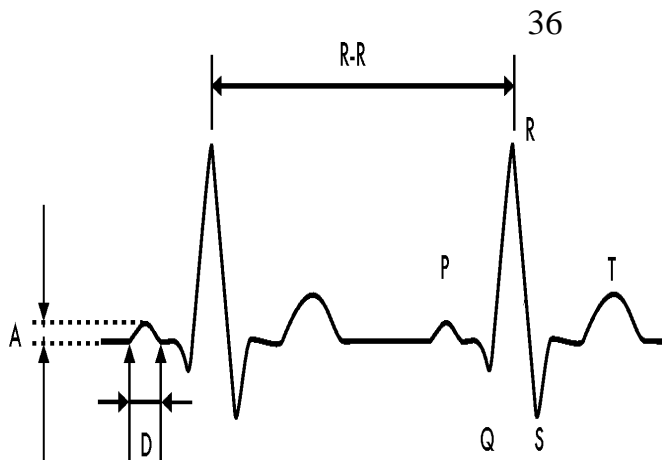


Рис. 7. Схема нормальной электрокардиограммы человека.

Произвести анализ работы ЭКГ в трех отведениях, записав далее данные в таблицу 7.

Таблица 7

Нормальные показатели электрокардиограммы по Фогельсону

Амплитуда зубцов (А) в мв и их длительность (Д) в секундах									
P		Q		R		S		T	
А	Д	А	Д	А	Д	А	Д	А	Д
0 - 0,25	0,06 - 0,11	0 - 0,25	Не Опр.	0,15 - 2,4	не опр.	0 - 0,6	не опр.	0,05 - 0,3	0,05 - 0,25

Сделать выводы, сравнив полученные величины ЭКГ с нормой.

Контрольные вопросы.

1. Строение сердца человека. Круги кровообращения.
2. Основные свойства сердечной мышцы. Особенности строения миокарда.
3. Автоматия сердца. Проводящая система. Лигатуры Станниуса. Градиент автоматии.
4. Изменение возбудимости сердца при возбуждении. Рефрактерность. Экстрасистола и компенсаторная пауза.
5. Электрический потенциал кардиомиоцитов. Ионные потоки.
6. Электрокардиограмма: отведения, регистрация и анализ. Практическое значение ЭКГ.
7. Сердечный цикл, его фазы. Способ определения длительности сердечного цикла. Электромеханическое сопряжение.
8. Тоны сердца. Их происхождение и регистрация. Фонокардиография.
9. Энергетика миокарда. Механизм сокращения сердечной мышцы. Коэффициент полезного действия.
10. Основные законы гемодинамики. Линейная и объемная скорости кровотока. Кровообращение в артериях, венах, капиллярах.

11. Способы измерения артериального давления крови. Измерение артериального давления у человека. Пульсовое и среднее давление, значение. Венозное давление крови. Давление в полых венах.

12. Минутный и систолический объемы кровотока. Методы их регистрации. . Изменения кровообращения при работе.

13. Артериальный и венозный пульс. Сфигмограмма и флебограмма.

14. Нервная и гуморальная регуляция кровообращения.

15. Роль сосудистых рефлексогенных зон в регуляции гемодинамики.

16. Сосудодвигательный центр, его структура и функция.

## ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

### Работа 26. ПОДСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ЭРИТРОЦИТОВ И ЛЕЙКОЦИТОВ В КРОВИ

Кровь состоит из жидкой части – плазмы и взвешенных в ней форменных элементов: эритроцитов, лейкоцитов и кровяных пластинок. В крови содержится  $3,7 \cdot 10^{12}/л$  –  $4,7 \cdot 10^{12}/л$  эритроцитов,  $4 \cdot 10^9/л$  –  $8,8 \cdot 10^9/л$  лейкоцитов.

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

Материалы и оборудование: микроскоп, счетная камера, градуированные пипетки на 1 мл и 0,02 мл, 3 %-ный раствор NaCl, 5 %-ный 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 Горяева состоит из 225 больших квадратов. Каждый третий разделен на 16 маленьких квадратов. Сторона маленького квадрата равняется  $1/20$  мм, площадь –  $1/400$  мм<sup>2</sup>, а объем –  $1/400 \cdot 1/10 = 1/4000$  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.

Часть А. Подсчет эритроцитов.

В пробирку налить 4 мл 3 %-ный раствора NaCl. Набрать в пипетку 0,02 мл 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  $1 \text{ мм}^3$  (мкл), пользуясь следующей формулой:

$$X = \frac{A \cdot 4000 \cdot 200}{80}, \text{ где}$$

X – искомое число эритроцитов в 1 мкл крови, A – сумма эритроцитов в 80 маленьких квадратах сетки Горяева, 4000 – число малых квадратов в  $1 \text{ мм}^3$ , 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.

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

#### Часть Б. Подсчет лейкоцитов

В маленькую пробирку отмерить 0,4 мл 3 %-ный уксусной кислоты. Набрать в пипетку 0,02 мл крови и вылить ее в пробирку с уксусной кислотой. Тщательно перемешать раствор. Через 5-10 минут приступить к подсчету лейкоцитов. Для получения точных данных подсчет проводят в 25 любых больших квадратах.

Определить количество лейкоцитов в  $1 \text{ мм}^3$ :

$$X = \frac{B \cdot 4000 \cdot 20}{400}, \text{ где}$$

X – искомое число лейкоцитов в  $1 \text{ мм}^3$  крови; B – число лейкоцитов в 25 больших квадратах сетки Горяева; 20 – кратность разведения.

Подсчитать количество лейкоцитов в 1 л крови. Допустим, 6000 лейкоцитов содержится в 1 мкл крови, а в X – в 1000000 мкл

$$X = \frac{6000 \cdot 1000000}{1} = 6 \cdot 10^9 / \text{л.}$$

Сделать выводы.

Работа 27. ПОДСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТРОМБОЦИТОВ В КРОВИ

В крови содержится  $180 \times 10^9$  /л –  $320 \times 10^9$  /л кровяных пластинок (тромбоцитов).

Цель работы. Познакомиться с методикой подсчета количества тромбоцитов в крови.

Материалы и оборудование: микроскоп, счетная камера, ЭДТА, подкрашенный метиленовой синью, градуированные пипетки на 1 мл и 0,02 мл, плазма, вата, пробирка.

Ход работы.

В камере Горяева с помощью светового микроскопа проводится прямой подсчет окрашенных тромбоцитов. Для подсчета тромбоцитов 0,1 мл плазмы вносят в пробирку с 2 мл краски и тщательно перемешивают. Заполняют камеру Горяева и помещают ее на 10 минут во влажную камеру для оседания тромбоцитов. Тромбоциты подсчитывают в 5 больших квадратах по диагонали. Их количество в 1 л плазмы определяют по формуле:

$$X = \frac{a \times 4000 \times 20}{80}, \text{ где}$$

$\alpha$  – количество тромбоцитов, подсчитанных в 80 малых квадратах, 4000 – множитель, приводящий результат к объему 1 мкл; 20 – кратность разведения плазмы.

Сделать выводы.

## Работа 28. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГЕМОГЛОБИНА В КРОВИ

Гемоглобин является главной составной частью эритроцитов. Определение количества гемоглобина проводится колориметрическим способом в гемометре Сали. Он представляет собой темный штатив с тремя пробирками одинакового диаметра. Две запаянные боковые пробирки заполнены раствором солянокислого гематина, а средняя имеет шкалу, показывающую количество гемоглобина в граммах на 100 мл крови, т.е. г%. В настоящее время, согласно системе СИ, определяют количество гемоглобина в г в 1 литре крови. В крови женщин содержится 120 -150 г/л гемоглобина, в крови мужчин – 130 - 180 г/л.

Цель работы. Познакомиться с методикой определения количества гемоглобина в крови.

Материалы и оборудование: гемометр Сали, 0,1 Н раствор соляной кислоты, консервированная кровь, дистиллированная вода, глазная пипетка.

Ход работы.

Налить в градуированную пробирку гемометра Сали 0,1 Н раствор HCl до нижней метки (0,2 мл). Набрать в специальную пипетку 0,02 мл крови. Ватой обтереть кончик пипетки снаружи, опустить пипетку в рас-

твор соляной кислоты, затем осторожно, не вызывая образования пены, выпустить кровь в кислоту.

Промыть пипетку повторным втягиванием и выдуванием кислоты, не вынимая ее из раствора.

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: найденное содержание гемоглобина умножить на 1,34 мл (один грамм гемоглобина переносит 1,34 мл кислорода).

Записать полученный результат и сделать выводы.

#### Работа 29. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ

При стоянии стабилизированной крови эритроциты в силу тяжести оседают. При этом кровь делится на два слоя: верхний (бесцветный, прозрачный) – плазму и нижний (красный, непрозрачный) – эритроциты. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) сильно колеблется в зависимости от состояния организма.

Цель работы. Ознакомление с методикой определения скорости оседания эритроцитов.

Материалы и оборудование: прибор Панченкова, 5 %-ный раствор лимоннокислого натрия, часовое стекло, кровь, вата.

Ход работы.

Промыть пипетку аппарата Панченкова 5 %-ным 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. Сделать выводы.

#### Работа 30. ОСМОТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ (РЕЗИСТЕНТНОСТЬ) ЭРИТРОЦИТОВ

Гемолизом называется выход гемоглобина в раствор, обусловленный повреждением оболочки эритроцита. Различают несколько видов ге-



молиза: осмотический, механический, термический, химический, биологический.

Осмотический гемолиз происходит в гипотонических растворах (с 0,36 % NaCl и меньше). Объясняется это тем, что входящая в эритроцит вода чрезмерно растягивает эритроциты (сферуляция) и в дальнейшем происходит разрыв его мембраны с выходом из клетки гемоглобина (гемолиз). В растворах хлорида натрия свыше 0,48-0,50 % гемолиз не происходит.

Цель работы. Определить осмотическую устойчивость (резистентность) эритроцитов.

Материалы и оборудование: 1 %-ный 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 поваренной соли различной концентрации: в 1-ю пробирку налить 1 мл дистиллированной воды, во 2-ю – 2 мл, в 3-ю – 4 мл, в 4-ю – 6 мл, в 5-ю – 8 мл, затем во все пробирки добавить 1 %-ный раствор NaCl до 10 мл, а в 6-ю пробирку налить 10 мл 1 %-ного раствора NaCl. Таким образом, в пробирках будут растворы с концентрацией хлорида натрия: соответственно 0,9; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2 и 1 %.

Прибавить во все пробирки по 0,5 мл 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 испытываемой крови.

В норме у человека осмотическая минимальная устойчивость эритроцитов 0,36 %, максимальная, соответственно, 0,42 %.

### Работа 31. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУПП КРОВИ

Было обнаружено, что плазма, или сыворотка, одних людей способна агглютинировать (склеивать) эритроциты других людей. В основе этого явления лежит наличие в эритроцитах антигенов – агглютиногенов (изоантигенов) А и В, а в плазме агглютининов (изоагглютининов)  $\alpha$  и  $\beta$ . В зависимости от наличия в крови тех или иных агглютининов и агглютиногенов различают 4 группы крови. Современная классификация групп крови обозначена АВ0. Для определения группы крови необходимо иметь сыворотки 1-ой, 2-й и 3-ей групп крови (хранятся в ампулах, различаются по цвету).

Агглютинация эритроцитов (склеивание) наблюдается в том случае, если встречаются одноименные агглютиноген и агглютинин: А и  $\alpha$ , В и  $\beta$ .

Определение групп крови имеет практическое значение для переливания крови. Одновременно человеку переливают не более 200 мл совместимой крови.

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

Материалы и оборудование: стандартные сыворотки 1, 2, 3 групп крови, предметные стекла, стеклянные палочки, стеклограф.

Ход работы:

Нанести на предметное стекло по капле сыворотки 1, 2 и 3 группы (соответственно метке на стекле). 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. Определить группу крови, сделать выводы.

## Работа 32. ОКСИГЕМОГРАФИЯ

Важным показателем оценки нормальной работы обменных процессов в организме является процент насыщения крови гемоглобином. В норме он равен 96 %.

Цель работы. Определить количество оксигемоглобина в крови.

Материалы и оборудование: оксигемограф, секундомер, кислород из аптеки, спирт, вата.

Ход работы.

На ухо испытуемого надеть датчик оксигемографа в соответствии с инструкцией к прибору. После подогрева датчика до температуры тела дать испытуемому дышать через кислородную маску кислородом (из аптеки) в течение 2-3 минут. В это время установить показания оксигеометра (стрелку прибора) на 100 делений его шкалы.

Перевести испытуемого на дыхание атмосферным воздухом. Следить за изменениями оксигеометра. У здоровых людей при относительном покое величина насыщения гемоглобина кислородом ( $\text{HbO}_2$ ) составляет 96 %. Не останавливая запись, предложить испытуемому последовательно проделать следующее: 1) уменьшить объем легочной вентиляции (закрыть одну ноздрю), 2) увеличить вентиляцию легких путем глубокого дыхания, 3) задержать дыхание на фазе выдоха, 4) восстановив дыхание, сделать в течение минуты 30 приседаний. Полученную оксигеометру проанализировать и рассчитать процентное содержание гемоглобина при каждой функциональной пробе. Сделать выводы.

Контрольные вопросы

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

## **ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ**

### **Работа 33. ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ СВОЙСТВА СЛЮНЫ**

Слюна содержит ферменты –  $\alpha$ -амилазу, лактазу, мальтазу, лизоцим. Под действием  $\alpha$ -амилазы слюны происходит гидролиз углеводов до дисахаров. Слюна имеет слабощелочную реакцию – рН 7.4-8.0.

Цель работы. Познакомиться с ферментативными свойствами слюны.

Материалы и оборудование: штатив с пробирками, крахмальный клейстер, слюна, 0,5 %-ный раствор HCl, 10 %-ный раствор NaOH, раствор Люголя, пипетки, воронка, бумажный фильтр, газовая горелка.

Ход работы.

Собрать в пробирку несколько миллилитров слюны, разбавить ее в два раза дистиллированной водой. Желательно слюну 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 в термостат ( $t = +37^{\circ}$ ), 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 34. ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ ЖЕЛУДОЧНОГО СОКА

Желудочный сок содержит следующие ферменты: пепсин, химозин, липазу. Пепсин выделяется в неактивной форме в виде пепсиногена, который при pH меньше 5, освобождается от ингибитора, а при pH 1,6–2,0 проявляет оптимум действия.

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

Материалы и оборудование: профильтрованный желудочный сок, 0,5 %-ный раствор HCl, раствор пепсина в воде, раствор пепсина в соде, 10 %-ный раствор NaOH, 2 %-ный раствор  $\text{CuSO}_4$ , штатив с пробирками, фибрин или вареное яйцо.

Ход работы.

Положить в пробирки по маленькому кусочку фибрина или белка вареного яйца, затем заполнить их по схеме, приведенной в таблице 8. На 15 минут пробирки поместить в термостат при  $+37^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 8

Анализ гидролиза белков в желудочном соке

№	Содержимое пробирок	$T^{\circ}\text{C}$	Окрашивание раствора при биуретовой реакции	Наличие белка

1	фибрин + 3 мл желудочный сок.	37		
2	фибрин + 3 мл HCl 0,5 %-ный	37		
3	фибрин + 3 мл раствора пепсина в соде	37		
4	фибрин + 3 мл раствора пепсина в воде	37		

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 %-ного раствора NaOH и по несколько капель 2 %-ного раствора CuSO<sub>4</sub>. Белки окрашиваются в фиолетово-синий цвет, а альбумозы и пептоны в фиолетово-розовый.

Заполнить таблицу и сделать выводы.

### Работа 35. 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, вырабатываемый надпочечниками. Для изучения влияния гуморальных раздражителей на гладкую мускулатуру кишечника используют методику записи движений отрезка кишечной петли, помещенного в раствор Рингера.

Цель работы. Изучить механизмы гуморальной регуляции моторной функции изолированного участка тонкого кишечника.

Материалы и оборудование: участок тонкого кишечника крысы (лягушки), раствор Рингера для теплокровных (холоднокровных), нитки, иголка с ушком (для шитья), иглодержатель, длинный анатомический пинцет, ножницы, шприц на 2 мл без иглы, специальный стаканчик, кимограф, набор для записи на кимографе, аэратор кислорода или воздуха (компрессор), почечница, раствор ацетилхолина, раствор адреналина.

Ход работы.

У крысы (лягушки) под наркозом вырезать тонкий кишечник и поместить в ванночку с теплым раствором Рингера. Пронаблюдать за перистальтическими и маятникообразными движениями кишечника.

К одной стороне отрезка кишки длиной 2-3 см привязать (прошить) нитку в виде петли, ко второму концу отрезки кишки прикрепить (прошить) длинную нитку. С помощью пинцета отрезок кишки поместить в сосуд со стеклянным крючком, к которому прикрепить один конец кишеч-

ника (надеть петлю из нитки на крючок). Другой конец соединить с рычажком Энгельмана. Сосуд заполнить теплым раствором Рингера. Раствор Рингера аэрировать с помощью компрессора.

Записать сокращения кишечника в норме и после добавления 2-3 капель ацетилхолина.

Через нижний тубус из сосуда слить раствор и заполнить свежим раствором Рингера. Вновь записать сокращения кишечника в норме и после добавления 5-6 капель адреналина. Повторно промыть отрезок кишки раствором Рингера.

Зарисовать полученные кривые. Сделать вывод.

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.

## **ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ**

### **Работа 36. ГРАФИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ (ПНЕВМОГРАФИЯ)**

Дыхательные движения регистрируются специальным прибором – пневмографом. Получаемая запись называется пневмограммой; по ней определяется частота и глубина дыхания, продолжительность вдоха и выдоха в зависимости от физиологического состояния организма.

Цель работы. Ознакомиться с методикой пневмографии, записать пневмограмму при различных физиологических состояниях.

Материалы и оборудование: пневмограф, капсула Маррея с писчиком, резиновая трубка, тройник, зажим, универсальный штатив, кимограф, вата, нашатырный спирт.

Ход работы.

Заполнить пневмограф воздухом и укрепить его в подвижной части грудной клетки. Соединить пневмограф с капсулой Маррея и установить писчик по касательной к кимографу. Записать кимограмму во время спокойного дыхания.

Записать дыхание после физической нагрузки. Для этого предложить испытуемому, не снимая пневмографа, сделать 10 приседаний. Предварительно резиновую трубочку, соединяющую пневмограф с капсулой Маррея, пережать зажимом. После окончания приседаний зажим снять и записать пневмограмму.

Записать дыхание во время смеха, разговорной речи, пения, при кашле и чихании.

Диспноэ. После записи нормального дыхания, задержать дыхание на выдохе в течение 20-30 секунд, после чего наблюдать за восстановлением дыхания.

Апноэ. После записи нормального дыхания сделать ряд глубоких и частых дыхательных движений, после чего наблюдать задержку дыхания.

Записать пневмограмму в покое, а затем неожиданно поднести к носу испытуемого вату, смоченную нашатырным спиртом. Наблюдать рефлекторную задержку дыхания в состоянии выдоха.

Зарисовать полученные кривые, сделать анализ и выводы.

### Работа 37. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ

Важным показателем дыхательной системы является регистрация дыхательных объемов у человека. Основными из них являются дыхательный объем (ДО), резервный объем вдоха (РОВдох), резервный объем выдоха (РОВыдох), жизненная емкость легких (ЖЕЛ). На основании этих показателей рассчитываются другие критерии дыхания.

ФОЕ – функциональная остаточная емкость, это количество воздуха оставшегося в альвеолах после спокойного выдоха.

ОЕЛ – общая емкость легких, т.е. сумма жизненной емкости легких и остаточного объема воздуха в альвеолах после глубокого выдоха.

ЕВ – емкость вдоха, это разница в объемах между ОЕЛ и ФОЕ. В свою очередь сумма ФОЕ и ЕВ равна ОЕЛ.

Цель работы. Ознакомиться с методикой определения легочных объемов и жизненной емкости легких.

Материалы и оборудование: спирометр, спирт, вата.

Ход работы.

Определение дыхательного воздуха. Спирометр привести в нулевое положение, предложить испытуемому взять мундштук спирометра в рот и спокойно подышать в спирометр (сделать 5-6 дыханий). Затем отсчитать объем выдохнутого воздуха и разделить его на число дыханий.

Определение резервного объема выдоха. Спирометр поставить в нулевое положение. Предложить испытуемому сделать несколько спокойных дыханий, затем после обычного выдоха задержать на несколько секунд дыхание, взять в рот мундштук и сделать глубокий выдох в спирометр. Записать показания спирометра.

Определение жизненной емкости легких с помощью спирометра. Спирометр поставить в нулевое положение. Испытуемому предложить сделать глубокий вдох, взять мундштук в рот и выдохнуть в спирометр возможно полнее воздух, напрягая все дыхательные мшцы, включая брюшной пресс. Объем выдохнутого воздуха показывает жизненную емкость легких.

Резервный объем вдоха рассчитать по формуле:

$$PO_{вд} = ЖЕЛ - (ДО + PO_{выд})$$

Записать полученные результаты эксперимента в таблицу 9, сделать анализ результатов и выводы.

Таблица 9

Показатели измерений объема воздуха в легких

Ф.И.О.	Пол	Возраст, лет	Объем воздуха			Жизненная емкость легких
			дыхательный (ДО)	резервный объем вдоха (PO <sub>вд</sub> )	резервный объем выдоха (PO <sub>выд</sub> )	
И.В.Ю	М	20				

## Работа 38. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.

Количество воздуха, проходящего через легкие при вдохе и выдохе, зависит от объема грудной клетки, подвижности диафрагмы, ребер, состояния дыхательных мышц и самой легочной ткани – ее эластичности, степени кровенаполнения и т.д.

Цель работы. Ознакомиться с методиками анализа состояния дыхательной системы человека

Материалы и оборудование: спирометр, спирт, вата, калькулятор.

Ход работы.

С помощью спирометра определить величину дыхательного объема (ДО), жизненной емкости легких (ЖЕЛ), резервного объема выдоха (PO<sub>выд</sub>).

Рассчитать по формулам следующие величины:



Резервный объем вдоха  $PO_{вд} = ЖЕЛ - (ДО + PO_{выд})$

Емкость вдоха  $Е_{вд} = PO_{вд} + ДО$

Функциональная остаточная емкость легких  $ФОЕ = PO_{выд} + ОО$

Остаточный объем  $ОО = 33 \times ЖЕЛ / 100$

Рассчитать должную жизненную емкость легких по формулам:

$ЖЕЛ = (L \times 0,052) - (V \times 0,022) - 3,60$  для мужчин;

$ЖЕЛ = (L \times 0,041) - (V \times 0,018) - 2,68$  для женщин,

где  $L$  – рост (см),  $V$  – возраст (годы)

Рассчитать отклонение фактической ЖЕЛ от должной:

$100 - (ЖЕЛ_{фактическая} \times 100 / ЖЕЛ_{должная})$

Рассчитать жизненный индекс –  $ЖИ = ЖЕЛ / P$ , где  $P$  – вес тела, кг;  
ЖЕЛ – фактическая величина жизненной емкости легких, в мл.

Сравнить полученные данные с нормальными показателями, приведенными ниже.

Величина ЖЕЛ в среднем: 2,5-4,0 л для женщин и 3,5-5,0 л для мужчин.

Отклонение реальной ЖЕЛ от должной до 15 % считается нормальным, свыше 20 % - указывает на слабость легочной системы.

В норме для мужчин до 30-35 лет, не занимающихся спортом  $ЖИ = 60-65$  мл/кг, для спортсменов - 65-75 мл/кг; для женщин, не занимающихся спортом  $ЖИ = 55-60$  мл/кг, для спортсменок – 60-70 мл/кг. Величина этого показателя менее 55 мл/кг для мужчин и менее 50 мл/кг для женщин говорит о недостаточности ЖЕЛ или об избыточном весе тела.

#### Функциональные пробы.

##### 1. Проба Штанге.

После 2-3 глубоких вдохов-выдохов задержать дыхание на глубоком вдохе на максимально возможное время. Сделать 2-3 повтора, рассчитать среднее значение времени задержки дыхания.

На основании таблицы 10 провести оценку результатов.

##### 2. Проба Генче

После 2-3 глубоких вдохов-выдохов задержать дыхание на глубоком выдохе на максимально возможное время, зажав при этом нос. Сделать 2-3 повтора, рассчитать среднее значение задержки дыхания. На основании таблицы 10 провести оценку результатов.

Таблица 10

#### Результаты функциональных проб Штанге и Генче

Оценка состояния взрослого испытуемого	Время задержки дыхания на вдохе, секунды	Время задержки дыхания на выдохе, секунды
Отличное	> 60	> 50
Хорошее	40-60	30-50
Удовлетворительное	30-40	20-30
Неудовлетворительное	< 30	< 20

3. Определение времени максимальной задержки дыхания после дозированной нагрузки.

В положении сидя испытуемый задерживает дыхание на максимальный срок на спокойном выдохе. Время задержки фиксируется по секундомеру. После отдыха (около 5 минут) испытуемый делает 20 приседаний за 30 секунд. После приседаний испытуемый садится на стул и задерживает дыхание на выдохе.

Результаты сравнить с данными, представленными в таблице 11.

4. Трехфазная проба по Л.Г.Серкину.

В положении сидя испытуемый задерживает дыхание на максимальный срок на спокойном входе. Время задержки фиксируется по секундомеру.

После этого испытуемый делает 20 приседаний за 30 сек. После приседаний испытуемый садится на стул и задерживает дыхание на входе. После 1 минуты отдыха повторить задержку дыхания на максимальный срок на спокойном входе. Оценить полученные результаты на основании данных таблицы 12.

Таблица 11

Результаты функциональной пробы с задержкой дыхания до и после дозированной нагрузки

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

Таблица 12

Результаты функциональной пробы Л.Г.Серкина

Категории испытуемых	Задержка дыхания в покое, секунды (первая фаза)	Задержка дыхания после 20 приседаний	Задержка дыхания после отдыха
Здоров, тренирован	50-70 сек	Более 50 % от первой фазы	Более 100 % от первой фа-

			ЗЫ
Здоров, нетренирован	45-50	30-50 % от первой фазы	70-100 % от первой фазы
Скрытая недостаточность кровообращения	30-45	Менее 30 % от первой фазы	Менее 70 % от первой фазы

5. Определить индекс Скибинской (ИНС) по формуле:

$$\text{ИНС} = \text{ЖЕЛ} \times \text{А} / 100 \times \text{Б},$$

где ЖЕЛ – фактическая жизненная емкость легких, в мл; А – длительность задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) в сек, Б - частота пульса в покое (уд/минуту).

Оценку результатов произвести на основании данных таблицы 13.

Таблица 13

Состояние дыхательной и сердечно-сосудистой системы по Скибинской

Значение индекса Скибинской	Состояние дыхательной и сердечно-сосудистой системы
Меньше 5	Очень плохо
5-10	Неудовлетворительно
10-30	Удовлетворительно
30-60	Хорошо
Более 60	Очень хорошо

Сделать выводы по всем функциональным пробам.

### Работа 39. ВЕНТИЛЯЦИЯ 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 вдыхаемого воздуха в легкие попадает около 300 мл. Около 150 мл его остается в воздухоносных путях (трахеи, бронхах) и в газообмене не участвует. Этот объем воздуха называют воздухом “мертвого” пространства.

Цель работы. Определить объем легочной и альвеолярной вентиляции.

Материалы и оборудование: спирометр, секундомер.

Ход работы.

Определить число циклов дыхательных движений в минуту и дыхательный объем. Вычислить величину легочной вентиляции умножив частоту дыхания на величину дыхательного объема.

Вычислить величину альвеолярной вентиляции, то есть объем воздуха фактически достигающего легких. Альвеолярная вентиляция равна произведению частоты дыхания на разницу дыхательного объема и объема “мертвого” пространства. Объем “мертвого” пространства равен 30% от дыхательного объема.

Сделать выводы.

#### Работа 40. СРАВНИТЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ВО ВДЫХАЕМОМ И ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ (клапаны Мюллера)

Во вдыхаемом воздухе содержится 21 % кислорода, 0,03 % углекислого газа, 78,9 % азота и инертных газов. В выдыхаемом воздухе – 16 % кислорода, 4 % углекислого газа, азот и инертные газы выдыхаются без изменений. С помощью клапанов Мюллера можно определить качественную реакцию на газовый состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.

Цель работы. Убедиться, что в выдыхаемом воздухе содержится больше углекислого газа.

Материалы и оборудование: Мюллеровские клапаны, мундштук, вата, спирт, 10 % раствор едкого натрия, фенолфталеин.

Ход работы.

Заполнить сосуды Мюллеровских клапанов до 1/3 водой, добавить каплю раствора NaOH и одну каплю фенолфталеина до получения розовой окраски.

Предложить испытуемому дышать через мундштук клапанов. Вдыхаемый воздух пройдет сосуд 1, выдыхаемый – через сосуд 2, в котором произойдет осветление подкрашенного фенолфталеином раствора NaOH.

Записать результаты опыта, зарисовать схему и сделать выводы.

Контрольные вопросы.

1. Внешнее дыхание. Механизм вдоха и выдоха. Модель Дондерса. Роль диафрагмы и плевральной полости в акте дыхания. Пневмоторакс.

2. Легочные объемы, способы их определения и их должная величина. Легочная и альвеолярная вентиляция.

3. Содержание кислорода и углекислого газа в атмосферном, выдыхаемом и альвеолярном воздухе.

4. Функциональная единица легких. Эластическая тяга альвеол. Парциальное давление. Обмен газов в легких. Роль внутриплеврального давления в механизме вдоха.

5. Кривая диссоциации оксигемоглобина. Факторы, влияющие на насыщение гемоглобина кислородом.

6. Транспорт кислорода кровью. Кислородная емкость крови.
7. Транспорт углекислого газа кровью. Роль бикарбонатной буферной системы.
8. Регуляция дыхания: дыхательный центр и зависимость его деятельности от газового состава крови. Роль рефлекторных и гуморальных факторов в регуляции дыхания.
9. Дыхание в разных условиях: при мышечной работе, при повышенном и пониженном атмосферном давлении.

## ФИЗИОЛОГИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

### Работа 41. 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.

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 таблицы. 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.

Сопоставьте величину основного обмена, полученную для данного испытуемого с помощью приборов, с результатом, найденным по таблицам. Сопоставьте найденную в таблице величину основного обмена со значениями, полученными по формуле Рида.

### Работа 42. 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. 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. Допустимым считается отклонение до 10 % от нормы.

Цель работы. Определить основной обмен с помощью формул.

Материалы и оборудование: тонометр, стетофонендоскоп, секундомер или часы с секундной стрелкой.

Ход работы.

У испытуемого определяют частоту пульса с помощью секундомера и артериальное давление по способу Короткова 3 раза с промежутками в 2 мин при соблюдении условий, необходимых для определения основного обмена. Процент отклонений основного обмена от нормы определяют по формуле Рида:

$$ПО = 0,75 \times (ЧД + ПД \times 0,74) - 72,$$

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. Процент отклонения =  $0,75 \times [75 + (120 - 80) \times 0,74] - 72 = 0,75 \times [75 + 40 \times 0,74] - 72 = 6,45$ . 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. С ее помощью, соединив линейкой значение частоты пульса и пульсового давления, на средней линии легко определяют величину отклонения основного обмена от нормы.

Вычислите величину отклонения основного обмена от нормы по формуле Рида. Определите то же по номограмме. Вычислите, сколько ккал (Дж) составляет определенный процент отклонения.

### Работа 43. СПИРОГРАФИЯ

Спирограф представляет собой диагностический прибор, предназначенный для регистрации дыхательных объемов легких, потребления человеком кислорода и определения его основного обмена.

Цель работы. Ознакомиться с работой спирографа и проанализировать спирограмму.

Материалы и оборудование: спирограф, кислород (из аптеки), дезинфицирующий раствор, чернила, ножницы, салфетка.

Ход работы.

Заправить в лентопротяжный механизм рулон бумаги. Три писчика заправить чернилами и наладить запись. Заполнить меха спирометра кислородом.

Испытуемого уложить на кушетку и надеть на него маску (плотно) при открытом кране пациента. Пациент присоединяется к дыхательной системе спирографа с помощью специальной маски. Вдох осуществляется из специального резервуара (колокола), заполненного кислородом. Выдыхаемый воздух направляется в поглотитель углекислого газа, где полностью освобождается от него и с помощью компрессора вновь направляется под колокол.

Некоторые технические данные:

1. Скорость движения бумаги 50 мм/мин.;
2. Отметка времени дается через 5 с;
3. Один см перемещения писчика купола спирометра по вертикали соответствует расходу 1 л кислорода.

Включить спирограф, лентопротяжный механизм, отметчик времени, насос и клапан пациента. На высоте выдоха кран пациента повернуть на  $180^{\circ}$ .

В течение нескольких минут на бумаге записывается спирограмма и проводятся все необходимые тесты.

После окончания записи выключить клапан, насос, отметчик времени, лентопротяжный механизм. Спирограф отключит от электросети.

#### Определение количества поглощенного кислорода

На спирограмме соединяются вершины всех зубцов нормального дыхания одной прямой. От нижнего зубца начала спирограммы проводится прямая горизонтальная линия. Между верхней наклонной и нижней горизонтальной в любом участке спирограммы нормального дыхания восстанавливается два перпендикуляра на расстоянии одной минуты. Из точки пересечения наклонной линии и более короткого перпендикуляра проводится прямая, параллельная нижней горизонтальной линии до ее пересечения со вторым перпендикуляром. Отрезок второго перпендикуляра, отсекаемого прямой до наклонной линии, измеряется в мм. Делается пересчет на количество кислорода в литрах.

Полученная величина поглощенного за 1 минуту кислорода пересчитывается на 1 час и на 1 сутки. Приняв тепловой эквивалент кислорода в среднем за 4,9 ккал на 1 литр, найти величину основного обмена.

Найденная величина основного обмена является ориентировочной. Для ее точного расчета необходимо знать дыхательный коэффициент.

Норма основного обмена составляет 1700 – 1800 ккал.

В тетрадь вклеить спирограмму, произведя все необходимые расчеты, записать их в таблицу и сделать выводы.

## Работа 44. СОСТАВЛЕНИЕ ПИЩЕВОГО РАЦИОНА

Для поддержания нормальной жизнедеятельности необходимо рациональное питание. В случаях, если контингент людей получает питание в одном месте (условия армии, санатории и т.д.) для него ежедневно составляется меню-раскладка.

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

Материалы и оборудование: таблицы химического состава пищевых продуктов и их калорийности, калькулятор.

Ход 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 (табл. 14). К старости расход энергии снижается и к 80 годам составляет 2000-2200 ккал.

Таблица 14

Суточная потребность в энергии для лиц разной категории труда

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



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 14.

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

Пищевой рацион составляют, пользуясь специальными таблицами, где 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 – 15%, обед – 45% и ужин – 15%.

Таблица 15

## Физиологические нормы питания в сутки

Пищевые вещества в граммах	Категория населения				
	1	2	3	4	5
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
Килокалории	2450	2800	3500	3850	4200

Результаты работы записать в виде таблицы.

## Контрольные вопросы

1. Понятие об обмене веществ. Анаболизм и катаболизм. Уровни интенсивности обмена.

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.

## **ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ**

### Работа 45. ИССЛЕДОВАНИЕ ТАКТИЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

В коже человека находятся рецепторы тактильной, болевой и температурной чувствительности. Тактильные рецепторы расположены по поверхности тела неравномерно: больше всего их на кончиках пальцев, на ладонях, кончике языка, губах, наименьшее их количество находится на спине.

Цель работы. Определить порог тактильной чувствительности на различных участках тела.

Материалы и оборудование: эстеziометр (циркуль Вебера), линейка.

Ход работы.

Испытуемого, сидящего на стуле, просят закрыть глаза. Циркулем Вебера, с максимально сведенными ножками, прикасаются к различным участкам кожи (кончики пальцев, рук, ладони, предплечье, плечо, спина). При этом, следят за тем, чтобы обе ножки эстеziометра прикасались к коже одновременно и с одинаковым давлением. Продолжают прикосновения к различным участкам кожи испытуемого в заранее избранной последовательности, постепенно раздвигая ножки циркуля (прибавляя каждый раз по 1 мм). Измеряют при каком расстоянии между ножками циркуля и на каком участке кожи испытуемый впервые различает двойные прикосновения. Таким образом, определяют пространственный порог тактильной чувствительности.

### Работа 46. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ

Острота зрения человека определяется способностью его глаза различить две близко расположенные друг к другу точки как отдельные.

Таблица для определения остроты зрения состоит из нескольких рядов букв или незамкнутых окружностей, расположенных по-разному. В каждой строке знаки одинаковы по размеру, в каждой нижней строке они меньше, чем в верхней. У каждой строки стоит число, обозначающее расстояние в метрах, на которое нормальный глаз должен видеть детали знаков данной строки. Справа на каждой строке указана острота зрения, которая рассчитывается по формуле:  $V=L/D$ , где  $V$  - острота зрения,  $D$  - расстояние, с которого данная строка правильно читается нормальным глазом,  $L$  - расстояние исследуемого глаза от таблиц.

Цель работы. Определить остроту зрения.

Материалы и оборудование: таблица для определения остроты зрения, лампа для освещения таблицы.

Ход работы.

Таблицу вешают на стену. Она должна быть хорошо освещена. Испытуемому предлагают сесть на расстоянии 5 м от таблицы и закрыть один глаз специальным щитком. Закрывать глаз рукой нельзя, так как испытуемый может непроизвольно или специально надавить на глаз и острота другого глаза изменится. Указкой показывают ту или иную букву (незамкнутую окружность), выясняя, какую из строк испытуемый отчетливо видит. Затем эту процедуру повторяют с другим глазом.

Записать результаты исследования, дать индивидуальную характеристику остроты зрения испытуемых. Средние показатели остроты зрения у человека: нормальная 1 и выше, пониженная – от 0,8 и ниже, повышенная – 1,5.

В таблице Сивцева при ее хорошем освещении человек с остротой зрения 1 с расстояния 5 м должен четко различать все буквы третьей строки снизу таблицы. С расстояния 2,5 м человек с нормальным зрением должен определить все буквы второй строки снизу таблицы. Проверить остроту зрения и сделать вывод.

#### Работа 47. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ

Пространство, видимое глазами человека при фиксации взгляда в одной точке, называется полем зрения. Если один глаз закрыт, то определяется поле зрения второго глаза. Определение поля зрения используется для регистрации нарушений в отдельных частях преломляющих структур глаза, поражений сетчатки и проводящих путей зрительного анализатора.

Цель работы. Определить поле зрения для различных цветов.

Материалы и оборудование: периметр Форстера, белые и цветные марки к нему, циркуль, линейка.

Ход работы.

Периметр устанавливают на столе в хорошо освещенной комнате. Испытуемого сажают спиной к свету, подбородок он устанавливает на специальную подставку таким образом, чтобы исследуемый глаз его находился на уровне нижнего края визирной пластинки. Исследуемым глазом испытуемый фиксирует белую точку в центре периметра. Вторым глазом должен быть закрыт. При первом измерении дугу устанавливают в горизонтальном положении. Для измерения границ черно-белого зрения используют белую марку, которую медленно передвигают по внутренней поверхности дуги от ее наружного края к центру.

Испытуемый при неподвижно фиксированном взгляде сообщает, что ему становится видна марка, а экспериментатор отмечает точкой соответствующее положение марки на дуге, и, в последующем, на бланке нор-

мального поля зрения. Месторасположение каждой точки проверяют дважды. Затем измеряют поле зрения с другой стороны дуги, после чего дугу периметра поворачивают на  $90^{\circ}$  и определяют границы поля зрения, каждый раз поворачивая дугу на  $15^{\circ}$ . Подобный же опыт проводят с различными цветными марками. Нанести на бланк точки, соединить линиями. Полученный многоугольник показывает границы поля зрения испытуемого. Сравните полученный многоугольник с нормальными границами поля зрения, показанными на бланке для черно-белого и цветового зрения.

#### Работа 48. ДЕМОНСТРАЦИЯ СЛЕПОГО ПЯТНА НА СЕТЧАТКЕ ГЛАЗА

Светочувствительные элементы глаза представлены палочками и колбочками. Наибольшее количество колбочек находится в области желтого пятна – участка наиболее ясного видения. В месте выхода зрительного нерва из глазного яблока не содержится светочувствительных элементов. Этот участок называется “слепым пятном”.

Цель работы. Доказать наличие “слепого пятна” в сетчатке глаза.

Материалы и оборудование: черная карточка с изображением белого кружка справа и белого крестика слева, линейка.

Ход работы.

Предлагают испытуемому закрыть левой рукой левый глаз и, держа карточку в вытянутой правой руке, медленно приблизить ее к открытому правому глазу. При этом испытуемый должен фиксировать взгляд на левом изображении (крестике). На расстоянии 20-25 см от глаза правое изображение (круг) исчезает. Это является доказательством наличия на сетчатке глаза “слепого пятна”, т. е. участка, не имеющего зрительных рецепторов. Затем опыт повторяют, предложив испытуемому закрыть правый глаз и фиксировать левым глазом правое изображение на карточке. Измерить расстояние от глаза до карточки в момент, когда второе изображение исчезает.

#### Работа 49. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРОТЫ СЛУХА. ПОСТРОЕНИЕ АУДИОГРАММЫ

Порог слышимости звуков различной частоты человеком неодинаков. Острота слуха у людей различная. Диапазон частот, в котором слышит большинство людей, составляет 16-16000 Гц.

Цель работы. Определение зависимости между частотой и силой звука, воспринимаемой человеком.

Материалы и оборудование: звуковой генератор, динамик.

Ход работы.

Включить звуковой генератор, установить частоту звукового сигнала 1000 Гц. Испытуемый должен находиться на расстоянии 3-4 метров от динамика. Определить минимальную силу звука, воспринимаемую испытуемым.

Таблица 16

Зависимость восприятия звуковых сигналов от их силы и частоты

Частота, кГц	0,1	0,3	0,5	1	3	5	8	10	14
Сила звука, дцБ									

Для разных частот определить пороговую силу звука, воспринимаемую человеком. Результаты исследований занести в таблицу 16. Построить график (аудиограмму): по оси абсцисс отложить  $\log$  частоты звуковых сигналов, по оси ординат – силу звука. Сделать вывод.

### Работа 50. КОСТНАЯ И ВОЗДУШНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ

Помимо обычной воздушной проводимости звуковых волн, возможен другой способ их передачи – непосредственно через кости черепа. Если приложить ножку звучащего камертона к сосцевидному отростку, то звук слышен даже при полном поражении звукопроводящего аппарата (среднего уха). Врачи пользуются исследованием костной проводимости для диагностических целей.

Цель работы. Сравнить эффективность костной и воздушной проводимости звука.

Материалы и оборудование: набор камертонов, резиновая трубка, ватные тампоны.

Ход работы.

Опыт Вебера. Приложив звучащий камертон к средней линии головы, определяют костную проводимость обеих ушей – через оба уха при этом слышится звук одинаковой силы. Если же в одно ухо положить ватный тампон, то через это ухо звук будет казаться более сильным, вследствие уменьшения потери звуковой энергии через наружный слуховой проход. Такое же усиление звука во втором ухе происходит при заболевании звукопроводящего аппарата одного из ушей. Для того чтобы убедиться, в том что часть звуковой энергии рассеивается при прохождении через наружный слуховой проход, следует соединить уши двух исследуемых резиновой трубкой и поставить одному из них на голову звучащий камертон. При этом второй человек также услышит звук в результате распространения звуковых волн из наружного слухового прохода первого исследуемого.

Опыт Ринне - сравнение воздушной и костной проводимости. Звучающий камертон прикладывают к сосцевидному отростку. Слышен звук, который постепенно ослабевает и, наконец, исчезает совсем. Как только звук перестает быть слышен, камертон переносится к уху: звук снова становится слышен. При поражении звукопроводящего аппарата наблюдается обратное явление: звучащий камертон не слышен у наружного слухового прохода и слышится при переносе на кость черепа.

Контрольные вопросы.

1. Общие принципы строения и функционирования сенсорных систем. Классификация сенсорных систем и их рецепторов. Типы рецепторов, первично- и вторичночувствующие рецепторы.

2. Кодирование сенсорной информации, сенсорные сети. Рецептивные поля. Абсолютные и дифференциальные пороги. Адаптация. Закон Фехнера.

3. Методы исследований сенсорных систем.

4. Сенсорная система слуха. Функции среднего уха. Строение улитки. Рецепторный аппарат. Характеристика звуковых сигналов, воспринимаемых человеком. Анализ звуковых сигналов в улитке. Высшие центры слуховой сенсорной системы. Аудиограмма.

4. Двигательный анализатор: строение и функции проприорецептивного и сухожильного рецепторов.

5. Вестибулярная сенсорная система. Строение и функции. Биологическое значение вестибулярной системы. Ориентация в пространстве. Понятие о нистагме.

6. Зрительная сенсорная система. Строение и функции преломляющих сред глаз. Рефракция и ее нарушения. Построение изображения на сетчатке.

7. Строение сетчатки глаза. Фоторецепторы. Электрические и биохимические процессы в сетчатке глаза. Цветное зрение и его нарушения. Центральное представительство.

8. Острота зрения. Поле зрения. Методы их определения. Адаптация.

9. Физиология обонятельной и вкусовой сенсорной системы.

10. Тактильная чувствительность. Рецепторы, рецептивные поля кожи.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Учебники

1. Основы физиологии человека /Н.Н.Агаджанян, И.Г.Власова, Ермакова Н.В. и др. – М.: РУДН, 2000. – 408 с.

2. Нормальная физиология / Под ред. К.В.Судакова. – М.: МИА, 1999. – 718 с.

3. Физиология человека: Учебник / Под ред. В.М.Покровского, Г.Ф.Коротько. – М.: Медицина, 2001. – Т. 1-2.

#### Руководства по лабораторным занятиям

1. Малый практикум по физиологии человека и животных / А.С.Батуев, И.П.Никитина, В.Л.Журавлев и др. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2001. – 348 с.

2. Практикум по нормальной физиологии / Под ред. Н.А.Агаджаняна. – М.: Изд-во РУДН, 1996. – 339 с.

Составители: Гуляева Светлана Ивановна  
Салей Анатолий Петрович  
Мещерякова Марина Юрьевна  
Демеш Константин Владимирович  
Редактор Тихомирова О.А.

---

