

 учебное пособие
для педагогических
ИНСТИТУТОВ

А. А. Гуминский
Н. Н. Леонтьева
К. В. Маринова

**РУКОВОДСТВО
К ЛАБОРАТОРНЫМ
ЗАНЯТИЯМ
ПО ОБЩЕЙ
И ВОЗРАСТНОЙ
ФИЗИОЛОГИИ**



А. А. Гуминский
Н. Н. Леонтьева
К. В. Маринова

**РУКОВОДСТВО
К ЛАБОРАТОРНЫМ
ЗАНЯТИЯМ
ПО ОБЩЕЙ
И ВОЗРАСТНОЙ
ФИЗИОЛОГИИ**

Допущено
Государственным комитетом СССР
по народному образованию
в качестве учебного пособия
для студентов
биологических специальностей
педагогических институтов

МОСКВА
«ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1990

ББК 28.903
Г94

612
Г-940

Рецензенты: доктор биологических наук И. А. Корниенко (НИИ физиологии детей и подростков АПН СССР); кафедра анатомии и физиологии человека и животных МОПИ им. Н. К. Крупской.

Г94 Гуминский А. А. и др.
Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии: Учеб. пособие для студентов биол. спец. пед. ин-тов / А. А. Гуминский, Н. П. Леонтьева, К. В. Мярлиня. — М.: Просвещение, 1990. — 289 с. ил. — ISBN 5-09-000925-2

Пособие включает практические работы по всем темам курса общей и возрастной физиологии для студентов IV и V курсов.

Г 430000000—280 26—90
103(03) — 90

ББК 28.903

ISBN 5-09-000925-2

© Гуминский А. А., Леонтьева Н. П., Мярлиня К. В., 1990

Национальная библиотека
им. Д. Давиды Самгу

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для изучения курса «Физиология человека и животных» на биологических факультетах педагогических институтов учебным планом и программой предусмотрены не только теоретические (лекции), но и практические (лабораторные) занятия. Основная цель практических занятий заключается в том, чтобы углубить изучение теоретического материала и выработать навыки физиологического эксперимента, необходимые учителю-биологу для его дальнейшей работы в школе.

За два десятилетия, прошедших со времени выхода в свет пособия «Руководство к лабораторным занятиям по физиологии человека и животных», накопилось много новых фактических данных в физиологической науке, сделаны новые теоретические обобщения, изменились методики исследования не только в научном, но и в учебном эксперименте.

В настоящее время особое значение приобретают исследования и наблюдения, проводимые на человеке. Этому способствует и общий научно-технический прогресс; промышленность выпускает новые аппараты и приборы, позволяющие изучать различные функции организма. Возможность инструментального изучения организма облегчает положение тех педагогических институтов, где возникают большие трудности с приобретением животных (в некоторых областях лягушка занесена в Красную книгу СССР или в Красные книги союзных республик). В практику преподавания и изучения физиологии человека и животных широко вводится высококачественная электронная аппаратура.

Все это заставило сотрудников кафедры физиологии человека и животных МГПИ им. В. И. Ленина создать новый практикум, отвечающий современному уровню развития физиологии человека и животных в соответствующий действующей программе этого курса для биологических факультетов педагогических институтов.

В соответствии с достижениями физиологической науки в практикуме по-прежнему даются теоретические основы наблюдаемых явлений. В практикуме введены работы с применением современных методов исследования. Одним из его разделов является метод статистической обработки материалов, знание которых особенно важно в связи с широким использованием компьютеров в учебной практике в средней школе. Знание методов статистической обработки экспериментальных данных находит практическое применение — результаты, полученные в ряде работ, требуют статистического анализа.

DENOV TABERIKORLIK
VA PEDAGOGIKA
INSTITUTI ARM
№ 16826

В связи с трудовым обучением большое значение приобретает изучение функций органов не в статике, а в динамике. Поэтому в ряде работ предлагается исследовать динамику физической нагрузки на почасовую функцию.

Значительное место в практике занимает постановка классических экспериментов, которые позволяют глубже проанализировать изучаемые функции. Объектом исследования в данном случае остается лягушка.

В практику введены работы, позволяющие изучать возрастные особенности различных органов и систем организма. Содержание этих работ соответствует программе «Возрастная физиология», изучаемой студентами I курса всех факультетов педагогических институтов. Помимо данных практикум может быть пособием и для студентов I курса.

Последовательность изучения разделов физиологии следующая: на IV курсе — физиология возбуждения, физиология нервной системы, физиология высшей нервной деятельности, физиология двигательного аппарата, физиология сенсорных систем; на V курсе — физиология крови, физиология сердечно-сосудистой системы, физиология дыхания, физиология пищеварения, обмен веществ и энергии.

Опыт преподавания физиологии убедил авторов в том, что предварительное изучение основных закономерностей процесса возбуждения, деятельности нервной системы и сенсорных систем облегчает понимание и усвоение вопросов регуляции и координации двигательного аппарата и внутренних органов и способствует более глубокому осмыслению процессов, лежащих в основе взаимодействия органов и систем и функционирования организма как целого.

Практическому курсу предшествует занятие, на котором студенты знакомятся с основной физиологической аппаратурой. В разделе «Основы работы с некоторыми приборами, аппаратами, инструментами и растворами» приводятся описания только стимулирующей и регистрирующей аппаратуры, наиболее распространенной и применяемой на занятиях в педагогических институтах. Особое внимание обращается на правила работы с электрической аппаратурой: на правильность ее включения в сеть, заземление, выключение и др.

На первом занятии студенты обучаются методике и технике приготовления нервно-мышечного препарата. На этом же впервые приготовленном препарате они изучают действие различных раздражителей на возбудимое образование. Хорошее усвоение методики приготовления нервно-мышечного препарата значительно облегчает приготовление других препаратов и экономит время, так как иногда в течение занятия приходится готовить несколько препаратов.

К лабораторным занятиям студенты должны приступать только после того, как прослушают лекции по соответствующему разделу темы и разберут материал на коллоквиуме. Это обеспечит

должную теоретическую подготовку к проведению лабораторных работ и пониманию полученных результатов.

Для эффективного проведения занятия и хорошего выполнения лабораторных работ в группе должно быть не более 12 человек (занятия должны проводиться по подгруппам), причем каждый студент должен иметь отдельное рабочее место. Для лучшего усвоения техники физиологического эксперимента и изучения различных физиологических явлений лабораторные работы должны выполняться каждым студентом отдельно, за исключением тех работ, в которых студент выступает то в роли испытуемого, то в роли экспериментатора (например, в работах по физиологии сенсорных систем), или групповых работ.

Четкое выполнение лабораторных работ студентами существенно зависит от правильной организации занятия. Студенты должны быть заранее подготовлены к занятию. Ход работы и ее теоретическое обоснование должны быть зафиксированы и тетради. Студенты самостоятельно собирают установку, необходимую для проведения работы, и только после этого приступают к приготовлению препарата и выполнению задания. Для определения тех или иных функциональных показателей могут быть использованы приборы, различающиеся по внешнему виду и своим техническим данным. В руководстве в качестве примера дается описание работы с одним из стимуляторов, поскольку принцип их использования для изучения параметров деятельности организма одинаков.

Преподаватель в течение всего занятия следит за выполнением каждой работы, консультирует студентов, а в конце занятия прикидывает работу. Работа считается выполненной после того, как студент получает правильный результат с хорошей записью кривых на киографе или цифровой материал и даст теоретическое объяснение полученных результатов. Киограммы вырезаются из ленты, находящейся на киографе, и вклеиваются в тетрадь. Туда же вклеивается цифровой материал.

В конце семестра проводится зачет-обсуждение, к которому допускаются студенты, выполнившие все работы практикума.

Работа между авторами пособия распределялась следующим образом:

А. А. Гухинскими написаны разделы: «Методы статистической обработки экспериментальных данных», работы № 68, 71—74 по физиологии высшей нервной деятельности, работы № 97—99, 101—104 по физиологии сердечно-сосудистой системы, работы № 113, 114, 116, 117—121 по физиологии дыхания, работы № 130—132 по обмену энергии и температурным в организме.

Н. Н. Леонтьевой написаны: «Физиология двигательного аппарата» (работы № 30—43), «Физиология сенсорных систем» (работы № 46—66), работы № 67, 69 по физиологии высшей нервной деятельности, «Физиология крови» (работы № 75—88), работа № 129 по физиологии пищеварения.

К. В. Миркиной написаны: «Предисловие», «Ознакомление с некоторыми приборами, аппаратами, инструментами и растворами», «Способы обезвреживания лягушки», «Физиология возбуждения» (работы № 1—11), «Физиология нервной системы» (работы № 12—27), работы № 89—96, 100, 105—108 по физиологии сердечно-сосудистой системы, работы № 109—112, 115 по физиологии дыхания, «Физиология пищеварения» (работы № 122—128).

Работа № 72 по физиологии высшей нервной деятельности написана А. С. Леонидой.

Авторы выражают признательность рецензентам: доктору биологических наук, профессору И. А. Коршенико и кандидату биологических наук, доценту Н. А. Кольцовой за полезные рекомендации и советы.

Авторы просят присылать замечания и пожелания, способствующие улучшению практикума по физиологии человека и животных в педагогических институтах, и заранее благодарят своих коллег.

Наш адрес: 119582, Москва, Малая Пироговская ул., д. 1, МПН им. В. И. Ясина, Кафедра анатомии и физиологии человека и животных.

ВВЕДЕНИЕ

Методы статистической обработки экспериментальных данных

Большинство экспериментальных лабораторных работ по физиологии носят сравнительный характер, и часто при анализе полученных данных ограничиваются простым сопоставлением между собой средних величин. Между тем целый ряд работ требует доказательства достоверности различий или корреляционных связей, определение которых дает возможность убедиться, что обнаруженные закономерности носят не случайный характер, а являются вполне реальными. Такой подход к изучению физиологических процессов позволяет лучше понять и усвоить учебный материал. Поэтому при анализе лабораторных данных необходимо использовать некоторые методы статистической обработки.

Статистическая обработка предусматривает получение следующих показателей:

- x — значение отдельного признака;
- \bar{X} — средняя арифметическая величина;
- n — общее число наблюдений (случаев);
- σ — среднее квадратическое отклонение;
- t — критерий достоверности различий Стьюдента;
- m — ошибка средней;
- r — коэффициент корреляции.

Определение средней величины и квадратических отклонений. Средние величины (\bar{X}) находят по формуле

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}$$

где Σ — символ суммы; x_1, x_2, \dots — значения отдельных измерений; n — общее число случаев.

Получение средней величины рассмотрим на таком примере. У деушек (10 чел.) и юношей (10 чел.) определяли массу тела (табл. 1).

Подставляя в формулу отдельные значения и получая средние величины \bar{X}_A и \bar{X}_B :

$$\bar{X}_A = \frac{59 + 57 + 58 + \dots + 50}{10} = 54,0 \text{ кг.}$$

$$\bar{X}_B = \frac{85 + 88 + 80 + \dots + 69}{10} = 87,0 \text{ кг.}$$

Таблица 1. Масса тела (в кг) у девушек (А) и юношей (Б)

№ п/п	А	Б	К. по	А	Б
1	56	65	6	52	67
2	53	68	7	49	68
3	56	69	8	51	72
4	55	61	9	56	74
5	57	71	10	50	63

Средняя арифметическая величина является важной характеристикой признака. Сопоставление в нашем примере средних величин говорит о том, что юноши на 13 кг тяжелее девушек. Однако при одной и той же средней величине наблюдаемые от нее отклонения могут варьировать в разной степени. Поэтому необходимо ввести показатель колеблемости признака. Таким показателем является среднее квадратическое отклонение (σ), которое находят по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

где в числителе — сумма квадратов отклонений значений от средней арифметической; в знаменателе — число степеней свободы, равное числу наблюдений без одного.

Произведем соответствующие расчеты (табл. 2).

Таблица 2. Расчеты средних квадратических отклонений для групп девушек (А) и юношей (Б)

Группа А		Группа Б	
$x - \bar{x}_A$	$(x - \bar{x}_A)^2$	$x - \bar{x}_B$	$(x - \bar{x}_B)^2$
68 - 54 = +14	196	65 - 67 = -2	4
53 - 54 = -1	1	68 - 67 = +1	1
56 - 54 = +2	4	66 - 67 = -1	1
55 - 54 = +1	1	64 - 67 = -3	9
57 - 54 = +3	9	71 - 67 = +4	16
52 - 54 = -2	4	67 - 67 = 0	0
49 - 54 = -5	25	68 - 67 = +1	1
54 - 54 = 0	0	72 - 67 = +5	25
56 - 54 = +2	4	63 - 67 = -4	16
50 - 54 = -4	16	74 - 67 = +7	49
Итого	81	Итого	170

Из наших расчетов мы получили

$$\sum(x - \bar{x}_A)^2 = 80;$$

$$\sum(x - \bar{x}_B)^2 = 170.$$

Следовательно,

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{80}{10-1}} = \sqrt{8,9} = 2,98;$$

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{170}{13-1}} = \sqrt{18,9} = 4,3.$$

Таким образом, мы получили данные о том, что масса тела у девушек в среднем равна $54 \pm 2,98$ кг, а у юношей — $67 \pm 4,3$ кг.

Определение достоверности различий по критерию *t*-Стьюдента. Получив средние величины и квадратические отклонения, можно определить достоверность различий между двумя обследуемыми группами по критерию *t*-Стьюдента.

С этой целью можно применить формулу

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

где \bar{x} — средняя величина; m — ошибки средней, которую рассчитывают по формуле $m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$.

Если в нашем случае мы разделим σ_A (полученную для девушек) на квадратный корень из 10 (количество обследованных), то получим ошибку средней для группы А:

$$m_A = \frac{2,98}{\sqrt{10}} = \frac{2,98}{3,2} = 0,93.$$

Ошибка средней для группы В:

$$m_B = \frac{4,3}{\sqrt{13}} = \frac{4,3}{3,6} = 1,34.$$

Получив значения ошибки средней для двух групп, подставляем их в формулу критерия *t*-Стьюдента:

$$t = \frac{67 - 54}{\sqrt{(0,93)^2 + (1,34)^2}} = \frac{13}{\sqrt{2,86}} = \frac{13}{1,69} = 7,97.$$

В большинстве биологических исследований достоверность считается доказанной при 95%-ном уровне значимости. Это свидетельствует о том, что различия средних величин (в нашем случае — массы тела) возникли в результате недостатка числа наблюдений, составляющих меньше 5%. В таких случаях говорят, что вероятность ошибки p меньше 5%, т. е. $p < 0,05$.

Для того чтобы определить достоверность различий, необходимо обратиться к специальной таблице, в которой представлены граничные значения критерия *t*-Стьюдента для 5%-ного уровня значимости в зависимости от числа степеней свободы (табл. 3).

В нашем примере критерий *t*-Стьюдента равен 7,97, а число степеней свободы $n = (n_A + n_B) - 2$, т. е. $(10 + 13) - 2 = 21$. На

таблицы 3 видно, что граничным значением для 18 является 2,1. Наша цифра значительно превосходит эту величину; следовательно, обнаруженные нами различия в массе тела девушек и юношей достоверны.

Таблица 3. Граничные значения критерия t-Стьюдента для 5%-ного уровня значимости

n	0,10	α	0,05	α	0,01
2	4,30	18	2,10	50	2,01
4	2,78	20	2,09	60	2,00
6	2,45	22	2,07	70	2,00
8	2,31	24	2,06	80	1,99
10	2,23	26	2,06	90	1,99
12	2,18	28	2,05	100	1,98
14	2,15	30	2,04	120	1,98
16	2,13	40	2,02	200	1,97

Определение тесноты связей между показателями методом парной корреляции. Нередко для того чтобы сделать выводы более убедительными, необходимо определить взаимоотношения между изучаемыми показателями, их связь между собой, степень влияния друг на друга.

Например, изучая некоторые антропометрические показатели у детей школьного возраста, экспериментатор замечает, что наблюдается определенная связь между длиной тела и жизненной емкостью легких, т. е. чем выше ростом подросток, тем больше воздуха он может максимально вдохнуть и выдохнуть. Однако для такого вывода необходимо определить достоверность связи между этими двумя параметрами. Для решения подобного рода задач служат методы парной и множественной корреляции.

При обработке лабораторных данных обычно используют метод парной корреляции, коэффициент которой r рассчитывают по следующей формуле:

$$r = \frac{\sum x \cdot y - \frac{(\sum x) \cdot (\sum y)}{n}}{\sqrt{\left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right) \left(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right)}}$$

где r — коэффициент корреляции; x — индивидуальные показатели первого признака; y — индивидуальные показатели второго признака; n — общее число наблюдений (случаев).

Из формулы следует, что для определения корреляционной связи между двумя признаками следует рассчитать сумму показателей первого признака ($\sum x$), сумму его квадратов $\sum x^2$, сумму показателей второго признака ($\sum y$), сумму его квадратов $\sum y^2$, а также сумму произведений первого и второго признаков $\sum x \cdot y$.

Применение парной корреляции поясним на примере. У мальчиков-подростков определяли длину тела (x) и жизненную емкость легких (y) (табл. 4).

Таким образом, получены следующие суммарные данные:

Таблица 4. Показатели длины тела (x) и жизненной емкости легких (y) у подростков

№ п/п	x	y	x^2	y^2	$x \cdot y$
1	1,58	3,2	2,496	10,24	5,056
2	1,62	3,7	2,624	13,69	5,904
3	1,68	3,6	2,896	12,96	6,048
4	1,61	3,8	2,592	14,44	6,116
5	1,56	3,3	2,432	10,89	5,148
6	1,38	2,9	1,900	8,41	4,292

$$\begin{aligned} \sum x &= 9,42; \\ \sum y &= 20,4; \\ (\sum x)^2 &= 14,800; \\ (\sum y)^2 &= 69,98; \\ \sum (x \cdot y) &= 32,108. \end{aligned}$$

Подставляем эти данные в формулу парной корреляции:

$$r = \frac{32,108 - \frac{(9,42) \cdot (20,4)}{6}}{\sqrt{\left(14,8 - \frac{(9,42)^2}{6}\right) \left(69,98 - \frac{(20,4)^2}{6}\right)}} = \frac{0,038}{0,039} = 0,975.$$

Получаем, что связь между длиной тела и жизненной емкостью легких у подростков оценена коэффициентом корреляции, равным 0,975.

Сведения о достоверности связи дает таблица 5.

Таблица 5. Граничные значения коэффициента корреляции для 5%-ного уровня значимости

n	0,05	n	0,05	α	0,05	n	0,05
4	0,950	9	0,638	14	0,532	19	0,456
5	0,878	10	0,632	15	0,514	20	0,444
6	0,811	11	0,622	16	0,497	25	0,396
7	0,754	12	0,576	17	0,482	30	0,361
8	0,707	13	0,553	18	0,469	40	0,310

Полученный в наших расчетах коэффициент корреляции r равен 0,975; он превышает граничное значение для 5%-ного уровня значимости, равное (при степени свободы 4) 0,950. Следовательно, связь между длиной тела и жизненной емкостью легких у подростков достоверна.

Ознакомление с некоторыми приборами, аппаратами, инструментами и растворами

Развитие физиологической науки как науки экспериментальной всегда было связано с успехами физики, электроники, техники. Их бурное развитие в последние десятилетия обеспечило возможность совершенствования физиологических методов исследования. В данном пособии мы будем останавливаться лишь на аппаратуре, наиболее часто употребляемой в настоящее время и необходимой для выполнения работ практикума.

ОСНОВНАЯ, НАИБОЛЕЕ УПОТРЕБИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Используемые аппараты и приборы можно разделить на две группы: стимулирующая и регистрирующая аппаратура. В этом разделе практикума мы остановимся на описании только основной стимулирующей и регистрирующей аппаратуры (доступной студентам и используемой на лабораторных занятиях). Другие аппараты и приборы будут описаны в соответствующих разделах при изучении тех или иных функций.

Стимулирующая аппаратура. В учебных и научных лабораториях широкое применение получили электростимуляторы. Они пришли на смену аккумулятору, индукционной катушке, метромому-прерывателю, реохорду и другим приборам. Электростимулятор не просто заменяет эти приборы — он позволяет более точно и тонко дозировать интенсивность раздражающего стимула по силе, длительности и частоте и является наиболее удобным по технике применения.

Электростимулятор ЭСЛ-1 (рис. 1) чаще всего применяется для нанесения ритмического раздражения. Преимущество этого прибора заключается в том, что он позволяет широко варьировать силу, частоту и длительность раздражения, а также наносить одиночный стимул. Основные характеристики электростимулятора таковы:

1. Электростимулятор генерирует импульсы прямоугольной формы.
2. Электростимулятор позволяет варьировать частоту импульсов от 1 до 1000 Гц. Регулировка дискретная. При положении ручки переключателя в позиции «1» воспроизводится частота, указанная на делителе «частота» (рис. 1): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 Гц. При положении ручки переключателя в позиции «10» все эти величины увеличиваются в 10 раз, и тогда к объекту может быть послана частота стимула, равная 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 и 1000 Гц.
3. Электростимулятор позволяет изменять длительность импульсов от 0,05 до 3 с. Регулировка дискретная. При положении ручки переключателя в позиции «1» воспроизводятся длительность импульса, обозначенная на шкале «длительность»: 0,05; 0,1;

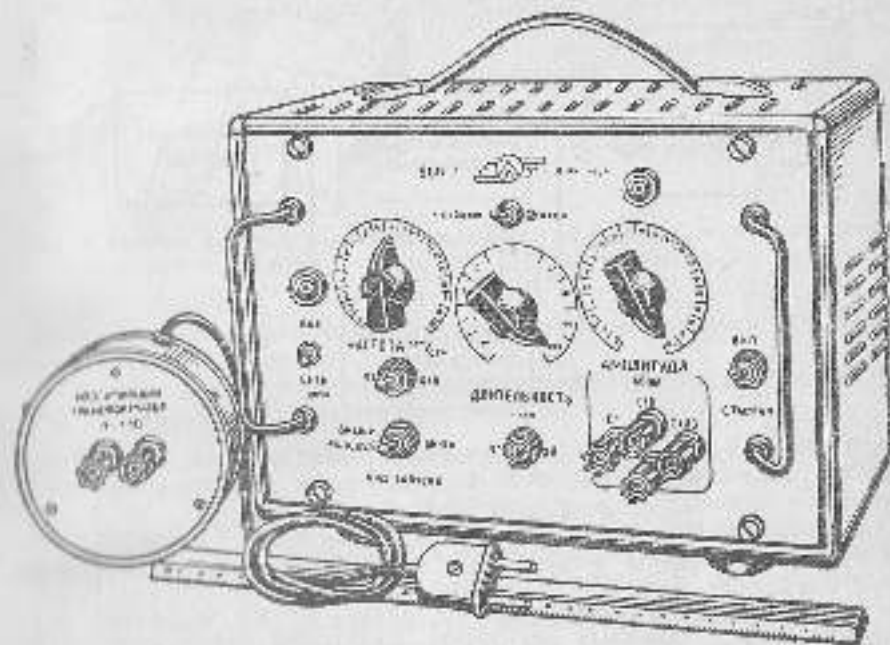


Рис. 1. Общий вид электростимулятора ЭСЛ-1.

0,15; 0,3; 0,5; 1; 1,5 мс. При положении ручки переключателя в позиции «2» обозначенная на шкале длительность импульсов увеличивается в 2 раза: 0,1; 0,2; 0,3; 0,6; 1; 2; 3; 6 мс.

4. Амплитуду раздражающих импульсов можно изменять от 0 до 150 В, используя шкалу «амплитуда». Регулировка дискретная: 0,5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 120; 130; 140; 150 В. Минимальный ток в нагрузке при амплитуде 150 В равен 30 мА. На выходе имеется делитель напряжения: 1:1, 1:10, 1:100.

5. Прибор позволяет посылать к объекту разовый стимул. Для этого ручка переключателя «внешний-внутренний стимул» должна находиться в позиции «внешний», и разовый пуск прибора осуществляется нажатием кнопки «разовый пуск» на передней панели прибора.

6. Прибор имеет выходной изолирующий трансформатор с коэффициентом трансформации 1:10. Трансформатор обеспечивает «развязку» цепей стимулятора и объекта. При максимальной амплитуде трансформатор пропускает без искажений импульсы длительностью до 3 мс. Трансформатор включается в одно из гнезд делителя напряжения: 1:1, или 1:10, или 1:100. Чаще всего в работе используется положение 1:10. В трансформатор включаются раздражающие электроды.

7. Питание прибора осуществляется от сети переменного то-

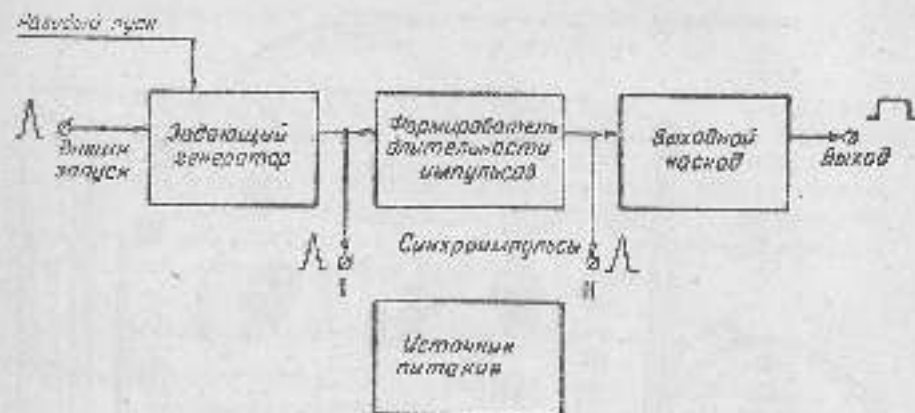


Рис. 2. Блок-схема электростимулятора ЭСЛ-1.

из напряжений $220 \text{ В} \pm 10\%$, частотой 50 Гц. Перед включением стимулятора в сеть его необходимо заземлить.

На рисунке 2 приведена блок-схема прибора. Импульсы являющегося генератора поступают на запуск схемы формирования длительности выходных стимулов. Генератор переключается в ждущий режим и обеспечивает запуск прибора внешними импульсами (выключается переключателем «стимул-вкл») и разный стимул при нажатии кнопки.

Подготовка прибора к работе. Проверьте правильность положения тумблеров (все должны быть в позиции «замкн.») и их исправность. Включите вилку шнура в сеть переменного тока напряжением 220 В. Тумблер выключения сети на передней панели поставьте в положение «вкл.», при этом должна загореться сигнальная лампа выключения сети. После 5-минутного прогрева прибор обеспечивает точность указанных параметров.

Порядок работы. Стимулятор включается в работу следующим образом:

1. Поставьте тумблер запуска в нужное положение.
2. Подключите изолирующий трансформатор к выходным клеммам прибора, при этом один конец должен быть присоединен к клемме с обозначением «земля».
3. Присоедините раздражающие электроды к клеммам трансформатора.
4. Установите нужные для работы параметры стимуляции (длительность, амплитуда, частота).
5. В нужный момент подавайте напряжение на электроды, поставив тумблер «стимул» в положение «вкл.», при этом сигнальная лампа будет загораться с частотой следования импульсов. В тех случаях, когда необходимо послать к объекту однократный стимул, тумблер «вкл. запуска» должен находиться в поло-

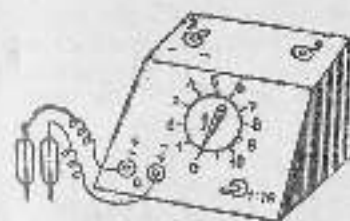


Рис. 3. Прибор для работы с постоянными токами.

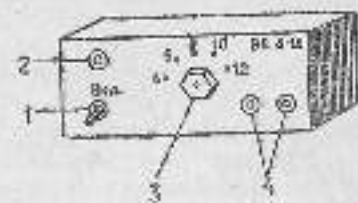


Рис. 4. Выпрямитель с сетевой BC-4-12.

жении «внешний разовый», а раздражение включается путем нажатия кнопки «разовый ток».

В практикуме могут быть использованы и другие стимуляторы, генерирующие различные стимулы.

Прибор для работы с постоянным током (рис. 3) собран на кафедре анатомии и физиологии человека и животных МГУ им. В. И. Ленина. Такой простой прибор может быть изготовлен техническими сотрудниками любой кафедры и студентами. В нем использованы три батареи от карманного фонаря, соединенные последовательно. На верхней панели прибора выведена ручка (1), позволяющая дозировать интенсивность раздражающего тока. Прибор снабжен переключателем полюсов двупольного тока (2), позволяющим изменять направление тока (посылать к объекту возбуждающий или исходящий ток). Помещается ток к объекту с помощью кнопки (3): при ее нажатии к объекту подается замыкающий ток, при освобождении — размыкающий. Электроды присоединяются к клеммам (4).

Сетевой выпрямитель BC-4-12 (рис. 4), выпускаемый промышленностью, в лабораторном практикуме может быть использован лишь частично. Прибор предназначен для питания электрических схем в установках силой до 3 А и напряжением до 12 В, а также для зарядки аккумуляторов.

Прибор включается в электросеть с напряжением 127 или 220 В и частотой 50 Гц. При включении тумблера (1) загорается лампа (2), что сигнализирует включение прибора. Выходное напряжение добирается ручкой переключателя (3), в ступени переключателя составляют 4, 6, 8, 10 и 12 В. Максимальная величина выпрямленного тока не более 3 А, и плавается он в установку через клеммы (4).

Недостатком прибора для использования в практикуме является то, что он не позволяет изменять напряжение тока. Прибор может быть использован для подбора микрографа при тепловой записи полученных результатов на кинографе.

Связующим звеном между источником стимула (стимулятором, прибором для раздражения постоянным током и др.) и объектом исследования служат электроды. Они могут быть стимулирующими и отводными.

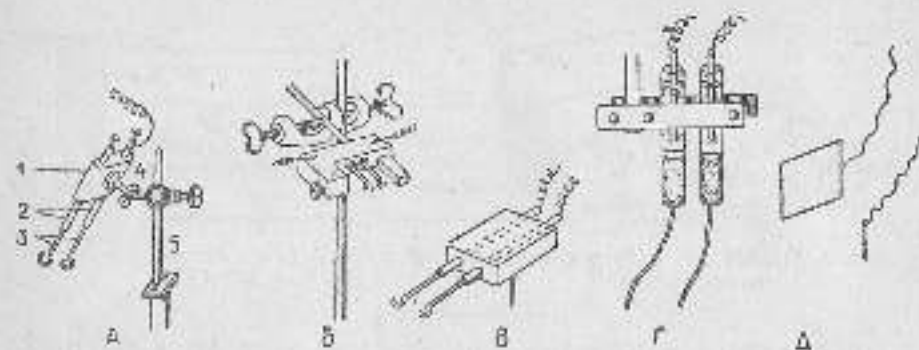


Рис. 5. Электроды, применяемые для работы с переменным и постоянным током.

Стимулирующие электроды позволяют подвести раздражающий ток к объекту. В зависимости от способа раздражения они могут быть биполярными и униполярными. При работе с переменным током могут быть использованы металлические электроды (рис. 5) разной конструкции. Удобны привалывающиеся угольные электроды (рис. 5, А). Они состоят из эбонитовой пластинки (1), через которую проходит проволока (2) с напаянными серебряными или платиновыми концами (3). Эбонитовая пластинка соединена с шарнирным приспособлением (4), позволяющим придавать электродам различный угол наклона. Шарнирное приспособление прикреплено к муфте, которая надевается на металлический стержень с вишкой (5). Вишка вкалывается в пробковую пластинку, благодаря этому создается устойчивое положение электродов. Передвигая муфту по стержню, можно установить электроды на различной высоте.

Очень просты по конструкции следующие две модели электродов: 1) электроды, которые можно закрепить в муфте (рис. 5, Б); 2) электроды, которые прикалываются к пробковой пластинке без специального приспособления (рис. 5, В). Обе модели электродов могут быть изготовлены студентами на занятиях физиологического кружка или на спецпрактикуме.

Первая модель электродов (рис. 5, Б) состоит из эбонитовой пластинки с пропущенными через нее проводками. В одном из углов эбонитовой пластинки имеется круглая отверстие, снабженное винтом. В это отверстие вставляют бедренную кость позвоночного животного и закрепляют ее винтом. Кусочек позвоночника укладывают на эбонитовую пластинку, нерв — на электроды, мышцу соединяют с гальваном.

Вторая модель (рис. 5, В) упрощенных игольчатых электродов также представляет собой эбонитовую пластинку с пропущенной через нее проволокой. В нижней части эбонитовой пластинки имеется выемка, которую вкалывают в пробковую пластинку, и тем самым создается устойчивое положение электродов.

Все три вида электродов носят название биполярных, т. е. оба их полюса являются раздражающими.

В зависимости от цели работы описанные электроды могут быть стимулирующими и отводящими (принципиальной разницы в их конструкции нет).

Отводящие электроды вкалывают в мышцу или размещают на нерве при отведении от них потенциалов.

К электродам предъявляют ряд общих требований: они не должны оказывать вредного действия на объект, не должны изменять своих свойств при прохождении через них электрического тока и сами не должны становиться источником тока. Таким требованиям отвечают электроды, изготовленные из благородных металлов (чаще используют серебристые и платиновые), а также из никеля, нержавеющей стали и других металлов. Известно, что переменный ток дает незначительный эффект поляризации, и поэтому при работе с ним в учебном эксперименте можно пользоваться электродами, изготовленными из любого металла.

Проходя через электроды и ткани объекта, постоянный ток вызывает электрические измерения. Пропускание постоянного тока через обычные металлические электроды легко вызывает поляризационный ток (ток обратного направления), который ослабляет действие раздражающего тока. Это может привести к ошибкам в эксперименте. Поэтому при работе с постоянным током применяют непolarизирующиеся электроды (рис. 5, Г). Они представляют собой стеклянные трубочки, нижний конец которых заполнен белой глиной, замешанной на физиологическом растворе. Сверху в трубочки вставляют металлические пластины и погружают раствор соли того металла, из которого сделаны пластинки. Чаще всего применяют цинковые или медные пластинки и соответственно цинковый или медный купорос. Снизу в глину, заполняющую стеклянные трубочки, вставляют сделанные из ваты фитильки, которые смачивают физиологическим раствором. При работе с такими электродами поляризация на полюсах не возникает.

В ряде случаев необходимо наносить раздражение или отводить потенциалы от объекта, пользуясь униполярными электродами. При этом различают индифферентный (пассивный) и дифференциальный (активный) электроды. Активный электрод представляет собой тонкую иглу или проволочку (рис. 5, Д) и располагают его в области раздражения (на нерве, вкалывают в мышцу) или отведения. Пассивный электрод должен быть большим (его поверхность во много раз превышает поверхность дифференциального электрода), и располагают его на значительном расстоянии от активного электрода на участке ткани, имеющем относительно низкий потенциал (на сухожилии, обезбоженной денервированной части тела). Обычно индифферентный электрод изготавливают в виде большой пластинки из олова или серебра (рис. 5, Д).

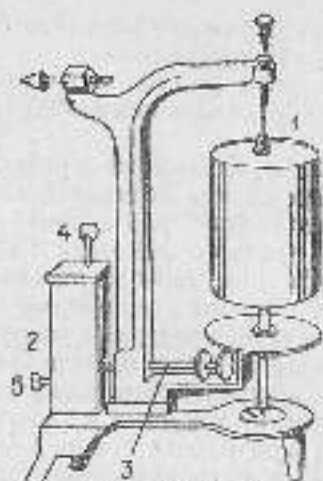


Рис. 6. Кимограф.

Регистрирующая аппаратура. В подавляющем большинстве учебных экспериментов запись ответных реакций препарата осуществляется с помощью кимографа (рис. 6).

Кимограф состоит из станины, в которой закреплена вращающаяся на ось и покрытый бумагой пещидар, или барабан (1). Бумага может быть зачищенной (при механической записи), глицерной (при чернильной записи) или специальной (при тепловой записи). Под пещидаром на той же оси, на которой закреплена барабан, расположен диск, равный по диаметру цилиндру. Цилиндр приводится в движение часовым механизмом (2) при помощи фрикционной передачи. Идущая от часового механизма вращающаяся ось (2) с муфтой на конце располагается под диском и плотно прижата к нему. Вращающаяся муфта, соприкасаясь с поверхностью диска, приводит в движение барабан кимографа. Скорость вращения барабана можно изменить путем перемещения фрикционной муфты (при сдвигании ее к центру скорость движения барабана увеличивается, а к периферии — уменьшается) и пещидкой специального флюгера (4) на внешнюю ось часового механизма (длина флюгера и увеличение его площади уменьшают скорость движения барабана). Часовой механизм заводит специальный ключом (5). Пещидка кимографа прижимается к бумаге, покрывающей барабан. Пещидка выдерживает нагрузку, соответствующую ответной реакции исследуемого органа.

Запись на барабане кимографа в последнее время значительно совершенствуется. Введены различные конструкции чернильные пещидки, с помощью которых осуществляется запись на белой бумаге, наклеенной на барабан кимографа. Наиболее удобной является тепловая запись. Пещидка, подогреваемая и помещенная между исследуемым органом, на специальной (тепловой) бумаге записывает исследуемый процесс.

Кимограф, с помощью которого записывают ответную реакцию на барабане кимографа, может быть прямым и угловым (рис. 7). Прямой кимограф, как правило, применяют для записи сокращений мышц черного-мышечного препарата. Он представляет собой подвижно укрепленную на горизонтальной оси рычаг с пещидкой на конце. Такой кимограф фиксируется на штативе, и мышца соединяется с ним под прямым углом (рис. 7, А).

Угловой кимограф (рис. 7, Б) используют для записи сокращений мышц в тех случаях, когда опыт проводят на целой лягушке и препарат закрепляют на пластинке. Угловой кимограф представляет собой рычаг, одно плечо которого загнуто вверх. Вертикальная часть этого рычага при помощи нитки соединяется с мышцей. На конце другого (длинного) плеча рычага находится пещидка, регистрирующая на кимографе сокращения мышц.

Для записи сердечных сокращений применяют прямые рычажки, но более легкие и сравнительно с мышечными.

Могут быть одинарные и двойные кимографы (для одновременной записи двух процессов). В последнем случае необходимо строго следить за тем, чтобы во время пещидкой находилась на одном уровне.

Студенты должны ознакомиться с методикой регистрации потенциалов действия нервов и мышц с помощью осциллографа. Для демонстрации удобнее использовать электронный осциллограф, на экране которого студенты могут визуально наблюдать характер электрического ответа объекта. Студенты должны знать основные принципы работы осциллографа.

Преимущество электронного осциллографа перед другими регистрирующими аппаратами состоит в наличии безмерного

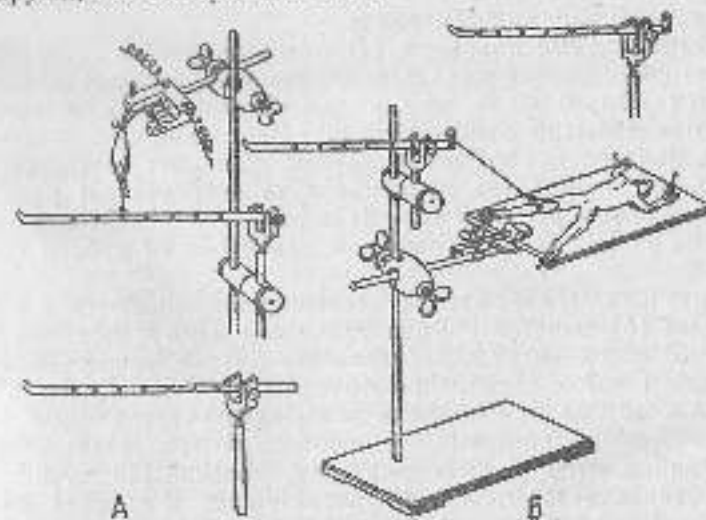


Рис. 7. Кимографы, употребляющиеся для регистрации эффекта при работе с черной мышечной тканью и целой лягушкой.

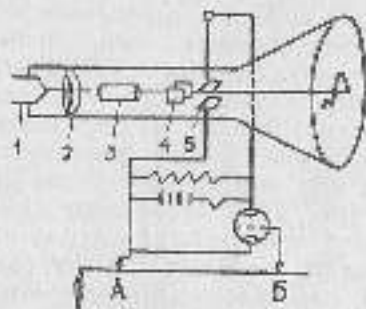


Рис. 8. Общая схема электронно-лучевой трубки.

регистрирующего устройства, позволяющего исследовать медленные и высокочастотные процессы. Регистрирующим устройством и электронным осциллографом является электронно-лучевая трубка (рис. 8). В полости электронно-лучевой трубки размещены: катод (1), фокусирующее устройство — система анодов (2, 3) и приспособление для отклонения потока электронов — вертикальные (4) и горизонтальные (5) пластины. В полости электронно-лучевой трубки создается высокий вакуум.

Нагретый металлический катод испускает электроны, которые с помощью цилиндрического электрода, называемого сеткой, концентрируются в пучок. Поток электронов, проходя через систему трех анодов, фокусируется и перемещается в широкую часть трубки — к экрану, который покрыт составом люминофора, светящегося под ударами электронов.

На вертикальные пластины (4) от специального генератора с определенной частотой подается напряжение, которое все время колеблется. Проходящий между пластинками пучок электронов отклоняется (обычно слева направо). Благодаря отклонению луча слева направо и обратно на экране возникает светящаяся горизонтальная линия. Это смещение луча обеспечивает развертку процесса. Можно регулировать развертку (т. е. скорость пробега луча по экрану осциллографа), изменяя режим работы генератора.

Сигналы от объекта исследования подаются на горизонтальные (5) пластины через усилители. При изменении электрического состояния участка цепи эти пластины попеременно заряжаются, и пучок электронов притягивается попеременно то к одной, то к другой из них. Если возбужден участок А, он становится электрически отрицательным и соответственно (электростатически) заряжается нижняя пластина, пролетающий пучок электронов отталкивается от нее и притягивается к верхней пластине. Если же возбужден участок В, то отрицательно заряжается верхняя пластина, при этом электроны будут отталкиваться от верхней пластины и притягиваться к нижней. На экране осцил-



Рис. 9. Отметчик раздражения
А — якорный маг.; В — шкала; В — стержень раздражения.

лографа наблюдается отклонение луча вверх и вниз от горизонтальной оси. Величина отклонения отражает амплитуду колебания, регистрируемого между точками А и В (рис. 8) исследуемого объекта.

В физиологических исследованиях применяют осциллографы, различающиеся системой усилителей и способом регистрации (визуальные наблюдения, фотозапись, световая запись).

При выполнении некоторых работ необходимо отметить раздражения.

Таблица 6. Растворы, необходимые для поддержания жизнедеятельности препарата

Наименование вещества	Физиологический раствор		Раствор Рингера для лягушки	Раствор Рингера — Локка для теплокровных	Жидкость Тироля для теплокровных
	Для лягушки	Для теплокровных			
Диэтилендиаминная вода	100 мл	100 мл	100 мл	100 мл	100 мл
Хлорид натрия	0,65 г	0,9 г	0,86 г	0,9 г	0,9 г
Хлорид калия	—	—	0,014 г	0,022 г	0,02 г
Хлорид кальция	—	—	0,012 г	0,024 г	0,02 г
Гидрокарбонат натрия	—	—	0,01 г	0,02 г	0,02 г
Хлорид магния	—	—	—	—	0,01 г
Фосфат натрия	—	—	—	—	0,035 г
Глюкоза	—	—	—	0,1 г	0,1 г

Отметчик раздражения (рис. 9, А) применяют в тех случаях, когда нужно зафиксировать момент наступления раздражения. Отметчик раздражения представляет собой электромагнит, якорь которого включается в цепь электрического тока, а якорь соединен с пластинкой, на которой прикреплены затеивающий рычажок (рис. 9, В). При замыкании электрического тока электромагнит притягивает пластинку и тем самым одушивает ее вместе с пистолетом, кончик которого, скользя по барабану кимографа, оставляет на бумаге отметку — штрих, направленный вниз. При размыкании тока электромагнит размагничивается и пластинка с пистолетом задевает исходное положение (рис. 9, В).

РАСТВОРЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕПАРАТА

Для сохранения жизнедеятельности препарата применяют изотонический раствор хлорида натрия (0,65%-ный раствор для холлодокровных, 0,9%-ный — для теплокровных). Такие растворы называют физиологическими. Для длительного поддержания жизнедеятельности препарата раствор должен содержать не только хлорид натрия в определенной концентрации, но и другие вещества (например, соли калия, кальция и др.). Эти растворы называют растворами ученых, представляющих данные раствор (главным образом, на основании опытов на изолированных органах). Ниже приводится состав наиболее употребительных в физиологическом эксперименте растворов для холлодокровных и теплокровных животных (табл. 6).

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПРЕПАРИРОВАНИЯ

Для выполнения работ, приведенных в практикуме, можно обойтись следующим набором инструментов (рис. 10):

Ножницы большие с прямыми концами, одна из которых острый (1).

Ножницы маленькие (слезные) для тонкой препаровки, необходимые при выполнении большинства работ по физиологии нервной системы и физиологии кровообращения (2).

Пинцеты: анатомический (3), глазной (5).

Препаровальная игла (4).

Булавки (слезным образом, для прикрепления лягушки к пластинке). Их должно быть не менее четырех, и лучше их раскладывать их в коробочке, а лезвия закреплять в бумажной салфеточке (9).

Скальпель (8) выдается только для некоторых работ, например для вскрытия глаза, для операции к опыту селезёночного торможения.

Нож для зачистки контактов, электродов, проводов и др.

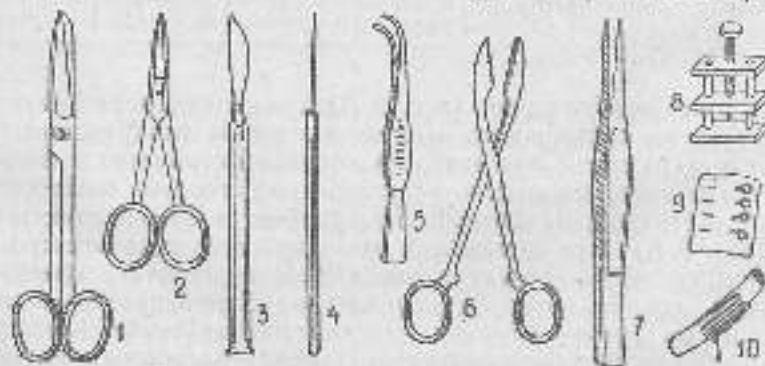


Рис. 10. Инструменты для препарирования.

Игетки (10) (для удобства наматываются на резиновую трубочку).

Гальванический пинцет.

Различные зажимы (6, 8) и канюли (выдаются при выполнении соответствующих работ и в постоянный набор инструментов не включаются).

Рекомендуется выдавать каждому студенту такой набор инструментов, какой необходим для выполнения данного лабораторного задания.

Способы обездвиживания лягушки

Для многих работ практикума по физиологии необходимо обездвигивать лягушку. Сделать это можно одним из следующих способов.

Разрушите головной и спинной мозг лягушки двумя описанными ниже способами: сначала первым, а затем вторым (неважно, что мозг уже разрушен — важно научиться делать разрезы на нужном уровне и научиться вставлять иглу в спинномозговой канал).

Разрушение головного и спинного мозга. Возьмите лягушку в левую руку спиной вверх, так чтобы большой палец лежал на ее спине. Указательный палец положите на верхнюю челюсть лягушки и наклоните ее голову вниз. В таком положении хорошо видно место расположения затылочной ямки. Через ямку между затылочной костью и позвоночником введите препаровальную иглу в спинномозговой канал и разрушите спинной мозг несколькими поворотами иглы. Затем иглу поверните в противоположном направлении, введите ее в полость черепа и разрушите головной мозг. Общее расслабление мышц лягушки в отсутствие у нее рефлекторных реакций свидетельствует о полном разрушении головного и спинного мозга. При этом способе обездвиживания лягушки теряется очень мало крови.

Декапитация с последующим разрушением спинного мозга. Возьмите лягушку в левую руку, а правой введите как можно глубже лезвие ножниц в рот под заднюю часть верхней челюсти. Быстрым движением отрежьте верхнюю челюсть на уровне заднего конца барабанных перепонок (нижнюю челюсть сохраните). В отверстие спинномозгового канала введите препаровальную иглу и разрушите спинной мозг.

Применение наркоза (эфира, спирта, уретана). Наркоз в учебном практикуме используется редко. Для наркотизации лягушки применяется 10%-ный раствор спирта или 2%-ный раствор эфира. Лягушку окунают в раствор на 10—15 мин. Расслабление мускулатуры и отсутствие двигательной активности — хорошие показатели достаточного действия наркоза.

Уретан вводят под кожу. Для наркотизации лягушки достаточно 1 мл 5%-ного раствора уретана, его действие наступает через 15—20 мин.

Фиксация лягушки

В целом ряде работ используется спинальный препарат лягушки — лягушка, у которой разрушен головной и сохранен спинной мозг. При препаровке соответствующих нервов и мышц и проведении исследований стандартную лягушку необходимо закрепить на пластинке неподвижно. Лучше всего фиксировать ее на пробковой (или парафиновой) пластинке размером 20×10 см. Парафиновые пластинки легко изготовить лаборанты и студенты, заливая смесью парафина с воском заранее приготовленные бороздки соответствующего размера.

Фиксируя лягушку на пластинке, важно хорошо натянуть ее конечности, чтобы они были неподвижными и не мешали явным следствиям реакций. Булавки необходимо вкалывать в надрывленные, противоположном движению конечности: являе ладки скользят по булавке и фиксация не обеспечивается (рис. 11).



Рис. 11. Фиксация лягушки на пробковой пластинке.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Работы по физиологии возбуждения проводятся на нервно-мышечном препарате лягушки, поэтому первое занятие по этой теме касается методики и техники его приготовления.

Работа 1. Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки

Прежде чем приступить к этой работе, необходимо обезболить лягушку. Сделать это можно любым из первых двух указанных выше методов (шарка и давом случае не применяются).

Нервно-мышечный препарат состоит изикроной мышцы, бедренной косточки и седьмого нерва с кусочком позвоночника (рис. 12).

Для работы необходимы: лягушка, набор инструментов для препарирования, раствор Рингера, вата.

Методика выполнения работы

Основные этапы приготовления нервно-мышечного препарата показаны на рисунке 12. Разрушите головной и спинной мозг лягушки. Возьмите левой рукой лягушку за бедра (в этом положении хорошо выделяется позвоночник). Перережьте позвоночник на 1—1,5 см выше жестко отходящих тазовых костей (рис. 12, А). Свисающую переднюю часть туловища и внутренности удалите. Остаток позвоночника крепко держите пинцетом или левой рукой. Другим пинцетом или пальцами через марлю захватите ногу и снимите ее с лягушки (рис. 12, Б). Ладку положите на чистую тарелку и залейте раствором Рингера. Захватите пинцетом или рукой кусочек позвоночника и подогните его вниз, так чтобы ладка висела под углом к позвоночнику и хорошо выделялась копчиковая кость (рис. 12, В). Осторожно вырвите копчиковую кость (пожилая держите как можно ближе к кости, чтобы не повредить плетия параллельно с обеих сторон нерва). Вырезав копчик, снова положите препарат на тарелку и разделите его на две половины. Для этого перережьте вдоль сначала кусочек позвоночника, а затем — лобковое соединение (рис. 12, Г).

Одну ладку оставьте в качестве запасной, сохраняя ее в растворе Рингера. Другую ладку положите на спинную сторону и отделите ножницами лобковую кость. Захватив пинцетом кусо-

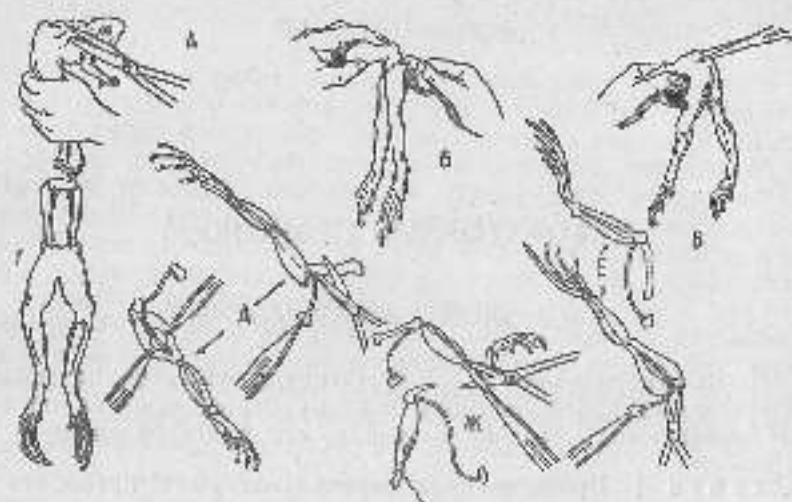


Рис. 12. Последовательные этапы (А—Ж) приготовления нервно-мышечного препарата.

чек позвоночника, отведите в сторону нерв и удалите позвоночную кость. При помощи двух пинцетов раздвиньте мышцы на стапной стороне поверхности бедра по средней линии (рис. 12, А). Осторожно, не касаясь пинцетом и пальцами нерва, отделите его от окружающих тканей вдоль всего бедра. Нерв отведите в сторону и удалите все чашки с бедренной кости (рис. 12, В). На голени отделите от кости широкую мышцу, подрезав ахиллово сухожилие, и привяжите к нему шпильку. Голень и лодыжку отрежьте ниже колена (рис. 12, Ж). Препарат положите в раствор Рингера. Для закрепления навыков в приготовлении препарата можно его приготовить и из другой лапы, охлажденной в качестве запасной.

Для лучшей сохранности препарата желательно 1—2 раза менять раствор Рингера как на тарелочке, где идет его приготовление, так и в стаканчике с запятой лодыжкой.

Закрепите в тетради основные этапы приготовления нервно-мышечного препарата.

Работа 2. Действие различных раздражителей на нервно-мышечный препарат

В физиологии применяются различные раздражители: электрические, химические, механические, температурные и др. Недостатки механического и температурного раздражителей заключаются в том, что они трудно дозируются и, главное, оказывают повреждающее действие на ткань. Химическое раздражение тоже трудно дозируется: медленно действует и также медленно снимается. Поэтому действие его сохраняется, несмотря на промывание

препарата (наблюдается длительное сокращение мышц). Наиболее удобно электрическое раздражение. Его преимущество состоит в том, что сила и длительность раздражения легко и точно дозируются, количественный учет интенсивности раздражения прост, а, главное, повторное применение электрического раздражения не оказывает вредного действия на ткань.

При изучении действия электрического тока на возбуждаемое образование можно использовать стимулятор любой системы. В качестве источника постоянного тока можно применить гальванический пинцет, ножки которого состоят из разных металлов: одна — из цинка, другая — из меди. При прикосновении ножек пинцета к нерву образуется замкнутая цепь из двух металлов и нерва, играющего роль проводника второго рода. Возникший ток и служит источником раздражения мышцы. Обычно гальванический пинцет применяется для проверки сохранности нервно-мышечного препарата.

Источником раздражения препарата может быть сто вольтметр. При высыхании нерва расширяет сокращение мышцы, что создает препятствие для работы с препаратом. Поэтому препарат необходимо постоянно смачивать раствором Рингера.

Для работы необходимы: стимулятор, аккумулятор, ампушка, набор инструментов для препарирования, раствор Рингера, кристаллы азотной соли, спиртовка, сосуд с горячей водой.

Методика выполнения работы

Приготовьте нервно-мышечный препарат, в течение всего опыта смачивайте его раствором Рингера. Раздражение нанесите на нерв как можно дальше от мышцы. Показателем возбужденности и проводимости нерва служит сокращение мышцы.

1. Электрическое раздражение

а) Раздражение ритмическим током. Включите в сеть стимулятор. Трансформатор подключите в положение 1:10, электроды от трансформатора подведите к объекту. Препарат разместите на электродах, воспользовавшись установкой, показанной на рисунке 7, А.

Поставьте нужные параметры раздражения: частота 20 имп/с, длительность 1 мс, амплитуда 10—15 В (может быть и другая, в зависимости от состояния препарата).

Пошлите ток к объекту и наблюдайте отчетливо реакцию — сокращение мышцы, которое прекращается сразу же после выключения стимула.

б) Раздражение постоянным током. Прикоснитесь гальваническим пинцетом к нерву нервно-мышечного препарата и наблюдайте сокращение мышцы.

Обратите внимание на быстроту возникновения и прекращения отчетливой реакции при действии электрического раздражения.

2. Механическое раздражение

На участок нерва как можно ближе к кусочку позвоночника нанесите механическое раздражение ребром закрытых ножиц

(короткий удар), ущипните нерв пинцетом. Наблюдайте сокращения мышц в ответ на то и другое раздражение.

3. Тепловое раздражение

Нагрейте препаровальную иглу в горячей воде или на спиртовке. Прикоснитесь нагретой иглой (не острием) к нерву. Проверьте, сокращается ли мышца при таком же прикосновении к нерву нетолстой иглой.

4. Химическое раздражение

Положите на перо несколько кристалликов поваренной соли. Отметьте момент наступления мышечных сокращений (промежутки времени после нанесения химического стимула) и обратите внимание на их характер (сравните с действием электрического тока). Смойте соль раствором Рингера. Заметьте, сразу ли прекращаются сокращения мышц после снятия раздражения.

5. Раздражение вследствие высыхания

Расположите нерв так, чтобы он свободно свисал с электродов. Смажьте мышцу раствором Рингера, оставьте нерв сухим. Дождитесь появления сокращения мышцы. Смойте нерв раствором Рингера. После этого сокращения мышцы обычно прекращаются, так как снижается раздражающее действие высыхания нерва.

6. Влияние нарушения проводимости

Наблюдайте ответную реакцию нервно-мышечного препарата на электрическое раздражение, на дощипывание пинцетом (механическое раздражение). Затем нарушите проводимость нерва путем наложения лигатуры между электродами и мышцей. Отметьте отсутствие эффекта при действии тех же раздражителей на нерв выше места наложения лигатуры.

Сделайте вывод об условиях сохранения нервно-мышечного препарата и об особенностях действия различных раздражителей.

Работа 3. Наблюдение биоэлектрических явлений

Луиджи Гальвани в 1786 г. при изучении влияния атмосферного электричества на живые организмы размещал на железной решетке балки задние лапы лягушки, закрепленные на медных крючках. При соприкосновении лапок с железной решеткой балки наблюдалось сокращение мышц. На основании этих наблюдений Гальвани высказал мысль о существовании животного электричества. Но Вольта доказал, что в этом опыте причиной сокращения лапок лягушки был ток, возникающий между двумя разными металлами.

В настоящее время опыт, в котором сокращение мышц возникает при прикосновении к ней или к иннервирующему ее нерву пинцетом, составленным из двух разнородных металлов, получил название первого опыта Гальвани.

Второй опыт Гальвани проводил в 1794 г. без металла. Приподнимая нерв всаго-мышечного препарата стеклянным крючком, он набрасывал его на поврежденный участок мышцы и на-

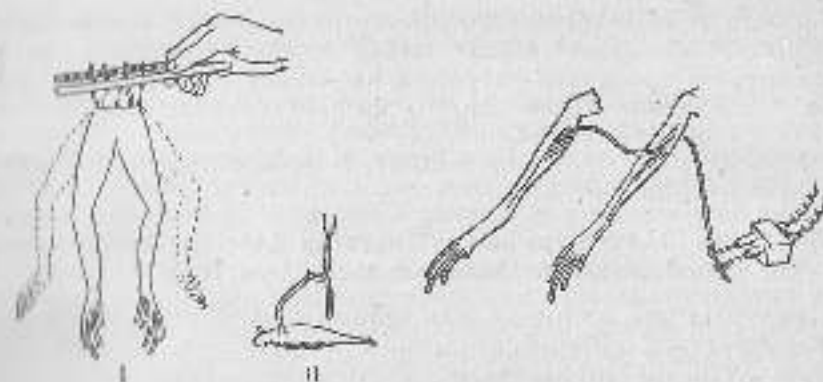


Рис. 13. Первый (I) и второй (II) опыты Гальвани.

Рис. 14. Опыт Матеуччи.

блюдал ее сокращение. Так было доказано наличие животного электричества — тока кожи. Позднее Матеуччи представил другие доказательства наличия биопотенциалов в эксперименте, получившем название опыта вторичного сокращения или опыта Матеуччи.

Проделайте опыты Гальвани и Матеуччи.

Для работы необходимы: стимулятор, электроды, лягушка, набор инструментов для препарирования, стеклянный крючок.

Методика выполнения работы

1. Первый опыт Гальвани

Приготовьте препарат, состоящий из нижней части позвоночника и соединенных с ней лапок (рис. 13, I). Рассмотрите нервные корешки, идущие с двух сторон вдоль копчика и образующие на бедре седловидный нерв. Подведите под оба лучка нервов одну branchу гальванического пинцета, а другой branchей прикасайтесь к нервам сверху. Наблюдайте сокращение лапок (рис. 13, I).

2. Второй опыт Гальвани

Приготовьте новый нервно-мышечный препарат. Слегка держа мышцу около ахиллова сухожилия, с помощью стеклянного крючка быстро набросьте перо препарата на поврежденный участок мышцы (рис. 13, II), наблюдайте ее сокращение.

Облегчите причину возникновения сокращения.

3. Опыт вторичного сокращения Матеуччи

Присоедините электроды для ритмического раздражения к стимулятору. Приготовьте два нервно-мышечных препарата, но в отличие от обычных не отделяйте кровяную мышцу, а сократите всю голень с кожей. Положите оба препарата на пробную пластинку. Поместите нерв одного препарата на электроды, соединенные со стимулятором. При частоте 20—30 п/с и дл-

тельности 1 мс подберите амплитуду раздражения, вызывающую хорошие сокращения мыши лапки первого препарата. Затем нерв второго препарата набросьте на мышцу первого (рис. 14). При раздражении нерва первого препарата наблюдайте сокращение мышц обеих лапок.

Объясните наблюдаемые явления. В чем причина сокращения мышц второй лапки?

Работа 4. Регистрация потенциалов действия мышечных волокон скелетной мышцы лягушки

Электрическое состояние возбужденных образований может характеризоваться потенциалом покоя и потенциалом действия. *Потенциалом покоя* (мембранным потенциалом покоя) называют разность потенциалов между внутренней и наружной поверхностями мембраны клеток возбужденных образований, находящихся в состоянии покоя.

При раздражении в мышечной клетке возникает изменение величины ее мембранного потенциала. При определенной интенсивности раздражения возникает быстрое колебание величины мембранного потенциала, распространяющееся по всей мембране клетки. Оно получило название *потенциала действия*.

Потенциал действия обладает рядом свойств: имеет четкий порог, распространяется, подчиняется закону «все или ничего», его амплитуда превышает величину мембранного потенциала на 30—50 мВ.

В основе возникновения потенциала действия лежат ионные процессы, происходящие на мембране клетки,— пассивные и активные механизмы транспорта ионов.

С помощью электроного осциллографа и микроэлектродной техники можно зарегистрировать мембранный потенциал и рассмотреть возникающее потенциала действия при стимуляции нерва или мышцы.

Для работы необходимы: установка для регистрации потенциала действия, микроэлектроды, раздражающие электроды, лягушка, набор инструментов для препарирования, раствор Рашера, каучера, изолирующая прокладка.

Методика выполнения работы

Соберите схему, как показано на рисунке 65. Разружьте голловую и спинную мозг лягушки и закрепите ее на пластинке спиной вверх. Разрежьте вдоль бедра и толсто кожу, отпрепарируйте седалищный нерв и подведите под него лигатуру. Обнажите крокошную мышцу и закрепите ее в расслабленном положении. На седалищный нерв поставьте раздражающие электроды, соединенные со стимулятором.

Включите установку; осциллограф должен работать в инверсионном режиме для внутреннего запуска развертки. Развертка должна быть медленной, чтобы заметить скачок потенциала при проколе электродом мембраны мышечного волокна. Можно

использовать униполярное или биполярное отведение. В первом случае нужно поставить второй электрод на неактивном участке ткани.

Введите микроэлектрод в мышцу, после чего осциллограф поставьте в ждущий режим работы. Определите значение мембранного потенциала покоя по величине отклонения луча осциллографа от исходного положения. Для раздражения нерва стимулятор должен работать в «внешнем» режиме с запуском раздражающего импульса кнопкой.

Нанесите на нерв одностороннее раздражение и подберите амплитуду раздражающего тока, которая достаточна для генерации потенциала действия. Наблюдайте потенциал действия и рассчитайте по калибровочным меткам его амплитуду и длительность. Изучите характер потенциала действия при униполярном и биполярном отведении. Поменяйте ритмическое раздражение и наблюдайте изменения потенциала действия.

Результаты работы запишите в тетрадь. Разберитесь механизм возникновения потенциала действия.

Работа 5. Регистрация эффекта, получаемого при различной силе раздражения

Важное свойство живой ткани— ее возбудимость, т. е. способность приходить в состояние возбуждения под влиянием раздражения. В большинстве структур в основе возникновения возбуждения лежит деполаризация мембраны возбужденного образования, связанная с транспортом ионов.

Сила раздражения, необходимая для приведения ткани в состояние возбуждения, может служить одним из показателей, характеризующих функциональное состояние объекта. Наибольшая сила раздражения, которая вызывает эффект, называется *пороговой* (рис. 15, II, а). Раздражение, сила которого меньше пороговой, т. е. не вызывает внешнего эффекта, называется *подпороговым* (рис. 15, б). Различные ткани имеют неодинаковый порог раздражения, иными словами, их возбудимость различна. Величина порога раздражения изменяется под влиянием разных факторов, и характер его изменения является показателем изменения возбудимости объекта.

Сила раздражения, по своей интенсивности преобладающая пороговую, называется *сверхпороговой* (рис. 15, II, в).

Наибольшая сила раздражения, вызывающая наибольший эффект, называется *максимальной* (рис. 15, II, г).

Раздражения, интенсивность которых меньше максимальной, носят название *субмаксимальных* (рис. 15, II, д).

Раздражение называется *субсубмаксимальным* или *сверхмаксимальным*, если его интенсивность превышает силу максимального раздражения (рис. 15, II, е). При постепенном увеличении силы субмаксимального раздражения реакция мышцы сначала остается такой же большой, как и при максимальном раздражении (максимальный эффект), а затем начинает уменьшаться.

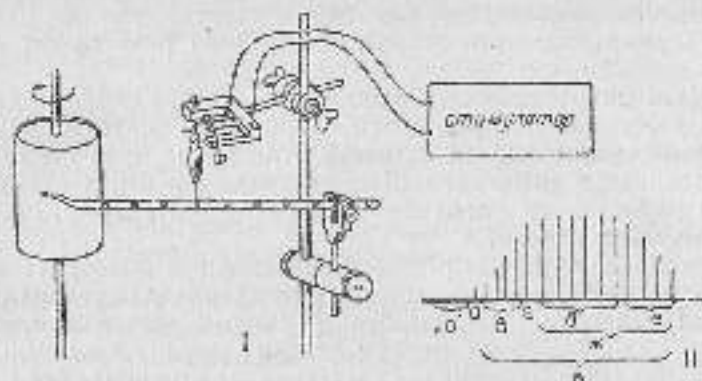


Рис. 15. Установка для изучения зависимости эффекта сокращения от силы раздражения (I) и длины сокращения мышцы (II).

Сверхмаксимальные силы раздражения, вызывающие двучленный эффект, называются *оптимальными* (рис. 15, II, d).

Сверхмаксимальные силы раздражения, вызывающие уменьшение эффекта, называются *пессимальными* (рис. 15, II, e). Действие пессимальных сил связано с развитием торможения, возникающего вследствие стойкой и длительной деполаризации.

Для работы необходимо: стимулятор, электроды, киограф, кимограф, лягушка, набор инструментов для препарирования, штатив с зажимом, раствор Рингера.

Методика выполнения работы

Включите в сеть стимулятор и поставьте нужные параметры раздражения: вид запуска «внепрямой» (разовый), частота 1 импульс, длительность 1 мс, амплитуда 0. Схема установки дана на рисунке 15.

Приготовьте нервно-мышечный препарат и закрепите его в штативе так, как показано на рисунке 15. Бедренную кость препарата укрепите зажимом, нерв положите на электроды. При помощи пинетки соедините мышечное сухожилие с киографом. Не забывайте смачивать препарат раствором Рингера.

Поставьте ручку переключателя шкалы «амплитуда» на минимальную силу раздражения и поплывте ток к объекту, нажимая кнопку разового запуска. Найдите минимальную силу раздражения, вызывающую первое слабое сокращение мышцы. Это пороговая сила раздражения. Увеличьте силу раздражения, переключив переключатель по шкале «амплитуда» на одно деление, запишите на киографе ответную реакцию мышцы на это раздражение. После каждой записи барабан киографа передвигайте рукой на примерно одинаковое расстояние. Несколько раз увеличивайте интенсивность раздражения и запишите ответную реакцию мышцы. Вы получите запись, сходную с обозначенной буквой *b* на рисунке 15. Так вы зарегистрируете несколько сверхпороговых (или же субмаксимальных) эффектов мышцы.

Продолжайте увеличивать интенсивность раздражения и каждый раз записывайте на киографе ответную реакцию мышцы на это раздражение. Запишите, что по достижении определенной интенсивности раздражения ответная реакция мышцы с увеличением силы раздражения перестает возрастать. Наименьшая сила раздражения, при которой вы регистрируете самое сильное сокращение мышцы, будет максимальной силой раздражения (рис. 15, II, e). Продолжая увеличивать интенсивность раздражения, убедитесь, что ответная реакция сначала остается прежней (рис. 15, II, d), а затем уменьшается (рис. 15, II, e). Так вы зарегистрируете оптимальную и пессимальную реакции мышцы на раздражение.

Ход работы и полученные данные занесите в тетрадь, куда же вклейте киограмму. Вспомните, что называется возбуждением и возбуждением, как классифицируются раздражители по силе, какая зависимость между силой раздражения и ответной реакцией.

Работа 6. Наблюдение оптимума и пессимума силы и частоты раздражения

Явления оптимума и пессимума возникают при применении раздражителей, разных по частоте (оптимум и пессимум частоты) и по силе (оптимум и пессимум силы). С помощью стимулятора можно получить оптимум и пессимум частоты и силы раздражения. Плавление пессимального эффекта, выражающегося в уменьшении ответной реакции при увеличении силы или частоты раздражения, связано с развитием пессимального торможения. По своему механизму оно относится к деполаризационному типу. Доказательством наличия торможения может быть тот факт, что при уменьшении интенсивности раздражения мышца снова дает оптимальный эффект. Если бы уменьшение эффекта было связано с развитием утомления, то препарат не ответил бы на меньшую силу раздражения.

Для работы необходимы: стимулятор, электроды, киограф, киограф, лягушка, набор инструментов для препарирования, штатив, раствор Рингера.

Методика выполнения работы

1. Наблюдение оптимума и пессимума частоты раздражения

Включите в сеть стимулятор. Поставьте нужные параметры раздражения: вид запуска «внутренний», частота 20 импульсов, длительность 1 мс, амплитуда 10–15 В (в зависимости от состояния препарата амплитуда может быть и ниже — при подточении объекта ее следует уточнить). Раздражение должно вызывать оптимальный эффект. Переключатель, позволяющий стимул к объекту, должен быть в положении «выключено».

Приготовьте нервно-мышечный препарат и закрепите его в штативе, как показано на рисунке 15.

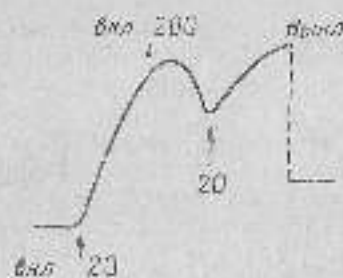


Рис. 16. Оптимум и pessimum частоты раздражения.
Кинематограф оптимизирует и pessимизирует эффект: 20 — оптимальная; 200 — pessимальная частота.

При частоте раздражения 20 выделите оптимальную амплитуду, вызывающую оптимальное сокращение мышцы. Пустите в ход кинематограф. Пошлите стимул к объекту, переводя ручку переключателя амплитуды в положение «ккл». Наблюдайте сокращение мышцы (рис. 16). Как только оно достигнет максимума, увеличьте частоту раздражения в 10 раз, переводя ручку переключателя частоты из положения I в положение 10, тем самым пошлите к объекту раздражение частотой 200 имп/с. Тогда же наступит pessимальное торможение, вследствие которого ответная реакция уменьшится. В момент значительного спадания ответа верните частоту раздражения к исходной, переводя ручку переключателя препарата в положение I, и наблюдайте улучшение ответной реакции препарата при уменьшении частоты стимуляции (пessимальная реакция вновь окажется оптимальной). В течение всего опыта амплитуду стимуляции не изменяют.

Объясните наблюдаемые явления. Кинематограммы выложите в тетрадь. Вспомните, что такое оптимум и pessимум частоты раздражения. Подумайте, какой механизм опыта доказывает, что pessимальный эффект связан с развитием торможения.

2. Наблюдение оптимального и pessимального силы раздражения

Работу можно выполнять на том же препарате, на котором изучали оптимум и pessимум частоты раздражения, и использовать те же параметры стимуляции. Если возбудимость препарата несколько снизилась, можно увеличить частоту раздражения до 30—50 имп/с.

Для наблюдения оптимального и pessимального силы раздражения следует при неизменной частоте и длительности раздражения увеличивать его амплитуду. Исходно поставьте переключатель амплитуды в положение 0,5 В или 0.

Наблюдения проводите следующим образом. Пустите в ход кинематограф и выложите прямую линию, характеризующую положе-

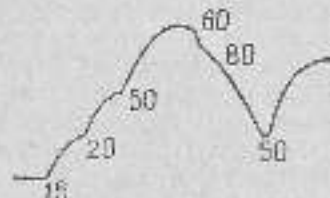


Рис. 17. Оптимум и pessимум силы раздражения.
Кинематограф выводит оптимальное и pessимальное значение эффекта. Инструмент выводит оптимальное значение раздражения и pessимальную стимуляцию.

ние расслабленной мышцы. Пошлите раздражение к объекту, для чего переведите ручку дозировки амплитуды в положение 10, затем — 15, 20, 30, 40, 50, 60 В и т. д., и наблюдайте увеличение ответной реакции препарата по мере возрастания силы раздражения. Зафиксируйте величину стимула, вызвавшего наилучшую (оптимальную) реакцию. Продолжайте увеличивать интенсивность раздражения и отмечайте, что в определенный момент ответная реакция спадает, несмотря на увеличение силы раздражения (рис. 17). Как только ответная реакция уменьшится, переведите переключатель амплитуды в положение оптимальной силы раздражения. Снова наблюдайте увеличение ответной реакции (от pessимума к оптимуму). Изменить интенсивности раздражения нужно быстро, не задерживая действие отдельных имп, чтобы не вызвать утомления препарата.

Ход работы и ее результаты выложите в тетрадь, туда же выложите кинематограмму. Объясните наблюдаемые явления. Докажите, что pessимальный ответ препарата связан с развитием торможения. Подумайте, какой механизм лежит в основе pessимального торможения.

Работа 7. Установление значения скорости нарастания интенсивности раздражения

Ответная реакция на раздражение возникает при быстром нарастании его интенсивности. Именно поэтому при действии электрического тока сокращение возникает в момент его включения и выключения. При медленном нарастании тока эффект отсутствует. Это объясняется наличием accommodation, в основе которой лежит наличие клеточной мембранного потенциала и критического уровня деполяризации мембраны. Изучение значения скорости нарастания силы раздражителя и составляет цель настоящей работы.

Для работы необходимы: прибор для раздражения постоянным током, поляризующиеся электроды, питание с заземлением на нем кинематограф, лупа, набор инструментов для препарирования.

Методика выполнения работы

Присоедините к прибору поляризующиеся электроды к прибору для раздражения постоянным током. Приготовьте веревочный препарат. Положите веревку на электроды, а мышцу соедините с кинематографом (рис. 18).

Определите порог раздражения, после чего ручку делителя напряжения поставьте на полторагодовое значение, при котором препарат не отвечает на раздражение. Нажмите цель и пошлите ток к объекту. Затем очень плавно и медленно увеличивайте интенсивность раздражения до величины, значительно превышающей пороговую. Так же медленно уменьшайте силу раздражения, постепенно возвращая ручку делителя напряжения к нулю. Мышца не сокращается.

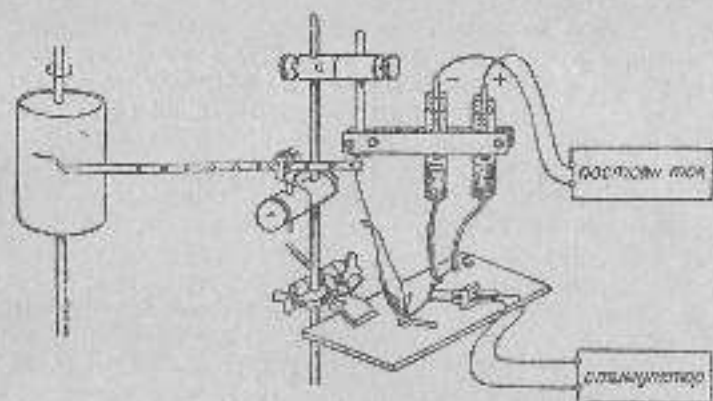


Рис. 15. Установка для изучения влияния действия постоянного тока и тетанизации.

Быстрым передвижением ручки потенциометра круто измените интенсивность раздражающего тока в сторону увеличения, а затем — в сторону уменьшения. Мышца сокращается.

Объясните наблюдаемые явления. Опишите работу в тетради. Разберите механизм accommodation.

Работа 8. Изучение полярного действия постоянного тока

Известно, что при раздражении постоянным током возбуждаемое образование отвечает только на его замыкание и размыкание. Это связано с характером изменений электрических порогового и мембранного потенциалов в области катода и анода.

При замыкании постоянного тока возбуждение возникает в области приложения катода вследствие уменьшения электрических порогового и мембранного потенциалов. В момент размыкания тока пороговый потенциал в области катода увеличивается и ответная реакция не возникает.

В области приложения анода при замыкании увеличивается мембранный и пороговый потенциал, и поэтому реакция на раздражение отсутствует, а при размыкании пороговый потенциал уменьшается, с чем связано возникновение раздражительного эффекта.

Для работы необходимы: прибор для раздражения постоянным током, индифферентные электроды, штатив с закрепленным на нем мискографом, латунка, набор инструментов для препарирования, вата, раствор аммиака.

Методика выполнения работы

К трибуну для раздражения постоянным током присоедините индифферентные электроды. Соберите установку, как показано на рисунке 15. Положите нерв на индифферентные электроды, которые поставьте как можно дальше друг от друга. Изольчи-

тые электроды пока не ставьте; они используются при изучении электротока. Определите порог раздражения при замыкании и размыкании тока. Затем увеличьте раздражение, выберите силу, вызывающую сокращение мышцы в момент замыкания и размыкания тока.

Переключатель постоянного тока поставьте в положение «восходящего» (авод располагается ближе к мышце) и наблюдайте сокращение мышцы в момент замыкания и размыкания тока. Измените направление тока на «нисходящее» (катод ближе к мышце). Так же наблюдайте сокращение мышцы при замыкании и размыкании тока.

После того как вы убедились в различии ответной реакции препарата на замыкание и размыкание восходящего и нисходящего тока, на нерв положите лигатуру между электродами (между анодом и катодом), которая обеспечит непроницаемость пути для тока от данных электродов к мышце. Блокировать проведение импульса можно в действительных химических агентах, например наложением ватки, смоченной раствором аммиака или хлорида кальция.

Создав блок проведения импульсов, наблюдайте, как изменится ответная реакция препарата на замыкание и размыкание постоянного тока восходящего и нисходящего направления. Убедитесь в том, что сокращение мышцы наблюдается только в момент замыкания нисходящего тока (возбуждение возникает на катоде, который расположен ближе к мышце) и размыкания тока восходящего направления (возбуждение возникает на аноде, расположенном ближе к мышце). Объясните, почему отсутствует ответная реакция при размыкании нисходящего тока и замыкании восходящего.

Разберите механизм возникновения возбуждения и момент замыкания тока на катоде, а размыкания — на аноде, исходя из данных профессов и связанных с ними изменений величины мембранного потенциала и критического уровня деполяризации.

Работа 9. Изучение электротона. Изменение возбудимости нерва под влиянием прохождения постоянного тока

Изменения, происходящие в возбудимости образования в области приложения катода постоянного тока, называют каталектоном. Они выражаются в повышении возбудимости и улучшении проводимости этого участка. В основе этих изменений лежит деполаризация мембраны клеток и связанное с ней уменьшение величины мембранного и порогового потенциалов. Изменения, происходящие в возбудимости образования в области приложения анода постоянного тока, называют анталектоном. Анталектоном характеризуется уменьшением возбудимости и замедлением проведения возбуждения. В основе этих изменений лежит гиперполяризация мембраны и связанное с ней увеличение мембранного и порогового потенциалов.

Для работы необходим прибор для раздражения постоянным током, стимулятор, изолирующиеся электроды, гальванические элементы, штатив с микрограф, кимограф, латунка, набор инструментов для препарирования, раствор Рылера.

Методика выполнения работы

Соберите установку, как показано на рисунке 18. Приготовьте нервно-мышечный препарат. Разместите его на пластинке, закрепленной на штативе. Закрепите на пробковой пластинке препарат, для чего приколите к пластинке булавкой головку бедренной кости у места ее соединения с мышцей. Расположите на нерве электроды: ближе к мышце поставьте электроды для раздражения ритмическим током (от стимулятора), рядом с ними поместите на нерв электроды для раздражения постоянным током.

Исследуйте изменения возбудимости нерва в области приложения анода и катода постоянного тока. О влиянии постоянного тока судите по изменению интенсивности сокращения мышцы в момент замыкания и размыкания постоянного тока.

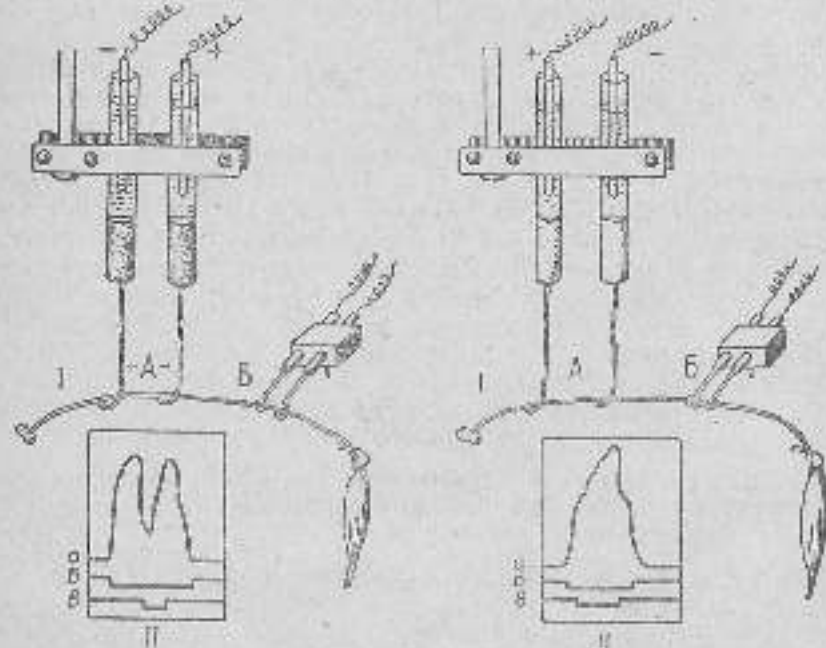


Рис. 18. Установка для изучения возбудимости нерва. Рис. 19. Установка для изучения каталектричного эффекта.

1 — схема раздражения электродов, 2 — положительный электрод для раздражения постоянным током, 3 — электроды для раздражения ритмическим током, 4 — микрограф, 5 — кимограф, 6 — латунка, 7 — штатив, 8 — штатив, 9 — штатив, 10 — штатив, 11 — штатив, 12 — штатив, 13 — штатив, 14 — штатив, 15 — штатив, 16 — штатив, 17 — штатив, 18 — штатив, 19 — штатив, 20 — штатив, 21 — штатив, 22 — штатив, 23 — штатив, 24 — штатив, 25 — штатив, 26 — штатив, 27 — штатив, 28 — штатив, 29 — штатив, 30 — штатив, 31 — штатив, 32 — штатив, 33 — штатив, 34 — штатив, 35 — штатив, 36 — штатив, 37 — штатив, 38 — штатив, 39 — штатив, 40 — штатив, 41 — штатив, 42 — штатив, 43 — штатив, 44 — штатив, 45 — штатив, 46 — штатив, 47 — штатив, 48 — штатив, 49 — штатив, 50 — штатив, 51 — штатив, 52 — штатив, 53 — штатив, 54 — штатив, 55 — штатив, 56 — штатив, 57 — штатив, 58 — штатив, 59 — штатив, 60 — штатив, 61 — штатив, 62 — штатив, 63 — штатив, 64 — штатив, 65 — штатив, 66 — штатив, 67 — штатив, 68 — штатив, 69 — штатив, 70 — штатив, 71 — штатив, 72 — штатив, 73 — штатив, 74 — штатив, 75 — штатив, 76 — штатив, 77 — штатив, 78 — штатив, 79 — штатив, 80 — штатив, 81 — штатив, 82 — штатив, 83 — штатив, 84 — штатив, 85 — штатив, 86 — штатив, 87 — штатив, 88 — штатив, 89 — штатив, 90 — штатив, 91 — штатив, 92 — штатив, 93 — штатив, 94 — штатив, 95 — штатив, 96 — штатив, 97 — штатив, 98 — штатив, 99 — штатив, 100 — штатив.

Объясните те же, что и в рис. 18.

1. Наблюдение аналектричного

Разместите электроды на препарате, как показано на рисунке 19, I. Ток должен быть восходящего направления. При этом электроды для раздражения ритмическим током (включены) рядом с анодом (в области аналектричного).

Подберите среднюю силу раздражения постоянным током, при которой наблюдается сокращение мышцы в момент замыкания и размыкания тока. Найдите наименьшую силу раздражения ритмическим током, при которой возникает оптимальное сокращение мышцы. Подберите эту интенсивность раздражения, пользуясь частотой 20—30 имп/с.

Запишите на кимографе прямую линию, характеризующую положение несокращающейся мышцы. Включите ритмическое раздражение и наблюдайте сокращение мышцы. Как только высота сокращения достигнет максимума, замыкните постоянный ток (не выключайте ритмического раздражения!) и наблюдайте резкое снижение интенсивности сокращения мышц, сразу разомкните постоянный ток и наблюдайте снова оптимальное сокращение мышцы. После этого выключите ритмическое раздражение. Вы должны записать кимограмму, подобную той, которая показана на рисунке 19, II.

2. Наблюдение каталектричного

(работа проводится на той же установке и на том же препарате)

Измените направление постоянного тока, ток должен быть нисходящим (рис. 20, I). При этом электроды для ритмического раздражения оказываются рядом с катодом (в области каталектричного). Повторите этот же опыт с включением и выключением постоянного тока на фоне сокращения мышцы под влиянием ритмического раздражения. Наблюдайте, что в момент замыкания постоянного тока интенсивность сокращения мышц увеличивается, а при размыкании — уменьшается (рис. 20, II).

Полученные кимограммы прикрепите в тетрадь. Объясните наблюдаемые явления. Ответьте на вопросы: как изменяется критический уровень деполаризации, величина мембранного и порогового потенциалов при замыкании и размыкании катода постоянного тока? Как они изменяются при замыкании и размыкании анода? С этих позиций обсудите изменения характера ответной реакции мышцы, наблюдаемые в проведенной работе.

Работа 10. Определение хрониксы среднего нерва человека. Установление зависимости между силой и длительностью действующего раздражителя (кривая силы — длительности)

У каждого возбудимого образования в пределах определенной времени наблюдается зависимость между силой и длительностью раздражения: чем меньше сила раздражения, тем дольше оно должно действовать, чтобы вызвать эффект, и наоборот. Это время называют колесным временем действия раздражителя. От-

сдвигая по оси ординат силу, а на оси абсцисс — время действия раздражителя, можно построить кривую силы — длительности. Установлено, что наиболее ярко эта зависимость проявляется при силе раздражения, равной удвоенной реобазе. Реобаза — пороговая сила раздражения при большой длительности его действия. У двоярым ребаза соответствует наиболее доскутой части кривой силы — длительности. Французский физиолог Давид предложил определять эту точку кривой силы — длительности — хрониксом. *Хрониксом* называют то длительное время, в течение которого ток, равный по силе удвоенной реобазе, вызывает пороговый эффект; другими словами, с увеличением длительности ток, в течение которого местное возбуждение переходит в распространяющееся.

Для работы необходимы: хрониксметр, вата, физиологический раствор для теплокровных.

Прежде чем приступить к работе, ознакомьтесь с устройством хрониксметра, выясните, как дозруется раздражение, как оно устанавливается, как дозруется длительность раздражения (хрониксметры разных марок имеют свои особенности).

Методика выполнения работы

Определите хрониксом среднюю левую ногу человека, используя хрониксметр любого типа. Для этого индифферентный электрод уприте на ладонь правой руки, а раздражающий — на нижней точке среднего пальца левой руки, на средней линии предплечья, на 2—3 см выше кисти (рис. 21). При сильном раздражении этой точки наблюдайте спазмы и поворот кисти, при среднем — приведение большого пальца, при слабом — слабое движение большого пальца.

Включите хрониксметр в сеть, предварительно убедившись, что все контакты стоят на нуле. Определите величину реобазы, а затем, удвоив ее, параллельно хрониксу. При определении хроникса отчетливая реакция должна быть такой же интенсивности, как и при определении реобазы.

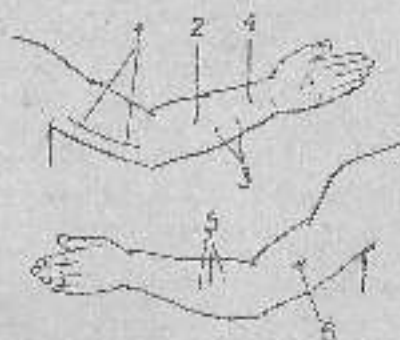


Рис. 21. Точка постановки электродов для определения хроникса человека: 1 — индифферентный электрод; 2 — электрод раздражения кисти; 3 — индифферентный электрод; 4 — электрод раздражения кисти; 5 — линейка.

1 — индифферентный электрод; 2 — электрод раздражения кисти; 3 — индифферентный электрод; 4 — электрод раздражения кисти; 5 — линейка.

Хрониксом можно определить и с помощью высокочастотного стимулятора ЭСД-1, установив «качественный» режим и используя однократное раздражение. Правда, это определение менее точно, так как в приборе нет автоматического удвоения реобазы.

После определения хроникса установите зависимость между силой и длительностью действия раздражителя. Для этого произвольно измените раздражение, увеличивая его на 3, 10, 15, 20 В, и установите, как с увеличением раздражения уменьшается время действия раздражителя, необходимое для получения порогового эффекта.

Получаясь полученными данными, построите кривую силы — длительности, откладывая на оси ординат раздражение, а на оси абсцисс — длительность действия тока.

Работа 13. Построение кривой силы — длительности по результатам эксперимента на нервно-мышечном препарате лягушки

Установить зависимость между силой и длительностью действующего раздражителя можно с помощью стимулятора, используя регулировку длительности подаваемого импульса. В качестве объекта исследования можно использовать нервно-мышечный препарат лягушки.

Для работы необходимы: стимулятор, раздражающие электроды, кимограф, киограф, ленточка, набор инструментов для препарирования, раствор Рингера.

Методика выполнения работы

Включите в сеть стимулятор, он должен работать во «внешнем» режиме, обеспечиваясь запуск светового стимула.

Приготовьте нервно-мышечный препарат, кери препарата поместите на электроды, плотно соедините с кимографом. О величине ответа можно судить на основании визуального таблического переключения шкалы киографа. Для более точного наблюдения можно измерять величину ответа на кимографе.

Поставьте переключатель длительности в минимальное положение — 0,05 мс и доберите амплитуду раздражения, обеспечившую пороговое сокращение мышцы. Затем увеличьте длительность, переместив ручку делителя длительности в положение 0,1, и включите повторно интенсивность раздражения. Вы увидите сверхпороговый ответ мышцы. Следовательно, чтобы получить пороговую реакцию, нужно уменьшить амплитуду раздражения. Так, используя длительности — 0,15, 0,3, 0,5 мс и др., доберите к ним амплитуду, вызывающую пороговый эффект.

Запишите, какая амплитуда раздражения соответствует каждой длительности. Постройте кривую силы — длительности. Объясните, почему с определенного момента зависимость между силой и длительностью действия раздражителя утрачивается.

ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Работы, направленные на изучение свойств центральной нервной системы, в основном проводятся на различных препаратах

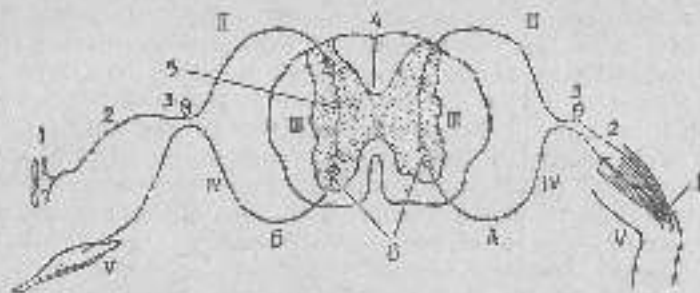


Рис. 22. Схеда двух- и трехнейронной рефлекторной дуги.

I — рецептор; II — афферентный путь; III — центральная нервная система; IV — эфферентный путь; V — эффектор; А — схема двухнейронной дуги; Б — схема трехнейронной дуги; 1 — рецептор; 2 — афферентный путь; 3 — центральная нервная система; 4 — эфферентный путь; 5 — эффектор; 6 — тело клетки эфферентного нейрона.

лягушки: спинальном, с разрушенным головным мозгом на разных уровнях или на цельной лягушке. Поэтому нужно быть особенно внимательным к способам обезглавливания и фиксации лягушки.

Изучение свойств первой системы целесообразно начинать с анализа рефлекторной дуги, так как знание механизма рефлекторной деятельности способствует более глубокому пониманию других ее свойств и проявлений.

Работа 12. Анализ рефлекторной дуги

Рефлексом называется ответная реакция организма на раздражение, осуществляющаяся с участием центральной нервной системы. Структурной и функциональной основой рефлекса является рефлекторная дуга. Рефлекторная дуга состоит из 5 звеньев (рис. 22): рецептор (I), афферентный путь (II), центральная нервная система (III), эфферентный путь (IV), эффектор (V). Любая рефлекторная реакция начинается с раздражения рецептивного поля и заканчивается приспособительным эффектом (моторным, секреторным, сосудодвигательным и др.).

Простейшие рефлекторные дуги состоят из двух- и трехнейронные. Поскольку контакты между нейронами осуществляются через синапсы, то можно различать моно- и полинейронные рефлексы. Рефлексы, в которых контактируют между собой два нейрона (один рец. синапс), называют *двухнейронными*, все другие, имеющие два и более синаптических переключений, — *полинейронными*. К рефлексам с двухнейронными рефлекторными дугами (модельными) относятся proprioцептивные рефлексы. Двухнейронные рефлекторные дуги имеют свои особенности: рецептор и эффектор лежат в одном органе (рецептор лежит в той же мышце, которая отвечает на раздражение; рис. 22, А, В). В любой рефлекторной дуге афферентный путь представляет афферентный нейрон (2), тело которого лежит в спинномозговом ганглии (3). Центральные

и периферические нейроны организованы по-разному. В двухнейронной дуге тело афферентного нейрона подходит к телу клетки и дендритам эфферентного нейрона в передних рогах спинного мозга (рис. 22, А, Б). В трехнейронной рефлекторной дуге в центральной нервной системе располагается вставочный нейрон (рис. 22, В, 5). В свою очередь аксон вставочного нейрона подходит к телу эфферентного нейрона (рис. 22, В, 6).

Полинейронная рефлекторная дуга имеет большое количество вставочных нейронов. Эфферентный путь любого рефлекса идет по эфферентному нейрону, тело которого лежит в передних рогах спинного мозга (рис. 22, А, Б, 6). Большинство рефлекторных реакций осуществляется по полинейронным рефлекторным дугам.

Рефлекторная реакция может осуществляться только при условии целостности всех звеньев рефлекторной дуги. Если нарушено хотя одно из них, рефлекторная реакция невозможна. Убедиться в этом — задача предстоящей работы.

Для работы необходимо иметь: лягушку, набор инструментов для препарирования, 0,5%-ный раствор серной кислоты, 0,1%-ный раствор кокаина или 1%-ный раствор хлорида калия, штатив с зажимом и крючком, стакан с водой, фильтровальная бумага.

Методика выполнения работ

Приготовьте спинальную лягушку, т. е. лягушку с разрушенным головным и мозжечковым спинным мозгом. Подвесьте ее на штативе, прижав нижнюю челюсть булавкой к крючку, закрепленной в держателе (рис. 23). На правой лапке вдоль бедра отпрепарируйте седалищный нерв и подведите под него лупу.

Осторожно пощипывайте кожу ямки пинцетом. Если лягушка отвечает на раздражение, продолжайте следующие:

1. Установите роль рецептора в осуществлении рефлекторной реакции, для чего:

а) положите на кожу голени правой лапки кусочек фильтровальной бумаги, смоченной 0,5%-ным раствором серной кислоты. Отметьте рефлекторную реакцию на раздражение кожи кислотой. После каждого раздражения кислоту нужно смыть, опуская лапку в стакан с водой;

б) на голени той же лапки вырежьте кусочек кожи. Фильтровальную бумагу, смоченную кислотой, осторожно поместите на обнаженный участок мышцы. Следите, чтобы кислота не попала на кожу. Рецепторы кожи удалены — реакция отсутствует. Отсутствие рефлекторной реакции объясняется тем, что рецепторы мышцы в отличие от кожных рецепторов не реагируют на слабый раствор кислоты.

2. Установите роль афферентного пути, для чего:

а) смойте кислоту с лягушки, проверьте, сохранилась ли рефлекторная реакция на раздражение кожи. Она сохранилась;

б) наблюдайте рефлекторную реакцию этой же (правой) лапки (с отпрепарированным седалищным нервом) при опускании



Рис. 23. Схема опыта по определению времени рефлекса.

3. Установите роль эфферентного пути, для чего:

а) сразу после исчезновения рефлекса при раздражении правой ладки раздражайте левую ладку и наблюдайте ответную реакцию правой. Затем на кожу спины положите бумажку, смоченную кислотой. Обратите, что в обоих случаях в рефлекторной реакции участвуют две ладки. Это говорит о том, что проводимость двигательных волокон правой ладки еще сохранена. Кислоту с кожи спины удалите ваткой, смоченной в воде. Ладку погрузите в воду не следует, чтобы не мешать дальнейшей кожно-мышечной перее;

б) продолжая наблюдать, отметьте момент исчезновения рефлекторной реакции правой ладки при раздражении другой ладки или кожи спины. Если рефлекторные реакции длительное время не исчезают, исключите проведение возбуждения по эфферентным волокнам путем перерезки седельного нерва (перережьте его на бедре как можно выше).

Убедитесь, что после такой перерезки нерва правая ладка не вступает в реакцию при нанесении раздражения на любую часть кожи.

Обратите, как изменяется тонус мышц правой конечности после перерезки седельного нерва.

4. Установите роль центральной нервной системы, для чего:

а) раздражайте левую ладку кислотой или раздражайте пинцетом и наблюдайте ответную рефлекторную реакцию;

б) разрушайте спинной мозг, вставив препаровальную иглу в спинномозговой канал. Обметьте полное исчезновение рефлекторных реакций.

в) осторожно приподнимите отпрепарированный седельный нерв и положите под него ватку, смоченную доксином или 1% -ным раствором хлорида калия. Эти вещества нарушают проводимость нерва, причем сначала исключаются эфферентные волокна, а затем — эфферентные.

После помещения на нерв кокаина каждую минуту проверяйте наличие рефлекторной реакции на раздражение ладки кислотой. Исчезновение рефлекторной реакции указывает на то, что эфферентные волокна полностью утратили проводимость.

Одновременно наблюдайте за тонусом мышц правой конечности, сравнивая ее положение с положением левой ладки. Правая ладка становится длиннее.

б) разрушайте спинной мозг, вставив препаровальную иглу в спинномозговой канал. Обметьте полное исчезновение рефлекторных реакций.

Анализируя эксперимент, приведите доказательства участия в рефлекторной реакции всех элементов рефлекторной дуги: рецептора, афферентного пути, центральной нервной системы, эфферентного пути.

Зарисуйте схему рефлекторной дуги. Вспомните, что вам известно о рефлекторном круге. Укажите, какие наблюдения дали возможность обнаружить рефлекторный характер тонуса мышечных конечностей.

Работа 13. Изучение спинномозговых рефлексов и их рецептивных полей

Рефлективные полев называют участки кожи (или слизистой другой участок тела), при раздражении которых возникает определенный рефлекс.

У спинальной лягушки при раздражении тех или иных рецептивных полей возникают строго определенные рефлексы.

Для работы необходимо иметь: лягушку, набор инструментов для препарирования, 0,5% -ный раствор серной кислоты, штатив с зажимом и пробкой, стакан с водой, фильтровальная бумага.

Методика выполнения работы

Приготовьте спинальную лягушку. Подвесьте ее на штативе, приколите ладную часть булавкой к пробке. Подождите, пока у лягушки пройдет шок (последствием которого является спинной мозг).

1. Исследуйте спинномозговые рефлексы при раздражении различных рецептивных полей (рис. 24) кожи лягушки.

Рефлекс сгибания задней конечности возникает при раздражении спинной поверхности стопы или голени (сдавливанием пинцетом илиложением бумажки, смоченной серной кислотой).

Рефлекс разгибания задней конечности возникает при раздражении подошвенной поверхности стопы или голени. При слабом раздражении голени движением или краткой разгибается только пальцы стопы.

Потирательный рефлекс возникает при раздражении разгиб участка кожи. Если бумажку, смоченную раствором серной кислоты, приложить к наружной поверхности бедра или около анального отверстия, возникает потирательный рефлекс задних конечностей. При таком же раздражении боковой стороны туловища возникает



Рис. 24. Рецептивные зоны рефлексов в коже лягушки: А — рефлекс сгибания; В, С, Д — рефлексы разгибания; Е, Ж, З, И, К, Л, М, Н, О, П, Р, С, Т, У, В, Х, Y, Z — зонтичные рефлексы.

повышенный рефлекс той конечности, ближе к которой нанесены раздражители. Постарайтесь рефлекс передних конечностей вызвать при раздражении кожи брюшной поверхности тела жеждо мышцей.

Объясните наблюдаемые явления, результаты ударов и ли воды запишите в тетради.

2. Исследуйте продрессивные рефлексы у человека.

Коленный рефлекс возникает при легком ударе по сухожилью сгирагавой мышцы ниже коленной чашечки и выражается в разгибании голени. Центр данного рефлекса находится в III и IV сегментах поясничного отдела спинного мозга.

Ахиллов рефлекс возникает при ударе по ахиллову сухожилию и выражается в поднимании ступни стопы. Центр этого рефлекса расположен в I и II сегментах крестцового отдела спинного мозга.

Подчеркните результаты запишите в тетради и ответьте на вопросы: что называется рефлексом поля рефлекс? Какие рефлексы называются проприоцептивными? При раздражении каких рецепторов возникают двусторонние рефлексы и с какими отделами центральной нервной системы они связаны?

Работа 14. Определение времени рефлекса при разной силе раздражения

Время рефлекса называется время от момента нанесения раздражения до появления ответной реакции. Оно состоит из времени, которое затрачивается на возникновение возбуждения в рецепторе, времени прохождения возбуждения по афферентному пути, времени передачи импульсов в центральной нервной системе поля последовательный ряд связей и афферентного пути на эфферентный, времени передачи возбуждения по эфферентному пути, времени, затраченного на переход через синапсы конечный пластинки и возникновение возбуждения в рабочем органе.

Время проведения возбуждения в центральной нервной системе называется *центральным временем рефлекса*. Оно тем больше, чем сильнее рефлекторный акт (тем больше промежуточных нейронов участвует в его осуществлении, тем больше критическая синаптическая преемственность). Установлено, что время рефлекса зависит от силы раздражения: оно тем меньше, чем больше сила раздражения, и, наоборот, оно тем больше, чем слабее раздражение.

Для работы необходимы: лягушка, набор инструментов для препарирования, 0,1%-ный, 0,3%-ный и 0,5%-ный растворы серной кислоты, штатив с муфтой, зажимом и пробкой, метроном, штатив с водой.

Методика выполнения работы

Приготовьте фиксированную лягушку и подвесьте ее на штативе (рис. 23). Пустите в ход метроном, установив его на частоту 60 ударов в 1 мин. Погрузите концами лапшек одной из лапок лягушки в штативчик с 0,1%-ным раствором серной кислоты и сожмите около ударов метронома от момента погружения лапки

в кислоту до появления ответной реакции на раздражение. Таким образом вы определите время рефлекса в секундах. Повторите определение времени рефлекса 2—3 раза, после каждого раздражения не забывайте обмывать лапку водой. Вторичное определение проводите через 2—3 мин. Подчеркните среднее время рефлекса.

Установите зависимость между силой раздражения и временем рефлекса. Для этого приготовьте штатив с раствором серной кислоты более высокой концентрации — 0,3%-ный и 0,5%-ный. Определите время рефлекса, погружите в кислоту одну и ту же лапку до определенного уровня. Полученные данные занесите в таблицу (табл. 7).

Таблица 7. Зависимость времени рефлекса от силы раздражения

Концентрация серной кислоты, %	Время рефлекса при нанесении раздражения (с)			Среднее время рефлекса (с)
	1	2	3	
0,1				
0,3				
0,5				

Ответьте на вопросы: что называется временем рефлекса? Из чего оно складывается? Какова зависимость времени рефлекса от силы раздражения?

Работа 15. Утомляемость нервного волокна

Утомляемость нервного волокна связана с его высокой лабильностью. Нервное волокно может воспроизводить более 500 имп/с. Практически нервное волокно работает с нагрузкой, и поэтому оно не утомляется.

Для работы необходимы: прибор для раздражения постоянным током, стимулятор, позволяющий в явном виде электроды, лягушка, набор инструментов для препарирования.

Методика выполнения работы

Включите в сеть стимулятор, установите нужные параметры раздражения: вид запуска «контурный», длительность 0,5—1 мс, частота 20—30 имп/с. Трансформатор присоедините в соотношении 1:10.

Приготовьте два препарата лягушки из задних конечностей лягушки, отпаривая оба скелетных нерва вдоль плеча бедра, остальные части конечности (голова и лапка) оставьте целыми. Схема опыта показана на рисунке 23. Нервы обоих препаратов подсоедините к электродам, соединенным со стимулятором. К одному из нервов лягушки к мышце приложите индифферентные электроды, соединенные с прибором, для раздражения постоянным током. Постарайтесь боковую силу раздражения. При включении постоянного тока в соответствующем участке нерва создастся область повышенной возбудимости, что препятствует прохождению импульса к мышце (см. работы 8 и 9). При раздражении нерва ритмическим током

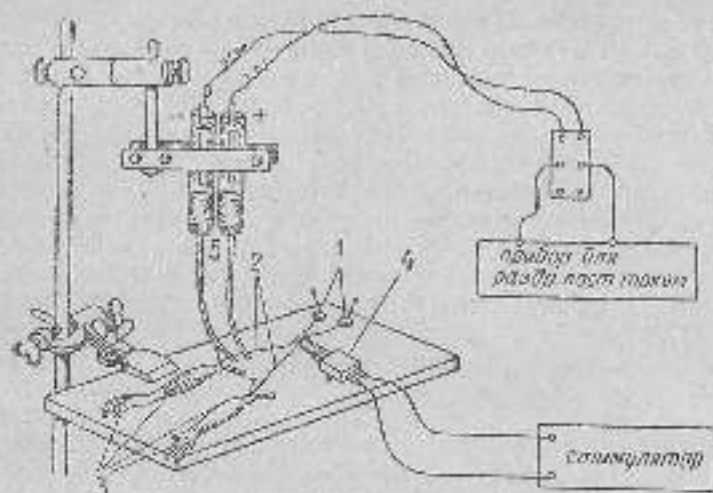


Рис. 25. Схема опыта для изучения неустойчивости порогов возбуждения спинного мозга. 1—выбор для раздражения спинного мозга; 2—раздражающие электроды; 3—отвод для регистрации; 4—электроды для раздражения периферических нервов; 5—электроды для раздражения постцентрального нерва.

наблюдается сокращение мышц обеих конечностей. Подберите такую силу постоянного тока, при которой возникшее на ядре копчиковое возбуждение (шириномышечная) полностью блокирует проведение к мышцам пучков, возникающих при раздражении периферических нервов ритмическим током. Включите постоянный ток, раздражайте оба нерва ритмическим током. Наблюдайте сокращения мышц только одной конечности — той, нерв которой не подвергается действию тока.

Раздражение продолжайте до полного утомления работающих мышц, т. е. до прекращения ответной реакции. После того как мышцы перестанут сокращаться, разомкните цепь постоянного тока, но сохраняя ритмическое раздражение обоих нервов. Обратите внимание на реакцию мышц второй конечности: они хорошо сокращаются. Нервы обеих конечностей раздражались с одинаковой силой и длительностью, а вот усиление возбуждения в нерве, то мышцы не отреагировали на раздражение и после снятия блока.

В тетради зарисуйте схему опыта и опишите его результаты. Ответьте на вопросы: почему нерв обладает неустойчивостью? Какой момент опыта убеждает вас в том, что утомление возникло в мышце, а не в нерве?

Работа 18. Двустороннее проведение возбуждения

Современная аппаратура позволяет легко наблюдать способность нерва проводить возбуждение в эфферентном и эфферентном направлении. Достаточно зарегистрировать потенциал действия с двух сторон от места раздражения нерва (рис. 26).

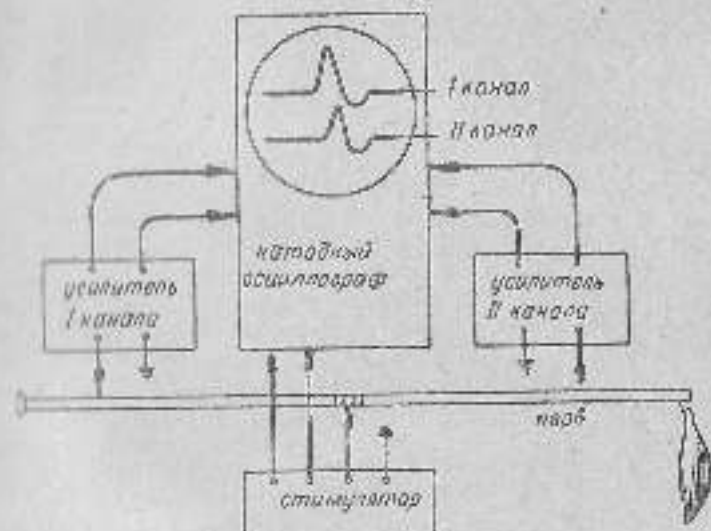


Рис. 26. Схема установки для изучения двустороннего проведения возбуждения по нерву.

Для работы необходимы: катодный осциллограф, стимулятор, раздражающие и отводящие электроды, игулика, набор инструментов для препарирования, раствор Рунтера.

Методика выполнения работы

Соберите установку, как показано на рисунке 26. Приготовьте нервно-мышечный препарат. На середине нерва расположите раздражающие электроды, а с двух сторон от них (как можно дальше) разместите отводящие электроды. Найдите сверхпороговую силу одиночного раздражения. При этом раздражении нерва наблюдайте на экране осциллографа потенциалы действия, возникающие под обоими отводящими электродами. Схему опыта зарисуйте. Объясните биологическую значимость этого свойства нервных волокон.

Работа 17. Изолированное проведение возбуждения

В состав каждого нерва входит большое количество волокон, как афферентных, так и эфферентных. Но в состоянии возбуждения может оказаться только часть волокон, входящих в состав нерва, так как импульсы, распространяясь по нервному волокну, не переходят на соседние волокна. Изолированное проведение возбуждения обеспечивает миелиновая оболочка. В опыте трудно приготовить препарат, проведение возбуждения по отдельным пучкам волокон сдвинутого нерва, если раздражать пороги возбуждения в его составе корешки.



Рис. 27. Схема расположения пяти молодых лягушек, образующих основную массу у лягушки.

возбуждение переходило от одного волокна к другому и составе заднего нерва, то наблюдаемое разнообразие движений не входило бы в число.

Результаты опыта и выводы запишите в тетради.

Работа 18. Изучение функционального значения передних и задних корешков спинного мозга.

Задние, или дорсальные, корешки спинного мозга образованы волокнами (аксонами) афферентных нейронов, которые подходят к дорсальным рогам спинного мозга. Они выполняют афферентную функцию — производят возбуждение в центральной нервной системе. Если афферентных нейронов нежат в спинномозговых ганглиях. От передних рогов спинного мозга отходят передние (вентральные) корешки, которые образуются аксонами мотонейронов. Они выполняют эфферентную функцию — несут возбуждение из центральной нервной системы к рабочему органу.

Функциональное значение передних и задних корешков спинного мозга легко проявить в опыте с их перерезкой.

Для работы необходимо: две лягушки, набор инструментов для препарирования, эфир или спирт для наркоза, раствор Рунгера, пинцет, стеклянный крючок.

Методика выполнения работы.

Отрепарировать у лягушки спинномозговые корешки, предварительно для её легкой наркой. Закрепите лягушку на пластинке спинной поверх. Вдоль средней линии разрежьте кожу и отрепарировать мышцы с обеих сторон позвоночника. Осторожно (чтобы

Для работы необходимы: стискулятор, пинцет, набор инструментов для препарирования, пинцет с зажимом и пробкой, раствор Рунгера.

Методика выполнения работы.

Разрежьте головной и спинной мозг лягушки, перерезайте позвоночник, сделайте задние две трети туловища, тщательно освободите их от мышц. Препарат подвесьте на штативе так, чтобы задняя конечность свободно свисала.

Рассмотрите 7, 8 и 9-й спинномозговые позвонки, которые образуют задний ствол заднего нерва (рис. 27).

Разрежьте небольшие по числу ритмических движений мышечной ткани спинного мозга. При этом обратите внимание на характер возникающих движений: они различны. Если бы

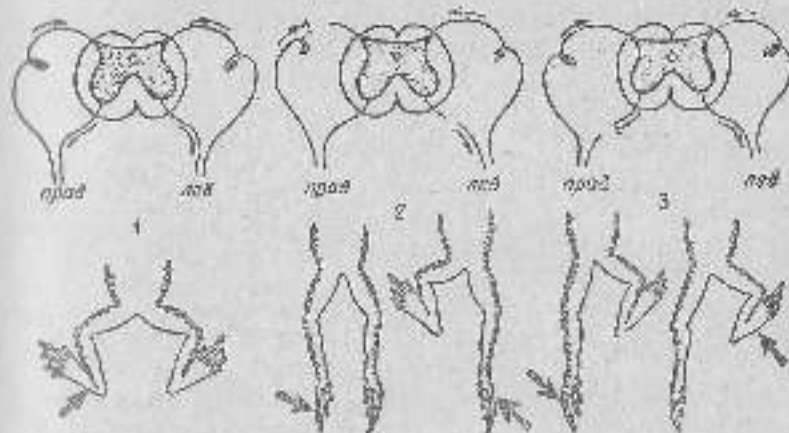


Рис. 28. Влияние перерезки спинномозговых корешков на эффект раздражения лапки лягушки (жест). Указанные функциональные значения корешков спинного мозга.

1 — объект до перерезки; 2 — после перерезки заднего дорсального и заднего вентрального корешков; 3 — после перерезки заднего вентрального корешка.

не повредить спинной мозг) разрежьте 3—4 шейных позвонка и обнажите спинной мозг. Снимите оболочку спинного мозга, рассмотрите дорсальные спинномозговые корешки. Чтобы увидеть вентральные корешки, стеклянным крючком слегка сместите спинной мозг в сторону.

У одной лягушки (рис. 28, 2) перережьте правые дорсальные и левые вентральные корешки, у другой — правые вентральные корешки. После этого сделайте кожу. Через несколько часов (3—4) приступайте к наблюдениям. Можно провести операцию на двух лягушках.

Прежде чем проводить эксперимент на перерезанных лягушках, посмотрите реакцию на раздражение лапок у неоперированной лягушки. При тончайшем прикосновении правой и левой лапок возникает хороший двигательный рефлекс (рис. 28, 1). Затем раздражайте у первой лягушки (рис. 28, 2) правую лапку — реакция отсутствует, так как перерезаны задние корешки и возбуждение в центральную нервную систему не проводится. У второй лягушки раздражение левой лапки вызывает сокращение правой, так как на левой лапке двигательные корешки перерезаны, а на правой они сохранились.

У второй лягушки (рис. 28, 3) раздражение правой лапки вызывает сокращение левой (на правой перерезаны вентральные корешки и движение невозможно). При раздражении левой лапки сокращается левая, так как чувствительные и двигательные корешки с этой стороны сохранились. Так вы убеждаетесь в том, что дорсальные корешки обладают афферентной (чувствующей) функцией, а вентральные — двигательной. Результаты опыта запишите в тетрадь, схему опыта запишите (рис. 28).

ния до доходящей фазы потенциала добегает (рис. 29, Б, Г). Определите, в течение какого времени волны возбуждения проходят расстояние от раздражающих до отводящих электродов. Для этого включите калибратор времени в диапазоне 2 мс. Подсчитайте, сколько раз по 2 мс укладывается в интервал T . Это и будет время прохождения импульса по участку нерва, равнозначному между электродами. Зная длину пройденного пути (S) и время прохождения волны возбуждения (t), рассчитайте скорость ее распространения по нерву по формуле:

$$v = \frac{S}{t}$$

Запишите в тетради схему опыта и запишите все расчеты. Сравните полученные вами данные с известной скоростью проведения возбуждения по двигательному нерву лягушки.

Работа 21. Иррадиация возбуждения в свином мозге

Процесс возбуждения, возникающий в центральной нервной системе, иррадирует (растраивается). Иррадиация возбуждения зависит от силы и длительности действия раздражителя, электрической силы и длительности действия раздражения. Иррадиация возбуждения возрастает. Вследствие это выражается в том, что в ответную реакцию вовлекаются новые группы мышц и движение усиливается. При чрезмерно большой силе или длительности раздражения может возникнуть торможение.

Для работы необходимы: лягушка, набор инструментов для препарирования, штатив с зажимом и пробкой, 0,3% раствор серной кислоты, стакан с водой, фильтровальная бумага. Методика выполнения работы.

1. Влияние силы раздражения на иррадиацию возбуждения

Приготовьте стандартную лягушку. Подсоединяя видящую ленту лягушке, убедитесь, что с увеличением силы раздражения усиливается светлая реакция. При очень сильных раздражениях возникает дрожание в второй лапке (вследствие распространения возбуждения в свином мозге).

2. Влияние длительности раздражения на иррадиацию возбуждения

Одну из задних конечностей туго перетяните шнуром в верхней части голени и обрежьте ее далее места перевязки.

Вружку, смоченную серной кислотой, приложите на кожу бедра (культи). Это раздражение вызывает защитную реакцию, сопровождающуюся повреждением конечности.

Отметьте, что сначала наблюдается дрожание культи, которое по пробкам и удачно раздражены, а затем по мере продолжения действия раздражителя в реакцию вовлекается и другая конечность, с помощью которой удаляется раздражитель.

Объясните наблюдаемые явления. Выводы из опыта запишите в тетради.

Работа 22. Последовательная суммация подпороговых импульсов в центральной нервной системе

Одно из важных свойств системы центральной нервной системы — способность суммировать подпороговые импульсы. Каждый подпороговый импульс создает в анализе повышенную возбудимость (вызывает местное нераспространяющееся возбуждение — местную подпороговую деполяризацию). Местное возбуждение сопровождается высвобождением в синапсах небольшого количества медиатора, вызывающего слабую деполяризацию и формирование возбуждающего постсинаптического потенциала. Следуют друг за другом с определенной частотой, раздражающие импульсы усиливают суммарно действии отдельных импульсов постепенно суммируются, и в результате местное возбуждение усиливается, а затем скачкообразно переходит и распространяется (в основе этого лежит суммация возбуждающих постсинаптических потенциалов). Эффекты действия отдельных импульсов постепенно суммируются, и в результате местное возбуждение усиливается, а затем скачкообразно переходит и распространяется (в основе этого лежит суммация возбуждающих постсинаптических потенциалов, вследствие которой деполяризация достигает критического уровня и возникает потенциал действия). Тогда наступает ответная реакция мышц на раздражение. При очень редких раздражениях суммация может не возникнуть, так как за это время исчезает влияние предыдущего раздражения.

Различают суммацию *последовательную* и *пространственную*. О последовательной суммации говорят в тех случаях, когда ответная реакция возникает при повторном раздражении подпороговой силой одного и того же афферентного пути.

Для работы необходимы: стимулятор, лягушка, набор инструментов для препарирования, штатив с зажимом и пробкой.

Методика выполнения работы

Включите в сеть стимулятор и установите нужные параметры раздражения: катушка «двустрелковая», длительность 0,5—1 мс, частота 1—3 импульса, амплитуда подбавляется в процессе опыта. Трансформатор подключите в позицию 1:10. Вместе электродов присоединяйте к трансформатору две тонкие проволоки: их свободные концы, отпущенные от изоляции, будут служить электродами. Намотайте зачищенные концы проводов вокруг голени на расстоянии 1 см друг от друга (рис. 30).

Увеличивая амплитуду стимула, определите порог рефлекторного сокращения по максимальной сеп-

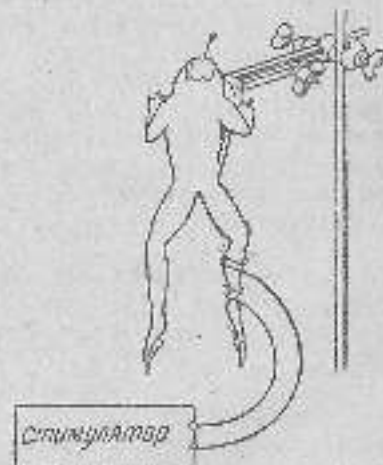


Рис. 30. Установка для проверки последовательной суммации импульсов в центральной нервной системе.

бательной реакции ланка (не принимайте во внимание раздражение кожи голени и стопы, зависящее от непосредственного раздражения мышц и эфферентных волокон). Убавьте амплитуду раздражения на одно деление (сделайте раздражение подпороговым). Убедитесь, что одиночный стимул не вызывает ответной реакции. После этого пошлите длительное раздражение с частотой 1—3 импульса и наблюдайте ответную реакцию — ланка подтягивается. Определите, через сколько секунд возникает ответная реакция, сколько потребовалось импульсов для создания суммационного эффекта — визова рефлекторной реакции.

Увеличьте частоту раздражения до 5—10 имп/с и наблюдайте более быстрое возникновение рефлекторного ответа.

Полученные данные запишите и чертайте. Ответьте на вопросы: что вызывает суммацию возбуждения? Какие виды суммации вы знаете? Какие процессы лежат в основе суммации импульсов? Как влияет частота раздражения на скорость возникновения последовательной суммации подпороговых импульсов?

Работа 23. Пространственная суммация подпороговых импульсов в центральной нервной системе

Рефлекторное сокращение мышцы может быть вызвано раздражением не одного, а двух или нескольких эфферентных нервов. О пространственной суммации говорят в тех случаях, когда ответная реакция возникает при одновременном подпороговом раздражении двух эфферентных нервов, приносящих возбуждение к одному эфферентному звену. На схеме рефлекторной дуги (рис. 31) показано, что импульсы с двух эфферентных нервов (малоберцового и большеберцового) идут через вставочные нейроны к одному и тому же эфферентному звену (передаточному возбуждению и полусухожильчатой мышце). Одновременное раздражение обоих нервов подпороговыми стимулами приводит к возникновению эффекта, связанного с явлением суммации. В основе пространственной суммации, как и в основе последовательной, лежат процессы, происходящие в синапсах — суммация возбуждающих постсинаптических потенциалов. При подпороговом

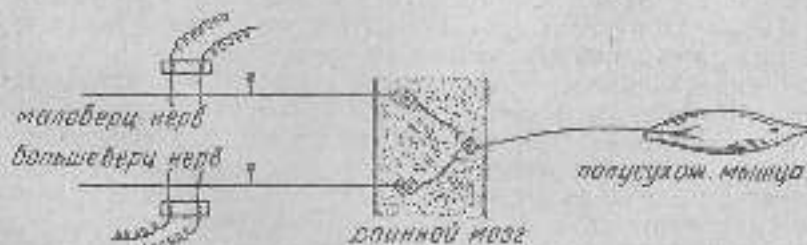


Рис. 31. Схема рефлекторной дуги при пространственной суммации импульсов в центральной нервной системе.

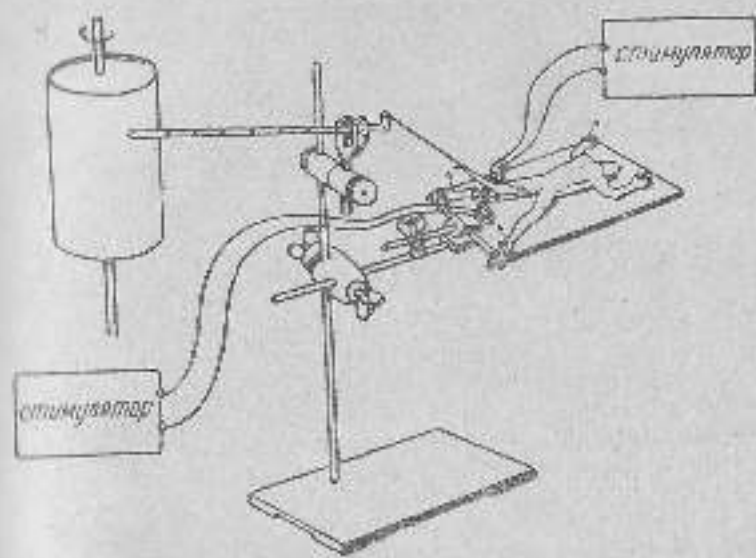


Рис. 32. Установка для изучения пространственной суммации и утомления в центральной нервной системе.

раздражении одного эфферентного нерва медиатора выбрасывается некий, возникающий на моторном возбуждающей постсинаптический потенциал в 8—10 раз меньше своего порогового значения. При поступлении импульса по двум или нескольким эфферентным путям возбуждающие постсинаптические потенциалы суммируются, деполяризация достигает критического уровня и возникает потенциал действия.

В возникновении пространственной суммации важную роль играет явление конвергенции — сложение путей на одном вставочном или двигательном нейроне. Кроме того, при поступлении импульсов с нескольких эфферентных путей в реакцию включается большее количество нейронов (и синапсов), а значит, в двигательных элементах. Все это приводит к увеличению двигательного эффекта.

Для работы необходимы: два стимулятора, два источника раздражения, кимограф, миограф, лагушка, набор инструментов для препарирования, пробковая пластинка, раствор Рингера.

Методика выполнения работы

Включите в сеть два стимулятора, установите нужные параметры раздражения: запуск «внутренний», длительность 0,5—1 мс, частота 30—40 имп/с, амплитуда подпороговая.

Приготовьте спинальную лагушку и закрепите ее на пластинке спиной вверх. Отпрепарируйте на бедре полусухожильчатую мышцу и соедините ее с миографом, на голени — два эфферент-



Рис. 31. Кимограмма пространственной суммации: 1 — потенциалы полусухожильной мышцы; 2 — потенциалы раздражения спинного нерва; 3 — кимограмма раздражения большеберцового нерва.

ных нерва (малоберцовый и большеберцовый). Раздражение этих нервов вызывает сокращение полусухожильной мышцы.

Соберите установку, как показано на рисунке 32. Пользуясь разными стимуляторами, найдите пороговую реакцию полусухожильной мышцы при раздражении малоберцового и большеберцового нерва. Уменьшите силу раздражения на одну десятую и убедитесь, что при раздражении каждого нерва отдельно полусухожильная мышца не сокращается. Наложите одновременно раздражение, но уменьшая его интенсивности, на оба нерва и наблюдайте сокращение полусухожильной мышцы (рис. 33).

Ответные реакции запишите на кимографе, кимограммы прикрепите в тетрадь. Разберитесь механизмом пространственной суммации.

Работа 24. Одностороннее проведение возбуждения в центральной нервной системе

В центральной нервной системе возбуждение проводится в одном направлении — с эфферентного на афферентный путь. В этом легко можно убедиться в отделе с регуляцией биоэлектрических потенциалов с вентральных и дорсальных корешков спинного мозга.

Для работы необходимы: катодный осциллограф, усилитель переменного тока, стимулятор, отводящие и стимулирующие электроды, лягушка, набор инструментов для препарирования, раствор Рингера.

Методика выполнения работы

Приготовьте инъекционную лягушку и закрепите ее на пластинке спиной вверх. Вскройте спинной мозг и отпрепарируйте дорсальные и вентральные корешки, как это описано в работе 18.

Подведите под дорсальные корешки стимулирующие электроды, а под вентральные — отводящие, которые присоедините к усилителю переменного тока и осциллографу (схема отвода показана на рис. 34, А). При раздражении дорсальных корешков наблюдайте на экране осциллографа потенциалы действия. Проведите наблюдения при одиночном раздражении и при ритмических раздражениях с разной частотой.

Поместите инъекционные электроды: раздражающие поместите на

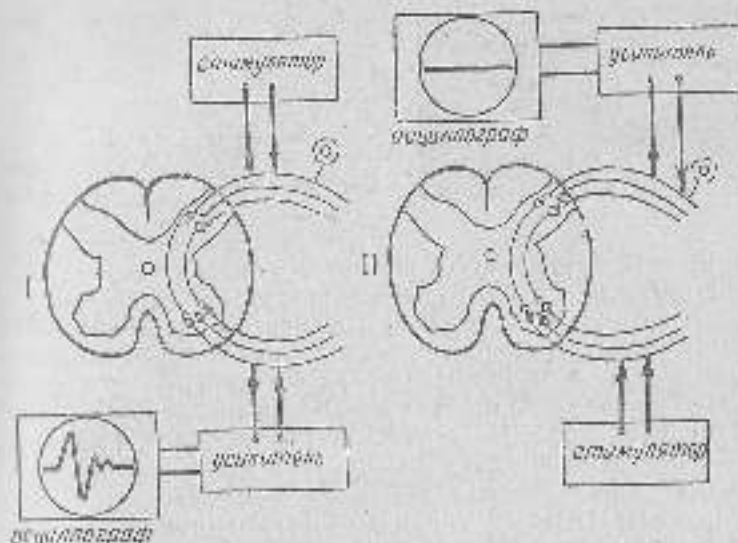


Рис. 34. Схема части экспериментальной установки для проведения возбуждения в центральной нервной системе:

А — раздражение дорсальных корешков и отведение потенциалов действия от вентральных корешков; Б — раздражение вентральных корешков и отведение потенциалов действия от дорсальных корешков.

вентральные корешки, а отводящие — на дорсальные (схема опыта дана на рис. 34, А). Поднесите также же раздражающие на вентральные корешки — на дорсальных корешках потенциалы действия не возникают, так как синапсы в центральной нервной системе проводят возбуждение только в одном направлении.

Запишите в тетрадь схему опыта и запишите его результаты.

Работа 25. Утомляемость нервной центра (синаптических образований центральной нервной системы)

(Препаратура и установка для проведения опыта те же, что и в работе 23.)

В системе рефлекторного колена при длительном и сильном раздражении раньше других структур выключаются синапсы центральной нервной системы. При этом говорят об утомлении центральной нервной системы. Это связывают с разнообразными процессами, происходящими в синапсах и нейронах.

Для работы необходимы: стимулятор, кимограф, осциллограф, лягушка, набор инструментов для препарирования, штатив, пробковая пластина, раствор Рингера.

Методика выполнения работы

Включите стимулятор в сеть и поставьте нужные параметры раздражения: запуск «внутренний», длительность 0,5—1 мс, частота 30—40 кГц, амплитуда оптимальная (подбирается в опыте).



Рис. 35. Кимограмма при возбуждении мышцы в центральной нервной системе. 1 — электрические импульсы, 2 — отклик раздражаемой мышцы.

Приготовьте специальную лягушку и закрепите ее на пробковой пластинке спиной вверх. Острием скальпеля на бедре полу сухожильную мышцу и ее сухожилие соедините с миографом. На голени острием скальпеля малоберцовый и большеберцовый нервы и подвяжите под них ленточки. Соберите установку, как показано на рисунке 32, наложите записывающий полу сухожильной мышцы на кимограф. Найдите одну раздраженку, возбуждающую максимальные сокращения мышцы при раздражении каждого нерва в отдельности.

Раздражайте слабым током малоберцовый нерв до полного утомления полу сухожильной мышцы. Несмотря на то что ответная реакция мышцы на раздражение прекратилась, вам известно, где произошла утомленность — в мышце или в центральной нервной системе. Если утомилась мышца, то она не ответит ни на какое раздражение. Для проверки этого перенесите электроды на большеберцовый нерв и наблюдайте сокращения полу сухожильной мышцы (рис. 35). Следовательно, утомление произошло не в мышце, а в мышцах центральной нервной системы.

Проведите ряд опытов по наблюдению явления, кинорафии при калее в тетрадь. Вспомните теория торможения, его механизмы.

Работа 26. Основное торможение

Торможение в центральной нервной системе было открыто И. М. Сеченовым в 1862 г. Он наблюдал возникновение торможения спинномозговых рефлексов при раздражении промежуточного холма (ритических бугров) лягушки кристалликом поваренной соли. Вещь это выразилось в значительном уменьшении рефлекторной реакции (уменьшении времени рефлекса) или ее прекращении. Синтез кристаллика поваренной соли приводило к восстановлению полного времени рефлекса.

Для работы необходимы: лягушка, набор инструментов для препарирования, метрилом, 0,5%-ый раствор кристалли поваренной соли, физиологический раствор, стакан с водой, вода, бинт, фильтровальная бумага.

Методика выполнения работы

1. Классический опыт Сеченова

Обнажите головной мозг лягушки (рис. 36). Для этого сделайте ее спинку и возьмите в левую руку так, чтобы указательный палец придерживал голову. Сделайте поперечный разрез ко-

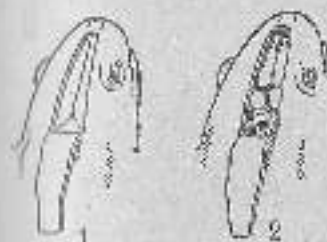


Рис. 36. Подготовка лягушки к опыту. 1 — вскрытие черепа лягушки, 2 — удаление мозга лягушки и обнажение мозга.

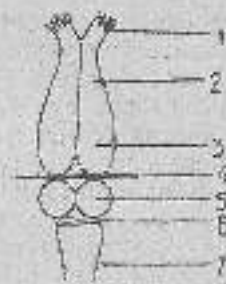


Рис. 37. Головной мозг лягушки. Спинной разрез оти онаги Сеченова. 1 — обонятельный нерв, 2 — обонятельные доли, 3 — мозжечок, 4 — мозжечковая кора, 5 — мозжечковая кора, 6 — мозжечковая кора, 7 — мозжечковая кора.

жи позадипословицы. От краев поперечного разреза приведите боковые разрезы вдоль черепа с обеих сторон. Обнажившийся транзверсальный лоскут кожи отложите внале.

Сделайте поперечный разрез черепной коробки посредине надбугрей. Осторожно выкладывайте черепную коробку, чтобы не повредить мозг.

После вскрытия черепной коробки рассмотрите головной мозг (рис. 37) и перережьте его по заднему краю больших полушарий (по линии 4), выторжеженными зрительными буграми.

Подвесьте лягушку на платок и через 5—7 мин определите полное время рефлекса (см. работу 14). На разрез зрительных бугров наложите кристаллик поваренной соли, предварительно смочив его в физиологическом растворе. Сделайте это надо осторожно, так как при излишней поваренности мозга соль будет разлетаться и затекать на соседние участки мозга и окружающую ткань. В результате может возникнуть общая двигательная активность препарата.

После изложения кристаллика поваренной соли несколько раз определите время рефлекса, результаты записывайте в тетрадь.

Зарегистрировав значительное увеличение времени рефлекса, удалите с поперечного мозга кристаллик поваренной соли и смойте ее остатки физиологическим раствором. При этом лягушку держите головой вниз.

Снова несколько раз определите время рефлекса. Отметьте постепенное возрастание времени рефлекса к исходной величине.

Проведите ряд опытов по получению результатов, разберите механизм сеченовского торможения.

2. Торможение спинномозговых рефлексов при раздражении других отделов мозга

Торможение спинномозговых рефлексов можно получить при раздражении и других отделов центральной нервной системы. Раздражая их, можно наблюдать уменьшение времени рефлекса

подобно описанному в опыте Сеченовского торможения. При этом можно значительно упростить методику проведения работы.

Для приготовления препарата достаточно отрезать верхнюю часть на уровне глазниц и в последующем раздражать обнаженный участок головного мозга. Наблюдения проводятся в той же последовательности, как и в классическом опыте Сеченова.

1. Определите исходные время рефлекса (среднее).

2. Наложите кристаллик поваренной соли на обнаженный участок головного мозга. При этом действуйте очень осторожно, чтобы соль не попала на окружающие ткани.

3. В течение нескольких минут определяйте время рефлекса и отмечайте его увеличение (различные торможения).

4. Снимите кристаллик поваренной соли и убедитесь в полном восстановлении времени рефлекса.

Объясните наблюдаемые явления, результаты опыта запишите в тетрадь.

Работа 27. Торможение рефлексов спинного мозга при сильном афферентном раздражении

Торможение спинномозговых рефлексов может возникнуть не только при непосредственном раздражении центральной нервной системы, как это наблюдалось в предыдущей работе, но и при сильном афферентном раздражении.

Для работы необходимы: лягушка, набор инструментов для препарирования, микротом, штатив с зажимом и пробкой, эскизы Гормана, 0,3% -ный раствор серной кислоты, стакан с водой.

Методика выполнения работы

Приготовьте специальную лягушку и закрепите ее на штативе (рис. 38). Пустите в ход метроном, установив его на частоту 60 ударов в 1 мин. Определите среднее время рефлекса (как это описано в работе 14), используя в качестве раздражителя раствор серной кислоты.

После этого сильно сжавте другую лапку зажимом и снова определите время рефлекса. Если ответная реакция на раздражение кислотой не усиливается, то продолжайте раздражать обе лапки в течение времени, в два раза превышающего среднее время рефлекса, затем уменьшите сжатие лапки зажимом (при ослаблении зажима не снимайте раздражитель кислоты!). Обратите внимание на то, что ответная реакция появляется только после ослабления зажима лапки. Повторите опыт, сжимая третью лапку.

Результаты опыта запишите в тетрадь. Объясните наблюдаемые явления. Разберитесь в возможном механизме наблюдаемого торможения.

Работа 28. Реципрокная иннервация мышц-антагонистов (опыт Шеррингтона)

Реципрокная иннервация — один из механизмов (частный случай) координации. Она выражается в том, что при возбужде-

нии в одном центре, иннерсирующем в центре мышц-сгибателей, возникает торможение в центре мышц-антагонистов (разгибателей). Внешне это выражается в том, что возникает сокращение мышц-сгибателей и одновременное расслабление мышц-разгибателей. В основе таких взаимосвязанных реакций мышц-антагонистов лежит сопряженное торможение.

При раздражении малоберцового нерва возникает возбуждение в центре сгибателя, что выражается в сокращении полусухожильной мышцы. При раздражении кожного нерва возникает возбуждение в центре разгибателя, при этом сокращается трехглавая мышца. При рефлекторном раздражении любого из центров возникает торможение в сопряженном центре (в центре антагониста).

Если при раздражении малоберцового нерва и сокращении полусухожильной мышцы включить раздражение мышц-антагонистов (кожный нерв — трехглавая мышца), то можно наблюдать расслабление полусухожильной мышцы (несмотря на продолжающееся ее рефлекторное раздражение), которое возникает вследствие развивающегося торможения в центре мышц-сгибателей. При прекращении рефлекторного раздражения трехглавой мышцы в центре полусухожильной мышцы торможение сменяется возбуждением и мышца снова хорошо сокращается.

Эти взаимосвязанные рефлексы впервые наблюдал Шеррингтон. В настоящее время изучены механизмы этих реакций.

Развитие реципрокного торможения связано с наличием в центральной нервной системе остаточных тормозных нейтронов. Их тормозное гликолизированное постсинаптическое торможение (рис. 39).

Аксоны афферентных нейронов образуют в спинном мозге два типа связей: одна ветвь подходит к мотонейронам, иннервирующим мышцы-сгибатели; другая — к остаточным нейронам, которые образуют тормозные ганглии на мотонейронах, иннервирующих мышцы-разгибатели. Поэтому раздражение афферентного нерва вызывает одновременно возбуждение центра мышц-сгибателей и торможение центра мышц-разгибателей.

Для работы необходимы: два стимулятора, две пары электродов, двойной микрограф, кимограф, лягушка, набор инструментов для препарирования, пробковая пластинка, раствор Ривера.



Рис. 38. Установка для изучения торможения, возникающего при сильном афферентном раздражении

Методика выполнения работы

Включите в сеть два стимулятора и соберите установку, как показано на рисунке 32. Поставьте нулевые параметры разряда желей: импульс «интермиттент», длительность 0,5—1 мс, частота 40—60 имп/с, амплитуда определяется в процессе опыта.

Приготовьте специальную лягушку и удержите ее на дробовой пластинке вверх спиной. Оперетараруйте на бедре полусухожильную (сгибатель) и трехглавую (разгибатель) мышцы (рис. 40). К сухожилиям этих мышц привяжите нитку, концы сухожилий отделите от кости и подрежьте. Соедините мышцы с микрографом, привяжите нитку от полусухожильной мышцы к верхнему, а от трехглавой — к нижнему рычажку (рис. 41).

На голени оперетараруйте малоберцовый нерв и подведите под него лигатуру. В верхней части бедра подрежьте кожу (как показано на рис. 40) и оперетараруйте кожный нерв.

К малоберцовому и кожному нервам подведите электроды, соединенные со стимуляторами. Пальцами зажмите сокращения мышц на киографе.

Определите пороги рефрактерности раздражения обеих мышц, раздражая малоберцовый нерв (сокращается полусухожильная мышца) и кожный нерв (сокращается трехглавая мышца).

Подберите стимуляционные силы раздражения так, чтобы сокращения обеих мышц были оптимальными и примерно одинаковой интенсивности. При сокращении одной мышцы должна расслабляться другая.

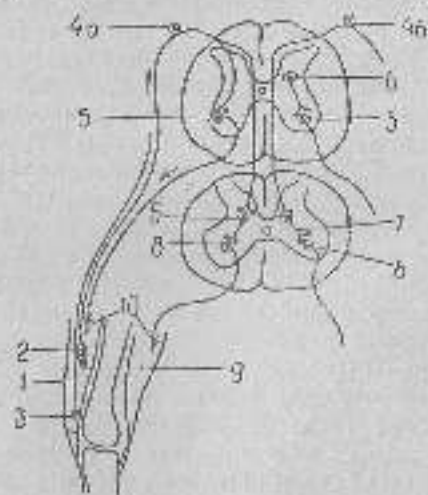


Рис. 32. Схема стимулирующей установки раздражения торможения на при рефрактерности различных раздражениях отдельных ветвей и телес. Подпись: 1 — моторный нерв; 2 — моторный нерв; 3 — тело Гольджи; 4 — афферентный нерв; 5 — афферентный нерв; 6 — афферентный нерв; 7 — афферентный нерв; 8 — афферентный нерв; 9 — афферентный нерв; 10 — афферентный нерв.

Пустите в ход киограф. Раздражая малоберцовый нерв, зафиксируйте сокращения полусухожильной мышцы. В момент максимального сокращения полусухожильной мышцы, не прекращая ее раздражения, раздражением кожного нерва выведите сокращения разгибателя (трехглавой мышцы). При этом наблюдайте расслабление полусухожильной мышцы. Прекратите раздражение кожного нерва (раздражение малоберцового нерва продолжается), наблюдайте относительное расслабление трехглавой мышцы и сокращения полусухожильной (рис. 42).

Полученные криволинейные приложите в тетрадь. Объясните наблюдаемые явления. Разберите механизмы рефрактерного торможения, используя рисунок 33.

Работа 29. Влияние удаления различных отделов головного мозга на двигательные реакции лягушки

Большие полушария головного мозга не оказывают сильного влияния на осуществление двигательных реакций лягушки. Удаление больших полушарий лишь ограничивает в некоторой степени спонтанные движения. Животное сохраняет нормальное положение тела, отвечает короткими рефлекторными реакциями на раздражение различных участков кожи. При разрушении промежуточного и среднего мозга рефракторная деятельность резко уменьшается. Проанализируйте двигательные реакции лягушки, у которой последовательно будут удалены отделы головного мозга.

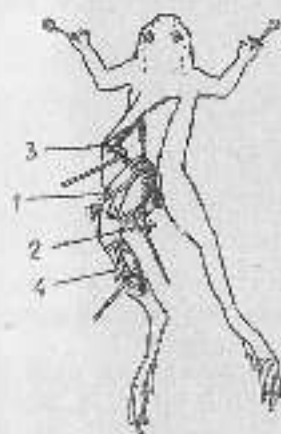


Рис. 40. Расположение нервов в бедре лягушки, устанавливается срт стимуляторы раздражениях иннервации: 1 — трехглавая мышца; 2 — полусухожильная мышца; 3 — кожный нерв; 4 — малоберцовый нерв.

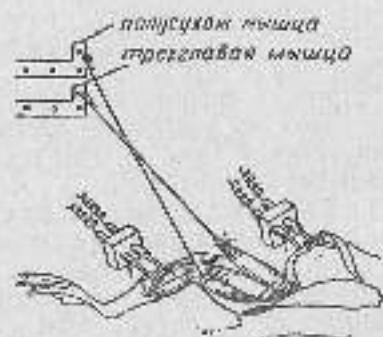


Рис. 41. Соединение мышц с микрографом.

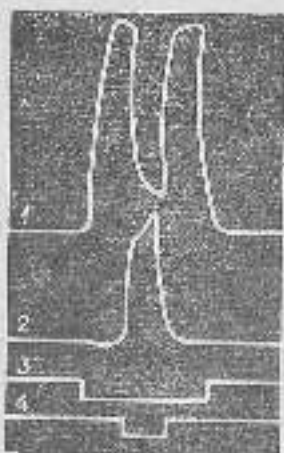


Рис. 42. Кинематика дыхательных отношений мигри-антагонистов:

1 — мышцы сокращены, подвздошная дуга выпячена; 2 — мышцы расширены, подвздошная дуга втянута; 3 — отвислая ротовая полость, расслабленные мышцы; 4 — отвислая ротовая полость, сокращенные мышцы.

Посадите лягушку на пробковую пластинку. Постепенно наклоняйте пластинку. Обратите внимание на характер движений и положение тела лягушки.

Посмотрите, как ведет себя лягушка при одуекании в аквариум.

Убедитесь в том, что лягушка, лишаясь больших полушарий, сохраняет нормальную позу, причем даже в том случае, если она насильственно изменена (поворачивается боком), но спонтанные движения у нее ограничены. На сильное раздражение лягушка отвечает хорошо координированным прыжком; она переползает вверх по наклонной плоскости, прыжок сохраняет устойчивое положение тела. В аквариуме она совершает нормальные плавательные движения.

2. Наблюдение двигательных реакций лягушки после одностороннего удаления промежуточного и среднего мозга

У лягушки с удаленными большими полушариями разрушены промежуточный и средний мозг с одной стороны. Для этого от продолговатого мозга сделайте скальпелем посередине продольный разрез промежуточного и среднего мозга и поперечный разрез в одну сторону. Вырезанную таким образом половину промежуточного и среднего мозга удалите.

Проверьте электрические токусы мышц по стороне перерезки. Обратите внимание на то, как передвигается лягушка при раздра-

жении, совершает ли она движения по прямой линии или по кругу (манижные движения). Оусыяте лягушку в аквариум с водой и посмотрите, как она дышит.

Методика выполнения работы

Вскрытие головного мозга лягушки, как это показано на рисунке 36 и описано в работе 26.

1. Наблюдение двигательных реакций лягушки после удаления больших полушарий

Удалите большие полушария, вскрыйте кожным лоскутом рану и наблюдайте за позой лягушки и за ее спонтанными движениями.

Изменяйте положение тела лягушки; оусыяте лягушку в старину, положите лягушку на спину. Как на это реагирует лягушка?

Пронаблюдайте, как отвечает лягушка на сильное раздражение явных лапок и туловища. Хорошо ли координирован у нее прыжок?

Убедитесь в том, что при одностороннем удалении промежуточного мозга у лягушки сохраняется манерный тонус по стороне перерезки, вследствие чего она совершает манерные движения, а при надавливании поворачивается вокруг своей оси.

3. Наблюдение двигательных реакций лягушки после полного удаления промежуточного и среднего мозга

Удалите остатки промежуточного и среднего мозга, сделав перерезку на уровне продолговатого мозга. Одностороннее удаление тонуса мышц исчезает. Наблюдайте, совершает ли лягушка прыжок, передвигается ли по наклонной плоскости, пересорачивается ли со спиной.

4. Наблюдение двигательных реакций лягушки после удаления продолговатого мозга

Разрушите продолговатый мозг скальпелем. В результате этой операции лягушка превращается в спинальный препарат, вся мускулатура которого расслаблена.

Наблюдайте, как препарат реагирует на раздражение, как изменяется тонус мышц и лица (отведите лапки в сторону, переверните лягушку на спину). Препарат passivo сохраняет привычное ему положение.

Из проведенных наблюдений сделайте выводы о значении различных отделов головного мозга лягушки в осуществлении двигательных реакций и запишите их в тетрадь.

ФИЗИОЛОГИЯ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Функциональные свойства скелетных мышц в естественных условиях деятельности организма обуславливаются гравитацией, дуо-исходящими во всех звеньях рефлекторной дуги. Они зависят от характера поступающих стимулов, от процессов, происходящих в центральной нервной системе, от конституциональных свойств самих мышц. Предлагаемые работы практикума позволяют в этом убедиться.

Работа 30. Определение порогов прямого и непрямого раздражения скелетной мышцы

При непрямом раздражении мышц электроды прикладываются к нерву. По достижении порога раздражения в нерве возникает распространяющееся возбуждение, которое, доходя до мышцы, вызывает ее сокращение, действуя как адекватный раздражитель.

Непосредственное воздействие на мышечные волокна, когда раздражающие электроды располагаются на самой мышце, получило название прямого раздражения. При такой постановке

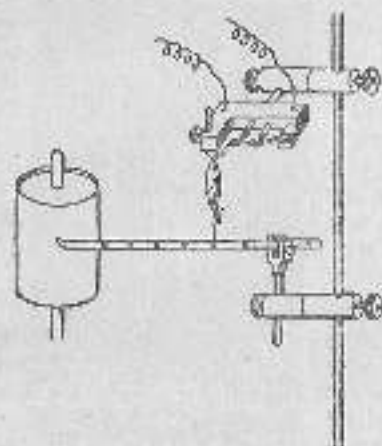


Рис. 43. Установка для определения порога косвенного раздражения мышцы.

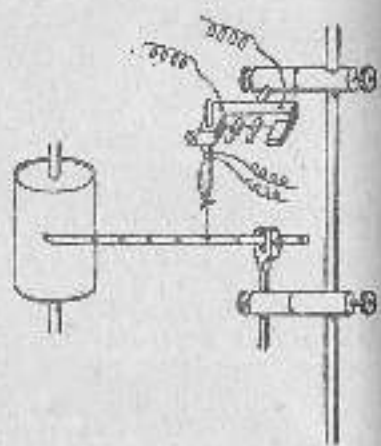


Рис. 44. Установка для определения порога прямого раздражения мышцы.

опыта сокращение мышцы возникает по достижении порога раздражения для мышечных волокон. Сравнивая пороги при непрямом и прямом раздражении, можно судить о разнице возбудимости нерва и мышцы. Опыт показывает, что порог непрямого раздражения меньше, чем прямого; следовательно, возбудимость нерва выше, чем возбудимость мышцы.

Для того чтобы при прямой стимуляции раздражению подвергались только мышечные волокна, а не двигательные нервные окончания, следует помещать электроды на безнервных участках мышцы.

Для работы необходимы: электроды с клеммой для нервно-мышечного препарата, стимулятор, микрограф, кимограф, лягушка, набор инструментов для препарирования, штатив с муфтой, раствор Рингера, пила.

Методика выполнения работы

Укрепите бедренную кость нервно-мышечного препарата в захвате защипов. Сухожилие мышцы посредством нити присоедините к пишущему рычагу, лезвие которого приложите к поверхности барабана микрографа (рис. 43). Включите в сеть стимулятор. Поставьте переключатель на нужные параметры раздражения: вид запуска «внезапный» (разовый), частота 1 гц/с, длительность 1 мс, амплитуда 0. Подключите к стимулятору трансформатор в положение 1:10. Присоедините к трансформатору электроды. Нажимая на кнопку, посылайте к объекту раздражение с интенсивностью, близкой к 0. Увеличьте интенсивность раздражения и вновь нажмите на кнопку. Найдите ту наименьшую силу раздражения, которая вызывает самое малое сокращение мышцы; иначе говоря, найдите порог непрямого раздражения мышцы.

Затем определите порог прямого раздражения мышцы. Для этого используйте в качестве раздражающих электродов оголенные концы проводки, которые оберните вокруг мышцы в ее безнервном участке (рис. 44). Определите мышечную силу, вызывающую пороговое сокращение, т. е. порог прямого раздражения мышцы.

Сравните величины порогов прямого и косвенного раздражения мышцы.

Работа 31. Определение эластичности световой мышцы

Для характеристики эластичности того или иного тела определяют величину его деформации путем растяжения под влиянием действующей силы, а также скорость его возвращения к первоначальному состоянию после удаления деформирующего фактора. Эластичность считается высокой, если малая сила вызывает большую деформацию, и совершенной, если тело после удаления деформирующей силы принимает исходное состояние.

Мышца характеризуется малой, но совершенной эластичностью: наибольший груз вызывает ее большое растяжение, однако после его снятия мышца принимает прежнюю длину.

Эластичность мышцы непостоянна. В зависимости от функционального состояния мышцы один и тот же деформирующий фактор вызывает неодинаковое ее растяжение.

Для работы необходимы: электроды с клеммой для нервно-мышечного препарата, микрограф, лягушка, набор инструментов для препарирования, штатив с муфтой, грузы массой 5, 10, 15 и 30 г, раствор Рингера, пила.

Методика выполнения работы

Приготовьте нервно-мышечный препарат, бедренную кость препарата укрепите в захвате защипов. Сухожилие мышцы посредством нити соедините с пишущим рычагом (рис. 43). Приставьте лезвие к бухале барабана микрографа. Поверните барабан микрографа так, чтобы записалась линия (линия а на рис. 45), показывающая уровень неотягощенной мышцы. Затем к рычагу подвесьте груз массой 15 г. Вследствие растяжения мышцы писец опустится (линия б на рис. 45). После снятия груза писец вернется в исходное положение (линия а на рис. 45).

Чтобы обнаружить нестойкость эластичности мышцы, выполните следующую работу. Поворачивая барабан микрографа ру-

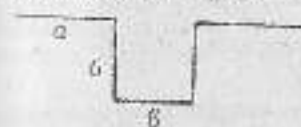


Рис. 45. Карта растяжения мышцы.

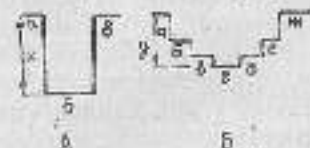


Рис. 46. Одновременное (А) и последовательное (Б) растяжение мышцы.

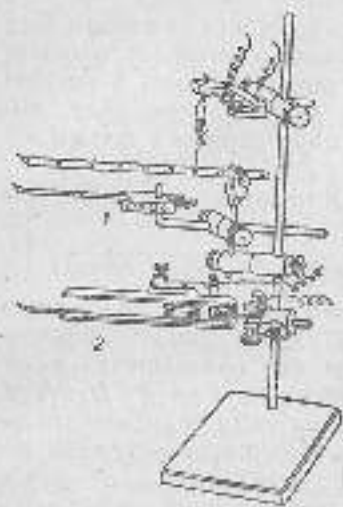


Рис. 47. Установка для раздражения поперечнополосатой мышцы и регистрации ее одиночного сокращения.

вы массой 5, 15 и 10 г. Каждый раз при снятии груза регистрируйте (вращая барабан кимографа рукой) изменение положения игла под влиянием уменьшения растяжения мышцы (линии *б*, *в* и *г* на рис. 46, *Б*).

Измерьте величину растяжения мышцы при одномоментном (линия *х* на рис. 46, *А*) и постепенном (линия *у* на рис. 46, *Б*) ее растяжении. Убедитесь, что один и тот же груз растягивает мышцу на разную величину. Общее растяжение мышцы при постепенном подвешивании груза оказывается меньше, чем при одномоментном.

На основании данных, полученных в опыте, дайте характеристику эластичности мышцы.

Работа 32. Анализ кривой одиночного сокращения поперечнополосатой мышцы

Анализ кривой одиночного сокращения поперечнополосатой мышцы предполагает отсечение: 1) длительности латентного, т. е. скрытого, периода (с момента раздражения до появления ответной реакции); 2) длительности периода укорочения мышцы (восходящая часть кривой); 3) длительности периода расслабления мышцы (нисходящая часть кривой); 4) суммарной длительности укорочения и расслабления мышцы.

Позтому при записи кривой мышечного сокращения необходимо отмечать момент наступления раздражения и время в малых интервалах.

Для регистрации начала раздражения служат отметки раз-

ражения (рис. 47, 1). Для отметки времени прикрепляется камертон (рис. 47, 2).
Отметчик раздражения подключается к тем же клеммам, что и электроды, но в положении 1:1 (рис. 48).
Камертон включается в первичную сеть через трансформатор. При одновременной записи кривых мышечного сокращения, отметки раздражения и отметки времени расстояние *а* на рисунке 49 будет соответствовать латентному периоду, расстояние *б* — длительности периода сокращения, расстояние *в* — длительности периода расслабления мышцы. В среднем для поперечнополосатой мышцы лягушки *а* составляет 0,01 с, *б* и *в* — по 0,05 с. Следовательно, весь период сокращения и расслабления мышцы длится 0,11 с.

Для работы необходимы: электроды с клеммой для нервно-мышечного препарата, стимулятор, отметчик раздражения, кимограф, лягушка, набор инструментов для препарирования, платин с хуфой, распыл Рингера, типетка.

Методика выполнения работы

Приготовьте нервно-мышечный препарат. Подрезную косточку препарата укрепите в зажиме электродов. Ахиллово сухожилие посредством нити присоедините к кимографу. Пластины кимографа, отметчик раздражения и камертона установите на одной вертикальной оси (рис. 47) и приложите к барабану кимографа для соприкосновения с его поверхностью. Барабан кимографа освободите от часового механизма и производите его вращение только рукой. Включите в сеть стимулятор. Присоедините к нему трансформатор. Электроды присоедините к клеммам трансформатора в положении 1:10. Поставьте переключатель в положение: выд. катушка «высшей» (разомкн.), частота 1 имп/с, длительность 1 мс, амплитуда 0. Подключите к стимулятору отметчик раздражения.

Подберите максимальную силу раздражения. Включите камертон. Одновременно нажмите на кнопку стимулятора и произведите поворот барабана кимографа по часовой стрелке. Остатки кимографа, чтобы его поверхность не соприкасалась с пластинками. На-

рис. 48. Подключение отметчика раздражения к стимулятору.

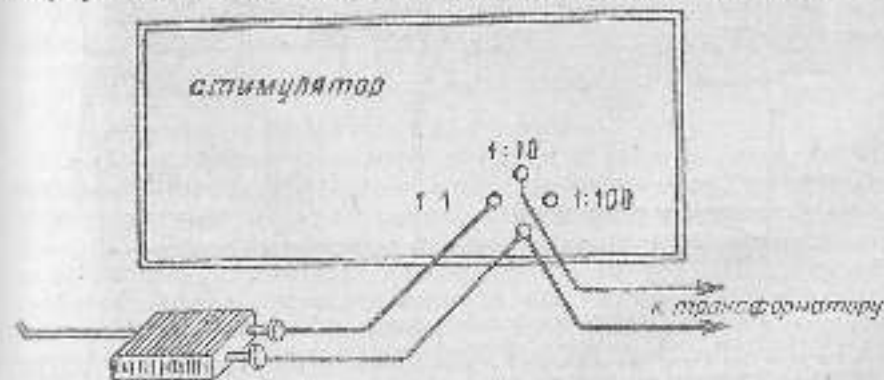


Рис. 48. Подключение отметчика раздражения к стимулятору.

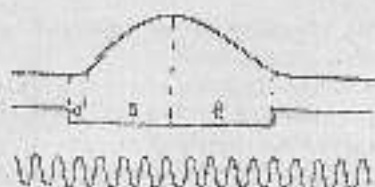


Рис. 49. Кривая сокращения гладкой мышечной ткани при электрической стимуляции.

бухаго, накладывая на поверхность барабана кинотрафа, оказывают три марки: 1) кривая мыщечно-сокращения; 2) линия, вычисленная отсчетным разрядником; 3) синусоида, записанная камертоном, где каждый зубец соответствует 0,01 с.

Подсчитайте число колебаний камертона, приходящихся на латентный период, периоды укорочения и расслабления мышцы, тем самым определите длительность каждого из них.

Для регистрации мыщечных сокращений, в том числе и относительно сокращения поперечнополосатой мышцы, можно использовать быстродействующий самопишущий прибор Н-338 (рис. 50), который предназначен для регистрации быстротекущих процессов, происходящих в интервале от 0 до 150 Гц.

Работа 33. Анализ кривой сокращения гладкой мышцы

Задача исследования заключается в определении тех же показателей, что и в работе 32, но для гладкой мышцы.

Латентный период гладкой мышцы, так же как и время ее укорочения и расслабления очень длительны. Латентный период (рис. 51, а) длится несколько секунд, период укорочения

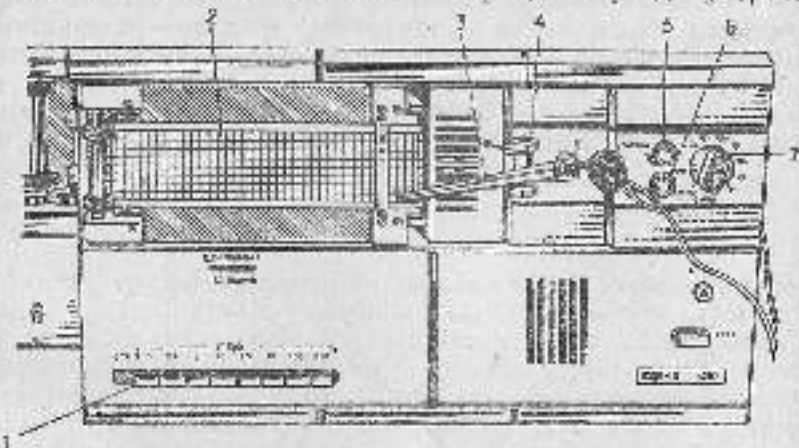


Рис. 50. Прибор быстродействующий самопишущий Н-338.

1 — переключатель для установки величины скорости движения записывающей ленты; 2 — записывающая лента; 3 — индикатор; 4 — механический привод для вращения записывающей ленты; 5 — датчик для обнаружения движения; 6 — регулятор усиления; 7 — источник питания; 8 — переключатель прибора питания.

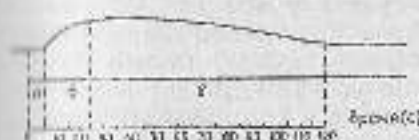


Рис. 51. Кривая сокращения гладкой мышцы человека при стимуляции.

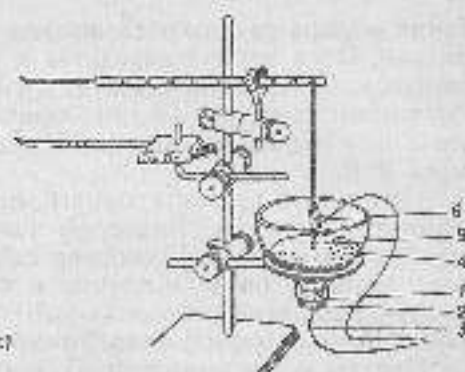


Рис. 52. Установка для раздражения гладкой мышцы лягушки электрическим током.

(рис. 51, б) в несколько раз меньше периода расслабления (рис. 51, в). Весь период сокращения составляет 80—100 с. При такой большой длительности сокращения нет необходимости отмечать время в малых интервалах. Для подсчета времени можно пользоваться метрономом, колодок которого поставлен на 60 ударов в 1 мин. При таком положении колодки удары метронома будут следовать с промежутками в 1 с.

Для изучения кривой сокращения гладкой мышцы применяют установку, изображенную на рисунке 52. Установка представляет собой чашу с отверстием (1), закрытым пробкой (2), через которую пропускают провод (3). Два конца взяты парафином (4). К концу провода, находящегося в чаше, припаян серфин (5), сужающий канал из электродов. Другой конец провода (3), выходящий из чаши, присоединяется к клеммам трансформатора. Вторым электродом служит серфин (6), привод от которого идет ко второй клемме трансформатора.

Для работы необходимы: стимулятор, отсчетник раздражения, метроном, кинотраф, микрограф, два серфина, лягушка, набор инструментов для препарирования, штатив с муфтой, раствор Рингера, сосуд для изолированной гладкой мышцы, патетка.

Методика выполнения работы

Вскройте брюшную полость лягушки и наймите жагунок. По его средней части вырежьте кольцо шириной 0,5 см. Укрепите его в установке для изучения кривой сокращения гладкой мышцы (рис. 52). Для этого мыщечное кольцо расположите вертикально, захватив его за нижнюю сторону серфиной (5). Под верхней стороной кольца проведите нитку и оба ее конца прижмите к микрографу. Серфиной (6) захватите край кольца в его верхней части. После закрепления кольца наполните чашу раствором Рингера. После прилегания мыщечного кольца вследствие его механического раздражения мышца укоротится. Через 10—15 мин,

когда мышца расслабится, раствор Рингера удалите из лотка пипеткой. Пока мышца находится в растворе, включите в сеть стимулятор. Присоединяйте к нему трансформатор. К трансформатору подключите электроды в положении 1:10. Подставьте переключатель в положение: вид записки «внешний», частота 1 имп/с, амплитуда 2 В.

Приставляйте листок к бумаге, находящейся на поверхности барабана кимографа. Кимограф измерьте рукой на 360°, чтобы очертилась нулевым делением шпindel. Сокращения гладкой мышцы нарастают очень медленно и нередко бывают малыми по амплитуде. Наличие нулевого исходного уровня позволяет более точно определить момент начала сокращения и расслабления мышцы.

Упустите в ход метрону. С помощью часового механизма приведите во вращение барабан кимографа. Нажмите на кнопку в секундах число ударов метронома (соответствующее числу секунд) в момент нанесения раздражения до появления отчетливой реакции. Продолжая считать удары метронома, отметьте время подъема и опускания кривой.

Сравните длительность латентного периода, периода укорочения и расслабления попеременнополосатой и гладкой мышцы.

Работа 34. Регистрация сокращения скелетной мышцы при разной частоте раздражения

Если раздражать мышцу нервной импульсами с больших интервалами времени между ними (одна раз в 1 с), то она отвечает на каждый импульс отдельным сокращением (рис. 53, А). Такие интервалы оказываются достаточными для сокращения мышцы и полной ее расслабления. Если повысить частоту с большей частотой (более 10 раз в 1 с) и соответственно с меньшими интервалами, то возникает тетаническое сокращение, или тетанус, под которым понимают ответ мышцы на ритмическое раздражение. Различают тетанус зубчатый и гладкий.

Если каждый новый раздражающий импульс приходит в тот момент, когда мышца не полностью расслабилась после предыдущего сокращения, то форма тетануса будет зубчатой (рис. 53, Б). Если последующий импульс приходит в момент укорочения мышцы, тетанус оказывается сплошным, гладким (рис. 53, В). При раздражении нерва нервно-мышечного препарата двумя импульсами с таким интервалом между ними, при котором второй импульс приходит к мышце во время повышенной ее возбудимости, происходит наложенное кривая — суперпозиция. При этом на вто-



Рис. 53. Отдельное сокращение, суперпозиция, зубчатый и гладкий тетанус.

рой импульс возникает сокращение большей высоты, чем на первый (рис. 53, Г).

Для работы необходимы: микрова с клеммой для нервно-мышечного препарата, стимулятор, кимограф, микрограф, иглушка, набор инструментов для препарирования, штатив с муфтой, раствор Рингера, ленточка.

Методика выполнения работы

Приготовьте нервно-мышечный препарат. Временную косточку препарата укрепите в разрыве электродов. Сухими концами мышцы посредством бита присоедините к пилотному рычагу. Листок приложите к бумаге, покрывающей барабан кимографа. Включите в сеть стимулятор, присоедините к нему трансформатор. Подключите к трансформатору электроды. Поставьте нужные параметры раздражения: вид записки «внешний», частота 1 имп/с, амплитуда 1 мВ, длительность для получения кривой сокращения. Барабан кимографапустите на биенный ход для этого ставьте совсем или поставьте более слабой флюгер. Нажмите на кнопку в заданное время одиночного сокращения мышцы. Нажмите на кнопку 2 раз с кратчайшим интервалом и зарегистрируйте суперпозицию. Переключите вид записки стимулятора на «внутренний», а частоту раздражения увеличьте до 10 имп/с. Переключатель поставьте в положение «зубл.» и запишите для того раздражения зубчатый тетанус. Отметьте большую высоту зубчатого тетануса по сравнению с одиночным сокращением при одинаковой интенсивности раздражения.

Для получения гладкого тетануса увеличьте частоту раздражения до 20—30 имп/с. Силу раздраженияставьте прежней. Приведите во вращение барабан кимографа. Переключатель стимулятора поставьте в положение «зубл.». На бумаге запишется гладкий тетанус.

Работа 35. Наблюдение явлений утомления мышцы

Утомление мышцы можно вызвать, раздражая ее в течение длительного времени. Лучше пользоваться частотой 40—60 ударов в 1 мин. При меньшей частоте раздражения в течение длительного времени утомление не наступает, при большей частоте раздражения могут появиться не одиночные, а суммированные сокращения.

Утомление мышцы характеризуется увеличением длительности ее сокращения, уменьшением амплитуды сокращения и появлением контрактуры, т. е. неполного расслабления мышцы после каждого сокращения. Вследствие этого кривая сокращения мышцы по мере развития ее утомления будет постепенно сходиться от нормального уровня. При полном утомлении мышца перестает сокращаться (рис. 54).

Для работы необходимы: электроды с клеммой для нервно-мышечного препарата, стимулятор, кимограф, микрограф, иглушка, набор инструментов для препарирования, штатив с муфтой, раствор Рингера, ленточка.



Рис. 54. Кривая мышечного утомления.

Методика выполнения работы

Приготовьте периферический препарат и укрепите его в штативе (рис. 55). Раздражающими воздействиями служат две токовые проволоки. Концы проволок обмотайте вокруг мышцы в ее верхнем и нижнем участках, два других конца проволок присоедините к трансформатору. Трансформатор присоедините к стимулятору. Поставьте переключатели в положение: вид запуска «внутренний», частота 1 км/с, длительность 1 мс. Включите стимулятор в сеть. Песочник продвиньте к барабану кимографа. Вращая барабан, сделайте полный круг. При этом песочник запишет круговую линию, соответствующую исходному положению рычага кимографа. Подберите силу раздражения, при которой регистрируется сокращение хорошей амплитуды. После этого приведите во вращение барабан кимографа с помощью часового механизма и закройте ключ. На кимографе будут регистрироваться кривые сокращения мышцы на каждый раздражающий импульс.

Отметьте, как по мере развития утомления изменяются длительность и амплитуда сокращения мышц. Обратите внимание на появление контрактуры. Вычертите полученную кимограмму и приклейте ее в тетрадь.

Работа 36. Определение работы, выполняемой мышцей при разных нагрузках

При подъеме груза массой m работа A определяется произведением силы тяжести, действующей на тело, на высоту подъема h : $A = mgh$. Работа мышцей возрастает при увеличении массы поднимаемого груза, но до известного предела: при большой массе груза высота подъема оказывается столь малой, что работа либо остается неизменной, либо уменьшается.

Для работы необходимы: электроды с клеммой для периферического препарата, стимулятор, кимограф, мюограф, линейка, набор инструментов для препарирования, штатив с муфтой, грузы массой 30, 50 и 100 г, раствор Рингера, ланетка.

Методика выполнения работы

Приготовьте периферический препарат. Бесклеточную часть препарата укрепите в зажиме электродов. Ахиллово сухожилие посредством нити присоедините к мюографу. Песочник мюографа у-

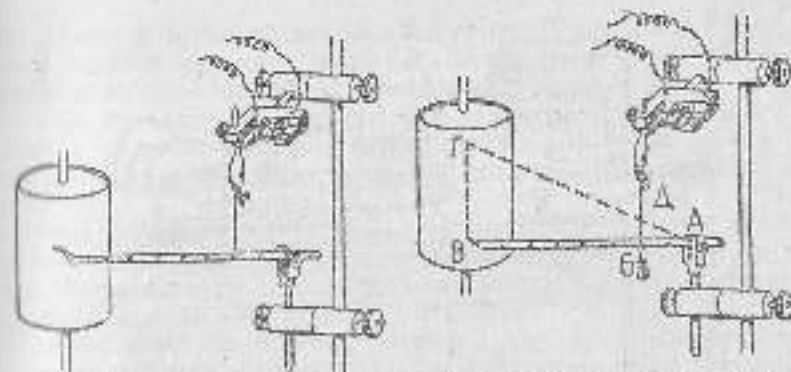


Рис. 55. Установка для раздражения мышцы при помощи электричества.

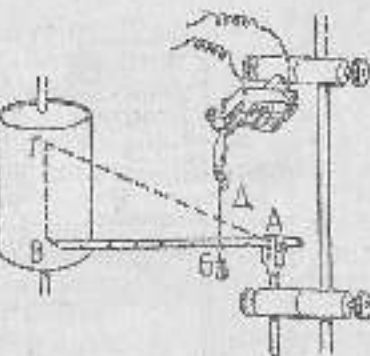


Рис. 56. Устройство для расчета фактического подъема груза известной при его расстоянии.

становите горизонтально и присоедините к поверхности барабана кимографа. Включите в сеть стимулятор. Присоедините к нему трансформатор. Поставьте переключатели в положение: вид запуска «внутренний», частота 20 в/сек, длительность 1 мс. Подвесите на мюограф в месте прикрепления к нему мышцы груз массой 30 г. Найдите такую силу раздражения нерва периферического препарата, при которой сокращение отходящей мышцы становится максимальным. Запишите на движущем кимографе кривую сокращения мышцы при кратковременной силе раздражения. Повторите то же самое с грузами массой 50 и 100 г.

Определите для всех трех случаев высоту подъема груза мышцей (рис. 56). Для этого измерьте длину рычажка мюографа от оси его вращения до острого песочника (AB), расстояние от оси вращения до места подвешивания груза (AG) и высоту подъема острого песочника (BG). Зная эти величины, по подобия треугольников ABG и ABD вычислите, чему будет равен фактический подъем груза (BD):

$$\frac{BD}{BG} = \frac{AB}{AG}, \text{ откуда } BD = \frac{AB \cdot BG}{AG}.$$

Вычислите работу, произведенную мышцей при подъеме груза массой 30, 50 и 100 г, по формуле $A = mgh$, где m — масса груза. Отметьте, как изменяется работа при последовательном увеличении масс поднимаемого груза. Результаты эксперимента запишите в тетрадь.

Работа 37. Эргография

Для изучения утомления мышц человека при произвольных сокращениях можно применять различные эргографы. Чаще всего пользуются эргографом для регистрации движений среднего пальца руки (рис. 57).

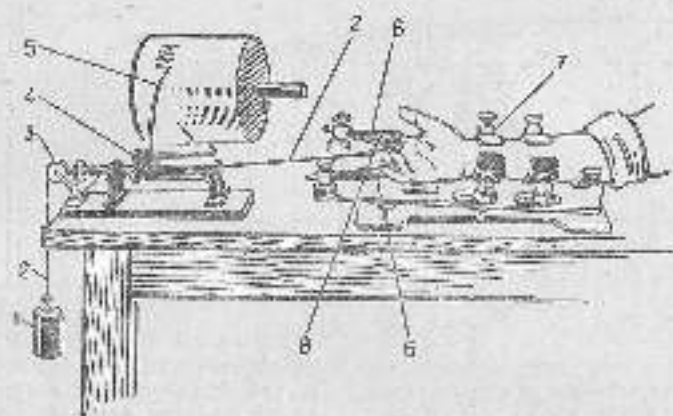


Рис. 57. Эргограф.

В эргографе такого типа металлический ползунок (1) перемещается по двум горизонтальным планкам. На ползунке укреплен пружин (2). К одному краю ползунка прикреплен прочный шнур (3), переброшенный через блок (4); в конце шнура подвешен груз (5). К другому краю ползунка прикреплен шнур с петлей (6) на конце. На доске расположены маятник (7), с помощью которого фиксируется предельная высота поднимаемой и опускаемой ладони помещаются в металлические подпятники (8), выходящие на той же доске, а на средний палец испытуемого надевается телло (9). При сгибании среднего пальца шнур (з вместе с ним и ползунок с пружиной) передвигается, поднимая груз. Высота подъема груза точно соответствует расстоянию, на которое передвинутся ползунок. При разгибании пальца груз тащит шнур, устремляя ползунок в обратном направлении. При снятии барабана эргографа с шестика, можно зарегистрировать его перемещение и тем самым определять высоту подъема груза. Умножив массу груза (m) на сумму всех перемещений ползунка к и из ускорения свободного падения (g), определяют работу мышц, выполнившую до момента отказа от работы при полном утомлении.

Работа различна при разных ее режимах. При плавных подъемах и опусканиях груза утомление развивается быстрее и выполняемая работа оказывается меньше.

Для работы необходимы: эргограф, кимограф, метроном, грузы массой 1 и 2 кг.

Методика выполнения работы

Поместите руку испытуемого на доску эргографа ладонью сверху. Придайте, указательный и безымянный пальцы прочно закрепите. На средний палец наденьте телло. Правый кимографу горизонтальное положение, подставьте его к эргографу так, чтобы палец регистрировал перемещение груза по поверхности бара-

бана. Пустите в ход метроном с частотой 60 ударов в 1 мин. Запишите часовой механизмом кимографа и включите его. Предложите испытуемому произвольно сгибание и разгибание пальца, а следовательно, подъем и опускание груза (сначала 1 кг, а затем 2 кг) в такт с ударами метронома до полного утомления. Между отдельными вращениями эксцентрика делайте 10-минутные перерывы.

После складывания высоты всех подъемов палец, зарегистрированных на кимографе, определите суммарную высоту подъема груза. Выделите произведенную мышцей работу и длительность ее выполнения до наступления утомления.

Тот же опыт проводите, действуя в ход метроном с частотой 30 ударов в 1 мин. Сравните результаты опытов при частоте сгибаний пальца 30 и 60 раз в 1 мин. Подсчитайте общее количество подъемов палец; отнесите, после сколько максимальных подъемов наступило снижение высоты подъема груза, как быстро наступило полное утомление, как влияет темп движений на развитие утомления и на суммарную выполненную работу.

Исходя из данных, полученных всеми студентами группы, определяйте среднюю величину работы, выполненной при разных грузах и разной частоте их подъема и опускания. Выделите ошибку средней и среднее квадратическое отклонение. Рассчитайте зависимость между: 1) величиной груза и длительностью работы; 2) частотой подъема и опускания груза и длительностью работы. Результаты эксперимента запишите в тетрадь.

Работа 38. Измерение силы мышц и силовой выносливости

Одним из показателей физического развития организма служит сила мышц. В настоящее время хорошо изучена сила различных мышц. Однако чаще всего пользуются определением силы кисти и стальной силы, которые являются суммарными показателями силы мышц, участвующих в осуществлении движения определенного типа. Начиная с этой работы состоит в определении силы кисти, стальной силы и силовой выносливости.

Для работы необходимы: кистевой и стальной динамометры.

Методика выполнения работы

1. Определение силы кисти

Рассмотрите устройство кистевого динамометра. Кистевой динамометр имеет овальную форму и представляет стальной пружиной, степень сжатия которой регистрируется стрелкой. Используются кистевые динамометры разных марок: ДК-25 — для детей, ДК-50 — для женщин и подростков, ДК-100 — для мужчин, ДК-140 — для спортсменов (рис. 58, 59).

Возьмите кистевой динамометр кистью правой руки, которую отведите от туловища до получения с ним прямого угла. Вторую руку опустите вниз вдоль туловища. Сожмите с максимальной силой пальцы правой кисти 5 раз, делая перерывы и несколько ми-

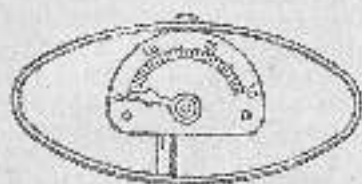


Рис. 54. Кистевой динамометр для детей.



Рис. 55. Кистевой динамометр для параличей.

нут и каждый раз фиксируя положение стрелки. Наибольшее отклонение стрелки динамометра является показателем максимальной силы мышц кисти. Сделайте эти же определения для левой руки. Определите среднюю величину силы мышц правой и левой кисти, ошибку средней, среднее квадратическое отклонение.

2. Определение стационарной силы

Стационарный динамометр (рис. 56) состоит из упругого элемента, пружинного вала кольца, к которому жестко крепится корпус с передаточным механизмом, рукоятка и крюк, надевающийся на соединительную пластину с подставкой для упора ног.

Расположите рукоятку стационарного динамометра на уровне коленных суставов. На крюк динамометра наденьте соединительную пластину, один из концов которой (в зависимости от роста испытуемого) соединяете с подставкой для упора ног. Испытуемый должен встать на подставку. Схватитесь и возьмитесь двумя руками за рукоятку. При этом руки и ноги должны быть выпрям-

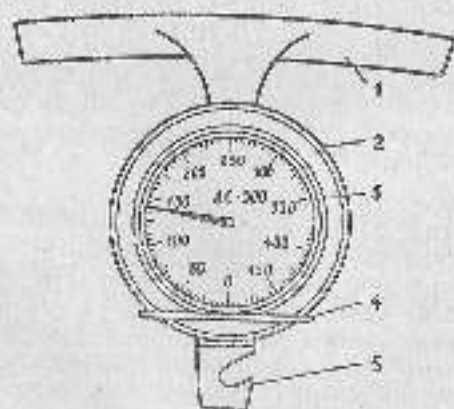


Рис. 56. Стационарный динамометр.

1—рукоятка; 2—упругий элемент; 3—корпус с передаточным механизмом; 4—подставка для упора ног; 5—крюк динамометра; 5—диск.

лены. Поверните с максимальной силой рукоятку вверх, выдерживая при этом туловище. Повторяйте это движение 5 раз с интервалом в несколько минут. Определите среднее значение стационарной силы, ошибку средней и среднее квадратическое отклонение.

3. Определение силы в динамичности

Для определения кистевой выносливости уменьшите силу сжатия ручного динамометра так, чтобы она составляла 1/3 от максимальной. По секундомеру определите время, в течение которого будет удерживаться такая усадка.

Повторите определение, уменьшив силу сжатия на 50% от максимальной.

Пользуясь данными, полученными всеми студентами группы, рассчитайте среднюю величину и ошибку средней.

Работа 30. Возрастные изменения силы мышц и силовой выносливости

Сила мышц и силовая выносливость с возрастом увеличиваются. Возрастная динамика силы мышц и силовой выносливости представлена в таблицах 8, 9, 10 и 11.

Таблица 8. Возрастные изменения силы мышц кисти правой руки

Возраст (в лет)	Сила мышц кисти, средняя сила (в кг)	
	Мальчики	Девочки
3	3	3,8
4	5,1	4,9
5	6,3	6,1
6	7,7	6,9
7	9,3	8,6
8	11,1	9,5
10	14,7	11,8
12	18,2	15,7
14	23,5	21,5
17	41,3	27,3

Таблица 9. Возрастные изменения стационарной силы

Возраст (в лет)	Стационарная сила (в кг)	
	Мальчики	Девочки
7—8	34,1	31,0
10—12	37,9	42,1
13—17	34,0	33,0

Методика выполнения работы

Пользуясь методикой, представленной в работе 28, определите силу мышц кисти, стационарную силу и силовую выносливость у детей и подростков 7, 8—9, 10—12 и 13—15 лет. Определите для

каждого возраста среднюю величину указанных показателей, ошибку средней и среднее квадратическое отклонение. Пользуясь таблицами Стьюдента, вычислите достоверность различий указанных показателей у детей разных возрастных групп и взрослых.

Таблица 10. Возрастная характеристика скорости выносливости

Возраст (в г.)	Время (в с.) удержания угла, составленного из 90° от максимальной
6—8	145
12—14	236
16—20	283
20—25	176

Таблица 11. Возрастная характеристика максимальной деятельности (в с.) сжатия кисти с силой, составляющей 50% от максимальной

Возраст (в г.)	Длительность сжатия		Возраст (в г.)	Длительность сжатия	
	Мальчики	Девочки		Мальчики	Девочки
7	57,0	53,0	13	97,2	95,0
8	77,7	73,1	14	96,2	104,6
9	77,0	78,2	15	105,8	108,8
10	88,0	84,2	16	110,2	104,8
11	92,2	86,5	17	115,1	128,8
12	85,0	91,8			

Работа 40. Определение латентных периодов зрительно-моторных и слухо-моторных реакций и влияние на них различных видов деятельности организма

Задача работы заключается в определении латентных периодов зрительно-моторных и слухо-моторных реакций. Длительность рефлекторной реакции складывается из времени проведения возбуждения от релеатора по афферентным путям до центральной нервной системы, из времени его прохождения через центральную нервную систему и времени прохождения от центральной нервной системы по эфферентным путям к исполнителю. Это время неодинаково у испытуемых разного возраста и при разных функциональных состояниях организма. Поэтому этот показатель используют в качестве показателя скорости, происходящих в центральной нервной системе в процессе развития организма и под влиянием различных факторов внешней и внутренней среды.

Для определения латентных периодов зрительно-моторных и слухо-моторных реакций можно пользоваться различными методами.

Для работы необходимы: телехронорефлексометр или радиорефлексометр, для телеграфных ключа, источник светового и звукового раздражения.

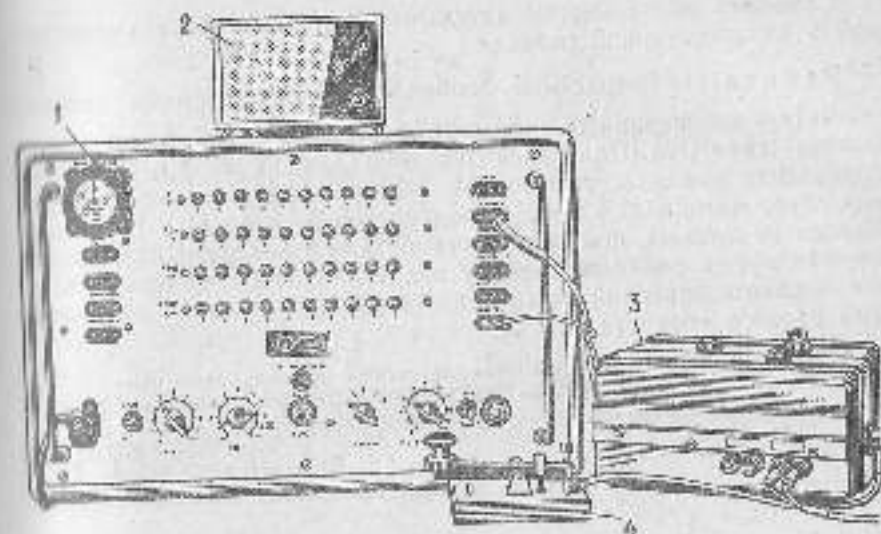


Рис. 62. Радирефлексометр

1 — генератор; 2 — лампа; 3 — ключ раздражения для подачи раздражения; 4 — телеграфный ключ.

Методика выполнения работы

Сущность действия радиорефлексометра заключается в том, что находящийся в нем светное устройство начинает отсчет времени с момента подачи светового или звукового раздражения и до начала ответной реакции, когда сигнал отключается.

К звездам «реле» подключите источник светового раздражения, переключателем «вперед» установите режим работы на световой раздражитель (рис. 61). К звездам «кнопка I» и «кнопка II» подключите телеграфные ключи. Радиорефлексометр включите в сеть. Кнопкой «оброс» установите исходное положение прибора.

Посредством контусаго при замыкании лампочки нажать на «кнопку II». Экспериментатор включает раздражитель нажатием на «кнопку I». После того как испытуемый нажатием на «кнопку II» прекращает отсчет времени, на передней панели зажимаются испорченные по лампочке. Цифры, как обозначают, покажут время рефлекторной реакции. Точность регистрации 0,0001 с. Например, если цифры были 1, 2, 7, 4, то время реакции будет равно 0,1274 с. Определите повторно 10 раз и рассчитайте среднюю величину, ошибку средней и среднее квадратическое отклонение.

Определите таким же образом время реакции при действии звукового раздражителя. Предложите испытуемому выполнить какое-либо физическое упражнение до наступления утомления (например, приседания) и снова повторите определение времени реакции.

Сравните длительность латентных периодов зрительно-моторной и слухо-моторной реакций.

Работа 41. Возрастные особенности сенсомоторных реакций

Латентный период сенсомоторных реакций с возрастом уменьшается (табл. 12). Пользуясь метолитой, изложенной в работе 10, определите время сенсомоторной реакции (зрительно-моторной или слухо-моторной) у детей и подростков 7—8, 9—11 и 12—14 лет. Исходя из данных, полученных студентами всей группы, определите среднее время реакции, ошибку средней, среднее квадратическое отклонение и критерий достоверности различия величин у испытуемых разного возраста.

Таблица 12. Возрастные изменения латентного периода зрительно-моторной реакции (по данным измерений с помощью ИПР-01)

Возраст (лет)	Время реакции (м.сек.)
5—6	393
7—8	242
9—11	192
12—14	185
16—18	153

Работа 42. Регистрация биоэлектрической активности мышц человека

Кривая записи электрической активности мышц волеи называется электромиограммой. Если потенциалы действия отводятся с помощью накожных электродов, т. е. электродов, расположенных на поверхности кожи, то регистрируется суммарная электромиограмма. В этом случае регистрируемая электрическая активность отражает число активных в данный момент двигательных единиц, частоту колебаний потенциала в каждой из них и степень синхронизации возбуждения в них возбуждения. Чем выше степень синхронизации, тем больше амплитуда потенциалов действия и меньше их частота (рис. 62). Десинхронизация проявляется в появлении большого числа мелких колебаний при уменьшении количества волн большой амплитуды. При субмаксимальных усилиях амплитуда потенциалов действия нарастает по мере утомления, а их частота уменьшается, что свидетельствует о нарастающем утомлении. При максимальных нагрузках на мышцу отмечается высокая степень синхронизации, которая в конце удержания усилия, при развитии утомления, сменяется десинхронизацией, когда амплитуда потенциалов действия уменьшается.

Для работы необходимы: усилитель переменного тока (УВН 1-03), плейфайл или электронный осциллограф, набор грузов, накожные электроды, электродная паста, спирт, вата, лейкопластырь.

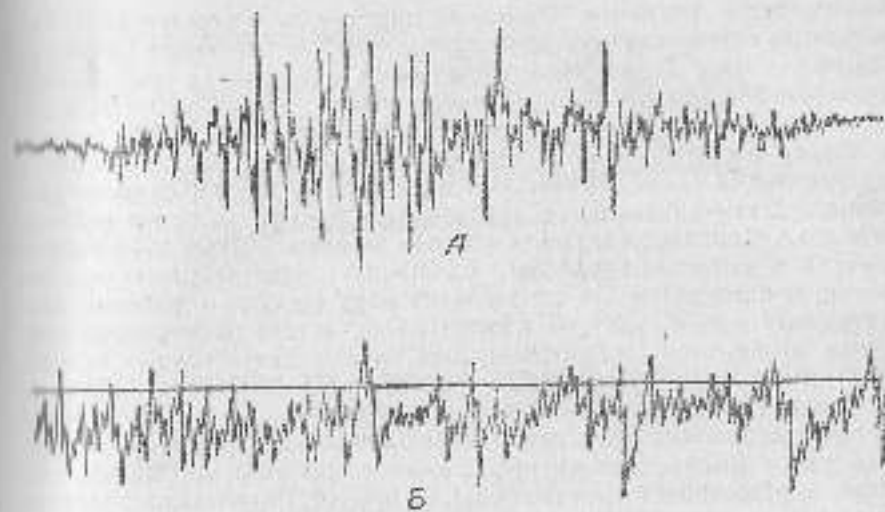


Рис. 62. Суммарная электромиограмма при большой степени синхронизации работы двигательных единиц (А) и при ее десинхронизации (Б).

Методика выполнения работы

Подготовьте приборы для регистрации электрической активности мышц, включите их в сеть. Электроды подключите к усилителю, соединенному с осциллографом. Кожу над двуглавой мышцей плеча испытуемого протрите спиртом. Заполните электроды электродной пастой. Электроды расположите на коже так, чтобы расстояние между ними было 2 см, укрепите их лейкопластырем. Предложите испытуемому поднять демаксимальный груз, сгибая руку в локтевом суставе, и удерживать его до наступления утомления. Зарегистрируйте электромиограмму в начале работы, через 10 с, через 2 мин и перед отказом удерживать усилие вследствие возникновения утомления. Повторите опыт, используя максимальный груз. Определите частоту потенциалов действия и амплитуду самых крупных волн в разные периоды времени после начала работы. На основании характера записанной электромиограммы и процесса развития утомления сделайте вывод о динамике синхронизации работы двигательных единиц при максимальных и нематимаксимальных мышечных нагрузках.

Работа 43. Определение показателей программирования локальных циклических двигательных актов

У человека выработана чёткая или почти двигательная привычка связана с формированием моторной программы, чётко выражающей во времени и пространстве активность возбуждающих и тормозящих нейронов, функций которых отражаются начало и конец работы отдельных двигательных единиц мышц агонистов и

актаторского движения. Фиксация программ в памяти дает возможность проводить в последующем повторяющиеся движения быстро, точно, длительно. Программа реализуется посредством инициации в реакцию определенного числа нейронов, путем определения времени их включения, длительности импульса, в течение которого в состоянии возбуждения проходит максимальное число директивных единиц, участвующих в осуществлении данного движения, путем определения директивности работы каждого нейрона и всего собранного ансамбля в целом, а также путем осуществления цикла и окончания работы различных двигательных единиц, мышц антагонистов. Об этих показателях программируются двигательные акты судя по амплитуде и частоте точек касания действия мышц, времени антагонизации работы двигательных единиц, длительному периоду моторной реакции, длительности периода нарастания амплитуды потенциальных действий до максимальной величины, длительности периода подготовки движения, длительности фазы импульсной активности, экономичности движения, степени выраженности реципрокных отношений. Реализация программы движения у животных при хорошо выраженном двигательном навыке характеризуется малой длительностью фазы импульсной активности, большой величиной периода нарастания амплитуды потенциальных действий до максимальной величины, выраженными реципрокными отношениями, высокой экономичностью движения. Такой вид программы обуславливает возможность быстрого выполнения движения, что в свою очередь при циклических движениях обеспечивает необходимую для сохранения работоспособности длительность периода отдыха.

Для работы необходимо: эргограф, усилитель переменного тока (УВН 103), шлюзовый или электродный осциллограф, набор грузов массой от 0,5 до 3,0 кг, выключатель электроли, эластичная ластик, спирт, вода, лейкопластырь, источник света.

Методика выполнения работы

Подготовьте приборы для регистрации электрической активности мышц, включите их в сеть. Электроды подключите к усилителю, соединяемому с осциллографом. Кожу над поверхностными сгибателями и общими разгибателями пальцев правой руки протрите спиртом. Электроды зафиксируйте электродной лентой. Электроды расположите на этих местах так, чтобы межэлектродное расстояние составляло 2 см. Электроды укрепите лейкопластырем. Закрепите предплечье правой руки в эргографе (рис. 63). На средний палец наденьте петлю, от которой идет трос к грузу. Подберите максимальный для данного испытуемого груз. Предложите испытуемому поднимать и опускать груз, сгибая средний палец руки до полного утомления. Этот опыт надо делать под звук метронома (60 ударов в 1 мин). Сигналом начала работы служит зажигание лампы. Механограмма движения регистрируется с помощью потенциометра, усиленного по одной оси в блоке и соединенного каналом с осциллографом. Поставьте скорость движения плечки

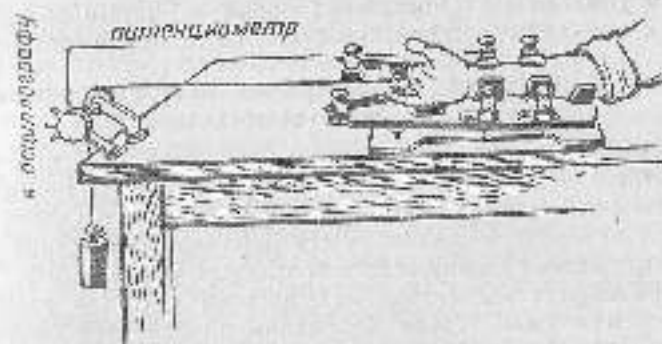


Рис. 63. Установка для регистрации поверхностной электрической работы.

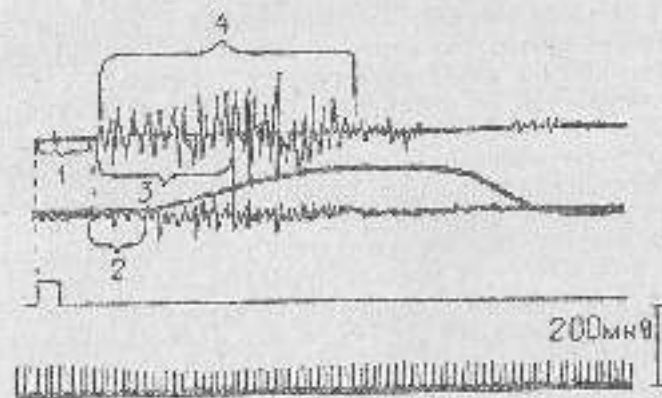


Рис. 64. Сигналы регистрируемых определены параметрами программированной работы. Сверху вниз: период, в течение которого в состоянии повышенной активности пальца правой руки — максимальная скорость движения; потенциал импульсной активности; нарастающая амплитуда потенциальных действий; длительность периода нарастания амплитуды потенциальных действий; время нарастания амплитуды потенциальных действий; время сохранения амплитуды; время минимальной амплитуды активности; длительность фазы импульсной активности.

100 мм/с. Включите отметку времени. Произведите запись электромиограммы (ЭМГ) только в течение первых 10 с работы. Затем запишите амплитудный сигнал 500 мкВ. Отметьте общую длительность работы. Сделайте анализ электромиограммы по следующим показателям (рис. 64):

1. Длительный период возбуждения (рис. 64, 1).
 2. Латентный период моторной реакции (рис. 64, 2).
 3. Время развития максимальной электрической активности (рис. 64, 3).
 4. Длительность периода импульсной активности (рис. 64, 4).
 5. Отношение максимальных амплитуд потенциалов действия поверхностности сгибателя к общему разгибателя пальцев.
- Все показатели определяются для каждого цикла, а затем вычисляются их средние значения, отбрасывая средние и средние крайние значения.

ратические отклонения. Определите корреляционные связи между силой сокращения и длительностью выполнения работы.

Работа 44. Возрастные особенности программирования циклических двигательных актов

Программа выполнения двигательных актов с возрастом совершенствуется. Латентный период возникновения потенциала действия, латентный период моторной реакции, длительность пачки импульсов, длительность периода достижения максимальной импульсной активности с возрастом уменьшается. Увеличивается разница в амплитуде потенциалов действия агониста и антагониста движения. Такие изменения показателей программирования свидетельствуют о возрастании скорости проведения возбуждения, об увеличении скорости трансформации электрического эффекта в механический, происходящий в сокращении мышцы (уменьшение латентного периода моторной реакции), об экономичности выполнения двигательного акта (уменьшение длительности пачек импульсов), об увеличении скорости вовлечения дополнительных единиц в реакцию (уменьшение периода достижения максимальной электрической активности), об улучшении координационных отношений (большие преимущества амплитуды потенциала действия агониста движения над амплитудой потенциала действия его антагониста). Все эти показатели особенно сильно изменяются у детей 8—9 лет. Этот возраст называют критическим в развитии функций двигательного аппарата. Однако отдельные показатели продолжают изменяться до 14—15 лет. При наличии научной лаборатории в школе возможно определение показателей программирования у детей разного возраста. Для этого требуется аппаратура, используемая в работе 43.

Пользуясь схемой в работе 43 методикой, определите показатели программирования двигательных актов у школьников 6—7, 8—9, 10—12 и 13—15 лет. Каждый студент может производить определения только у школьников одной возрастной группы. Используя данные, полученные другими студентами, обследующими школьников другого возраста, определите достоверность различий определяемых показателей у школьников различных возрастных групп и взрослых.

Работа 45. Определение лабильности нервно-мышечного синхронизма

Лабильность определяется наибольшим количеством потенциалов действия, которые может воспроизвести возбужденное образование в том же соответствии с ритмом латентных раздражений. В системе пера — сигнал — мышца наибольшей лабильностью обладает перо (у лягушки до 500 имп/с), наименьшей — сигнал (около 100 имп/с). У мышцы лабильность меньше, чем у нерва, по большей, чем у сигнала. В условиях раздражения пера и ретарации потенциалов действия мышцы их максимальной возможная

частота будет характеризовать лабильность сигнала, так как именно он, обладая наименьшей лабильностью, будет определять ритм выводимых от мышцы потенциалов действия. При работе с тем же нервно-мышечным препаратом отмытые от мышки потенциалы действия отражают лабильность всех возбужденных мышечных волокон вместе с их синаптическим аппаратом. Увеличение частоты раздражения до известного предела сопровождается возрастанием амплитуды потенциала действия, что объясняется разной возбудимостью волокон. При увеличении частоты раздражения в реакцию вступают волокна, обладающие меньшей возбудимостью, что приводит к увеличению амплитуды потенциала действия. Однако при частоте раздражения, превышающей меру лабильности синаптического аппарата волокон, они выходят из реакции вследствие развития несовместимого состояния. Амплитуда потенциала действия при этом начинает уменьшаться. Отсюда следует, что наибольшую частоту раздражения, при которой еще не отмечается уменьшение амплитуды потенциала действия, можно считать мерой лабильности как синхронизма лабильных синапсов. Увеличение частоты сверх этой величины приводит к выключению из работы части наименее лабильных синаптических образований мышечных волокон, что отражается в уменьшении амплитуды потенциалов действия. Частота потенциалов действия, при которой исчезает самая малая их амплитуда, или их отсутствие характеризуют лабильность наиболее лабильных синаптических образований.

Для работы необходимы: осциллограф переменного тока (УБЦ 1-83), гальванический или электронный осциллограф, стимулятор, раздражающие и отводящие электроды, электрическая ласта, изолирующая пластинка, влажная камера, лягушка, раствор Рунгера, вазелиновое масло.

Методика выполнения работы

Приготовьте нервно-мышечный препарат и поместите его во влажную камеру. Мышцу растяните так, чтобы была обеспечена координатный режим ее работы. Под перо подведите раздражающие электроды, а между ними и мышцей — изолирующую пластинку. Смажьте перо вазелиновым маслом. Отводящие (игольные) электроды введите в мышцу. Присоедините раздражающие электроды к стимулятору с изолирующим трансформатором, а отводящие — к усилителю, который соединяется с осциллографом (рис. 65). Поставьте на стимуляторе длительность импульса 0,5 мс, частоту 5 имп/с. Найдите порог раздражения. Сделайте интенсивность раздражения равной 1,5 порога. Включите на осциллографе отметку времени. Записывайте потенциалы действия, возникающие в мышце, при раздражении пера импульсами, длительность которых составляет 0,5 мс, интенсивность 1,5 порога, частота раздражения сначала 10 имп/с, а в каждом следующем на 20 имп/с больше. После частоты раздражения 100 имп/с сразу дается 200 имп/с. Длительность раздражения 3—5 с, скорость движения пера 100 мм/с, интервал между раздражениями 2 мин. Запишите калибровочный сигнал 500 мВ. Прокалибруйте получен-

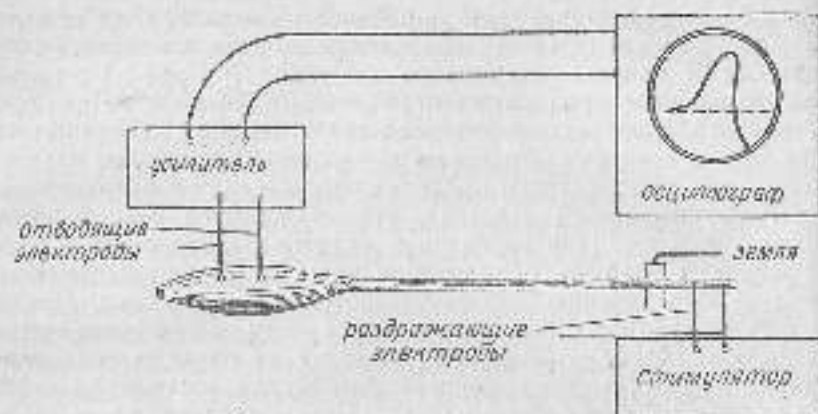


Рис. 65. Схема установки для регистрации спонтанности первоначального зрачка.

две осциллограммы, определяя частоту, при которой началось уменьшение амплитуды потенциалов действия, и частоту, вызывающую возникновение потенциалов действия очень малой амплитуды. Сделайте вывод о величине лабильности различных сапуптических образований мышцы.

ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

Ресничные образования избирательно реагируют на различные раздражения внешней и внутренней среды зрачковой, что связано с особенностями их строения и местом расположения.

Деятельность органов чувств объективно выражается в возникновении возбуждения в их рецепторных образованиях. Под влиянием раздражения и рецепторным образованиям осуществляются сложные физико-химические и биохимические процессы, в результате которых возникают потенциалы действия, идущие по афферентным путям в центральную нервную систему. В коре больших полушарий происходит анализ и синтез поступающей информации. Субъективно деятельность органов чувств выражается в возникновении ощущений.

Работы данного раздела практики позволяют более детально ознакомиться с функциональными свойствами зрительного анализатора и частично — некоторых других.

Работа 46. Наблюдения за рефлекторными реакциями зрачка

Зрачок при быстром увеличении интенсивности освещения сразу же суживается, а при ее уменьшении расширяется. Затем

постепенно диаметр зрачка возвращается к исходному состоянию. Такие реакции зрачка предохраняют сетчатку в момент резкого изменения интенсивности освещения, когда явления адаптации еще не успели развиться. В темноте зрачки могут оставаться расширенными в течение длительного времени. При напряженном рассмотрении близко расположенных мелких предметов, например при чтении книги, напечатанной очень мелким шрифтом, зрачки могут долго оставаться суженными даже при относительно слабом освещении.

Реакция зрачков всегда содружественная и kommt завоинств правого глаза расширяется зрачок и левого глаза, в момент открывания глаз оба зрачка суживаются. Для объяснения этого явления надо знать путь, по которому проходят импульсы при осуществлении рефлекторных реакций зрачка. От рефлектора сетчатки волокна зрительного нерва, направляясь к буграм четверохолмия, частично перекрещиваются. В четверохолмии возбуждение переходит на ядра глазодвигательного нерва и по нему приходит к круговой мышце радужной оболочки глаза, находясь на полюсе. Таким образом, к по правому и по левому глазодвигательным нервам возбуждения идет от сетчаток правого и левого глаза.

Методика выполнения работы

(работа проводится вдвоем)

Для выяснения реакций зрачка на свет поверните испытуемого лицом к свету и обратите внимание на величину зрачков его глаз. Затем на 10—15 с закройте один глаз испытуемого и пронаблюдайте за расширением зрачка другого глаза (содружественная реакция). Быстро отнимите руку и снова определите величину зрачков. Можно видеть их быстрое сужение и незначительное последующее расширение как следствие наступившей световой адаптации.

Работа 47. Опыт Шейнера

Аккомодация, т. е. способность глаза видеть предметы на различном от него расстоянии, связана с тем, что хрусталик меняет свою форму. При рассмотрении близких предметов хрусталик становится более выпуклым, а при рассмотрении удаленных предметов — более плоским. Отсюда понятно, что одновременно хорошо видеть и близко и далеко расположенные предметы невозможно.

При фиксации глазом дальнего предмета хрусталик принимает такую форму, что идущие от этого предмета лучи, преломляясь, сходятся на сетчатке (L на рис. 66, I). Лучи, идущие от ближнего предмета, при такой форме хрусталика будут сходиться за сетчаткой (N на рис. 66, I). При фиксации глазом ближнего предмета (рис. 66, II) хрусталик принимает более выпуклую форму, так что лучи, идущие от этого предмета, сходятся на сетчатке (L на рис. 66, II). Лучи от дальнего предмета сойдутся перед сетчаткой (N на рис. 66, II).

Если на пути лучей, идущих от предмета, поставить ширму с двумя маленькими отверстиями, расстояние между которыми меньше диаметра зрачка, то соответственно через эти отверстия будут проходить только два узких пучка световых лучей. При фиксации взгляда дальнего предмета K и лучи от него для пучка лучей сойдутся на сетчатке и дадут одно изображение (L на рис. 66, I). Лучи, идущие от ближнего предмета M , дадут на сетчатке двойное изображение A_1 и B_1 (рис. 66, I), что приведет к возникновению ощущения двоения, т. е. появления двух образов ближнего предмета.

При фиксации ближнего предмета M и лучи от него два пучка лучей дадут на сетчатке одно изображение (L на рис. 66, II), а лучи от дальнего предмета K дадут на сетчатке два изображения A_2 и B_2 (рис. 66, II).

Если при фиксации дальнего предмета закрыть правое отверстие ширмы A , то исчезает левый, т. е. разноместный, образ ближнего предмета. Однако, обращаясь к рисунку 66, I , можно видеть, что при закрывании отверстия A исчезает изображение предмета A_1 , находящееся с той же стороны. Это объясняется тем, что изображение, возникающее на сетчатке справа, проектируется в левую половину поля зрачка и наоборот, изображение, возникающее на сетчатке слева, проектируется на правую половину поля зрачка.

По той же причине при фиксации ближнего предмета закрывание отверстия ширмы приводит к исчезновению одностороннего образа, т. е. образа на той же стороне.

Для работы необходимы: ширма с отверстиями, стержень (штатив), булавка, линейка.

Методика выполнения работы (работа проводится вдвоем)

Через ширму с двумя отверстиями, расстояние между которыми меньше диаметра зрачка, фиксируйте стержень штатива,

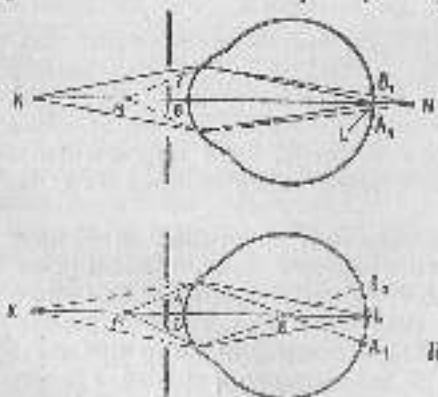


Рис. 66. Схема хода лучей при фиксации взгляда дальнего (K) и ближнего (M) предметов через Ширму.

находящийся на расстоянии 2—4 м от глаза. На расстоянии 20—30 см от глаза поместите булавку. Обратите внимание на двойные булавки. Закройте одно из отверстий ширмы и отметьте вышедшие разноместного образа булавки. Поменяйте весь опыт, фиксируя глазом булавку. Отметьте двойные изображения и вышедшие одностороннего образа при закрывании одного из отверстий ширмы.

Объясните наблюдаемые явления и зарисуйте соответствующие схемы хода лучей.

Работа 48. Определение ближней точки ясного видения силы accommodation глаза

Ближняя точка ясного видения — это точка, находящаяся на наименьшем расстоянии от глаза, на котором еще возможно отчетливое видение предмета. Соответственно дальняя точка ясного видения находится на наибольшем расстоянии от глаза от предмета.

Силой accommodation называется разность оптических сил хрусталика при максимальной accommodation и при ее отсутствии. За единицу оптической силы принимается оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 1 м. Эта единица называется диоптрией. Для определения оптической силы линзы в диоптриях следует единицу разделить на фокусное расстояние в метрах. Фокус — точка, где сходятся после прохождения через линзу лучи, идущие параллельно оптической оси. Фокусное расстояние — это расстояние от центра линзы до фокуса. Через центр линзы лучи проходят без преломления. Глядя имеет несколько преломляющих поверхностей с разными радиусами кривизны. Опытным путем был построен схематический (редуцированный) глаз с одной преломляющей поверхностью и условной точкой (O на рис. 67). Глаз человека установлен на рассматривание дальних предметов: параллельные лучи, идущие от сильно удаленной светящейся точки, сходятся на сетчатке и, следовательно, на ней находится фокус F (рис. 67). Поэтому расстояние от сетчатки до условной точки O (рис. 67) является для глаза фокусным расстоянием. Оно составляет 17 мм.

Отсюда оптическая сила глаза при отсутствии accommodation может быть определена как $\frac{1}{OF}$, или $\frac{1}{0,017}$, что составляет около 59 диоптрий. Природ оптической силы при accommodation, т. е. сила accommodation, неодинакова у разных людей и колеблется в зависимости от возраста от 0 до 14 диоптрий.

Силу accommodation можно измерять, определяя оптическую силу глаза при расположении рассматриваемого предмета в ближней и дальней точках ясного видения. При расположении предмета в дальней точке ясного видения accommodation отсутствует. Соответственно при расположении предмета в ближней точке ясного видения accommodation максимальна. Отсюда сила accommodation будет соответствовать разнице между оптической силой глаза, когда предмет находится в ближней и дальней точках ясного видения.

Если оптическую силу при отсутствии accommodation обозначить буквой D , то оптическая сила при

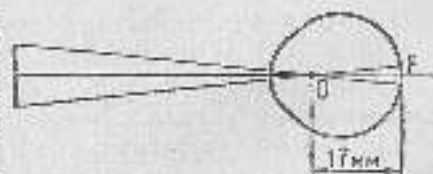


Рис. 67. Расположение условной точки O и заднего фокуса глаза.

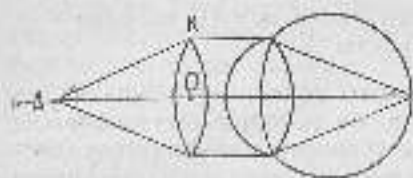


Рис. 68. Схема, поясняющая расчет силы accommodation.

вые лучи (если смотреть справа налево). Расстояние OA (его следует выражать в метрах) от центра этой линзы до ближней точки ясного видения является фокусным расстоянием. Отсюда оптическая сила линзы K определяется как $\frac{1}{OA}$ диоптрий, и оптическая сила при максимальной accommodation будет равна $n + \frac{1}{OA}$ диоптрий. Сила accommodation согласно ее определению окажется равной:

$$n + \frac{1}{OA} - n = \frac{1}{OA}.$$

Для работы необходимы: ширма с отверстиями, булавка, укрепленная на штативе, линейка.

Методика выполнения работы (работа проводится вдвоем)

Для определения ближней точки ясного видения закройте один глаз; перед другим поместите ширму с двумя отверстиями, расстояние между которыми меньше диаметра зрачка. Предложите испытуемому фиксировать этим глазом булавку, постепенно приближая ее к ширме. На определенном расстоянии булавка от глаза образ ее начинает раздваиваться. Отметьте это расстояние как расстояние до ближней точки ясного видения.

Для бинокулярного глаза можно определять дальнюю точку ясного видения. Для этого булавку, наоборот, постепенно удаляйте от глаза. Отметьте расстояние, при дальнейшем увеличении которого образ булавки начинает раздваиваться. Это расстояние и определит местоположение дальней точки ясного видения.

Работа 48. Возрастные особенности accommodationных способностей глаза

С возрастом расстояние до ближней точки ясного видения увеличивается, а сила accommodation уменьшается (табл. 13).

Для работы необходимы: ширма с отверстиями, булавка, укрепленная на штативе, линейка.

Методика выполнения работы

Пользуясь методикой, изложенной в работе 48, определите рас-

стояние до ближней точки ясного видения в силу accommodation глаза у детей до 10 лет, у испытуемых в возрасте 15 и 20 лет.

Таблица 13. Возрастные изменения силы accommodation и расстояния до ближней точки ясного видения

Возраст (в лет)	Сила accommodation (в дптр)	Расстояние от глаза до ближней точки ясного видения (в см)
До 10	14,0—14,6	7
15	12,0—12,3	8
20	10,0—13,0	10
25	9,2	12
30	7,7	14
40	6,9	22
50	5,1	40
70	0,25	400

Исходя из данных, полученных всеми студентами группы, определите средние величины этих показателей, ошибки средних, средние квадратические отклонения и критерий достоверности различия величин, введенных для разных возрастных групп.

Работа 50. Обнаружение астигматизма

Астигматизм зависит от кривизновой кривизны различных участков преломляющих поверхностей глаза, особенно роговицы. Поэтому лучи, идущие из одной точки, но через разные участки преломляющих поверхностей, будут по-разному преломляться и вследствие этого сойдутся не в одной точке. Отсюда некоторая неясность, размытость изображения.

Для работы необходим рисунок 69.

Методика выполнения работы

Для наблюдения астигматизма предложите испытуемому рассмотреть рисунок 69, на котором одни линии расположены вертикально, а другие — горизонтально, толщина всех линий одинакова. Отметьте, какие линии, горизонтальные или вертикальные, кажутся более отчетливыми.

Приближая рисунок к глазу и отодвигая его, определите, перед сетчаткой или за ней сходятся лучи, идущие от менее ясно видимых линий. Если, например, при приближении рисунка горизонтальные линии глаза более отчетливыми, то это означает, что лучи, идущие от этих линий, при начальном положении рисунка сошлись впереди сетчатки, а при приближении рисунка к глазу точки схождения лучей переместились на сетчатку, т. е. изображение оказалось в фокусе.

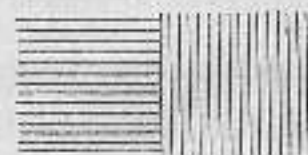


Рис. 69. Чертеж для выявления астигматизма.

Вращая рисунок, отметьте, что представление о толщине линзы все время меняется соответственно изменению их положения. Объясните наблюдаемое явление.

Работа 51. Обнаружение слепого пятна

Узелок сетчатки, на котором сходятся волокна, образующие зрительный нерв, носит название слепого пятна. При попадании лучей на слепое пятно изображение не возникает вследствие отсутствия в этом участке светочувствительных элементов.

В норме площадь слепого пятна колеблется от 2,5 до 6 мм².

Для работы необходимы: рисунок (рис. 70), лист бумаги, карандаш, обернутый белой бумагой, линейка.

Методика выполнения работы

Поместите перед глазами рисунок 70. Закрыв правый глаз, левым фиксируйте крест, рисовальника в правой части рисунка. Приближайте рисунок к глазу и удалите его. На определенном расстоянии от глаза круг выидает из поля зрения.

Для определения одного из поперечников слепого пятна в левом верхнем углу листа бумаги нарисуйте крест (рис. 71), который зафиксируйте правым глазом (левый глаз закройте). Из правого верхнего угла до выравнивания с крестом ведите карандаш, обернутый, кроме его оточенного кончика, белой бумагой. На определенном расстоянии от креста (BC) карандаш перестанет быть видимым, но по мере дальнейшего приближения к кресту, из расстояния AC от него, снова возникает изображение карандаша.

Постройте изображение точек A и B на сетчатке (рис. 71). Из подобия треугольников AOB и A₁OB₁ выведите отношение

$$\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{OK}{OL}$$

где расстояние AB легко измерить на бумаге; OK — расстояние от бумаги до глаза; OL — расстояние от узловой точки глаза до сетчатки, в среднем равно 17 мм.

Отсюда легко определить длину кажущегося поперечника слепого пятна:

$$A_1B_1 = \frac{AB \cdot OL}{OK}$$

Работа 52. Определение остроты зрения



Рис. 70. Рисунок для выявления слепого пятна.

Острота зрения характеризуется тем наименьшим углом зрения, а следовательно, тем наименьшим расстоянием между двумя точками пространства, при котором они видны еще как отдельные точки (A и B на рисунке 71).

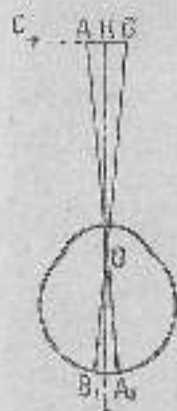


Рис. 71. Схема для определения наименького поперечника слепого пятна.

Установлено, что для нормального глаза острота зрения определяется углом ρ . Расстояние OL от узловой точки O до сетчатки составляет 17 мм. Отсюда можно вычислить величину отрезка A_1B_1 , т. е. то наименьшее расстояние между изображенными точками A и B на сетчатке, при котором они воспринимаются еще как отдельные. Действительно, OL можно считать радиусом R окружности, центр которой расположен в точке O . При длине радиуса 17 мм длина этой окружности примерно 107 мм, что вытекает из формулы $P = 2\pi R$, где P — длина окружности. Длина отрезка окружности между двумя радиусами с углом между ними 1° в 360 раз меньше, а при угле между радиусами, равном ρ , т. е. $\frac{1}{40}$ градуса, еще в 60 раз меньше. Нетрудно подсчитать, что углу в ρ соответствует длина, равная 6 ммк. Следовательно, две точки пространства воспринимаются как отдельные только в том случае, если расстояние между изображениями этих точек на сетчатке равно или больше 6 ммк.

Для работы необходимы: чертёж (рис. 72), линейка, таблица для определения остроты зрения, экран для закрывания одного глаза.

Методика выполнения работы

1. Определение остроты зрения с помощью чертёжа

Держите перед глазами испытуемого чертёж, где вместо точек A и B проведены две параллельные линии; расстояние между ними соответствует расстоянию AB на рисунке 71.

Предложите испытуемому постепенно отходить от чертёжа и останавливаться на том расстоянии, когда обе линии перестанут восприниматься раздельно. С помощью рисунка 71 определите расстояние между изображенными точками A и B на сетчатке, где OK — расстояние от рисунка до глаза (расстоянием между узловой точкой O и сетчаткой можно пренебречь, ибо оно очень мало по сравнению с расстоянием OK); AB — расстояние между точками A и B; OL — расстояние от узловой точки до сетчатки.

Из подобия треугольников AOB и A₁OB₁ выведите отношение

$$\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{OK}{OL}, \text{ откуда } A_1B_1 = \frac{AB \cdot OL}{OK}$$

Этим расстоянием A_1B_1 запишите угол зрения, а следовательно, и остроту зрения.

Установлено, что для нормального глаза острота зрения определяется углом ρ . Расстояние OL от узловой точки O до сетчатки составляет 17 мм. Отсюда можно вычислить величину отрезка A_1B_1 , т. е. то наименьшее расстояние между изображенными точками A и B на сетчатке, при котором они воспринимаются еще как отдельные. Действительно, OL можно считать радиусом R окружности, центр которой расположен в точке O . При длине радиуса 17 мм длина этой окружности примерно 107 мм, что вытекает из формулы $P = 2\pi R$, где P — длина окружности. Длина отрезка окружности между двумя радиусами с углом между ними 1° в 360 раз меньше, а при угле между радиусами, равном ρ , т. е. $\frac{1}{40}$ градуса, еще в 60 раз меньше. Нетрудно подсчитать, что углу в ρ соответствует длина, равная 6 ммк. Следовательно, две точки пространства воспринимаются как отдельные только в том случае, если расстояние между изображениями этих точек на сетчатке равно или больше 6 ммк.

Рис. 72. Чертёж для определения остроты зрения.

2. Определение остроты зрения с помощью таблицы

Для определения остроты зрения существуют таблицы с горизонтально расположенными параллельными рядами цифр, размер которых уменьшается от верхнего ряда к нижнему. Для каждого ряда определенно расстояние, с которого две точки, ограничивающие каждую цифру, воспринимаются нормальным глазом с расстояния 50 м, а ближнего — 5 м. Для определения остроты зрения в оптических единицах расстояние, с которого испытуемый может прочитать строку, делится на расстояние, с которого она должна читаться при условии нормального зрения.

Опыт проводится следующим образом.

Поставьте испытуемого на расстоянии 5 м от таблицы (рис. 73), которая должна быть хорошо освещена. Закройте один глаз испытуемого экраном. Попросите испытуемого назвать цифры на таблице в направлении сверху вниз. Отметьте последнюю из строк, которую испытуемый смог правильно прочитать. Делением расстояния, на котором находится испытуемый от таблицы (5 м), на расстояние, с которого он прочитал последнюю из различаемых строк (шириной 10 м), найдите остроту зрения. Для данного примера $\frac{5}{10} = 0,5$.

Работа 53. Возрастные изменения остроты зрения

У детей, глаза которых имеют разные преломляющие свойства, возрастные изменения остроты зрения неодинаковы. Так, у детей с нормальным зрением острота зрения повышается от 0,98 в 10—11 лет до 1,15 в 14—15 лет. У дальнозорких детей острота зрения снижается в те же годы с 0,73 до 0,68, а у близоруких — с 0,32 до 0,28. Возрастные изменения остроты зрения при нормальных преломляющих свойствах глаза представлены в таблице 14.

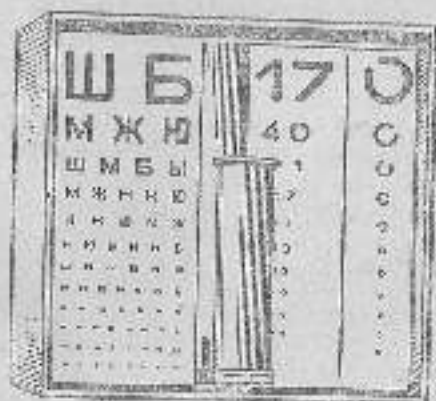


Рис. 73. Таблица для определения остроты зрения.

Таблица 14. Возрастные изменения остроты зрения при нормальных преломляющих свойствах глаза

Возраст (лет)	Острота зрения (в опт. ед.)
4—5	0,90
5—6	0,85
7—8	0,81
10	0,73
15	0,68
Взрослые	1,00

Для работы необходимы: таблица для определения остроты зрения, ширма для закрытия одного глаза.

Методика выполнения работы

Пользуясь методикой, описанной в работе 52, определите остроту зрения детей в подгруппах 7—8, 10 и 15 лет. Исходя из данных, полученных всеми студентами группы, определите среднюю величину остроты зрения, ошибку средней, среднее квадратическое отклонение и критерий достоверности разности величин для различных возрастных групп.

Работа 54. Определение поля зрения и его возрастная характеристика

1. Определение поля зрения

Поле зрения называется пространством, в пределах которого видны все его точки при фиксированном положении глаза. Для лучшей разницы должны быть поле зрения неодинаково (рис. 74). Наиболее велико поле зрения для белого цвета, т. е. для смешанного света. Это объясняется тем, что палочки, чувствительные ко всем длинам лучей и воспринимающие не цвет, а свет, находятся в большом количестве на периферии сетчатки.

Для определения поля зрения пользуются периметром.

Для работы необходимы: периметр, схема для тарировки поля зрения.

Полукруг периметра (рис. 75) промаркирован в градусах. Следящаяся пластинка и служит подставкой для подбородка испытуемого. В середине полукруга периметра укреплено зеркальце б, которое испытуемый фиксирует глазом.

Методика выполнения работы

(работа проводится вдвоем)

До начала эксперимента начертите в тетради схему, изображенную на рисунке 74, Б.

Испытуемому положить подбородок на пластинку периметра (рис. 75), один глаз закрыть, а другим фиксировать зеркальце.

Ведите по шкале периметра пометки с цветными кружками от периферии к центру: сначала сверху вниз, а затем снизу вверх. Отметьте, на каком градусе испытуемый начал отчетливо видеть предлагаемый ему для различения цвет.

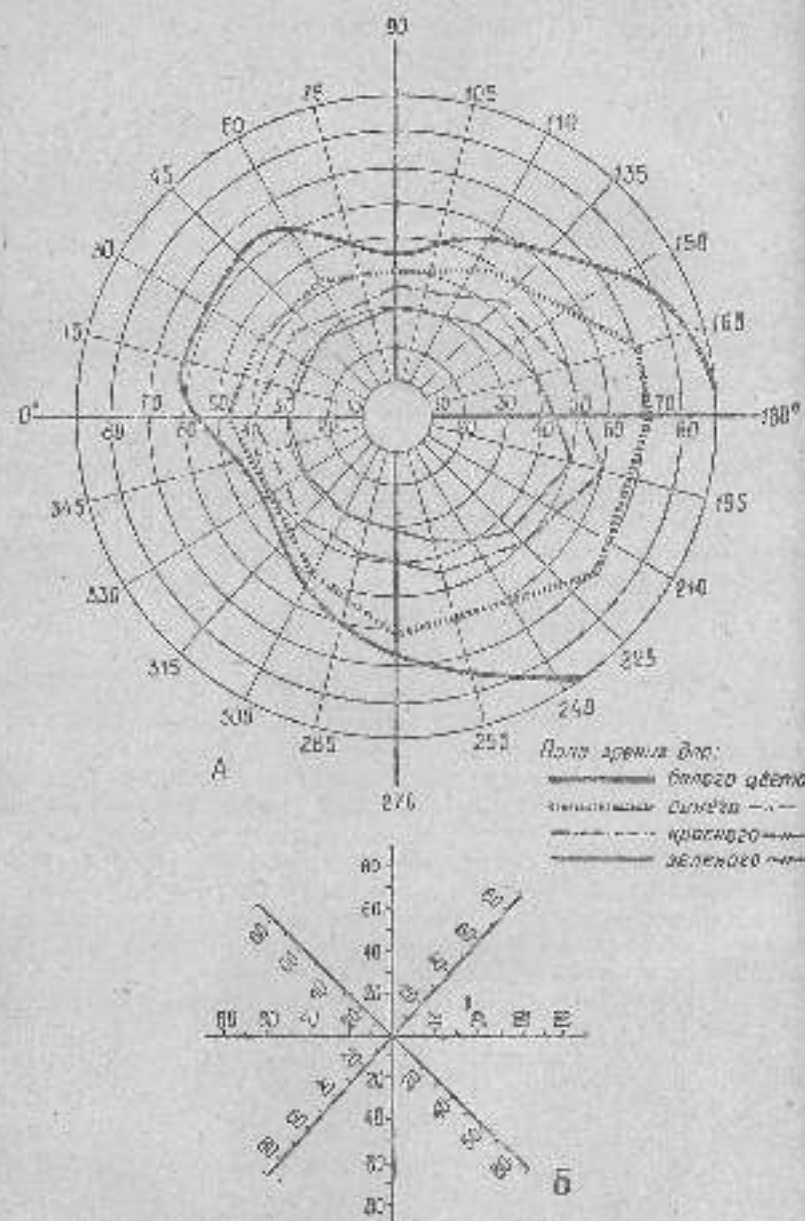


Рис. 74. Поле зрения для разных цветов (А) и образы для его определения (Б).

Опыт проводят дважды при вертикальных положениях полушария, а затем при повороте его на 45, 90, 135, 180°. Последующие штыки желтый, фиолетовый, синий, белый.

Используем по дощечке зритель заранее, какого цвета полушарок ведет по шкале. Поэтому в начале все время держите цвета.

На схеме, зарисованной в тетради, точками отмечайте соответственно отсчеты миллиметрового табло от центра в градусах, по которым вы смогли определить тот или иной цвет. Соедините между собой точки, пайлентные для каждого цвета, чтобы получились кривые, образующие поле зрения для исследуемых цветов.

Повторите то же самое для другого глаза. Определите поле зрения у детей 6—7 и 7—8 лет. Сравните полученные цифры с полем зрения у взрослых. С возрастом поле зрения увеличивается (рис. 70). За период от 6 до 7,5 лет поле зрения возрастает в 10 раз.

2. Изменения поля зрения при сенсорной и световой адаптации.

Задача данной работы заключается в том, чтобы показать, что при темновой адаптации количество зрительных светочувствительных элементов сетчатки увеличивается, а при световой — уменьшается. Работа выполняется в несколько этапов. Сначала определяют границы поля зрения для белого цвета в полуосветленной комнате, затем на 10—15 мин свет в комнате выключают, после чего опять при прежнем уровне освещенности определяют границы поля зрения. Затем дают яркое освещение на 10—15 мин и снова определяют величину поля зрения.

Определите изменения поля зрения при темновой и световой адаптации у взрослых и детей разного возраста.

Работа 53. Последовательные зрительные образы и контрасты

Последовательными зрительными образом называется следящее зрительное ощущение, сохраняющееся в течение некоторого времени после прекращения действия раздражителя. Различают положительные и отрицательные последовательные образы.

Последовательный образ называется положительным, если он такой же, как и во время раздражения, т. е. соответствует раздражителю. Возникновение последовательного образа объясняется свойством нервной системы сохранять возбуждение и после прекращения действия раздражителя фактора.

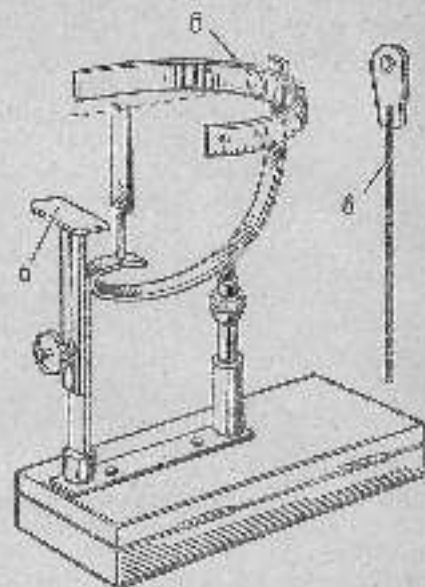


Рис. 75. Параметры.

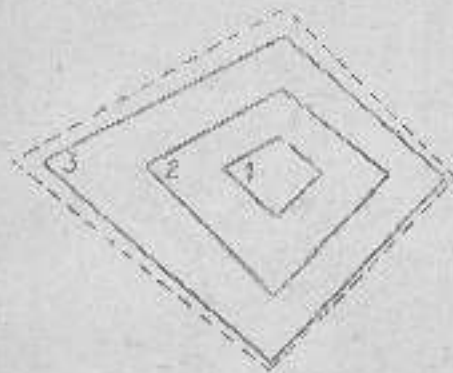


Рис. 76. Последовательные образы зрения в по-разному.

Сначала зрелище — равносторонний квадрат 1 — у детей от 4 лет до 6 лет, у взрослых — у детей от 6 до 8 лет, у взрослых — у детей от 8 до 9 лет, у взрослых — у детей от 9 до 10 лет.

Явлениями односторонней индукции объясняется так называемый световой контраст: один и тот же серый квадрат на белом фоне выглядит темнее, чем на черном. Это связано с тем, что под влиянием сильного возбуждения, вызванного белым цветом, возбудимость других участков коркового отдела зрительного анализатора понижается и серый квадрат кажется более темным.

Для работы необходимы: цветные рисунки, цветные стекла, зеркала, приспособленный чертёж (рис. 77).

Методика выполнения работы

Рассматривайте в течение нескольких секунд яркий цветной рисунок или предмет через пластинку стекла. Закройте глаза или переверните зор на светоброшенную стену. Отметьте, что в те-

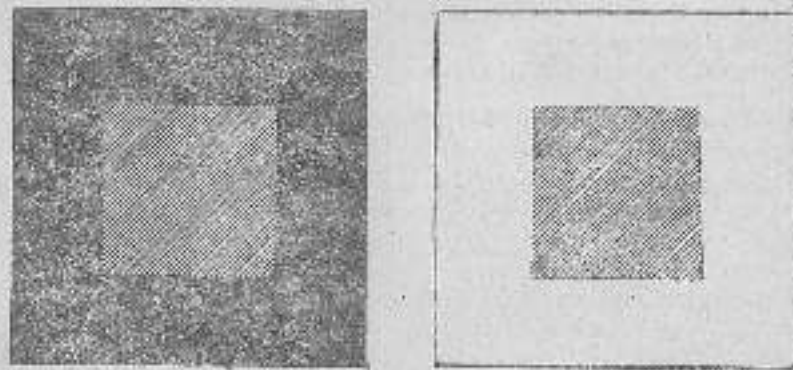


Рис. 77. Обнаружение светового контраста.

Ограничительным является последовательный образ, который в световой или цветовой области протавоположен тому, который был во время раздражения. Так, светлые места представляются темными, а темные — светлыми. Мелкие детали цветности; например, зрительский след от красного предмета может принять желтую окраску. Ограничительный последовательный образ — результат двусторонней последовательной индукции отчасти в светоброшенном отделе аппарата глаза, но главным образом в корковом отделе зрительного анализатора.

В течение некоторого времени сохраняется образ того же самого предмета, что связано с процессами, происходящими в ретикулярном и зрительном отделах зрительного анализатора.

Рассматривайте те же предметы более длительное время, после чего закройте глаза и попытайтесь домыслить отрицательного последовательного образа. Рассмотрите рисунок 77. Отметьте, что на белом фоне серый квадрат выглядит более темным, на черном — более светлым.

Объясните наблюдавшиеся явления.

Работа 35. Значение соответствующих точек при бинокулярном зрении

При бинокулярном зрении, т. е. при зрении двумя глазами, предмет виден односторонним (не двойным) лишь в том случае, если его изображение попадает на соответствующие участки сетчатки обоих глаз. Идентичными, или соответствующими, точками сетчатки двух глаз называются области центральных ямок и все точки, расположенные от них на одинаковом расстоянии и в одном направлении. Для попадания лучей от предмета на соответствующие точки необходимо, чтобы ось зрения обоих глаз совпала с предметом. Отсюда понятно, что человек одновременно и одинаково видит двумя глазами предметы, расположенные близко к центру.

Для работы необходимы: стержень (палочка), булавка, укрепленная в пробке, линейка.

Методика выполнения работы

(Работа проводится парами)

Положите на расстоянии 20—30 см от лица вертикальную булавку, а на расстоянии 2—3 м — экран. Подложите испытуемому фиксировать двумя глазами булавку — при этом палочка ему покажется двойной. Затем предложите испытуемому фиксировать палочку — в этом случае будет двойная булавка. Повторите опыт, видоизменив его: если один глаз закрыть, двойная фиксированного предмета не будет. Отметьте, что если закрыть правый глаз, то при фиксировании булавки изменится правый образ, а при фиксировании стержня — левый.

Объясните это явление, обратившись к экрану, изображенному на рисунке 78. Разберитесь, почему при фиксировании булавки (рис. 78, А) должно исчезнуть изображение стержня В на левой половине сетчатки, т. е. в правой половине тела зрения, а при фиксировании стержня (рис. 78, Б) должно исчезнуть изображение булавки Д на правой половине сетчатки, т. е. в левой половине тела зрения.

Предложите испытуемому при фиксации булавки сместить одно глазное яблоко, наклонив на него голову; — при этом булавка покажется двойной вследствие того, что изменилось направление зрительной оси в луже от булавки стали попадать на неидентичные участки сетчатки.

Предложите испытуемому, фиксируя зрением какой-либо дальний предмет, держать вертикально на расстоянии 20—30 см от лица указательные пальцы обеих рук и постепенно приближать

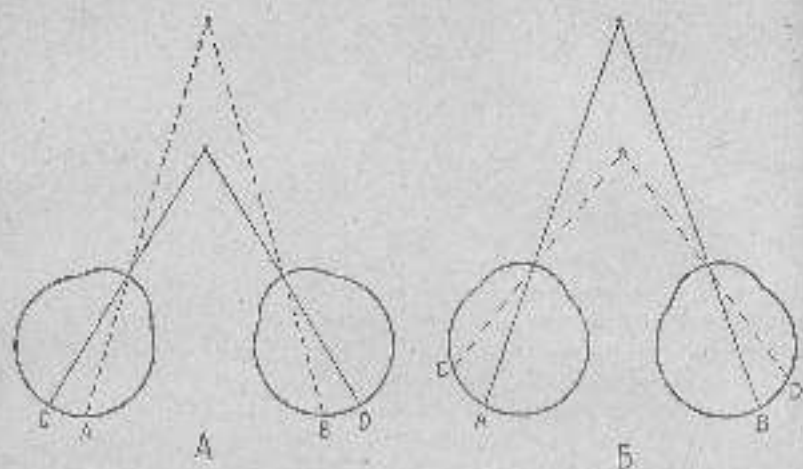


Рис. 78. Смена мышечная при зрительной регуляции зрения

из друг к другу. При этом изображения предметов движутся, но как только средние (ближние друг к другу) изображения попадают на идентичные участки сетчатки обоих глаз, они сливаются и воспринимаются как одна целостная картина. Чем дальше от глаз будут расположены предметы, тем на меньшем расстоянии друг от друга они будут сливаться.

Работа 57. Обнаружение борьбы полей зрения

Когда на идентичные участки сетчатки правого и левого глаза попадают различные изображения, человек видит лишь одну картину, а не суммарный эффект. При этом можно обнаружить своеобразную борьбу полей зрения. Если, смотря обоими глазами на два различно размещенных квадрата (верхнее квадрат, рис. 79, А), постепенно снижать аккомодацию либо смещать один из главных яблок, начиная на него сбоку и удерживая этот нажим, то фигуры обоих квадратов начнут сближаться, пока не окажутся полностью наложенными друг на друга. При этом изображения обоих квадратов попадут на идентичные участки сетчатки обоих глаз. Однако в результате борьбы полей зрения линия того и другого квадрата одновременно не будет видна. Будут появляться линии по квадрата, вначале правым глазом, то другим, видящим левым глазом. Чаще всего в отдельных участках квадрата будут появляться, сменяя друг друга, то один, то другой линии (нижний квадрат, рис. 79, А).

Для работы необходимо: экран приспособленный чертеж (рис. 79, А), раструб.

Методика выполнения работы

Установив экран на даль или подвигав его на одну из таблиц яблок, смотрите на верхние квадраты чертежа (рис. 79, А).

Обратите внимание на расположение линий в возникающем изображении.

Сделайте на бумаге раструб (трубу, узкую с одной стороны и слегка расширенную с другой, рис. 79, Б). Его длина должна быть 15—20 см.

Приставьте к правому глазу раструб широкой частью, а протка левого глаза около узкой части раструба держите ладонь руки или какой-нибудь предмет. Смотрите обоими глазами. Старайтесь смотреть правым глазом в раструб, а левым — на ладонь. Тогда вы увидите, что ладонь или предмет кажутся прозрачными. Это объясняется тем, что поле зрения левого глаза освещено относительно сильнее, чем поле зрения правого глаза, и в результате в ладонь предмет, приставленный к раструбу. Однако небольшой участок поля зрения правого глаза (отверстие раструба) освещен еще сильнее — отсюда и видны в предмете.

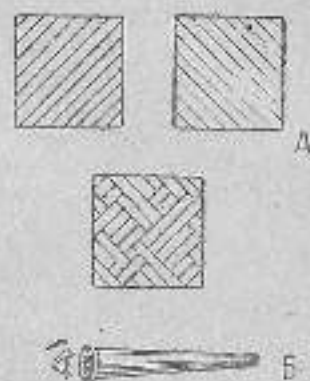


Рис. 79. Борьба полей зрения

Работа 58. Значение бинокулярного зрения для оценки глубины расположения предмета

Оценка глубины расположения предмета значительно облегчается при зрении двумя глазами. Это объясняется тем, что часть лучей, идущих от предмета, попадает на идентичные участки сетчатки, а часть — на очень близко расположенные к ним точки.

Для работы необходимо: пробка, две булавки, экран в виде небольшого листа бумаги.

Методика выполнения работы (работа проводится вдвоем)

Предложите партнерскому рассматривать булавки, которые вколоты в пробку на разных расстояниях от ее края. Пробку загородайте экраном, чтобы была видна одна головка булавки. Испытуемый должен при рассмотрении булавки смотреть одним, а затем другим глазом определять, какая булавка находится ближе к нему. Ответ окажется более правильным при бинокулярном зрении.

Работа 59. Определение частоты расположения осязательных точек, порога раздражения и порога дискриминации

Известно, что частота расположения осязательных точек и порог дискриминации различны на разных участках кожной поверхности тела. По количеству осязательных точек, приходящихся на единицу поверхности, различные участки кожи различаются в

таких убывающим поряток: губы, подушечки жестяных фаланг пятерки руки, нос, лоб, предплечье, шея, спина.

Первым дискриминатором называется то наименьшее расстояние между двумя раздражаемыми точками поверхности кожи, при котором два раздражителя воспринимаются как различные.

Чем меньше это расстояние, тем меньше порог раздражения и тем, следовательно, больше чувствительность. Наибольший порог дискриминации — на кончике носа, груди (40—70 мм). Затем убывают порог дискриминации для разных участков тела следующим образом: ладонь и предплечье (25—40 мм), лоб (20—25 мм), кончик носа (6—7 мм), подушечка фаланги пальца руки (2 мм), кончик языка (1 мм).

Для работы необходимы водоснабжение Фреда (чайник), эсепеометр или акриловый ледяной.

Методика выполнения работы
(работа проводится вдвоем)

Прикасайтесь ладонями Фреда разным сторонам в каждой поверхности в различных областях тела (лоб, губы, кончик носа, шея, ствол, предплечье, задняя сторона ладонных фаланг пальцев). Определите такти образом плато различия и порог раздражения отдельных точек. Сравните пороги раздражения различных участков тела.

Для определения порога дискриминации воспользуйтесь эсепеометром или при его отсутствии циркулем с двумя ножками. Прикасайтесь к коже ножками эсепеометра (или циркуля), раздвигая или сдвигая их. При определенной степени сближения вы почувствуете различие воспринимать два раздражения как одно. Это и есть порог дискриминации.

Определите порог дискриминации для кожи предплечья, лба, кончика носа, тыльной фаланги пальца руки, кончика языка. Разрешите называть области кожи в порядке возрастания порога дискриминации.

Работа 60. Опыт Архетипа

Наше восприятие предметов окружающего мира и значительной степени определяется присутствующим жизненным опытом. Так, на ощущение живящего объекта мы воспринимаем предмет односторонне, если он находится между обращенными друг к другу участками поверхности. Если тот же предмет прикасается одновременно к двум участкам кожи, удаляющимися друг от друга, то возникает ощущение двух предметов.

Для работы необходимы шарик порошок.

Методика выполнения работы

Положите на стол шарик, прикасайтесь к нему соседними участками кожи кончиков фаланг указательного и среднего пальцев и катайте его по столу. Переверните оба пальца; прикасайтесь к шарiku так, чтобы он оказался между перекрещенными пальцами, и снова катайте его по столу. В первом случае будет ощущение одного шарика, во втором — двух.

Перевернутыми пальцами дотроньтесь до кончика носа — будет ощущение два кончика носа.

Объясните полученные результаты.

Работа 61. Обнаружение температурной адаптации кожных рецепторов

Адаптация проявляется в изменении чувствительности ощущению при продолжительном раздражении или после его окончания. В основе температурной адаптации лежит изменение чувствительности рецепторов.

При длительном действии холодного и теплового раздражителей соответствующим холодным и теплым рецепторы кожи адаптируются, следовательно человек чувствительным к данному раздражителю.

Весь держите правую руку в холодной воде, а левую — в горячей, то почувствуете чувствительность левой руки к теплу, а правой — к холоду.

Для работы необходимы три сосуда с водой (температура воды в сосуде № 1 10—15°C, в сосуде № 2 25—30°C, в сосуде № 3 40—45°C).

Методика выполнения работы

Опустите правую руку в сосуд № 1 (температура воды 10—15°C), а левую — в сосуд № 3 (температура воды 40—45°C). Через 1—2 мин переверните обе руки в сосуд № 2 (температура воды 25—30°C).

Оцените разницу в состоянии этой температуры правой и левой рукой. Объясните полученные результаты.

Работа 62. Обнаружение тепловых, холодных и болевых точек кожи

Частота распознавания тепловых, холодных и болевых точек на одинаковой площади поверхности тела неодинакова. В среднем на 1 см² поверхности кожи приходится 50 болевых, 25 тепловых, 12 холодных и 1—2 тепловые точки.

Для работы необходимы: спиртовая горелка, булавки, чашечка трех пьезов, дистиллированная вода.

Методика выполнения работы

(работа проводится вдвоем)

На тыльной поверхности кисти в беззастегнутого участка пятерки и указательной булавочными головками найдите тепловые и холодные точки и отметьте их черными разномы точек. Затем обрызгайте булавки чайной и отметьте болевые точки.

Подсчитайте число распознавания тепловых, холодных и болевых точек на 1 см² поверхности кожи.

Работа 63. Определение чувствительности отдельных участков языка к различным вкусовым раздражениям

Вкусовые рецепторы языка воспринимают горькое, сладкое, кислое и соляное. Различные участки языка обладают различной способностью воспринимать эти вкусовые раздражения (рис. 80). Так, кончик языка наиболее чувствителен к сладкому, его край — к кислому, корень и край — к соленому, средняя часть спинки языка обладает весьма сильной чувствительностью по отношению ко всем вкусовым раздражениям.

Для работы необходимы: 1% -ный раствор солянокислого лимонного сока, 2% -ный раствор анилинкрасочной или лимонной кислоты, 10% -ный раствор хлорида цинка, 40% -ный раствор тростникового сахара, штатив с пробирками, четыре стакана или четыре стеклянные чашочки, дистиллированная вода, стаканы.

Методика выполнения работы (работа проводится вдвоем)

На разные участки языка испытуемого (кончик, край, среднюю часть спинки, корень) капните стеклянной палочкой каретки раствором лимонки, сахара, поваренной соли и лимонной кислоты. Испытуемый не должен есть заранее, какой раствор капается ему на тот или иной участок языка, ибо его задача — определить вкус раствора.

Во время интервала между отдельными определениями, который должен быть не менее 2 мин, испытуемый хорошо прополаскивает рот дистиллированной водой. На основании ответов испытуемого составьте карту вкусовой рецепции языка (рис. 80).

Работа 64. Определение абсолютного и относительного порогов различения массы

Абсолютным порогом различения называется наименьшая ощущаемая разница в силе раздражения. При средней силе раздражения величина, на которую надо усилить раздражение, чтобы вызвать еще заметное изменение ощущения, составляет всегда одну и ту же часть исходной величины раздражения. Отношение абсолютного порога к исходной величине раздражения называется отношением различения.

Для работы необходимы: две серии грузов одинакового размера и формы, но различной массы (первая серия — 100, 105, 110 г и т. д. до 150 г; вторая серия — 200, 210, 220 г и т. д. до 300 г), таблица — указатель массы грузов.

Методика выполнения работы

(работа проводится вдвоем)



Особые участки языка к сладкому, кислому, соленому

Рис. 80. Карта рецепции языка

Возьмите две серии грузов, каждый из которых помечен по-своему.

Предложите испытуемому: 1) взять один из средних грузов во второй серии (от 100 до 150 г) и сравнить с тем же абсолютным грузом этой серии, определяя, какой из них тяжелее, какой легче; 2) найти те грузы, которые воспринимались как наиболее близкие по массе.

По таблице, в которой указаны точные массы грузов обеих серий, определите, какая разница в массе этих грузов, т. е. какая абсолютная погрешность различения массы.

Чтобы определить относительный порог различения массы, разделите величину абсолютного порога различения массы на массу груза, в котором достигались все остальные.

Предложите испытуемому проделать то же самое со второй серией грузов.

Сравните абсолютные и относительные пороги различения массы.

Относительные пороги различения массы для обеих серий грузов должны быть одинаковыми.

Работа 65. Определение порога обоняния

Защипай последовательно явочки, определяя порог обоняния, который характеризуется наименьшим количеством пахучего вещества, вызывающего возбудительную обонятельную реакцию. Для определения остроты обоняния служат ольфактометры (рис. 81).

Для работы необходимы: различные пахучие вещества, спирт, вода, ольфактометр.

Методика выполнения работы

(Одно ольфактометра (рис. 81, А) вешают в подвесе испытуемому)

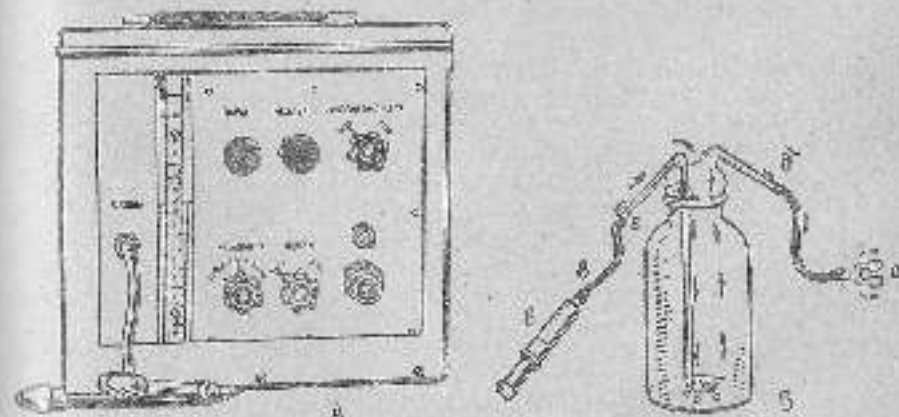


Рис. 81. Прибор для ольфактометра

А — ольфактометр; Б — штатив для ольфактометра; В — штатив для ольфактометра; Г — штатив для ольфактометра; Д — штатив для ольфактометра; Е — штатив для ольфактометра; Ж — штатив для ольфактометра; З — штатив для ольфактометра; И — штатив для ольфактометра; К — штатив для ольфактометра; Л — штатив для ольфактометра; М — штатив для ольфактометра; Н — штатив для ольфактометра; О — штатив для ольфактометра; П — штатив для ольфактометра; Р — штатив для ольфактометра; С — штатив для ольфактометра; Т — штатив для ольфактометра; У — штатив для ольфактометра; Ф — штатив для ольфактометра; Х — штатив для ольфактометра; Ц — штатив для ольфактометра; Ч — штатив для ольфактометра; Ш — штатив для ольфактометра; Щ — штатив для ольфактометра; Ъ — штатив для ольфактометра; Ы — штатив для ольфактометра; Ь — штатив для ольфактометра; Э — штатив для ольфактометра; Ю — штатив для ольфактометра; Я — штатив для ольфактометра.

ного. Откройте край «старых», переключатель «манометра» поставьте в положение «старых», указатель «новых» — в положение «закрыто». В систему насоса введите пахучее вещество. Подкройте испытуемого открытым рот и задержать дыхание, при этом откройте край «новых». Пахучее вещество поступает в нос испытуемого. Через 2 с выньте одну из камер испытуемого и попросите его рассказать о своих ощущениях. При отсутствии запахового ощущения на менее чем через 0,5 мин введите в систему большее количество пахучего вещества. Так поступайте до тех пор, пока у испытуемого не достигнут минимальное ощущение, что будет говорить о достижении порога обоняния.

Для определения порога обоняния можно использовать ольфактометр более простого строения (рис. 81, Б).

Работа 86. Изменения вегетативных реакций при раздражении вестибулярного анализатора

Центр вестибулярного анализатора связан многочисленными связями с центрами сердечно-сосудистой, дыхательной и пищеварительной систем. Раздражение вестибулярного анализатора сопровождается изменениями в работе вегетативных систем организма (меняются давление крови и частота сердечных сокращений, возникает тошнота и др.).

Задача работы заключается в выяснении реакции сердечно-сосудистой системы на раздражение вестибулярной сенсорной системы вращениями.

Для работы необходимы: кресло Барани, секундомер, тонометр, фолдоскоп.

Методика выполнения работы

Определите у испытуемого, сидящего в кресле Барани, величину максимального и минимального кровяного давления и частоту пульса. Произведите вращение кресла со скоростью 1 вращение в 2 с. Производите вращения левым раз в течение 10 с, в дальнейшем время вращения увеличивайте, прибавляя каждый раз по 10 с, до появления у испытуемого неприятных ощущений. Интервал между вращениями должен составлять 5 мин. После каждого вращения определяйте у испытуемого частоту пульса и кровяное давление. Определите длительность вращения, при которой впервые появились изменения величин давления крови и частоты пульса по сравнению с их значениями в состоянии покоя.

Отметьте разницу в интенсивности изменений величин кровяного давления и частоты пульса при разной длительности вращения.

ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Содержание практикума по высшей нервной деятельности в разных университетах (на разных кафедрах) может значительно различаться, что зависит от обеспеченности оборудованной и живыми

объектами. Учитывая трудности организации данного практикума, мы даем наиболее доступные работы.

Работа 87. Формирование двигательного оборонительного условного рефлекса у животных

У животных выработку двигательного оборонительного условного рефлекса можно производить с помощью камеры, состоящей из двух отсеков, между которыми установлено разделяющее их свободное пространство (рис. 82). В обоих отсеках в одном из участков пола вмонтированы электроды, с помощью которых можно наносить болевое раздражение. В качестве условного раздражителя используется прерывистый звуковой сигнал.

Для работы необходимы: камера, источник прерывистых звуковых сигналов, стимулятор, секундомер.

Методика выполнения работы

Подключите электроды одного из отсеков камеры к стимулятору. На стимуляторе установите длительность импульсов 0,5—1 мс, частоту раздражения 1—5 имп/с. Найдите порог болевого раздражения для крысы, помещенной в отсек с вмонтированными электродами. Поставьте индивидуальное раздражение в 1,5 порога. Откройте проход между камерами и дайте возможность крысе, пользуясь им, свободно перебегать из одного отсека камеры в другой. После того как крыса освоится в камере, дайте звуковое раздражение и через 2 с дайте болевое раздражение. Крыса под влиянием болевого раздражения убежит в другой отсек. Как только она в нем окажется, выключите звуковой сигнал. Звуковой раздражитель подвигайте через 1—2 мин. Каждый раз перед началом эксперимента увеличивайте до появления крысы в коридоре — условно-латентный период реакции. На каком-то числе сочетаний условного и безусловного раздражителей крыса начнет перебегать в другой отсек при начале действия звукового раздражителя, это свидетельствует о выработке у нее двигательного оборонительного условного рефлекса. Определите интенсивность уменьшения латентного периода реакции по мере увеличения числа сочетаний условного и безусловного раздражителей и количество этих сочетаний до момента выработки условного рефлекса.

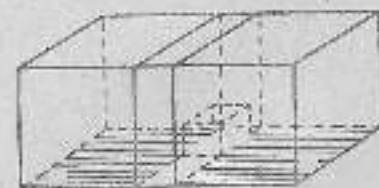


Рис. 82. Камера для выработки двигательного оборонительного рефлекса у животных.

Работа 68. Формирование двигательного-оборонительного условного рефлекса у человека

Для электрической стимуляции мышц синусоидальным током повышенной частоты, характеризующимся безболезненностью, служит аппарат «Стимул-1» (рис. 83).

На панели прибора расположены: стрелочный измерительный прибор (1), глазок индикаторной лампы подсветки выключателя (2), глазок индикаторной лампы включения сети (3), ручка регулировки тока в цепи пациента «ток пациента» (4), кнопки включения и выключения сети (5), кнопки переключателя режимов (6), кнопки переключателя видов тока «серем.» и «выпр.» (7), ручка регулировки длительности фазы посылок (8).

Для работы необходимы: аппарат для электрической стимуляции мышц, настольная лампа, физиологический раствор.

Методика выполнения работы

Включите вилку сетевого шнура прибора в сетевую розетку электрического тока. Проследите, чтобы сетевой шнур и кабель, идущий к пациенту, не перемещались. Убедитесь, что ручка «ток пациента» (4) выведена в крайнее левое положение. Включите кнопку «вкл.» (5) — при этом должна загореться индикаторная лампа включения (3). Подберите два широких электрода, сложите их в предварительно смоченные физиологические раствором прокладки. Подключите вилки электродов к гнездам кабеля, идущего к испытуемому. Поместите электроды на столе на расстоянии 10—12 см друг от друга. Предложите испытуемому ладонью положить ладонь руки на электроды. Постепенно увеличивая выходной ток с помощью ручки «ток пациента» (4), добейтесь ощущения выраженной вибрации, а затем сокращения мышц без болезненных ощущений. Этот режим будет сопровождать весь эксперимент, который состоит из 3—6-кратных повторений последовательного включения света к стимулятору. Каждое такое включение обычно сопровождается одергиванием руки. В дальнейшем одно только включение света будет сопровождаться защитным рефлексом.

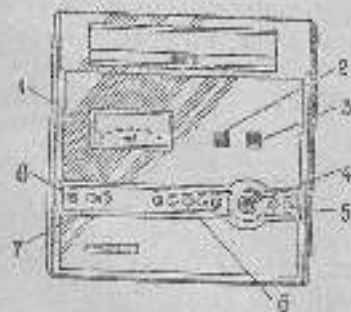


Рис. 83. Стимулятор для электрического раздражения мышц человека.

Работа 69. Выработка динамического стереотипа

Динамический стереотип — это одно из проявлений системной интегративной деятельности мозга, обеспечивающей целостное восприятие комплексных раздражителей. Он вырабатывается в тех случаях, когда различные раздражители неоднократно действуют в строго определенной последовательности и с определенными интервалами времени. При этом в коре головного мозга формируется нейрональный клеточный ансамбль, в котором в определенной последовательности сменяются процессы возбуждения и торможения. Так, если у животного прочно выработался условный слуховодительный рефлекс на действие звука, свет, тактильного раздражения и др. даваемых всегда в определенном порядке, то замена одного из них другим (например, света звуком) вызывает реакцию, интенсивность которой определяется характером не нового раздражителя, а того, который он заменил.

Выработку динамического стереотипа можно наблюдать с помощью прибора для изучения высшей нервной деятельности. Он включает пульт управления, экран с набором лампочек, программное устройство и чернильно-индуцированный регистратор (рис. 84). Лампочки разного цвета расположены на экране в три ряда. На пульте имеется 2 ряда разноцветных кнопок в соответствии с цветом лампочек. С помощью программного устройства можно получить 8 вспышек разноцветных лампочек, причем с разными временными интервалами между ними. Прибор обеспечивает 4 программы вспышек лампочек с разной последовательностью. Он позволяет производить шесть усилений длительности периода между последовательными вспышками лампочек. Испытуемый по инструкции должен нажимать на кнопку одинакового цвета с загоревшейся лампочкой. Реакция испытуемого регистрируется чернильно-индуцирующим прибором.

Для работы необходим прибор для изучения высшей нервной деятельности.

Методика выполнения работы

Поместите испытуемого на стул перед прибором. Проинструктируйте его о необходимости быстрого нажатия на кнопку того же цвета, что и вспышка лампочки. Включите прибор и зарегистрируйте реакцию испытуемого. Повторяйте исследование до тех пор, пока 2 раза подряд не будет получен правильный ответ на вспышке всех 8 лампочек, что свидетельствует о выработке динамического стереотипа. Определите количество предъявлений этого сложного раздражителя, необходимого для выработки стереотипа.

Используя данные, полученные другими студентами, определите диапазон колебаний для данной группы испытуемых числа предъявлений раздражителя, необходимого для выработки динамического стереотипа.

Работа 70. Передача динамического стереотипа

Для работы необходим прибор для изучения высшей нервной деятельности.

Методика выполнения работы

Поместите испытуемого на стул перед прибором для изучения высшей нервной деятельности (см. работу 69). Проинструктируйте его о необходимости быстрого нажатия на кнопку того же цвета, что и зажигающаяся лампочка. Выработайте у испытуемого стереотип, пользуясь первой программой, после чего выполните вторую программу, не информируя об этом испытуемого. Когда у него выработается стереотип на вторую программу, снова выполните

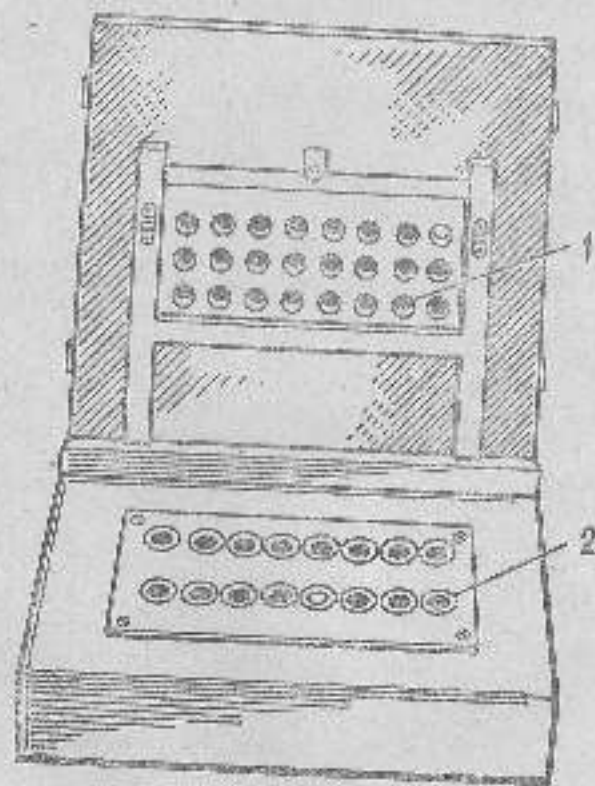


Рис. 20. Прибор для изучения высшей нервной деятельности: 1 — кнопки с зажигающимися лампочками; 2 — панель управления.

первую. Каждый раз регистрируйте число правильных реакций и длительность выработки и передайте стереотипа. Сделайте вывод о том, как быстро вырабатывается стереотип и как он передается.

Работа 71. Определение объема памяти при случайном и смысловом запоминании. Выявление ассоциативных связей

Задача исследования заключается в определении объема памяти и его зависимости от содержания информации.

Для работы необходимы: секундомер; таблица с семью рядами случайных цифр, каждый из которых содержит произвольное число цифр от 1 в первом ряду до 10 — в седьмом; таблица, включающая 18 различных понятий: «хорошая погода», «легкий отдых» и т. п.; таблица, включающая 20 произвольно выбранных слов.

Методика выполнения работы

1. Определение объема памяти при случайном запоминании

Испытуемому получают инструкцию о выполнении задания. Они заранее должны подготовить протокол, куда будут выписываться цифры.

Высказывая прослушайте зачитываемый ряд цифр и воспроизведите его по памяти. Записывайте цифры в протокол в том же порядке, как они записаны. Каждый ряд зачитывается один раз по очереди, начиная с самого короткого. Опыт повторяется 4 раза. Определите количество правильно воспроизведенных рядов и количество ошибок при определении последовательности цифр, воспроизведенных по памяти.

2. Определение объема памяти при смысловом запоминании

Испытуемые получают инструкцию: при звучании того или иного понятия сделать зарисовку на заранее подготовленном листке. Они в последующем должны помыслить воспроизвести по памяти это понятие. После того как преподаватель медленно зачитает все 18 понятий, запишите под своими зарисовками все понятия. Подсчитайте число правильно воспроизведенных понятий.

3. Выявление ассоциативных связей

Экспериментатор читает одно из слов таблицы и предлагает испытуемому быстро ответить на него первым пришедшим ему в голову словом.

Регистрируйте латентные периоды ответа и сами слова. Проанализируйте характер ответа. При анализе обратите внимание на следующее: содержит ли ответ элементы абстрактные, обобщенные или он является конкретно-образным, что может служить косвенным свидетельством наличия релактивных второй сигнальной системы.

Работа 72. Исследование краткосрочной и долгосрочной зрительной памяти

Исследование краткосрочной и долгосрочной зрительной памяти имеет существенное значение для оптимизации педагогической деятельности. Использование наглядных пособий дает большой эффект, если преподаватель знает особенности зрительной памяти учащихся, может уделить время, необходимое для демонстрации и обеспечивающей запоминанию объекта.

При разработке теста на зрительную память использованы карты из стандартного каталога, предложенного М. В. Зыковым (1973). Карта представляет собой квадрат размером 4×4 см и состоит из 16 клеток (8 черных и 8 белых, 1×1 см каждая). В наборе имеется 50 карт; они разделены на 5 классов сложности, по 10 карт в каждом. Карты пронумерованы в случайном порядке вне зависимости от степени сложности, рисунок (рис. 85).

Для работы необходимы: наборы карт, секундомер; специальные бланки, где отмечены линиями 16 клеток, но черных квадратов нет (бланки для воспроизведения имеют те же размеры, что и карты, 4×4 см). Если тестирование подвергается одновременно не один испытуемый, а целая группа, то лучше использовать карты большего размера — 16×16 или 20×20 см.

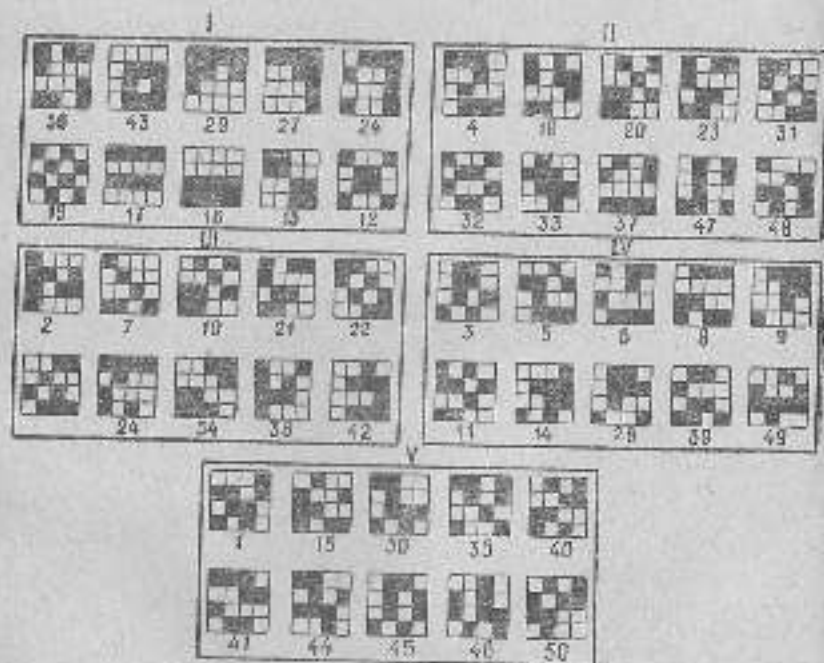


Рис. 85. Карты стандартного каталога и их распределение по классам сложности.

Методика выполнения работы
1. Определение особенностей краткосрочной зрительной памяти при ограниченном времени экспозиции

Испытуемому предлагается запомнить и воспроизвести на бланках 5 карт. Перед тестированием все колоды из 30 карт тасуются вручную так, что должные карты в колоде и ее угловая ориентация относительно других карт становятся случайными. Каждая карта предъявляется испытуемому на расстоянии, удобном для ее рассмотрения (если испытуемый сидит за столом, карта кладется на стол). Экспозиция карты длится 8 с, после чего испытуемый заполняет предложенный ему бланк. При заполнении бланка черные квадраты могут покрываться петриками или крестиком.

Обработка результатов теста состоит в подсчете числа неправильно заполненных клеток бланка и в последующем определении (с помощью таблицы) балла для каждой пробы, зависящего от сложности карты и от числа допущенных ошибок, т. е. числа неправильно заполненных при воспроизведении клеток. Максимальная оценка за пробу — 5 баллов, минимальная — 0 баллов.

2. Значение длительности экспозиции для запоминания тестов

Испытуемому предлагается для запоминания 5 карт, по одной из каждого класса трудности. Экспозиция каждой карты длится до тех пор, пока у испытуемого не возникнет уверенность, что он может ее воспроизвести по памяти на бланке, а чем он сообщает экспериментатору. Бланки заполняются испытуемым так же, как в первой работе. Время экспозиции фиксируется и заносится в таблицу. Определяется балл каждой пробы по таблице 15. Делается вывод о значении времени экспозиции для запоминания теста. Сравниваются данные, полученные при обследовании двух-трех испытуемых.

Таблица 15. Оценка в баллах пробы на зрительную память

Класс сложности карты	Количество допущенных ошибок							в баллах
	0	1	2	3	4	5	6	
I	5	2	1	0	0	0	0	0
II	5	2	2	1	0	0	0	0
III	5	3	2	2	1	0	0	0
IV	5	4	3	2	2	1	0	0
V	5	4	3	3	2	2	1	0

3. Выявление особенностей долгосрочной зрительной памяти

Испытуемому предлагается запомнить 3 карты теста и воспроизвести их на бланках. Время запоминания не ограничивается. Вместе с испытуемым отмечаются и анализируются ошибки, до-

пункты три воспроизведены. Подсчитывают баллы по таблице. Предлагаются еще раз запомнить знаки. При этом испытуемого предупреждают, что качество запоминания текста будет проверено на следующем занятии (через неделю).

Важно, чтобы запись и исправления датировались и с указанием фамилии испытуемого хранялся у исследователя до следующего занятия.

На следующем занятии испытуемому предлагается воспроизвести карты-листы на память. Проверяется правильность записей. Анализируются ошибки и подсчитывают баллы по таблице. Делается вывод об особенностях долговременной зрительной памяти испытуемого. Обращается внимание на то, карточки какой категории трудности легче воспроизводятся.

Работа 73. Определение внимания, объема и скорости переработки зрительной информации у школьников

Устойчивая работоспособность человека зависит от многих факторов, совокупность которых можно разделить на три основные группы: физиологические факторы — возраст, пол, уровень физического и функционального развития, состояние здоровья, питания и др.; факторы физического характера, отражающие географические, климатические условия существования; психические факторы — это мотивация деятельности, эмоциональный настрой и др.

Все вышеназванные факторы одновременно воздействуют на организм и взаимодействуют друг друга. Поэтому методы исследования устойчивой работоспособности получили название психофизиологических методов.

В настоящее время широко используются исследования устойчивой работоспособности при помощи корректурных буквенных проб (таблица Андрихова). Эти таблицы помогают изучить особенности внимания при действии однообразных раздражителей, великие моменты букв. Относительно различное количество однообразных букв в строках исключает возможность засемантики и одновременно требует большой сосредоточенности внимания.

Анализ работы проводится в двух параллельных: оценивается точность и качественная сторона выполнения за один и тот же промежуток времени. При обработке данных подсчитывают общее количество просмотренных буквенных знаков, характеризующих объем и скорости выполнения задания; число исключенных знаков заданного качества, содержащихся в общем количестве просмотренных букв; число допущенных ошибок (пропущенных букв).

С помощью формул рассчитывают следующие показатели:

а) коэффициент точности выполнения задания (A);

$$A = \frac{M}{N}$$

где M — количество вычеркнутых букв; N — общее количество букв, которые необходимо вычеркнуть в просмотренном тексте;

б) коэффициент умноженной производительности (P):

$$P = A \cdot S,$$

где S — общее количество просмотренных знаков.

Количественные показатели коэффициентов точности и умноженной производительности оценивают (в условных единицах) воспринимая внешне.

Для исследования объема и скорости переработки зрительной информации пользуются таблицами с кольцами Ландольфа. Эти таблицы содержат 650 колец, расположенных случайно (22 ряда по 30 колец в каждом). Кольца имеют размеры в градусах от 1 до 8. Каждое из восьми размеров соответствует определенному времени на циферблате часов (13, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23).

Испытуемому предлагается вычеркнуть кольца с одним из размеров в течение определенного времени. При оценке выполнения работы учитывается количество просмотренных колец, число вычеркнутых заданных знаков, количество ошибок.

Объем зрительной информации рассчитывают по формуле

$$Q = 0,5935 \cdot N,$$

где Q — объем зрительной информации, бит; 0,5935 — средний объем информации, приходящейся на один знак; N — количество просмотренных знаков.

Скорость переработки информации рассчитывают по формуле

$$S = \frac{Q - 2,807 \cdot n}{T}$$

где N — скорость переработки информации, бит/с; 2,807 бита — длина информации, приходящейся на один пропущенный знак; n — количество пропущенных колец; T — время выполнения задания, с.

Концентрация внимания, а также объем зрительной информации и скорость ее переработки зависят от возраста, и это хорошо иллюстрируют данные таблицы 15.

Таблица 15. Средние показатели концентрации внимания (A и P), объема зрительной информации (Q) и скорости ее переработки (S) у школьников разного возраста

Возраст (лет)	A (в усл. ед.)	P (в усл. ед.)	Q (в бит)	S (в бит/с)
7—8	0,71	711	260	0,74
9—10	0,69	690	262	0,85
11—12	0,65	648	347	1,02
13—14	0,87	1187	375	1,11

Для работы используются буквенные таблицы Азбука и таблицы с кодами Ландольфа, секундомер.

Методика выполнения работы

В организации опыта с буквенными таблицами большую роль играет тренировочная работа — ознакомление с кодами буквенных таблицами и техникой выполнения задания.

Раздайте испытуемым таблицы (рис. 86, 87).

Сообщите им цель работы: по возможности быстро и точно внести задание, т. е. вытернуть заданную букву или коды с определенным разрывом. Напомните, что работать надо внимательно: не пропускать нужных знаков, не зачеркивать лишние знаки, не пропускать строчек. Напомните, что работа с таблицей Азбуки длится 4, а с кодами Ландольфа — 5 мин.

Основной инструктаж, включите секундомер и предложите начать работу. Строго, после истечения последней минуты, предложите для подчета результатов обменяться друг с другом листка-

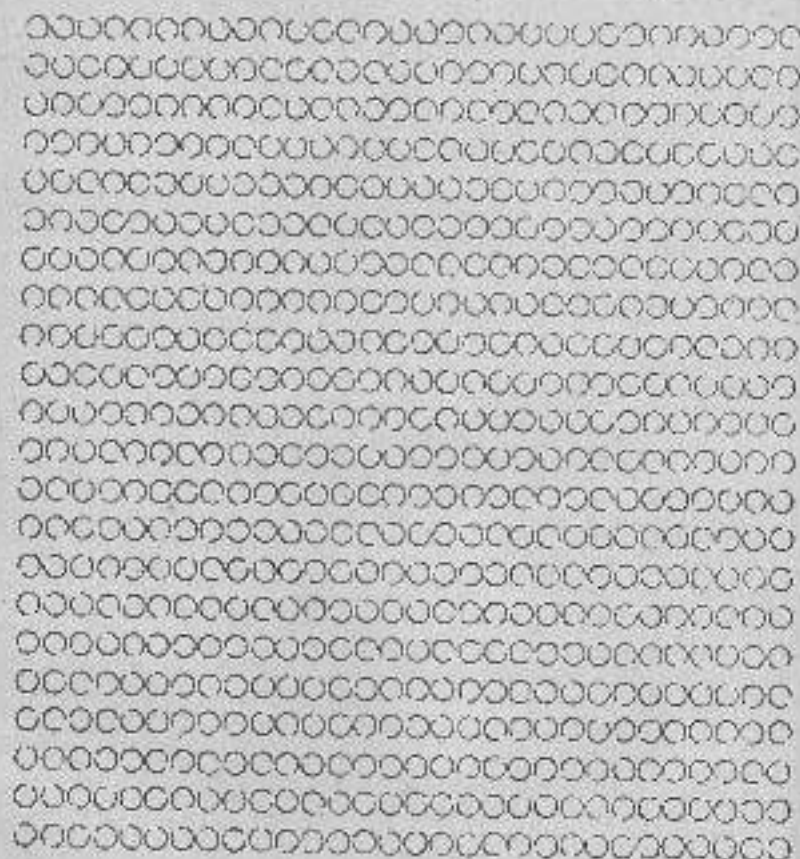


Рис. 86. Коды Ландольфа.

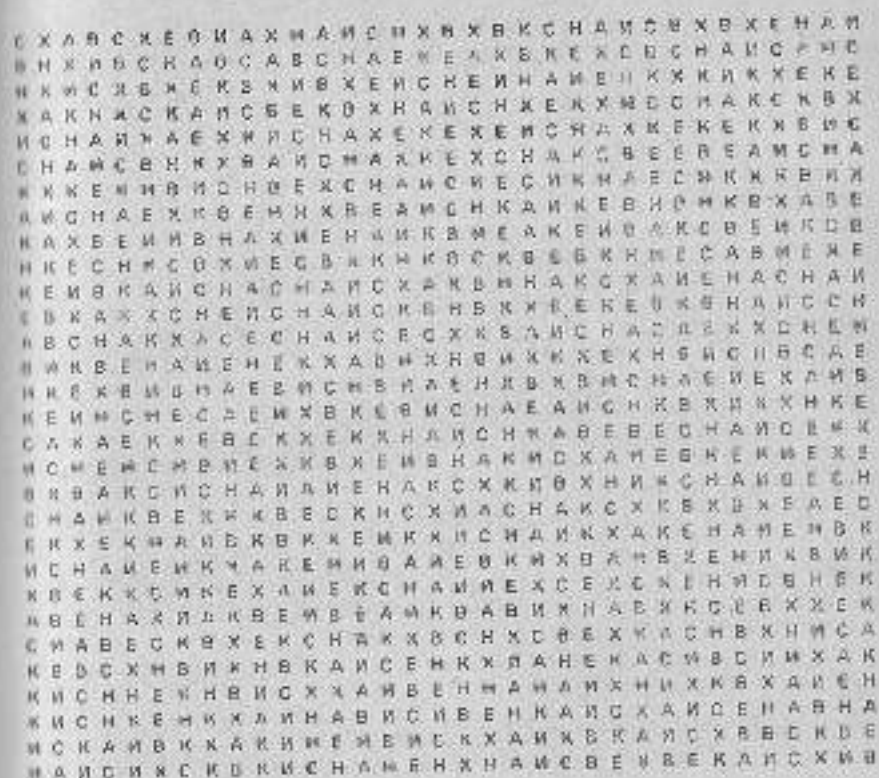


Рис. 87. Таблица Азбуки.

ми. Данные результатов занесите в таблицу (табл. 17), определите средние величины и сделайте выводы.

Таблица 17. Нежелательная концентрация внимания (А и В), объем зрительной информации (Q) и скорость ее переработки (S) у обследуемых испытуемых.

Среднее значение	А	В	Q	S

Работа 74. Проявление условных рефлексов на словесный раздражитель у человека

Среди многих видов условно-рефлекторной деятельности человека и человека особенно действуют так называемые натуральные или естественные условные рефлексы. Базой для образования таких рефлексов является, в частности, двигательный акт.

Мышечная работа представляет собой мощный биологический раздражитель для большинства функций организма. Импульсы, поступающие от проприоцептивных мышц в моторную область коры, взаимодействуют с различными центрами, которые регулируют деятельность многих, в том числе и вегетативных, систем организма. Эти связи и обеспечивают быстрое переключение в работу таких систем, как дыхание и кровообращение, активность которых оценивается частотой и глубиной дыхания, а также частотой сердечных сокращений (пульсом).

Привычная обстановка, в которой совершается работа, подготавливает к активной физической деятельности и даже мысли о ней вызывает учащение пульса и изменение в показателях внешнего дыхания. Особенно отчетливо такая реакция проявляется у спортсменов в тех случаях, когда организм находится в состоянии покоя. Однако и у неспортсменов такие предвзятые условные рефлексы хорошо выражены. Это связано с тем, что все люди постоянно выполняют мышечную работу (или же человека, который бы ее трудился).

Для работы необходимы: велоэргометр, манка Дугласа, дыхательная маска с трубками, трехходовый кран, секундомер, спирт, вода.

Методика выполнения работы

Ознакомьтесь с работой 114, в которой описывается метод определения частоты, глубины дыхания (объемы дыхания — Q_d) и легочной вентиляции.

7. Как и в 18. Показатели внешнего дыхания у нештудентов

Исследуемая функция	В состоянии покоя	После мышечной работы	Формы в процентах
Частота дыхания Глубина дыхания Легочная вентиляция Пульс			

Продезинфицируйте спиртом маску и налейте ее на испытуемого. Маску подвесьте к манке Дугласа. Поставьте испытуемого на велоэргометр и спустя 10 мин (з это время он привыкает к режиму работы) определите у него исходную величину легочной вентиляции. Для этого соберите выдыхаемый в течение 1 мин воздух в маску Дугласа, а затем пропустите его через газомасочный аппарат. Во время сбора воздуха по комбинированной дыхательной маске подсчитайте частоту дыхания. Делением легочной вентиляции на частоту дыхания определите глубину дыхания. Подсчитайте пальпаторно пульс. После получения этих данных сориентируйте испытуемого на выполнение длительной тяжелой работы, а затем трюмком талосом пальпаторно коману «Приветствие к работе!». Сразу после команды в течение 10 с подсчитайте пульс

и соберите выдыхаемый в это время воздух в маску. Полученные величины умножьте на 6, чтобы рассчитать частоту сокращений сердца в 1 мин. Все данные внесите в таблицу (табл. 18), определите разницу между исходными данными и данными, полученными после нагрузки, и сделайте вывод.

ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

При выполнении работы по физиологии крови особенно важно соблюдать все правила гигиены и асептики. У каждого студента должен быть индивидуальным стерильный набор необходимого оборудования.

Работа 75. Рассмотрение под микроскопом окрашенных препаратов крови лягушки и человека

Задача работы — сравнить эритроциты крови лягушки и человека и рассмотреть лейкоциты крови человека. Основная функция эритроцитов — перенос кислорода и отхода

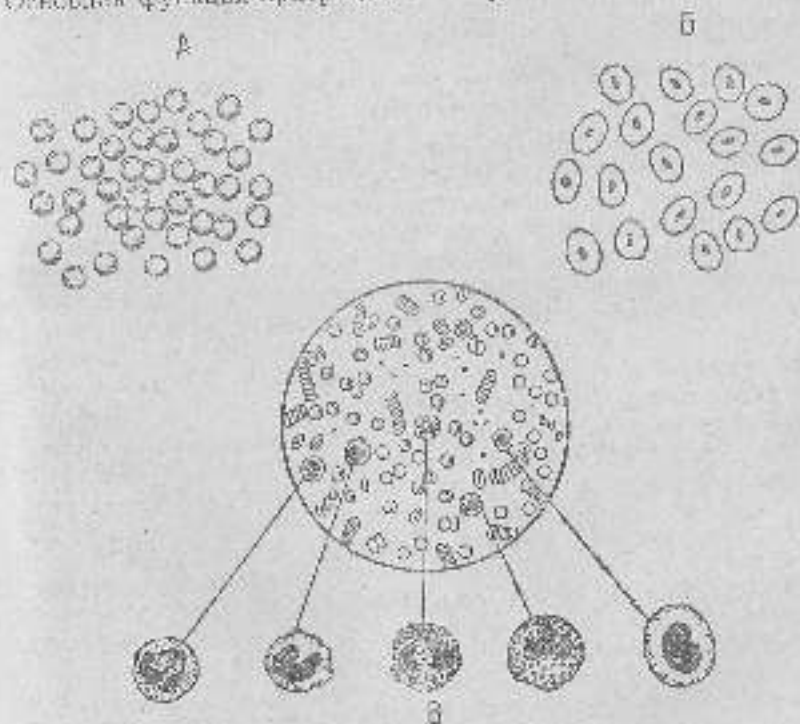


Рис. 58. Формы клеток крови: А — эритроциты крови лягушки; Б — лейкоциты крови человека; В — эритроциты крови человека.

углекислого газа. Перенос кислорода осуществляется находящимся в эритроцитах гемоглобином. В процессе эволюции животных и соответственно с увеличивающейся потребностью в кислороде менялись форма, размер и строение эритроцитов. У лягушки (рис. 88, Б) эритроциты крупные, имеют форму уплощенных эллипсоидов и содержат ядро. Эритроциты человека имеют форму двояковогнутых дисков (рис. 88, А). Благодаря этому в центре эритроцита, и его периферические участки расположены близко к его поверхности, что способствует лучшему насыщению кислородом. Ядро отсутствует. Размер эритроцитов мал (диаметр 7,2—7,7 мкм), но их количество велико, что увеличивает общую дыхательную поверхность.

Для работы необходимы: микроскоп, окрашенные мазки крови человека и лягушки.

Методика выполнения работы

Рассмотрите при большом увеличении микроскопа мазки крови человека и лягушки. Обратите внимание на форму, размер, наличие или отсутствие ядра в эритроцитах.

Зарисуйте эритроциты крови человека и лягушки в тетрадь.

В мазке крови человека рассмотрите различные формы лейкоцитов: нейтрофилы, эозинофилы, базофилы, моноциты и лимфоциты (рис. 88, В) — и зарисуйте их.

Работа 76. Определение количества эритроцитов в крови человека

В 1 мм³ крови обычно содержится у мужчин 4 500 000 — 5 000 000, у женщины 4 000 000 — 4 500 000 эритроцитов.

Для взятия крови пользуются скарификатором.

Для того чтобы отмерить нужное количество крови и подсчитать образцом ее разведка, применяют желанжер, или смеситель (рис. 89, А), который состоит из капиллярной трубочки (1) с расширенной частью — ампулой (2). На смесителе нанесены деления 0,5, 1 и 101. Объем капилляра до метки 0,5 в 200 раз, а до метки 1 в 100 раз меньше объема ампулы. В ампуле имеется стеклянная или фарфоровая бусинка (3), способствующая лучшему перемешиванию содержимого.

Для подсчета числа эритроцитов пользуются счетной камерой. Каков бы ни был внешний вид камеры, принцип ее устройства один и тот же. На ардестном стекле в углублении высотой 0,1 мм расположена сетка. В камере Горяева (рис. 90, А), которой пользуются чаще всего, сетка состоит из 225 больших квадратов. Из них 25 больших квадратов (рис. 90, В, б) дополнительно разделены на 16 маленьких (рис. 90, В, а). Каждый разделенный квадрат со всех сторон окружен неразделенными, что облегчает подсчет эритроцитов (рис. 90, В).

Несмотря на переменчивость, эритроциты не совсем равномерно распределяются на препарате. В этом можно убедиться, если подсчитать количество эритроцитов в нескольких соседних малых квадратах.

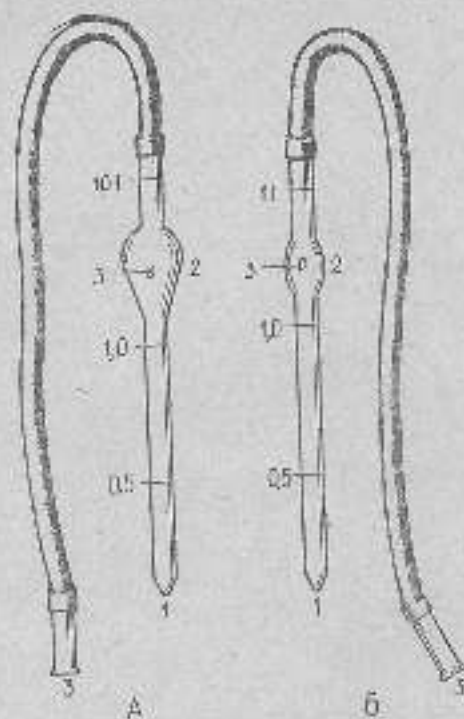


Рис. 89. Смеситель для крови
А — для подсчета эритроцитов; Б — для подсчета лейкоцитов.

Чтобы быть уверенным в точности подсчета, обычно эритроциты сосчитывают в 80 малых квадратах. Сторона одного малого квадрата равна $\frac{1}{20}$ мм; следовательно, его площадь $\frac{1}{400}$ мм². Глубина камеры 0,1 мм (рис. 90, Б), следовательно объем пространства над одним малым квадратом составит $\frac{1}{400} \cdot \frac{1}{10} = \frac{1}{4000}$ мм³. Если в объеме над 80 малыми квадратами найдено x эритроцитов, то на один малый квадрат приходится $\frac{x}{80}$ эритроцитов. Это в объеме $\frac{1}{4000}$ мм³, а в 1 мм³ разведенной крови количество эритроцитов должно быть в 4000 раз больше. Принимая во внимание, что кровь была разведена, полученную величину следует умножить на 100, если кровь набиралась до метки 1, или на 200, если она набиралась до метки 0,5.

Таким образом, количество эритроцитов, находящихся в 1 мм³ крови, при взятии крови до метки 0,5 составляет

$$x = \frac{x \cdot 200 \cdot 200}{80} = 50000x,$$

а при взятии крови до метки 1

$$x = \frac{x \cdot 1000 \cdot 100}{80} = 50000x.$$

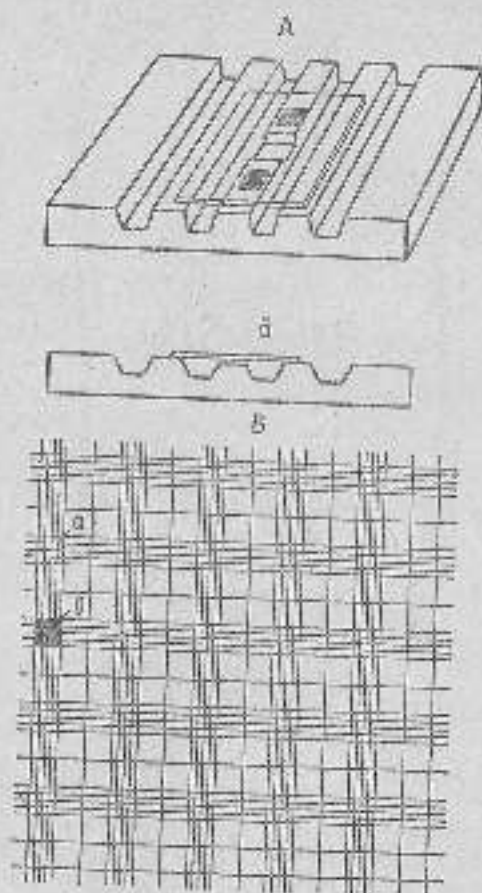


Рис. 56. Камера Горьева:

A — вид сверху; B — вид сбоку; C — крышка; D — объектив; E — объектив с крышкой.

Для работы необходимы: микроскоп, чистая камера Горьева, смеситель (меланжер) для эритроцитов, баллон для просеивающей смеси, скарификатор, вода, 3%-ный раствор NaCl, раствор оксалата натрия, спирт, эфир, покровные стекла.

Методика выполнения работы

Перед выполнением работы скарификаторы должны быть простерилизованы кипячением и стерилизаторе в течение не менее 45 мин. Тщательно продезинфицируйте кожу, с помощью скарификатора сделайте укол в подушечку концевой фаланги среднего или безымянного пальца руки испытуемого (рис. 57). Первую каплю крови удалите ваткой, а следующую соберите в меланжер (смеситель) точно до метки 0,3, следя за тем, чтобы вместе с кровью и меланжер не попал пузырьки воздуха. Во избежание этого отведите смеситель все время держите повернувшись в

кровь и откиньте осторожно выливайте в себя воздух по смесителю, держа кончик резиновой трубки во рту (концы резиновой трубки и меланжера предварительно должны быть продезинфицированы). В случае, если в смеситель попали пузырьки воздуха, всю кровь выдуйте из смесителя и наберите вновь.

Сразу же после взятия нужного количества крови для ее разведения соберите в этот же смеситель 3%-ный раствор NaCl до метки 101, т. е. разведите кровь в 200 раз.

Содержимое смесителя тщательно перемешайте, для чего возьмите оба его отверстия между большим и указательным пальцами и несколько раз встряхните (рис. 92).

На предметное стекло камеры Горьева в том месте, где на нем расположена сетка, поместите покровное стекло и тщательно прижмите его большим пальцем руки (рис. 93) до появления матовых колец — окрашенных в цвет радуги колец. Одну треть содержимого смесителя выложите на ватку, а следующую часть выдуйте на предметное стекло под покровное.

Поместите предметное стекло на столик микроскопа, найдите при малом увеличении сетку. Затем, установив большое увеличение, произведите подсчет эритроцитов. Считайте эритроциты в 40 малых квадратах (5 больших), подсчитывая те из них, которые находятся внутри каждого малого квадрата, а также по линиям, ограничивающим его сверху и справа (рис. 94). При таком подсчете все эритроциты, которые входят в большой квадрат, будут считаны.

На основании произведенного подсчета вычислите количество эритроцитов в 1 мм³ крови.

По окончании работы использованный смеситель промойте сначала водой, затем оксалатом натрия, снова водой и окончательно эфиром. Смеситель высушите. Для этого наденьте на кончик смесителя резиновый баллон и промойте через смеситель воздух.

Исходя из данных, полученных всеми студентами группы, определите среднюю величину содержания эритроцитов в 1 мм³ крови, ошибку средней и среднее квадратическое отклонение.

Работа 77. Определение количества лейкоцитов в крови человека

Для определения количества лейкоцитов кровь также предварительно разводят.



Рис. 57. Позиция скарификатора при взятии крови.



Рис. 58. Вскрытие иглой капилляра.



Рис. 59. Простирание до кровяной пленки в предметное стекло.

Смеситель для лейкоцитов изготавливается от смесителя для эритроцитов меньшим объемом. На нем имеются деления 0,5, 1 и 11 (рис. 89, 4).

Следовательно, объем капилляра до метки 0,5 и 20 раз меньше объема ампулы. Такое разведение крови достаточно для подсчета лейкоцитов, ибо их в крови значительно меньше, чем эритроцитов (5000—8000 в 1 мм³). Эритроциты, содержащиеся в крови в большом количестве, мешают подсчету лейкоцитов. Чтобы разрушить их, пользуются для разведения 0,5%-ным раствором уксусной кислоты. В раствор добавляют геницианвиолет, который, окрашивая лейкоциты, делает их более видимыми.

Лейкоциты подсчитывают в 25 больших квадратах. Сторона одного большого квадрата составляет $\frac{1}{5}$ мм, а его площадь $\frac{1}{25}$ мм². Общая площадь всех 25 квадратов равна 1 мм². Объем пространства над этой площадью $\frac{1}{10}$ мм³. Следовательно, если в 25 больших квадратах найдено n лейкоцитов, то в 1 мм³ разведенной крови их количество составит $10n$. Тогда количество лейкоцитов в 1 мм³ пельдой крови будет $100n$, если кровь набиралась в капилляр до метки 1, и $200n$, если она набиралась до метки 0,5.

Для работы необходимы: микроскоп, светлая камера Гурьева, смеситель для лейкоцитов, капилляр для подсчета (смеситель), капилляры, вата, 0,5%-ный раствор уксусной кислоты с геницианвиолетом (5—6 капель спиртового раствора геницианвиолета на 100 мл раствора), спирт, эфир, покровные стекла.

Методика выполнения работы (работа проводится вдвоем)

Наберите в смеситель для лейкоцитов крови, как показано в работе 76, до метки 0,5, а жидкость для разведения крови — до метки 11. Содержимое смесителя тщательно перемешайте, после чего выложите 4, объема жидкости на ватку, а следующую каплю поместите в камеру Гурьева под предварительно критерное по-



Рис. 89. Шлифет с микролитом. Подсчетным устройством пользуются при подсчете клеток, выходящих за пределы 2-х крайних квадратов.

кровное стекло. Поместите предметное стекло на стол микроскопа, найдите сетку и сосчитайте число лейкоцитов в 25 больших квадратах. Вычислите их количество в 1 мм³ крови.

Исходя из данных, полученных всеми студентами группы, рассчитайте среднюю величину количества лейкоцитов в 1 мм³ крови, ошибку средней и среднее квадратическое отклонение. Рассчитайте, используя результаты проведенной работы, корреляцию между количеством лейкоцитов и эритроцитов.

Работа 78. Определение содержания гемоглобина в крови человека и ее цветного показателя

1. Определение содержания гемоглобина

Для определения гемоглобина крови существует специальный прибор — гемокметр (рис. 95). Он состоит из штатива, в котором одна стенка сделана из матового стекла. В штатив устанавливаются три стеклянные пробирки. Две крайние (1 и 2) закрывают стандартным раствором хлорокислого гематина (в 100 г раствора содержится 16,67 г гемоглобина). Средняя пробирка (3) прокалывается. На ней нанесены две шкалы. Одна шкала показывает количество гемоглобина в граммах на 100 мл крови, т. е. грамм-процент гемоглобина (г%), вторая шкала показывает так называемый единицы гемокметра, для содержания гемоглобина в процентах по отношению к норме, за которую принимается 16,67 г в 100 мл крови.

Цифры шкалы единиц гемокметра в 5 раз больше, чем цифры шкалы грамм-процентов гемоглобина. Поэтому, если известна только одна шкала грамм-процентов гемоглобина, легко определить единицы гемокметра, умножив соответствующее показание на 5. Содержание гемоглобина в крови здоровых людей колеблется у мужчин от 13,3 до 15,6 г%, или от 79,8 до 93,6 единиц гемокметра, у женщин — от 12,1 до 13,8 г%, или от 72,6 до 82,8 единиц гемокметра. Для определения количества гемоглобина кровь разводят децинормальным раствором соляной кислоты, под влиянием которой гемоглобин переходит в солянокислый гематин. Жидкость при этом приобретает бурый цвет.

Для работы необходимы: гемоксиметр (гемокметр), капилляр для вливания крови, стерилизатор, стеклянная палочка, вата, пипетки для воды, спирт, эфир, децинормальный раствор соляной кислоты, дистиллированная вода.

Методика выполнения работы

Для вливания крови воспользуйтесь рекомендациями, содержащимися в работе 76.

В среднюю пробирку гемокметра до метки 8 г% налейте децинормальный раствор соляной кислоты. Затем в капилляр для вливания крови (рис. 96) наберите кровь до круговой метки 20 мм³. Кончик капилляра опустите в среднюю пробирку гемокметра в раствор соляной кислоты и осторожно выдуйте кровь из капилляра с последующими 2—3-кратными нагнетанием и выдуванием раствора из капилляра в пробирку (чтобы в капилляре не осталась кровь).

Содержимое пробирки тщательно перемешайте стеклянной палочкой или легкими ударами пальца по нижнему концу пробирки.

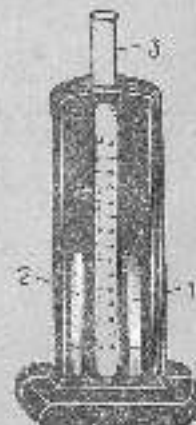


Рис. 95. Гемокметр.



Рис. 96. Капилляр для взятия крови или определения гемоглобина.

Поставьте пробирку в штатив на 5 см. На это время крутите растворение эритроцитов, выход гемоглобина в раствор и образование коллоидной соляной кислоты окисляющей гемоглобин. Через 5 мин клеточной жидкостью прилейте в пробирку дистиллированную воду, все время тщательно перемешивая раствор и сравнивая его цвет с цветом стандартного раствора. Дистиллированную воду добавляйте до момента, когда цвет раствора во всех пробирках окажется одинаковым. Если бы воду пришлось добавлять до метки 100 единиц, то это значило бы, что в 100 г крови содержится 16,67 г гемоглобина (так и в стандартном растворе). Если одинаковый цвет раствора в пробирках оказался при уровне выше 100 единиц, то это свидетельствует о большем содержании гемоглобина в исследуемом растворе, чем в стандартном. При уровне ниже 100 единиц гемоглобина в исследуемом растворе меньше, чем в стандартном. Цифры, соответствующие уровню раствора в средней пробирке, покажут графы процента гемоглобина в единицах гемоглобина в процентной крови.

2. Определение цветного показателя крови
 Для сведения о степени насыщения эритроцитов гемоглобином определяет цветной показатель крови. При числе эритроцитов 5 млн. в 1 мм³ и количестве гемоглобина 100% цветной показатель равен 1. Для его определения относительное количество гемоглобина крови, выраженное в процентах, делит на три первые цифры числа эритроцитов и затем умножает на 5. Цветной показатель можно определить и по номограмме, которая состоит из трех шкал: А — величина цветного показателя, В — количество гемоглобина в процентах, С — количество эритроцитов в миллионах (рис. 97).

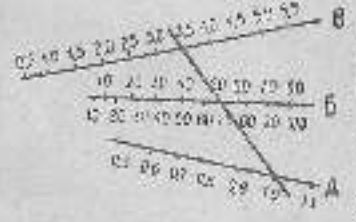


Рис. 97. Номограмма.

Для работы необходимы данные по определению количества гемоглобина и числа эритроцитов, номограмма.
 Методика выполнения работы
 Пользуясь данными работ 76 и 78, определите цветной показатель крови. Определите его по номограмме. Для этого сделайте в тетради чертеж по-

номограммы. Найдите на шкалах В и С точки, соответствующие количеству гемоглобина и числу эритроцитов по данным работ 76 и 78. Соедините эти точки прямой линией, которую продолжите до пересечения со шкалой А. Цифра в этой точке пересечения укажет величину цветного показателя крови. Сравните ее с величиной цветного показателя, полученного расчетным способом.

Работа 79. Ускоренный метод определения содержания гемоглобина в крови

Для определения содержания гемоглобина в крови можно пользоваться прибором — фотоэлектроколориметром (рис. 98). Он состоит из стабилизатора напряжения (1), среднего гальванометра (2), источника (3) для разбавленной и гемоглобиновой крови, фотоэлемента и катодометра для калибровки (4). Когда раствор гемоглобина находится между петиолкой света и фотоэлементом, то количество лучей, попадающих на фотоэлемент, будет тем меньше, чем больше количество гемоглобина. Так, уменьшаясь о фотоэлементе, отклоняет стрелку гальванометра, по шкале которого определяется процентное содержание гемоглобина.

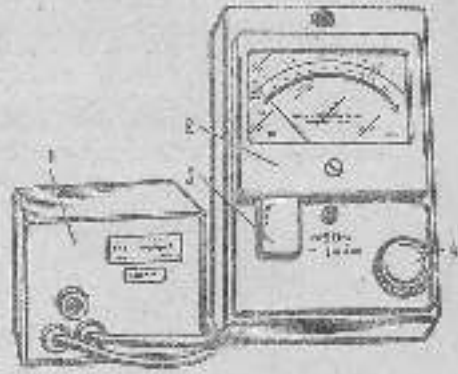


Рис. 98. Фотоэлектрориметр.

Для работы необходимы: фотоэлектрориметр, раствор I и III (из способ приготовления изложены в инструкции к прибору), скарификатор, капилляр для взятия крови, пробирка, вода, спирт, вод.

Методика выполнения работы

После тщательной дезинфекции пальца проколите его скарификатором и наберите в капилляр кровь до метки К. Смешайте в специальной подготовленной для этого пробирке это количество крови с 4 мл раствора I. Добавьте в эту смесь 0,1 мл раствора III. Добавьте смесь в камеру прибора. После того как произойдет гемолиз, стабилизатор, соединенный с гальванометром, включите в сеть. Действуя согласно инструкции к прибору, определите относительное содержание гемоглобина в цельной крови в процентах. Вычислите абсолютное количество гемоглобина.

Работа 80. Определение времени свертывания крови

У здорового человека время свертывания крови составляет 3-5 мин.
 Для работы необходимы: часовое стекло, покрытое па-

рафиях, стеклинный кристалл, секундомер, оксификатор, спирт, йод, вата.

Методика выполнения работы

После тщательной дезинфекции прокалите оксификатором палочку пельгусеюта. Каплю крови поместите на часовое стекло и каждые 30 с проводите через нее кристалл. Отметьте время от момента касания капли на стекло до появления нитей фибрина. Этот период будет характеризовать время свертывания крови.

Работа 81. Определение количества оксигемоглобина в крови при различных состояниях организма

Соединение гемоглобина крови с кислородом называют оксигемоглобином (HbO_2). Количество оксигемоглобина в крови человека зависит от парциального давления кислорода: при его по-

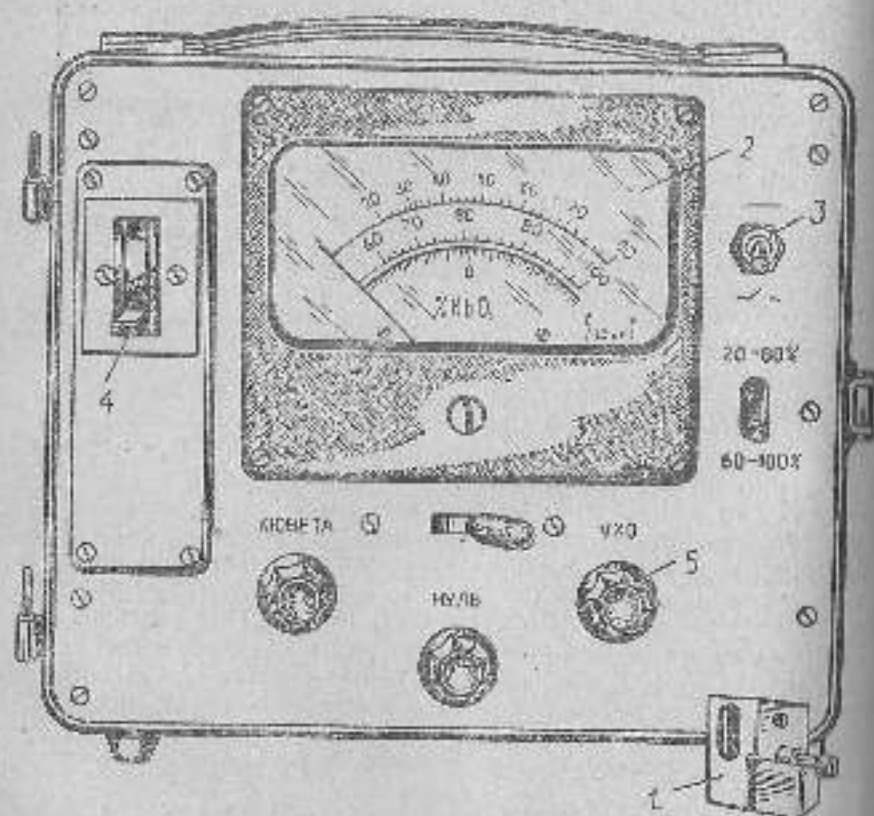


Рис. 99. Оксиметр:

1 — катушка, помещаемая на участок кожи; 2 — шкала с делениями, соответствующая от 100 до 0; 3 — от 20 до 60% (шкала выведена на 2% выше нуля); 4 — индикатор количества оксигемоглобина; 5 — регулятор скорости движения лампы; 6 — ручка, позволяющая изменять положение шкалы.

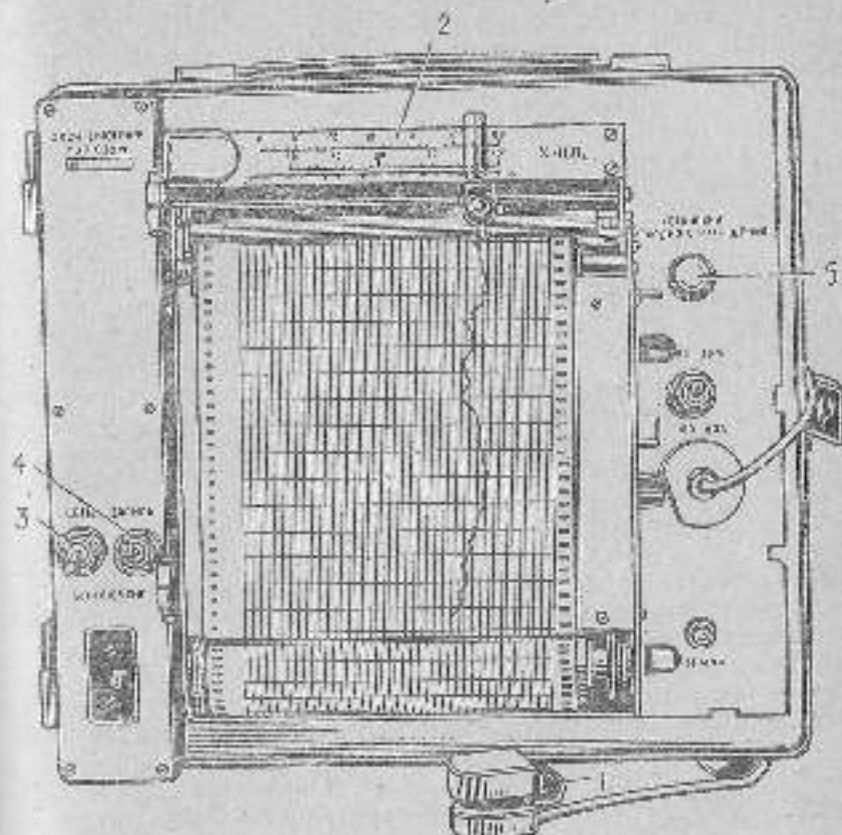


Рис. 100. Оксископиф.
Обозначения — см. рис. 99.

нижению количество оксигемоглобина уменьшается, при увеличении — возрастает. Задача работы состоит в выявлении влияния кислорода на образование и распад оксигемоглобина.

Для работы необходим оксиметр (рис. 99) или оксископиф (рис. 100).

Действие как оксиметра, так и оксископифа основано на регистрации с помощью фотоэлектрического датчика светового потока, интенсивность которого меняется в зависимости от степени оксигемоглобина крови. На передней панели оксиметра имеется шкала, по которой определяется количество HbO_2 в зависимости от показаний стрелки прибора. На оксископифе результаты исследования регистрируются в виде кривой — оксископифграммы.

Методика выполнения работы

Прибор включите в сеть, через 5—10 мин датчик прибора

укрепить в верхней части уплой резиновой кантуеюго. Стрелка еще 5-10 мин установите ручку (5) на деление высшей при дыхании атмосферным воздухом, которая составляет 95-97%. Предложите испытуемому:

- 1) задержать дыхание на 0,4-2 мин;
- 2) сделать несколько глубоких вдохов и выдохов;
- 3) сделать 30 приседаний.

После каждой функциональной пробы фиксируйте положение стрелки оксигнометра и время, необходимое для ее возвращения в исходное состояние. Каждую следующую пробу производите только после восстановления исходной величины насыщения крови кислородом.

Сделайте вывод о влиянии различных факторов на интенсивность окисления крови. У детей дошкольного и младшего школьного возраста насыщение крови кислородом больше, чем у взрослых, и составляет 98%. Лишь с 16-17 годам насыщение крови кислородом достигает величины, характерной для взрослых.

Работа 82. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ)

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) зависит от количества эритроцитов, вследствие чего они оседают на дно сосуда. Эритроциты заряжены отрицательно, и поэтому они отталкиваются друг от друга, не склеиваются. Однако при адсорбции различного рода частиц (например, белка) эритроциты теряют свой заряд, что

делает возможным их склеивание с другими эритроцитами. Образовавшиеся комочки эритроцитов начинают оседать на дно сосуда, куда была поднята кровь. У здорового человека адсорбция незначительная и соответственно скорость оседания эритроцитов очень мала: за 1 ч они оседают на 7-12 мм у женщин и на 3-7 мм у мужчин. При патологических состояниях (например, при воспалительных процессах), а также при болезненности СОЭ может резко увеличиваться.

Для определения СОЭ служит прибор, состоящий из штатива, в котором находится сосуд для каталла (рис. 107). Каждое гнездо штатива имеет штативной резинкой. Каталла прокальбруют на нем нанесен-

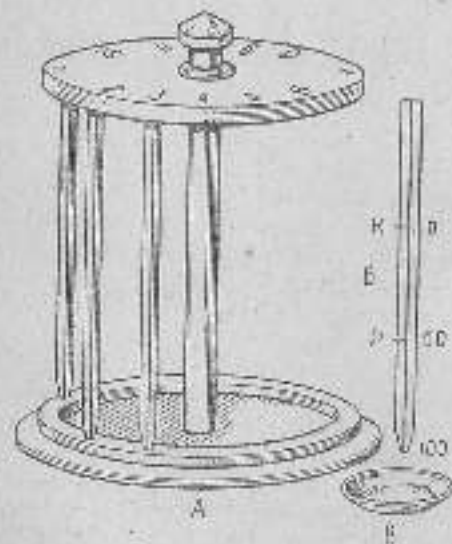


Рис. 107. Прибор для определения СОЭ: А — штатив; В — каталла; С — шкала; D — чашечка

ны деления от 0 до 100 мм. На высоте 50 мм имеется метка Р (раствор), а на делении 0 — К (кровь).

Для работы необходимы: прибор для определения СОЭ, скарификатор, часовое стекло, вата, 5%-ный раствор цитрата или оксалата натрия, спирт, эфир.

Методика выполнения работы

Каталла прибора для определения СОЭ хорошенько промойте 5%-ным раствором цитрата или оксалата натрия, наберите в него раствор до метки Р и выдуйте его на часовое стекло. Затем в этот же каталла наберите кровь до метки К. Для попадания крови в каталла кончик его прижмите к капле крови, и сам каталла держите почти горизонтально, тогда кровь набирается в каталла без затравливания ее ртом; в остальном техника взятия крови та же, что и в работе 76.

Воздух крови выдуйте на то же часовое стекло в раствор цитрата натрия. Образовавшуюся на часовом стекле смесь тщательно перемешайте, наберите ее несколько раз, а затем наберите смесь точно до метки К. Для набирания смеси держите каталла почти горизонтально, а кончик его приставляйте в ямку, находящуюся на часовом стекле. Каталла переведите в вертикальное положение, предварительно зажав верхнее отверстие большим пальцем, и поставьте в одно из гнезд. Верхний конец каталлы можно открыть только тогда, когда его нижний конец плотно придавит резинку гнезда. Отсчитывайте время, когда каталла был поставлен в гнездо прибора. Вследствие постепенного оседания эритроцитов верхний слой раствора, находящегося в пипетке, становится светлым. По высоте неокрашенного столбика определите, на сколько миллиметров осели эритроциты за 1 ч. Это и будет величина СОЭ.

Работа 83. Определение группы крови человека

Кровь человека относят к той или иной группе в зависимости от наличия в эритроцитах и плазме особых веществ. Эти вещества в эритроцитах были названы агглютиногенами и обозначены буквами А и В, а в плазме — агглютининами с обозначением их греческими буквами α и β . Агглютинины обладают свойством вызывать агглютинацию (склеивание) эритроцитов при наличии в них соответствующих агглютиногенов. Агглютинин α вызывает склеивание эритроцитов, содержащих агглютиноген А. Агглютинин β вызывает склеивание эритроцитов, содержащих агглютиноген В. Поэтому кровь человека не может одновременно содержать агглютиногены А и агглютинин α или агглютиноген В и агглютинин β .

Различают четыре группы крови. Кровь I группы не содержит агглютиногенов, в ее плазме есть агглютинины α и β . Кровь II группы содержит агглютиноген А и агглютинин β , кровь III группы — агглютиноген В и агглютинин α . Кровь IV группы не содержит агглютиногенов и β , в эритроцитах есть агглютиногены А и В.

Таблица 18. Наличие (+) или отсутствие (-) агглютинации при смешивании крови различных групп

Сыворотка или плазма крови		Антигены эритроцитов крови			
Группа	Антиген	I группа (A)	II группа (B)	III группа (0)	IV группа (AB)
I	а	-	+	+	+
II	β	-	-	+	+
III	α	-	+	-	-
IV	αβ	-	-	-	-

При переливании крови надо следить за тем, чтобы не получалась такая комбинация антигенов и агглютининов, которая могла бы вызвать агглютинацию. При этом имеют значение агглютиноген донора — человека, донора крови, и агглютинин реципиента — человека, которому переливают кровь.

В таблице 19 показано содержание в крови I, II, III и IV групп по горизонтали агглютиногенов, по вертикали — агглютининов. Из таблицы 19 видно, что человеку, имеющему кровь I группы, можно переливать кровь только этой группы. Вместе с тем кровь I группы можно переливать людям с кровью любой другой группы. Людям с IV группой крови можно переливать кровь любой группы, но кровь IV группы допустимо переливать только людям, у которых кровь той же группы. Людям со II и III группами крови можно переливать кровь той же группы и кровь I группы. Переливать кровь II и III групп можно людям с той же группой крови и кровью IV группы.

Для работы необходимы: сификсатор, микроскоп, предметное стекло, 2 стеклянные палочки, сыворотки крови II и III групп, спирт, эфир, вата.

Методика выполнения работы

Для определения группы крови на два конца чистого предметного стекла нанесите по капле сыворотки: на один конец — сыворотку крови II группы, на другой — III группы. В каждую из них добавляете по капле исследуемой крови. Сыворотку берите из ампул стеклянными палочками. Следите, чтобы не спутать палочки для ватки сыворотки крови II и III групп.

Перемешайте сыворотку с кровью и через 1—3 мин смотрите результат. Там, где происходит агглютинация, образуются мелкие крупицы, а вся смесь при этом просветляется. При отсутствии агглютинации смесь остается равномерно мутной (рис. 192).

После наблюдения этих явлений простым глазом рассмотрите препараты под микроскопом: на одном препарате совершенно отчетливо видны отдельные эритроциты, на другом — эритроциты, склеенные в комочки.

Проверьте по таблице, какие агглютинины содержатся в сыворотках крови II и III групп.

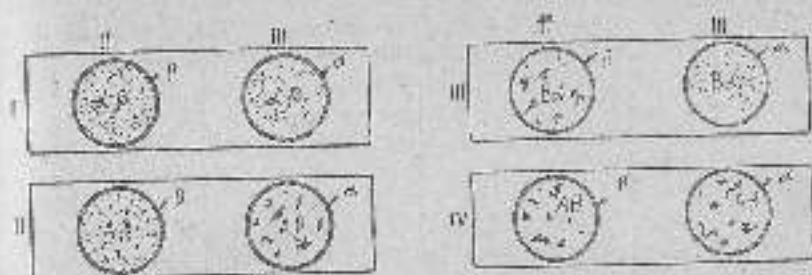


Рис. 192. Определенные группы крови.

Цифры обозначают принадлежность к определенной группе крови. Эритроциты — это те эритроциты, которые в норме агглютинируются. Эритроциты, агглютинирующиеся к сыворотке каждой группы, агглютинируются. Красная палочка — эритроцит.

Обсудите на занятии: в какой группе относится кровь, если смешивание ее с сывороткой крови II группы вызвало агглютинацию? Если же вызвало агглютинацию? К какой группе относится кровь, если смешивание ее с сывороткой крови III группы вызвало агглютинацию? Если же вызвало агглютинацию?

Принимая во внимание результаты исследования, определите, в какой группе относится исследуемая кровь.

Определите возможность переливания исследуемой крови людям, кровь которых относится к I, II, III и IV группам.

Работа 64. Определение резистентности эритроцитов (наблюдение гемолиза)

Резистентностью эритроцитов называется их устойчивость по отношению к гипотоническим растворам. В гипотонических растворах эритроциты разрушаются и гемоглобин выходит в раствор. Явление разрушения эритроцитов и выход гемоглобина в плазму называют гемолизом. Кровь при этом становится как бы бледно-розовой, приобретает характерный желто-красный цвет и называется лейкозой. Резистентность отдельных эритроцитов неодинакова.

Максимальная резистентность определяется концентрацией хлорида натрия, при которой начинается гемолиз, т. е. разрушение наиболее устойчивых эритроцитов. Концентрация поваренной соли, при которой все эритроциты будут разрушены (раствор прозрачный, лейкозный), определяют максимальную резистентность: даже максимальное устойчивые эритроциты подвергнутся гемолизу. У здорового человека максимальная резистентность колеблется в пределах от 0,28 до 0,32, а минимальная — от 0,52 до 0,48 (числа обозначают процент содержания NaCl в растворе).

Для работы необходимы: 3 мерные пипетки, штатив для пробирок, 5 пробирок, 1%-ный раствор хлорида натрия, дистиллированная вода, дефибрированная кровь.

Методика выполнения работы

Для определения резистентности эритроцитов приготовить пять пробирок с раствором хлорида натрия убывающей концентрации (табл. 20).

Таблица 23. Количество и концентрация раствора NaCl, необходимого для определения ретикуляции эритроцитов

№ пробирки	Количество воды (в мл)	Количество 10-ного раствора NaCl (в мл)	Концентрация NaCl (в %)
1	1	9	0,33,8
2	3	7	0,30,7
3	5	5	0,30,5
4	7	3	0,33,3
5	9	1	0,30,1

В каждую из пробирок прибавьте по 0,5 мл дефибрированной крови. Содержимое всех пробирок тщательно перемешайте и поставьте их на 10–30 мин в штатки. По истечении этого времени отметьте, какие изменения произошли в каждой пробирке. С частичкой гемолитического судачка по легкому окрашиванию жидкости гемоглобином после отстояния эритроцитов, при встряхивании пробирки раствор оказывается мутным. При полном гемолитическом растворе прозрачен, имеет характерный лаковый блеск.

Отвечьте на вопросы: в какой пробирке наблюдается частичный и в какой полный гемолитизм? При какой, следовательно, концентрации хлорида натрия наблюдается частичный и при какой полный гемолитизм? Результаты опыта запишите в тетрадь.

Работа 85. Получение кристаллов гемина

Гемоглобин крови в присутствии ледяной уксусной кислоты и хлорида натрия переходит в соединение, называемое геминном. В геминном железе трехвалентно и связано с хлором. Гемин имеет характерную форму кристаллов (рис. 103), что позволяет пользоваться этой реакцией в практике судебной медицины для обнаружения пятен крови. Практически для получения кристаллов гемина добавляется только ледяная уксусная кислота, ибо ионы Na^+ и Cl^- всегда имеются в плазме крови.

Для работы необходимы: микроскоп, два предметных стекла, покровное стекло, дефибрированная кровь, ледяная уксусная кислота, спиртовка.

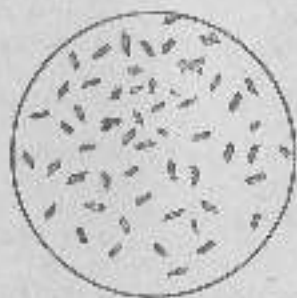


Рис. 103. Кристаллы гемина.

Методика выполнения работы

Поместите каплю крови на край предметного стекла и распределите ее по всей поверхности тонким слоем. Для этого второе предметное стекло приставьте коротким краем к капле крови так, чтобы между двумя стеклами образовался острый угол. Следуйте мазок крови, перевернув второе стекло по поверхности первого.

Подсушите мазок на воздухе (без нагрева!). Соскребите подсушенную кровь, оставив ее на том же стекле, добавьте 1–2 капли ледяной уксусной кислоты, тщательно перемешайте, накройте покровным стеклом и очень медленно, осторожно не разрывайте тончайшую смесь, приподняв стекло над пламенем спиртовки. Найдите образовавшиеся кристаллы при малом увеличении, а затем рассмотрите их при большом увеличении микроскопа. Зарисуйте форму кристаллов гемина в тетрадь.

Работа 86. Рассматривание спектра поглощения гемоглобина, оксигемоглобина и метгемоглобина

Волны разной длины, иными словами, разной частоты колебаний различно преломляются на границе двух сред, т. е. при переходе на одной среде в другую, обладающую иным коэффициентом преломления. Поэтому узкий луч белого света, проходящий через призму, становится более широким, образует сплошной спектр лучей разного цвета. Короткие лучи (фиолетовые) преломляются сильнее, а длинные (красные) — слабее.

Если на пути луча света поместить раствор вещества, избирательно поглощающего те или иные лучи, в спектре появляются темные полосы. Различные вещества обладают характерными для них спектром поглощения. Для исследования спектров поглощения пользуются спектроскопом (рис. 104), в котором помещена призма, преломляющая лучи. На пути луча света, пропускаемого через узкую щель, перед призмой помещают раствор исследуемого вещества. В образующемся спектре определяют положение темных полос и таким образом судят о спектре поглощения данного вещества.

Спектр поглощения гемоглобина характеризуется одной широкой полосой в желто-зеленой части спектра (рис. 105, 2).

Оксигемоглобин образуется в результате присоединения к гемоглобину кислорода (железо в нем окисляется двухвалентным). Его спектр поглощения характеризуется наличием двух полос в желто-зеленой части спектра (рис. 105, 1).

Метгемоглобин можно получить, взаимодействуя на гемоглобин различными окислителями, при этом железо превращается из двухвалентного в трехвалентное. Спектр метгемоглобина имеет



Рис. 104. Спектроскоп.

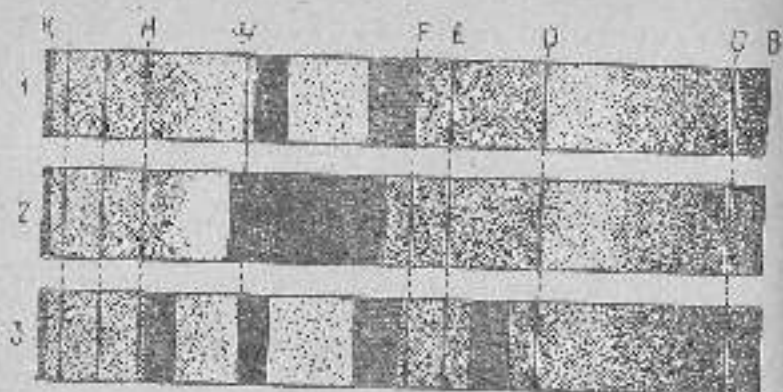


Рис. 105. Спектры поглощения оксигемоглобина (1), метгемоглобина (2) в калийном цианиде (3).

бухалки известными фразами: черная дыра.

четыре полосы поглощения: одну — в красной области, две — в желто-зеленой и одну — в синей-зеленой (рис. 105, 3).

Для работы необходимы: спектрофотометр, две градуированные бюретки, три пробирки, дефибрилированная кровь, дистиллированная вода, 3%-ный раствор железного купороса, 5%-ный раствор сегнетовой соли, красная кровяная соль.

Методика выполнения работы

В три пробирки наливают по 10 мл дистиллированной воды и добавляют по 3—5 капель дефибрилированной крови. Содержимое пробирок тщательно перемешивают. Вследствие наличия гемоглобина выходят из эритроцитов и соединяются с кислородом воздуха, образуя оксигемоглобин. Одну из пробирок с оксигемоглобином поместите перед щелью спектрофотометра и рассмотрите спектр поглощения оксигемоглобина.

Для превращения оксигемоглобина в метгемоглобин в содержимую второй пробирки добавьте 0,5 мл восстановителя, для приготовления которого возьмите 5 мл 3%-ного раствора железного купороса и 1 мл 5%-ного раствора сегнетовой соли. Рассмотрите спектр восстановленного гемоглобина.

В третью пробирку добавьте несколько кристалликов красной ириевой соли (осветлителя). Кровь становится коричневой вследствие образования метгемоглобина. Рассмотрите его спектр.

Спектры поглощения гемоглобина и его производных зарисуйте в тетрадь.

Работа 87. Выявление роли солей кальция в свертывании крови

Для превращения фибриногена в фибрин, что составляет сущность процесса свертывания крови, необходим фермент тромбин, который образуется из протромбина в присутствии солей кальция.

Для работы необходимы: штатив с пробирками, градуированная пипетка, оксалатная кровь (кровь, к которой добавлен оксалат натрия, осаждающий кальций и тем самым препятствующий свертыванию крови), 2%-ный раствор хлорида кальция.

Методика выполнения работы

Для выявления значимой роли кальция в процессе свертывания крови налейте в две пробирки по 3 мл оксалатной крови. Одну пробирку оставьте в качестве контроля, а в другую прибавьте 0,5 мл 2%-ного раствора хлорида кальция. Через 10—15 мин должен образоваться сгусток фибрина, т. е. произойдет свертывание крови. Если свертывание не наступило, значит, весь хлорид кальция пошел на образование осадка оксалата кальция за счет чрезмерного избытка оксалата натрия в крови. В таком случае прилейте в пробирку еще 0,5 мл раствора хлорида кальция до образования сгустка. Сравните содержимое этой пробирки с содержимым контрольной — в ней сгустка крови нет.

Работа 88. Отделение плазмы крови из ферментных элементов и получение нитей фибрина

Цельную кровь можно разделить на плазму и ферментные элементы, подержав ее быстрой вращению. С этой целью кровь помещают в специальные центрифужные пробирки и ставят на 15—20 мин в центрифугу. После центрифугирования кровь разделяется на три слоя: сверху находится бесцветная плазма, затем — тонкий слой лейкоцитов, ниже которого располагается эритроциты. Из плазмы, отделенной таким образом от ферментных элементов, можно получить сыворотку крови. Она отличается от плазмы отсутствием фибриногена. Для того чтобы удалить фибриноген, его предварительно переводят в нерастворимую форму — фибрин, для чего добавляют в плазму соли кальция.

Для работы необходимы: центрифуга с пробирками, штатив с пробирками, весы для центрифужных пробирок, лупинка, градуированная пипетка, оксалатная кровь, 0,2%-ный раствор хлорида кальция.

Методика выполнения работы

Для отделения плазмы крови от ферментных элементов налейте в две центрифужные пробирки на $\frac{2}{3}$ их высоты оксалатную кровь. Пробирки уравновесьте на весах и оставьте в центрифугу. Кровь центрифугуйте в течение 15—20 мин, после чего достаньте пробирки из центрифуги и рассмотрите их содержимое.

Плазму крови осторожно оседлите лупинкой и поместите в две пробирки. В каждую пробирку добавьте по 0,5 мл 0,2%-ного раствора хлорида кальция, после чего одну пробирку поставьте в штатив, а содержимое другой забалтуйте лупинкой до образования нитей фибрина, которые будут скапливаться на лупинке. Рассмотрите нити фибрина, а также оставшуюся в пробирке сыворотку в сгусток плазмы в другой пробирке.

ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Кровообращение у человека и животных осуществляется благодаря работе сердца. Оно зависит от свойств и строения сердца и сосудов. Основное свойство сердечной мышцы, определяющее ее нервно-регулируемую деятельность, — автоматизм, возбудимость, сократимость, проводимость.

Деятельность сердца и сосудов регулируется нервной системой и гуморальными факторами, вследствие чего сердечно-сосудистая система приспособляется к постоянно изменяющимся условиям жизни и деятельности организма.

О функциональном состоянии сердца судят по различным методам проявления его деятельности.

Работа 89. Наблюдение за работой сердца лягушки (запись соплячений предсердий и желудочков)

Сердце человека в среднем сокращается 70—75 раз в 1 мин, при этом одно сокращение длится 0,9—0,8 с. В цикл сокращения сердца входят три фазы: систола предсердий (ее длительность 0,1 с), систолу желудочков (ее длительность 0,3—0,4 с) и диастолу (период, в течение которого происходит расслабление и предсердия, и желудочки, — 0,4—0,5 с). Сокращения сердца начинаются с сокращения предсердий. В момент систолы предсердий кровь из них проталкивается в желудочки через открытые атриовентрикулярные клапаны. Затем сокращаются желудочки. Предсердия во время систолы желудочков расслаблены, т. е. находятся в состоянии диастолы. В этот период атриовентрикулярные клапаны закрываются под давлением крови со стороны желудочков, и желудочные клапаны расслабляются и кровь выбрасывается в аорту и легочные артерии. В систоле желудочков различают две фазы: фазу натрижения (период, в течение которого давление крови в желудочках достигает максимальной величины) и фазу изгнания (время, в течение которого открываются полулунные клапаны и кровь выбрасывается в сосуды). После систолы желудочков наступает их расслабление — диастола, которая длится 0,5 с. В конце

диастолы желудочков начинается систола предсердий. В этот момент в аорте таузи полулунные клапаны закрываются под давлением крови в артериях выходящих сосудов. Во время систолы предсердий и желудочков наполняются новой порцией крови, поступающей из вен.

В работе предлагается записать на кимографе последовательность сокращений предсердий и желудочков сердца ля-

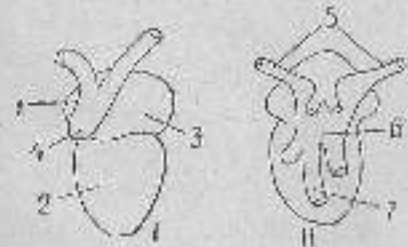


Рис. 106. Строение сердца лягушки: 1 — вены, 2 — предсердия, 3 — желудочки, 4 — атриовентрикулярные клапаны, 5 — легочная артерия, 6 — аорта, 7 — легочная артерия, 8 — легочные артерии, 9 — легочные вены, 10 — вены, 11 — предсердия, 12 — желудочки, 13 — атриовентрикулярные клапаны, 14 — легочная артерия, 15 — аорта, 16 — легочная артерия, 17 — легочные артерии, 18 — легочные вены, 19 — вены, 20 — предсердия, 21 — желудочки, 22 — атриовентрикулярные клапаны, 23 — легочная артерия, 24 — аорта, 25 — легочная артерия, 26 — легочные артерии, 27 — легочные вены, 28 — вены, 29 — предсердия, 30 — желудочки, 31 — атриовентрикулярные клапаны, 32 — легочная артерия, 33 — аорта, 34 — легочная артерия, 35 — легочные артерии, 36 — легочные вены, 37 — вены, 38 — предсердия, 39 — желудочки, 40 — атриовентрикулярные клапаны, 41 — легочная артерия, 42 — аорта, 43 — легочная артерия, 44 — легочные артерии, 45 — легочные вены, 46 — вены, 47 — предсердия, 48 — желудочки, 49 — атриовентрикулярные клапаны, 50 — легочная артерия, 51 — аорта, 52 — легочная артерия, 53 — легочные артерии, 54 — легочные вены, 55 — вены, 56 — предсердия, 57 — желудочки, 58 — атриовентрикулярные клапаны, 59 — легочная артерия, 60 — аорта, 61 — легочная артерия, 62 — легочные артерии, 63 — легочные вены, 64 — вены, 65 — предсердия, 66 — желудочки, 67 — атриовентрикулярные клапаны, 68 — легочная артерия, 69 — аорта, 70 — легочная артерия, 71 — легочные артерии, 72 — легочные вены, 73 — вены, 74 — предсердия, 75 — желудочки, 76 — атриовентрикулярные клапаны, 77 — легочная артерия, 78 — аорта, 79 — легочная артерия, 80 — легочные артерии, 81 — легочные вены, 82 — вены, 83 — предсердия, 84 — желудочки, 85 — атриовентрикулярные клапаны, 86 — легочная артерия, 87 — аорта, 88 — легочная артерия, 89 — легочные артерии, 90 — легочные вены, 91 — вены, 92 — предсердия, 93 — желудочки, 94 — атриовентрикулярные клапаны, 95 — легочная артерия, 96 — аорта, 97 — легочная артерия, 98 — легочные артерии, 99 — легочные вены, 100 — вены.

гушки. На трапезе кем это сделать, рассмотрите сердце лягушки (рис. 106). Оно состоит из двух предсердий (1, 2) и одного желудочка (3). Отсюда, тупиковыми и правой предсердия, направляются легочные вены (4). В него впадают две легочные (5) и одна венозная (6) вены. Цикл сокращения сердца лягушки состоит из четырех фаз: 1) систолы синуса; 2) систолы предсердий; 3) систолы желудочка; 4) паузы. Сокращения сердца лягушки начинается с систолы легочного синуса. На кимографе зафиксируйте сокращения синуса и предсердий и отдельно — сокращения желудочка.

Для работы необходимо: кимограф, лягушка, набор инструментов для препарирования, пробная пластинка, лезвие, сердечный рычажок, две серфилы, кимограф Риттера для холмогровых, штатив с зажимом на нем колесом (или лентой) для фиксации пластины с лягушкой.

Методика выполнения работы

Для анализа сокращений сердца приготовьте полностью обезбоженный препарат. Разрушите головной и спинной мозг лягушки и приложите ее к пробковой пластинке брыжжой стороной вверх.

Затем, прижав лягушку к коже пинцетом ниже конца грудной клетки, сделайте поперечный надрез. Вставив пинцетом конец дощечки в этот надрез, приложите его к периферическим концам правой и левой ветви. Полуобнаженный треугольный дощечный доску обезопасьте от случайного движения.

Приближая лезвием лезвия к грудной клетке, стараясь не задеть сердце, разрежьте мышцы по тем же линиям, как и при разрезе кожи. Дойдя до хрящев, перережьте их с обеих сторон и удалите грудную клетку вместе с мышцами. Разложите разрезанную ленту и приколоть их как можно ближе на пробковой пластинке.

Надев на маленькие дощечки, сделайте околосердечную связку (периверт). Наложите лигатуру под узелком (связку, расположенную между желудочком и левой ветвью), туго перевяжите ее как можно ближе к сердцу и перережьте ленту периверта, чтобы лигатура осталась свободной с сердцем.

Приподнимите сердце за лигатуру и рассмотрите его отделы: предсердий, желудочка. Обратите внимание на последовательность сокращений этих отделов.

Для того чтобы сердце не подсыхало, постоянно смачивайте его раствором Риттера.

Приподнимите сердце за лигатуру и захватите одной серфилкой (маленькой вилкой из тонкой стальной проволоки) верхушку сердца, а другой — предсердия и в месте наиболее отчетливого сокращения как можно дальше от желудочка.

Соедините нитки, приложенные к серфилкам, с отдельными рычажками кимографа (к верхнему рычажку присоедините серфилку от желудочка). Рычажки предварительно должны быть отрегули-

добавлять таким образом, чтобы концы их високосов находились на одном уровне (рис. 107).

Пусть в ход каллиграф, закрепите отдельно сокращенных предсердий и желудочка. Обратите внимание на ритмичность их сокращений, кинематограмму выложите в тетрадь.

Отвечьте на вопрос: какова последовательность сокращений отделов сердца лягушки?

Работа 90. Изучение автоматия сердца лягушки. (опыт Стэнлиуса)

Автоматией сердца называют его способность сокращаться без воздействия импульсов извне. Сердце лягушки, даже удаленное из организма, способно сокращаться в течение длительного времени. Ритмические самостоятельные сокращения сердца связаны с наличием в нем нервных узлов (сплетение особых миоцитов и нервных клеток), получивших название проводящей системы сердца. Проводящая система сердца лягушки представлена двумя узлами: синусным и атриоventрикулярным.

Синусный узел (узел Ремака) расположен в венозном синусе у места впадения полых вен. Эта ведущая часть сердца, синусный узел, обладает наиболее высокой автоматией (водителем ритма), именно отсюда начинаются сердечные сокращения. Атриоventрикулярный узел (узел Виллера) расположен на хорде в задней границе между предсердием и желудочком, и его волокна (волокна Пуркинье) распространяются на $\frac{2}{3}$ верней части желудочка. Узел Виллера обладает собственным (более быстрым) ритмом, который в обычных условиях деятельности сердца подчинен

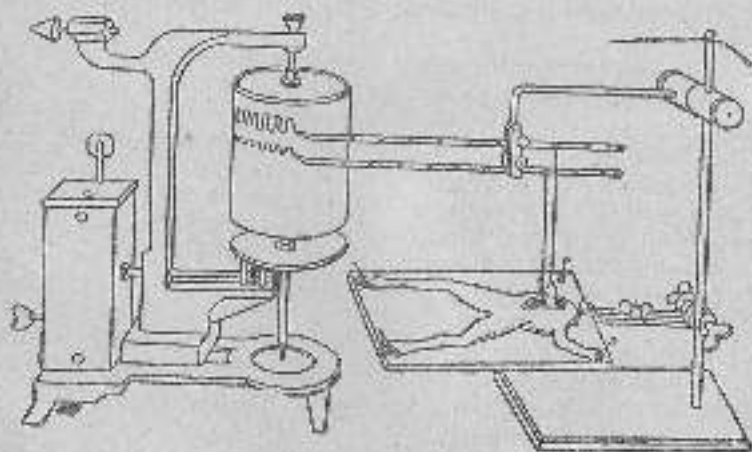


Рис. 107. Установка для регистрации работоспособности сокращений предсердий и желудочка.

синусному узлу. В верхнем сегменте нет нервных клеток, вследствие чего она не обладает автоматией.

Автоматическая деятельность сердца связана с возникновением спонтанной деполяризации в клетках водителя ритма, которая достигает критического уровня и приводит к возникновению потенциалов действия. В основе возникновения потенциала действия лежит увеличение проницаемости мембраны клеток водителя ритма к ионам натрия (в фазу деполяризации) и к ионам калия (в фазу реполяризации). В допитовенном возбуждении в сердечной мышце важную роль играют ионы кальция. Перемещение ионов происходит не только в силу разности их концентрации на внутренней и наружной поверхностях мембраны, но и с участием активных процессов, в которых важная роль принадлежит АТФ.

Задача работы — выявить особенности автоматия сердца лягушки.

Для работы необходимы: лягушка, набор инструментов для препарирования, пробовая пластинка, часовое стекло, пинцетные щипы на 1 мм.

Метельник выполняющей работы

Обездвижьте лягушку, разрушите головной и спинной мозг. Вскройте грудную полость и обнажите сердце, как описано в работе 89.

1. Наложите первую лигатуру Стэнлиуса (рис. 108, 1). Подложите шпатель под обе дуги аорты, приподняв сердце так, чтобы можно было хорошо видеть границу между предсердиями и венозным синусом. Выделите оба конца нитки на дорсальную поверхность сердца и сделайте петлю так, чтобы она находилась под венозным синусом.

Сосчитайте число сокращений сердца за 1 мин.

Туго затяните петлю: создайте блок между синусом и предсердиями, т. е. нарушите передачу импульсов от венозного синуса к предсердиям и желудочку.

Наблюдайте прекращение ритмической деятельности предсердий и желудочка. Подсчитайте число сокращений венозного синуса за 1 мин. Обратите внимание, что он сокращается с той же частотой, с которой сокращалось сердце до наложения лигатуры.

Нанесите механическое раздражение на желудочек — оба отдела сердца сокращаются одновременно. Нанесите такое же раздражение на предсердие — и при этом оба отдела сердца сокращаются одновременно.

Объясните наблюдаемые явления.

2. Наложите вторую лигатуру



Рис. 108. Схема наложения лигатур Стэнлиуса

1 — первая лигатура, 2 — первая и вторая лигатуры, 3 — первая, вторая и третья лигатуры. Когда первая лигатура наложена, сердце сокращается одновременно предсердиями и желудочком.

ру Станисуса (работу продолжайте на той же лягушке, рис. 108, 2).

Подведите лигатуру под дорсальную поверхность сердца в области атриовентрикулярной границы и введите ее концы на вентральную поверхность. Сделайте свободную петлю вокруг желудка (по атриовентрикулярной границе).

Затяните петлю не очень туго, так чтобы она, по складкам подпояска была между предсердиями и желудочком, раздражала атриовентрикулярный узел.

Вследствие постоянного раздражения атриовентрикулярной границы (узла Бундлера) лигатурой возникает ритмические сокращения сердца, но их частота значительно ниже нормальной. Эти сокращения прекращаются после ослабления или снятия лигатуры.

После наблюдения сокращений сердца, зависящих от автоматизации атриовентрикулярного узла, затевайте туго лигатуру по атриовентрикулярной границе и тем самым создайте полную непроходимость между предсердиями и желудочком (сделайте так, чтобы атриовентрикулярная граница осталась в области желудочка). Через 20—30 мин можно наблюдать восстановление сократимости желудочка, зависящих от автоматизации атриовентрикулярного узла.

3. Положите третью лигатуру (рис. 108, 3).

Третья лигатура указывает путем оттягивания нижней трети желудочка лигатурой (ее можно и отрезать).

Заметьте, что отделенная верхушка сердца анатомически не сокращается — не обладает ритмической автоматикой.

Отрезанную часть сердца поместите в раствор Ривера на часовой стекло и нанесите механическое раздражение (покачивайте препаровальной иглой) — возникают одиночные сокращения в ответ на раздражение.

Наблюдения сделайте опытные в тетрадь, объясните их. Сделайте вывод о характере автоматической деятельности нервных узлов проводящей системы сердца лягушки. Разберите механизм возникновения автоматизации сердца, пользуясь материалами лекций и учебника.

Работа 91. Влияние температуры на сокращения сердца лягушки

Частота и сила сокращений сердца измеряются под влиянием различных факторов, в том числе и температуры. Установлено, что при действии тепла (для сердца лягушки 30—35°C) частота и сила сокращений сердца увеличиваются, а при действии холода (0°C) — уменьшаются. Влияние этих факторов эффектно при воздействии на ведущую часть сердца (венозная синус) и отсутствует при воздействии на атриовентрикулярный узел. Установлено, что сокращения желудочка при действии тепла на атриовентрикулярный узел можно наблюдать лишь при условии одновременного понижения автоматизации венозного узла воздействием на него холода.

Для работы необходимы: кинограф, лягушка, набор инструментов для препарирования, пробковая пластинка, двойной сердечной рамочки, две серфиты, раствор Ривера для холоднокровных, термометр (голки стеклышине трубочки, через которые протекает жидкость, или пробирка с узким концом) с горячей (30—35°C) и холодной (0°C) водой.

Методика выделенная работы

Приготовьте лягушку так же, как и в работе 89. Посредством серфиты соедините предсердия и желудочек с рычажками кинографа.

Приготовьте термометр с горячей и холодной водой.

Запишите на кинографе нормальный характер сокращений сердца (предсердий и желудочка) до воздействия температурных раздражителей.

Продвигая язычок спиральной сердца, приложите к ротовому синусу термометр с горячей водой. Зарегистрируйте увеличение частоты сердечных сокращений.

После восстановления исходного уровня сокращений сердца приложите к синусу термометр с холодной водой и продолжайте запись сокращений сердца. Отметьте ухудшение деятельности сердца.

Проведите наблюдения за сократительной деятельностью сердца, двукратно термометр в той же последовательности к атриовентрикулярному узлу. Отметьте, что деятельность сердца не изменяется. Наложите термометр с холодной водой на венозный синус, а термометр с горячей водой — на желудочек (атриовентрикулярный узел). Таким же способом автоматически синусного узла и одновременно подложите автоматически атриовентрикулярного узла. Наблюдайте, что такое воздействие приводит к изменению последовательности сокращений отделов сердца: сначала сокращается желудочек, а потом — предсердие.

Киннограммы вложите в тетрадь. Объясните полученные данные. Ответьте на вопросы: всегда ли область венозного синуса отделалась ведущей частью сердца? При каких условиях атриовентрикулярный узел становится ведущей частью сердца? Почему же синусом ритма температурные воздействия на область атриовентрикулярной границы могут не влиять на ритм и силу сокращений сердца?

Работа 92. Получение сердечного блока путем механического повреждения области атриовентрикулярной границы

После изучения проводящей системы сердца и вытолкении работы 90 ставятся следующие задачи: что при выделении блока до атриовентрикулярной границы можно наблюдать сокращения предсердий и желудочка в разном ритме. Можно туго пережать атриовентрикулярную границу лигатурой (так,

чтобы узел остался в области желудочка) и наблюдать хорошо сокращения предсердий (в выходном ритме, под влиянием элек- тричности синусового узла) и उत्तरственные сокращения желудочка. Однако через 20-30 мин начинает сокращаться и желудочек под влиянием автономной атриовентрикулярной узла, но в более редком ритме. Это явление получило название диссоциации (рас- ходжения) ритма. В целях экономии времени этот же эффект можно получить иным путем. Для этого нужно наложить долот- пильную лигатуру на атриовентрикулярную границу и, петлю ее затянув, вызвать постоянное раздражение атриовентрику- лярного узла. При этом можно наблюдать, что предсердия сокра- щаются в более частом ритме (в ритме синусового узла), а желу- дочек — в более редком (в ритме атриовентрикулярного узла).

Для работы необходимы: кимограф, лягушка, набор инструментов для претарирования, приборная пластинка, двойной сердечной рычажок, два серфика, пастор Рингера для холодо- кровных.

Работа может быть проведена на той же лягушке, что и работа 91.

Методика выполнения работы

Обездвижьте лягушку, разрушив голубой и синий мозг. Вскрыйте грудную полость и обнажите сердце, как показано в работе 88.

Прежде чем зашить серфами предсердия и желудочек, наложите на атриовентрикулярную границу долоту, не затягивая ее.

Наладьте регистрацию сокращений сердца на кимографе и за- вышите их исходный уровень. Затем постепенно затягивайте ли- гатуру по атриовентрикулярной границе. Наблюдайте диссоциацию ритма сокращений предсердий и желудочка: предсердия сокра- щаются в более частом ритме, желудочек — в более редком (рис. 109). Подсчитайте частоту сокращений обеих отделов сердца.

Постепенно затягивая петлю, добейтесь полного блока про- водимости и, т. е. прекращения сокращений желудочка. От- метьте, что предсердия сокращаются в прежнем ритме.

Обычно через 20-30 мин вос- станавливаются сокращения желу- дочка и наступает устойчивая дис- социация ритма предсердий и же- лудочка.

Осторожно перерезав петлю ли- гатуры, снимите ее, добейтесь вос- становления проводимости выдуль- гив сердца атриовентрикулярную границу и восстановленная деятель- ность сердца.

Кимограммы выложите в тетрадь. Объясните причину возникновения диссоциации ритма.



Рис. 109. Восстановля эффект диссоциации ритма предсердий и желудочка при выделении узла по атриовентрикулярной границе: 1 — запись сокращений желудочка; 2 — запись сокращений предсердий. Узел выделен петлей лигатуры, которую постепенно затягивают кверху.

Работа 103. Наблюдение рефрактерного периода и получение экстрасистолы

Изменения возбудимости сердечной мышцы можно выявить путем постепенного раздражения на сердце в различные фазы его сокращения. Известно, что в различные фазы возбудимости сердца (рис. 110): в самом начале систолы сердечная мышца полностью утрачивает возбудимость — находится в состоянии абсолютной рефрактерности (рис. 110, 1). В начале диастолы возбудимость постепенно повышается — это соответствует фазе относительной рефрактерности (рис. 110, 2). В конце диастолы наступает кратковременное повышение возбудимости (рис. 110, 3), что соответ- ствует фазе экзальтации. Затем возбудимость возвращается к ис- ходному уровню (рис. 110, 4).

Рефрактерный период называется промежутком времени, в течение которого возбудимое образование (в данном случае — сердечная мышца) не отвечает на раздражение после осуществ- ленного процесса возбуждения. Рефрактерный период сердечной мышцы значительно больше рефрактерного периода скелетной мышцы. Продолжительность этого периода для предсердий и же- лудочка почти равна длительности их систол. Благодаря этому сердечная мышца не отвечает на раздражение во время систолы и в обычных условиях невозможно приложить в состоянии тетра- нического сокращения.

В сердечной мышце волея за каждым одиночным сокращени- ем наступает кратковременная пауза. Если в момент сокраще- ний предсердий или желудочка внести на них раздражение с целью получения дополнительного сокращения, то раздражение окажется неэффективным, так как в период систолы сердце на- ходится в состоянии абсолютной рефрактерности (рис. 110, 1).

Можно вызвать дополнительное сокращение сердца (экстрасисто- лу), если внести раздражение в конце систолы (в фазу относитель- ной рефрактерности, когда возбу- димая образования слабо отве- щает на сильное раздражение; рис. 110, 2) или во время диастолы (в фазу повышенной возбудимости может возникнуть ответ и на сла- бое раздражение). При раздраже- нии желудочка возникает экстрас- систола, а после нее — диастольная пауза (компенсаторная), которая возникает вследствие того что от- срочкой импульс от синусового узла приходит к желудочку в момент экстрасистолы и оказывается перед

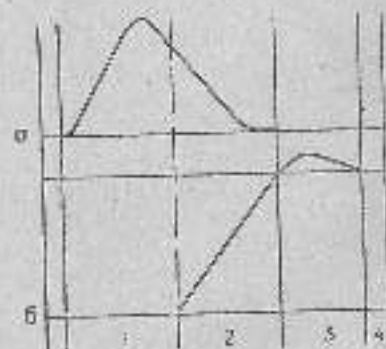


Рис. 110. Изменения возбудимости сердечной мышцы в различные фазы ее сокращения.

Самое лучшее раздражение производится электрическим током 100-200 вольта, частотой 100-200 вольта, длительностью 100-200 мс.

стварьши, так как и в период экстрасистолии сердце находится в состоянии рефрактерности.

Если раздражать предсердия током по окончании их сокращения, то возникает экстрасистола без компенсаторной паузы, так как раздражение наносится на валушчатую часть сердца — венозный синус — и его очередной импульс просто сливается во время (на длительность экстрасистолы).

Для работы необходимы: стимулятор, отметчик раздражения, кимограф, лягушка, набор инструментов для препарирования, пробковая пластинка, одиночный сердечный рычажок, серфина, раствор Рингера для хамелексовых.

Методика выполнения работ

Включите стимулятор в сеть и установите нужные параметры раздражения: вид залуска «калещий», частота 1—2 кГц, длительность 1 мс, амплитуда оптимальная (подбирается в процессе опыта). Импульсы посылаете к объекту путем нажатия кнопки раздражения унитарное. К стимулятору присоедините индифферентный и раздражающий электроды.

Разрежьте голубую и синюю жев лягушки и присоедините ее к пробковой пластинке. Откройте лягушку и обнажите ее сердце, с помощью серфины соедините его с кимографом.

Индифферентный электрод (пластинку) поместите под спину лягушки.

Питку длиной 10—12 см поместите в раствор Рингера, так как она хорошо пропиталась жидкостью. Скрутите концы втрое и соедините ее с зачищенными концами провода, соединившего со стимулятором. Вскройте питку можно использовать серфину: ее удобнее и проще прикреплять на сердце, но при этом нужно строго дозировать силу раздражения (раздражать небольшой силой).

На желудочек сердца поместите раздражающий электрод. Запишите кардиограмму, т. е. крайнюю сокращенную сердца, сначала без раздражения, а затем при раздражении желудочка плащичными ударами в различные моменты систолы и диастолы (рис. 111).

Опишите, что при раздражении желудочка в момент систолы длительность сердца не уменьшается — кардиограмма остается прежней (рис. 111, 1). При раздражении в момент диастолы наблюдается дополнительная сокращенная — экстрасистола — с последующей компенсаторной паузой (рис. 111, 2). Объясните возникновение экстрасистолы и компенсаторной паузы.

Перенесите раздражающий электрод на венозный синус и снова нанесите одностороннее раздражение в момент систолы и диастолы предсердий (рис. 111, 3). Отметьте отсутствие дополнительного сокращения при нанесении раздражения во время систолы. Если же раздражение нанести во время диастолы, возникает экстрасистола без компенсаторной паузы. Объясните наблюдаемые явления.

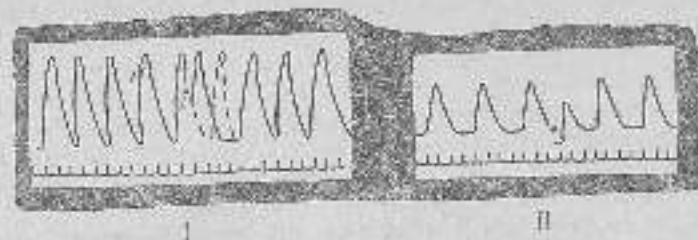


Рис. 111. Наблюдаемые экстрасистолы и компенсаторной паузы. I — эффект раздражения желудочком. II — эффект раздражения в венозном синусе. 1 — из-за того, что раздражение наносится в момент систолы. 2 — раздражение в момент диастолы. 3 — раздражение в момент систолы. 4 — экстрасистола без компенсаторной паузы. 5 — экстрасистола с компенсаторной паузой. 6 — эффект раздражения.

Отвечает на вопросы: как выясняется необходимость сердечной мышцы? Что называется рефрактерным периодом и какова его длительность в сердечной мышце? Что такое экстрасистола?

Ход работы, выводы выносите в тетрадь, оформите кимограммы.

Работа 94. Работа изолированного сердца лягушки при различных условиях

Работа сердца в основном заключается в нагнетании крови в сосуды, преодолевая сопротивление, которое в них развивается. Особенно большую работу выполняет левый желудочек, так как он преодолевает сопротивление сосудов большого круга кровообращения.

Если пренебречь небольшой затратой энергии на продвижение крови небольшого ускорения, работа, проводимая сердцем при каждом сокращении желудочка W , может быть определена как произведение объема выбрасываемой крови V на величину сопротивления в сосудистой русле R : $W = V \cdot R$.

Показателем сопротивления может служить давление крови в определенном участке сосудистого русла.

На работу сердца влияют различные факторы: она значительно возрастает при увеличении притока жидкости к сердцу и сопротивлению в сосудах. При увеличении до определенного предела притока крови к сердцу увеличивается объем крови, выбрасываемой сердцем: как систолический (количество крови, выбрасываемой сердцем за одно сокращение), так и минутный (количество крови, выбрасываемой сердцем за 1 мин). Соответственно возрастает работа, выполняемая сердцем.

При увеличении сопротивления в сосудистой системе минутная и систолическая работа сердца также возрастает, даже если сокращаясь неизменным минутный и систолический объем крови.

В этой и следующей работах приборах для изучения влияния сопротивления на работу сердца служит вертикальная трубка с баковой вытекающей воронкой, которая может открываться и за-

кровать для помощи зажимом (рис. 112). В зависимости от того, какое отверстие открыто, сердце будет преодолевать давление стога жидкости различной высоты, иными словами, разляпное сопротивление.

Все факторы, влияющие на частоту и силу сокращений сердца, соответственно влияют и на его работу. Так, под влиянием раствора атренина увеличивается частота и сила сердечных сокращений, соответственно увеличивается выделенная сердцем работа. Под влиянием ацилхолина, наоборот, уменьшается сила и частота сердечных сокращений, следовательно, уменьшается производительность сердечной работы.

Задачу этой и следующей работ составляет изучение зависимости работы сердца от притока к нему крови и сопротивления в сосудистой системе, а также от влияния некоторых гуморальных факторов.

Для работы необходимы: лягушка, набор инструментов для препарирования, пробная пластинка, песочные часы на 1 мин, прибор для изучения работы сердца, сосуд Мариотта, манжетка на 10—15 мм, сердечные канюли, раствор Рингера для хонингирования.

Методика выполнения работы

Проверьте систему, лигатуры сердца, состоящую из сосуда Мариотта (рис. 112, 1) и основной трубки с зажимом.

Разрушите у лягушки головку и спинной мозг и приколите ее к пробной пластинке. Вскрыйте грудную полость лягушки и обнажите ее сердце. Осторожно спонжуйте перикард и подведите под узелку лигатуру.

Под левую дугу аорты подведите две лигатуры, под правую — одну. Правую дугу аорты перевяжите двойным узлом. На левой дуге аорты из лигатуры, расположенной ближе к сердцу, сделайте петлю, не захватывая ее.

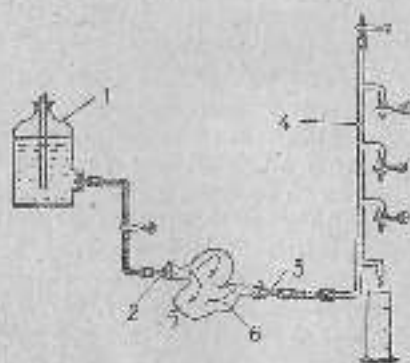


Рис. 112. Методика для изучения работы изолированного сердца лягушки: 1 — резервуар для изучения сердца (сосуд Мариотта); 2 — лягушка; 3 — канюли, введенные в аорту; 4 — трубка с боковым отверстием; 5 — измеритель; 6 — манжетка.

За нитку, привязанную к узелку, приблизьте сердце и отведите его вверх; нитку приколите к пробной пластинке, что даст возможность в течение нужное для препарации времени удерживать сердце в таком положении. Между петлей и сердцем найдите латексную ленту вену. Оупрепарируйте ее: подведи под нее ленту, осторожно маленькими ножницами подрежьте в обеих сторонах соединительную ткань.

Под левую вену подведите две лигатуры. Из лигатуры, лежащей ближе к сердцу, сделайте петлю, не захватывая ее. Пользуясь второй лигатурой (расположенной дальше от сердца) как держимкой, приблизьте левую вену, сделайте небольшой боковой надрез (следите за тем, чтобы не перерезать весь сосуд) и вставьте в него мелкоизмельченный раствор Рингера канюлю. Заранее приготовленную петлю набросьте на конец вставленной в сосуд канюли и туго завяжите ее двойным узлом.

За нитку, привязанную к узелку, верните сердце в нормальное положение.

Затолкните раствором Рингера вторую канюлю. Введите ее в левую дугу аорты, доставая тем же приемом, что и при введении канюли в левую вену. В случае закупорки канюль отверстиями прова протирайте их кончики волосом, держа его вращательными движениями.

Осторожно, не перекручивая канюли, соедините левую канюлю (2) с системой, включающей сердце, артериальную канюлю — с прибором для определения работы сердца (3). Отрегулируйте приток жидкости к сердцу так, чтобы она не была чрезмерно разбавлена.

В приборе для измерения работы сердца настройте все боковые трубки, кроме нижней. Теперь раствор Рингера из сосуда Мариотта по трубке поступает в сердце, из сердца поднимается вверх по стеклянной трубке и вытекает через открытый нижний боковой отверстие.

При этом за 1 мин сердце производит работу $W_{серд}$, которая измеряется произведением минутного объема выбрасываемой сердцем крови $V_{мин}$ на сопротивление R — давления столба нагнетенной сердцем жидкости; $W_{серд} = V_{мин} \cdot R$.

1. Вычислите работу сердца, произведенную за 1 мин и за одну систолу. Для этого нужно определить минутный объем, т. е. количество жидкости, выбрасываемой сердцем за 1 мин из бокового отверстия трубки, и измерить высоту столба жидкости, т. е. расстояние от сердца до бокового вытечного отверстия R .

Систольная работа равна: $W_s = V_s \cdot R$, где V_s — систольный объем. Для определения систольного объема нужно минутный объем $V_{мин}$ разделить на число сокращений сердца за 1 мин n :

$$V_s = \frac{V_{мин}}{n}$$

Для более точного определения минутного и систолического объемов 4—5 раз произведите подсчет числа сокращений сердца в 1 мин с одновременным измерением минутного объема. Затем, определив средние величины, вычислите минутную и систолическую работу сердца.

Полученные данные занесите в таблицу (табл. 21) и подвергните статистической обработке.

Таблица 21. Показатели работы сердца.

№ п/п	Число сокращений	Объем		Работа	
		минутный	систолический	в л/мин	систолическая
1					
2					
3					
4					
5					

Рассчитайте среднюю величину из 5 определений с ошибкой средних.

2. Исследуйте, как изменяется минутная и систолическая работа сердца при плавном притоке жидкости к сердцу и изменении кровяного давления.

а) Влияние кровяного притока крови на минутную и систолическую работу сердца.

Ослабьте зажим на трубке, идущей от сосуда Марпюта, увеличьте приток жидкости к сердцу. Определите минутный объем, подсчитайте число сокращений сердца в 1 мин, вычислите систолический объем.

Выполните работу сердца, произведя ее за 1 мин и за одну минуту. Сравните полученные данные с исходной величиной минутной и систолической работы. Обратите внимание на увеличение притока крови, выходящая сердцем за 1 мин и во время одной систолы, возрастает.

Эти определения также производите несколько раз (не менее 5) и рассчитайте среднюю величину с ошибкой средних. Для удобства данные занесите в такую же таблицу, которая указана выше.

б) Влияние давления (контрактильности) на минутную и систолическую работу сердца.

Установите среднюю величину притока жидкости к сердцу. Пользуясь латексным сосудом Фришмана, определите минутную и систолическую работу сердца (исходная величина).

Для той же трубки латекса определите минутную и систолическую работу сердца при толщине жидкости до второй или третьей отводной трубки (первую закройте зажимом). Как и в предыдущих случаях, определите минутную и систолическую

объемы производите несколько раз и определите среднюю величину с ошибкой средних.

Пользуясь латексными трубками, рассчитайте минутную и систолическую работу, применяя 2 желтой желатины. Обратите внимание, что при усилении толщатыни сопротивления желатины минутная и систолическая работа сердца может и не изменяться, но минутная и систолическая работа сердца возрастает. Возрастающая работа является не из-за увеличения объема выбрасываемой жидкости, а из-за увеличения дополнительного сопротивления.

Вет расчеты и данные занесите в тетрадь.

Ответьте на вопрос: как зависит работа сердца от притока крови к различным сопротивлениям и сосудам?

Работа 95. Влияние адреналина и холода на работу изолированного сердца лягушки (продолжите курс продолжение работы 94).

Для работы необходимы: лягушка, набор инструментов для препарирования, трубчатая пластина, весовые сосуды 10 мл, прибор для изучения работы сердца, сосуд Марпюта, манометр на 10—15 мм, сердечные канюли, раствор Рунтера для кровяных, раствор адреналина и холода.

Методика диссекции работы

Приготовьте лягушку так же, как и в работе 94. Можно пользоваться той же лягушкой.

Соедините чашку скарлатины сердца за 1 мин и определите минутный и систолический объем (жидкость собирайте через нижнюю отводную трубку прибора). Повторите определения несколько раз, запишите средние данные, как указано в предыдущей работе. Рассчитайте работу сердца по формуле, данной в работе 94.

Наберите в шприц 0,5 мл раствора адреналина (1:10 000). Иглай иглицы проколите резиновую трубку, до которой раствор Рунтера поступает в сердце, содержащее шприца введите в манометрную трубку. После этого в течение нескольких минут подряд подсчитывайте число сокращений сердца за 1 мин, определите минутный и систолический объем. Подсчет производите до полного прекращения деятельности сердца.

Теперь возьмите чашку холода на работу сердца. Обратите внимание на уровень деятельности сердца, введите в сердце 2—3 капли раствора холода (1:10 000) тем же способом, как вводили адреналин. Если нет готового раствора холода, можно его приготовить следующим образом: 2—3 желтых цукра лягушек, разложите их на кусочек стекла и разбавьте желчь раствором Рунтера до светло-белого цвета. Упавшие разложите и наберите этот раствор в шприц.

После введения раствора холода (или жемч) снова подсчитайте число сокращений сердца за 1 мин и определите минутный и систолический объем.

Когда наступит полная остановка сердца под влиянием холина, тщательно промойте его растворами Рингера (можно добавить в него адреналин) и добейтесь восстановления деятельности сердца.

Выясните, как изменялась минутная и спонтанная работа сердца под влиянием адреналина и холина.

Результаты опыта запишите в тетрадь, проанализируйте полученные данные и сделайте вывод о влиянии адреналина и холина на работу сердца.

Ответьте на вопрос: какое из приложенных в опыте веществ действует двояко — и действительно симпатической нервной системы, и наоборот — парасимпатической?

Работа 96. Нервная регуляция деятельности сердца: влияние вагосимпатического нерва на сердце лягушки

Раздражение блуждающего нерва вызывает торможение деятельности сердца: уменьшается частота сокращений сердца (отрицательный хронотропный эффект), уменьшается сила сокращений (отрицательный инотропный эффект), замедляется скорость проведения возбуждения (отрицательный дромотропный эффект), связывается тонус сердечной мышцы (отрицательный тонотропный эффект). При раздражении симпатического нерва деятельность сердца увеличивается: симпатическая нервная система оказывает положительное хронотропное, инотропное, дромотропное и тонотропное влияние.

Установите, что тормозящее влияние блуждающего нерва на сердце связано с выделением медиатора ацетилхолина, способствующего гиперполяризации мембраны (увеличению мембранного потенциала) вследствие повышения ее проницаемости к ионам калия.

При раздражении симпатического нерва выделяется медиатор норадреналин, который вызывает деполаризацию потенциалогенной мембраны вследствие увеличения ее проницаемости к ионам натрия.

Блуждающий и симпатический нервы у лягушки идут в одном пучке, и для исследования их влияния на сердце приходится раздражать оба нерва одновременно. Для того чтобы провести анализ эффекта совместного раздражения блуждающего и симпатического нервов, нужно знать их свойства:

1. Блуждающий нерв обладает более коротким латентным периодом, и поэтому его эффект проследится раньше, только же после раздражения. Этот эффект выражается в урежении частоты или уменьшении силы (амплитуды) сокращений сердца при средних силах раздражения и в остановке сердца при сильном раздражении.

2. Симпатический нерв обладает длительным латентным периодом и весьма значительным последствием. Эффект раздражения этого нерва появляется позднее и сохраняется и теплее некоторого времени и после прекращения раздражения. При средних силах раздражения симпатический эффект выражается в незначительном увеличении частоты и силы сокращений сердца, при сильном раздражении — в значительном их увеличении.

3. Блуждающий нерв легко адаптируется к раздражению, вследствие чего при длительном раздражении его эффект исчезает (это получило название «устользания сердца от влияния вагуса»), в то же время эффект раздражения симпатического нерва.

4. Претангиональные волокна блуждающего нерва идут от продолговатого мозга до синусного узла, в котором и прерываются; постгангионарные волокна разветвляются в сердце. Поэтому под влиянием некоторого, парализующего вегетативный ганглий, эффект раздражения блуждающего нерва исчезает. Он сохраняется при раздражении синусного узла (здесь разветвляются постгангионарные волокна).

5. Претангионарные волокна симпатического нерва в основном доходят до переднего симпатического ганглия, откуда отходят постгангионарные волокна. Поэтому эффект раздражения симпатического нерва не исчезает после воздействия никотина на синусный узел.

Для работы необходимы: стимулятор, электроды для биполярного раздражения, ксилограф, амплитуда, набор инструментов для препарирования, пробковая пластинка, олигарный сердечный рычажок, серфинка, 0,1% ный раствор никотина, 0,1% ный раствор атропина.

Методика выполнения работы

Включите стимулятор в сеть, установите нужные параметры раздражения: вид запуска «внутренний», частота 40—50 импульсов, длительность 1 мс, амплитуда оптимальная (подбирается в эксперименте). Трансформатор включите в диапазон 1:10.

Разрушите у лягушки головной и спинной мозг, откройте грудную полость и обнажите сердце. Для предохранения сердца от высыхания смачивайте его раствором Рингера.

Отпрепарируйте вагосимпатический нерв. С этой целью удалите кожу с нижней челюсти и живота у узла челюсти, так чтобы были видны два идущих рядом и расположенных вдоль длинной оси тела лягушки нервы — языкомотный и подязычный.

Раздвигая ткани между этими нервами, отыщите сосудисто-нервный пучок, в состав которого входит вагосимпатический нерв, сонная артерия, венозная вена и расположенный между этими сосудами блуждающий нерв. Вместе с блуждающим нервом проходят и симпатические волокна (рис. 113).

Отпрепарируйте сосудисто-нервный пучок. Приподняв пучок за лигатуру, подведите под него электроды. Следите, чтобы корт не выскочил. Начинайте запись сокращений сердца на кимографе.

Закрепив исходный уровень деятельности сердца, раздражайте периферическим током средней силы в течение 10 с. Если не наступает урежения сокращений сердца, увеличьте силу раздражения. Делайте это до тех пор, пока не удастся получить четкого замедления ритма. После каждого раздражения выждите 2—3 мин, помня, что блуждающий нерв легко адаптируется к раздражению.

Закрепите кардиограмму, отражающую урежение ритма при раздражении током средней силы (рис. 114, 1) и последующим увеличением частоты и силы сердечных сокращений под влиянием икотического нерва.

Увеличьте силу раздражающего тока и раздражайте нерв в течение 20—30 с. Кардиограмму записывайте во время раздражения и в течение 1—2 мин после раздражения. Отметьте последовательные фазы реакции сердца на раздражение:

1. Остановка сердца в момент повышения раздражения, которая продолжается в течение некоторого времени и после прекращения раздражения (рис. 114, 2).

2. Сердце начинает редко сокращаться, затем ритм его постепенно учащается (проявление синитического эффекта). Вместе с учащением ритма наблюдается увеличение силы сокращений сердца (они становятся сильнее, чем до раздражения). В течение 1—2 мин сердце сокращается сильнее и чаще, чем в норме, затем сила и ритм сокращений сердца постепенно уменьшаются и возвращаются к нормальному уровню.

Разберите, какие фазы реакции сердца связаны с раздражением волокон блуждающего нерва и какие — с раздражением симпатического нерва. Объясните эффект, исходя из особенностей возбудимости и длительности латентного периода блуждающего и симпатического нервов. Разберите механизм их влияния, используя материалы лекций и учебника.

Продолжите данную работу и установите, волокна какого нерва прерываются в синусном узле. Для этого смажьте все сердце, особенно в области синуса, 0,1%-ным раствором икотина (можно наложить латку, смоченную раствором икотина, на область синусного узла).

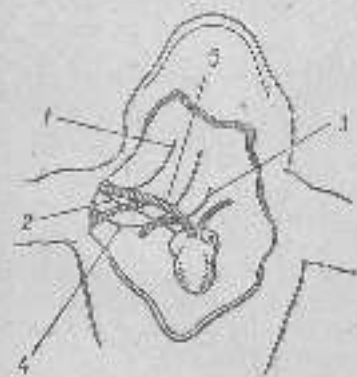


Рис. 113. Топография блуждающего нерва лягушки:

1 — нерв блуждающий, 2 — нерв симпатический, 3 — нерв блуждающий, 4 — нерв блуждающий, 5 — нерв блуждающий.

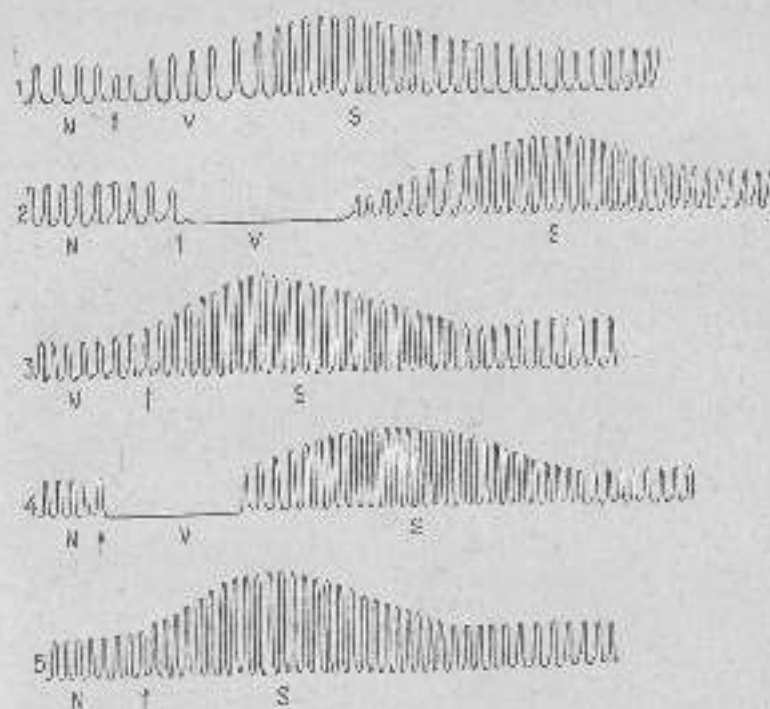


Рис. 114. Эффекты раздражения блуждающего нерва лягушки различной силой.

1 — нормальный ритм; 2 — полный эффект; 3 — эффект синитического эффекта на синусный узел; 4 — при непосредственном раздражении синуса; 5 — раздражение синуса после рубцевания; стрелкой обозначен момент окончания раздражения; T — эффект синитического эффекта; S — синитический эффект; N — периоды между сокращениями.

Через 5 мин после воздействия икотиком раздражайте вягую лигатуру висцеросимпатическую веточку. Теперь раздражение не вызывает ни остановки, ни замедления ритма сокращений сердца — наблюдается только ускорение и увеличение сердечных сокращений (рис. 114, 3).

Снимите электроды с нерва и перенесите их на верховный синус. Раздражайте тем же сильным током область синусного узла в течение 1—2 с — наступает длительная остановка сердца, связанная с раздражением постганглионарных волокон блуждающего нерва (рис. 114, 4).

Смажьте сердце 0,1%-ным раствором атропина, парализующего окончание блуждающего нерва. Снова раздражайте верховный синус — остановка сердца отсутствует (рис. 114, 5).

Объясните полученные данные. Кардиограммы включите в тетрадь. Ответьте на вопросы: волокна какого нерва прерываются в синусном узле? Какие эфферентные нервы регулируют деятельность сердца? Каков характер и механизм их влияния?

Работа 97. Электрокардиография

Запись электрической активности сердечной мышцы называется *электрокардиограммой* (ЭКГ) а методика ее регистрации — *электрокардиографией*.

Биопотенциалы, возникающие в сердце, создают в окружающем его пространстве диадипольное электрическое поле. Живой организм — хороший проводник; поэтому потенциалы работающего сердца могут быть зафиксированы, если отводящие электроды прикладывают не только непосредственно к сердцу, но и к поверхности тела. Это позволяет без сложных процедур и неприятных ощущений записывать ЭКГ человека.

Существует три классических отведения ЭКГ (рис. 115).

В I отведении регистрируется разность потенциалов между правой и левой рукой, во II — между правой рукой и левой ногой, в III — между левой рукой и левой ногой.

Электроды присоединяются к регистрирующему прибору — электрокардиографу, в котором слабые потенциалы сердца преобразуются в полиграфическую кривую, отражающую морфологическое и функциональное состояние сердечной мышцы.

В электрокардиограмме различают пять зубцов: P, Q, R, S, T — и пять интервалов: P-Q, QRS, S-T, Q-T, R-R (рис. 116).

О состоянии сердца судят по амплитуде зубцов (она измеряется расстоянием от изоэлектрической линии до вершины зубца) и интервалов.

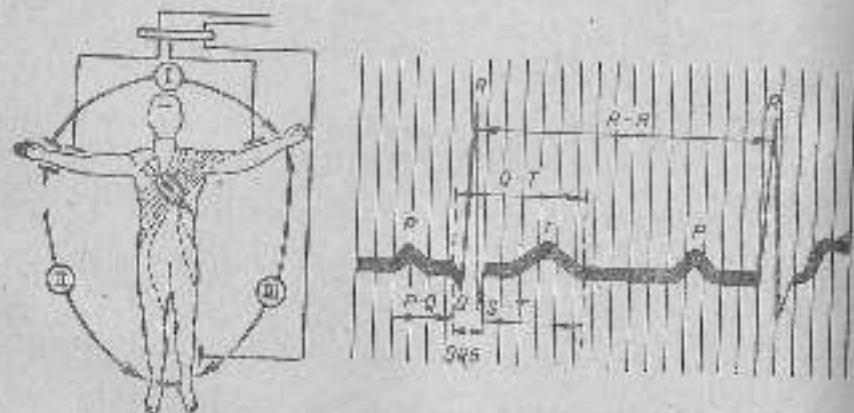


Рис. 115. Распределение электрических потенциалов на поверхности тела и основные отведения электрокардиограммы: I — левое плечо; II — правое плечо и левая нога; III — левое плечо и левая нога.

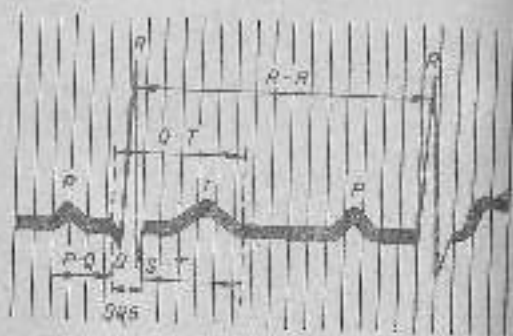


Рис. 116. Электрокардиограмма.

Зубец P является алгебраической суммой потенциалов действия, возникающих в предсердиях, причем потенциал правого предсердия положительный, а левого отрицательный. Амплитуда зубца P колеблется от 0,5 до 2,5 мВ. В III отведении он может быть отрицательным.

За зубцом P следует интервал P-Q, длительностью 0,12—0,20 с. За это время возбуждение распространяется к атриоventрикулярному узлу и проводящей системе желудочков.

Далее следует потенциал QRS (так называемый желудочковый комплекс), характеризующий возбуждение желудочков. Зубец Q — первый зубец желудочкового комплекса — всегда отрицателен. Это наиболее нестойкий зубец из всех зубцов ЭКГ — он может отсутствовать во всех отведениях. Его амплитуда в среднем равна 2 мВ.

Зубец R — самый высокий, направленный вверх зубец желудочкового комплекса. Он отражает время распространения возбуждения по боковым стенкам и поверхности обоих желудочков и особенно левого желудочка. Его амплитуда колеблется от 3 до 10 мВ.

Зубец S — третий зубец желудочкового комплекса. Он свидетельствует о том, что возбуждение охватило всю мускулатуру желудочков. Зубец S, так же как и зубец Q, нестойкий и направлен вниз.

Весь процесс от начала и до полного возбуждения желудочков характеризуется интервалом QRS и длится в среднем от 0,04 до 0,09 с.

По окончании комплекса QRS регистрируется изоэлектрический интервал S-T, который характеризует исчезновение разности потенциалов на поверхности желудочков и во время их полного охвата возбуждением. Длительность интервала S-T колеблется от 0 до 0,15 с и зависит от всего желудочкового комплекса.

Зубец T — пятый зубец ЭКГ — направлен вверх и асимметричен: его восходящее колено пологое, а нисходящее — крутое. Он характеризует течение восстановительных процессов в желудочках. Амплитуда зубца T колеблется от 2,5 до 7 мВ. В III отведении он может быть отрицательным.

Интервал Q-T от начала зубца Q до конца зубца T (электрическая систола) соответствует времени, в течение которого желудочек находится в электрически активной состоянии. Продолжительность электрической систолы изменяется в зависимости от частоты сердечных сокращений.

Установлена математическая зависимость между частотой сокращений сердца и длительностью интервала Q-T. Это так называемая должная электрическая систола. Она выражается формулой Базелла:

$$Q-T_{\text{должна}} = K\sqrt{R-R},$$

где K — константа, равная для мужчин 0,37, а для женщин — 0,39.

Интервал $R-R$ отражает длительность сердечного цикла в секундах.

Несмотря на то что зубец R находится в середине ЭКГ, его используют для расчета длительности сердечного цикла, так как он является наиболее выраженным. Для определения длительности сердечного цикла измерят расстояние между вершинами двух зубцов $R-R$ и в зависимости от скорости движения ленты, на которой записывают ЭКГ, рассчитывают время между двумя зубцами. Например, расстояние между зубцами равно 10 см. Если скорость движения ленты 50 мм/с, то время прохождения 1 см будет равно 0,02 с. Следовательно, время $R-R=10 \text{ см} \times 0,02 \text{ с} = 0,08 \text{ с}$. Отсюда можно рассчитать и частоту сердечных сокращений (ЧСС). Если длительность одного сокращения сердца равна 0,08 с, то в течение 60 с оно сделает 75 сокращений.

Для статистически удовлетворительной точности измерения длины среднего интервала $R-R$ следует рассчитывать из 10 циклов подряд.

При нормальном состоянии сердца расхождение между фактической и должной систолой составляет не более 15% в ту или другую сторону. Если эти величины укладываются в данные параметры, то это говорит о нормальном распространении волны возбуждения по сердечной мышце.

Распространение возбуждения по сердечной мышце характеризуется не только длительностью электрической систолы, но и так называемый спонтанный показатель (СП), представляющий отношение длительности электрической систолы к продолжительности всего сердечного цикла (в процентах):

$$\text{СП} = \frac{Q-T}{R-R} \cdot 100.$$

Отклонение от нормы, которая определяется по той же формуле с использованием $Q-T_{норм}$, не должно превышать 5% в обе стороны.

Таким образом, определение амплитуды основных зубцов и длительности интервалов электрокардиограммы дает возможность судить о состоянии сердца.

Для работы необходимо: электрокардиограф, электроды, спид, вата, межампельные таблицы Врядса.

Методика выполнения работы

Ознакомьтесь с устройством электрокардиографа и принципами его работы. Протрите спиртом участки кожи, к которым прикрепляются электроды (с целью их обезжиривания для уменьшения сопротивления). Закрепите электроды с помощью резинового бинта на правой и левой руках и левой ноге.

Электрокардиограф включите в сеть (для прогрева) на 5–10 мин до начала работы.

Проведите калибровку прибора, для чего затянните амплитуды (мВ). В зависимости от усиления, которое в приборе до-

стигается продвижением ручки коэффициента, амплитуда колебаний пистика, а следовательно, и запись на бумаге будут различны. Постепенно увеличивая усиление, кратковременно нажимайте на кнопку калибратора прибора; зафиксируйте амплитуду колебаний пистика до тех пор, пока она не будет равна 10 мм (это международный стандарт усиления: 1 мВ—10 мм).

Установка усиления, запишите ЭКГ последовательно в трех стандартных отведениях. В каждом отведении зарегистрируйте 12–15 сердечных циклов. Постыточный электрод должен находиться в положении лежа или стоя (при полном расслаблении мышц конечностей).

Проведите полную регистрацию электрокардиограммы:

1. Отрежьте ЧСС (пульс) до данных интервала $R-R$.
2. Рассчитайте величину основных зубцов ЭКГ, сравните их с принятыми стандартными величинами.
3. Рассчитайте длительность интервалов ЭКГ и проведите ее анализ.
4. Рассчитайте длительную систолу и сравните ее с величиной фактической систолы.
5. Определите величину систолического показателя.

Для получения статистически точных данных все величины рассчитывайте из 10 циклов, определите средние значения и ошибку средней.

Таблица 22. Основные показатели состояния сердца испытуемого

Стандартные значения	R	Q	T	$R-Q$	QRS	$Q-T$	Долгая систола	СП	Фактическая систола	$R-R$	ЧСС
1 П П											

Полученные результаты внесите в таблицу (табл. 22) и сделайте общий вывод о состоянии сердца испытуемого. ЭКГ включите в тетрадь.

Работа 98. Наименее конфигурации электрокардиограммы под влиянием рефлекторных воздействий и физической нагрузки

Любые изменения в работе сердца прежде всего отражаются на характере ЭКГ. Под влиянием рефлекторных воздействий изменяется не только длительность всей ЭКГ (это отражает частоту сердечных сокращений), но и конфигурация ее зубцов.

Так, при увеличении тонуса блуждающего нерва во время осуществления глато-сердечного рефлекса Аннера или при раздражении каротидного синуса увеличивается интервал $R-R$ (на-

стывает уречение дугаса), уменьшается амплитуда зубца *P* во II и III отведениях, увеличиваются интервал *P-Q* и амплитуда зубца *T*.

Утвждение толчка блуждающего нерва под влиянием физической нагрузки приводит к уменьшению интервала *R-R* (уменьшение частоты сокращения сердца), увеличению зубца *P* во II отведении, укорочению интервалов *P-Q*, *QRS*, *Q-T*, уменьшению амплитуды зубца *T*, изменению соотношений между фактической и должной величиной, диастолической систолы и систолического показателя.

Для работы необходимы: электрокардиограф, велоэргометр, секундомер, спидт, лата.

Методика выполнения работы

1. Изменение ЭКГ при осуществлении рефлекса Ашнера

Предельно вымы руки, зафиксируйте ЭКГ у испытуемого, находящегося в положении лежа, во II стандартном отведении. Предложите испытуемому закрыть глаза. Затем надавливайте двумя пальцами (указательные и средние) одновременно на оба сонных сосуда в течение 8-10 с. Слова зафиксируйте ЭКГ.

В полученных ЭКГ (в покое и при рефлексе Ашнера) рассчитайте ЧСС, амплитуду зубцов *P*, *R*, *T* и длительность интервалов *P-Q*, *QRS*, *Q-T*, *R-R*, и также величину фактической и должной систолы и систолического показателя. Поучитесь данные занести в таблицу (табл. 23).

2. Изменение ЭКГ под влиянием раздражения каротидного синуса

У испытуемого, находящегося в положении лежа, нащупайте пульсацию общей сонной артерии на уровне нижней границы щитовидного хряща, на правой стороне шеи. Это удобнее сделать, если испытуемый повернет голову в левую сторону. Надавливайте на каротидный синус в течение 30-40 с (лучше, если это делает сам испытуемый). Во время надавливания на каротидный синус (на 10 с до его окончания) зафиксируйте ЭКГ во II стандартном отведении. Рассчитайте, как и в работе 97, показатели ЭКГ и занесите их в таблицу (табл. 23).

Таблица 23. Показатели ЭКГ при рефлекторных воздействиях и физической нагрузке

Условия работы	P	R	T	P-Q	QRS	Q-T	Должная амплитуда	P-R	СП	ЧСС
Покой										
Результаты рефлекса Ашнера										
Результаты электрометрического рефлекса										
Общая физическая нагрузка										

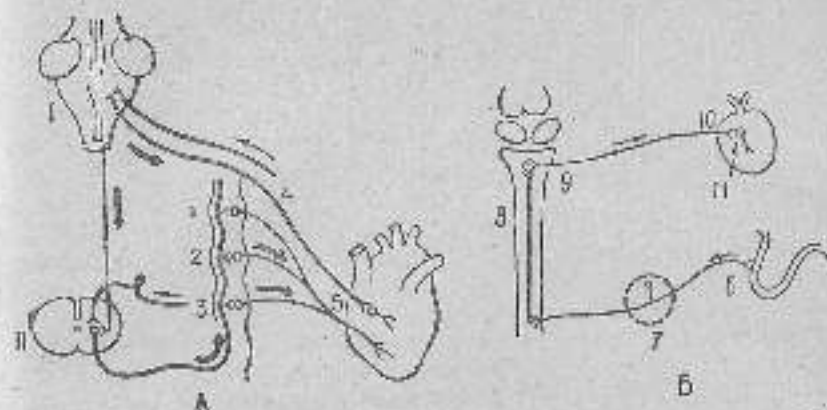


Рис. 117. Схема иннервации сердца (А) и рефлекторная дуга опыта Гинци (Б).

1 - проксимальный синус; 2 - дистальный синус; 3 - симпатический ствол; 4 - вагусный ствол; 5 - левый вагус; 6 - правый вагус; 7 - афферентный путь; 8 - спинной мозг; 9 - симпатический ствол; 10 - блуждающий нерв; 11 - сердце (обозначено).

Разберите все звенья рефлекторной реакции при осуществлении рефлекса Ашнера от рефлектора каротидного синуса, используя схему иннервации сердца (рис. 117, А).

3. Изменение ЭКГ под влиянием физической нагрузки

Не снимая электродов с испытуемого, предложите ему выполнять работу на велоэргометре мощностью 500 кг/мин (83 Вт) как в степ-тесте (см. работу 102) в течение 8 мин. Сразу после прекращения работы зафиксируйте ЭКГ во II отведении. Рассчитайте, как и в предыдущих работах, показатели ЭКГ и занесите их в таблицу (табл. 23).

Проанализируйте полученные данные, сделайте выводы.

Работа 99. Особенности электрокардиограммы детей и подростков

ЭКГ здоровых детей отличается рядом специфических особенностей. Особенности детской ЭКГ обусловлены как анатомическими, так и физиологическими свойствами растущего сердца. Неравномерный рост отдельных частей сердца, своеобразное расположение его в грудной клетке, особенности иннервации (постепенное нарастание активности блуждающего нерва) являются основными причинами своеобразия ЭКГ детей и подростков.

У детей наблюдается лабильность частоты пульса, выраженная его дыхательная аритмия, относительно короткие интервалы *P-Q* и *QRS*. Продолжительность сердечного цикла (*R-R*) в среднем составляет у детей 6-7 лет 0,63, у 12-летних - 0,75, у взрослых - 0,8 с.

Таблица 23. Показатели пульса у детей школьного возраста

Возраст (в %)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Пульс	92	87	83	80	78	76	74	73	72	72

Уменьшение частоты сердечных сокращений в состоянии покоя происходит за вершину 8 лет жизни (на 91%). Средние величины ЧСС для детей школьного возраста приведены в таблице 24.

С возрастом возможна уменьшения ЧСС наблюдается особенно влительным отдельным зубцов и интервалов интервала.

Для ЭКГ поварительных характерен высокий зубец *P* с заостренной вершиной. Соотношение его в высоте зубца *R* в I и во II стандартных отведениях составляет 1:3. В III стандартном отведении зубец *Q* глубокий зубец *Q* комплекса *QRS* в ряде случаев зазубрен, иногда одновременно в двух отведениях. Зубец *T* в стандартных отведениях мал, часто зазубрен, двукривой и даже отрицательный не только в III, но и в I и во II отведениях. Интервал *P-Q* и комплекс *QRS* у новорожденных меньше, чем у детей последующих возрастных групп. Отрезок *Q-T* относительно увеличивается, поэтому при определении длительности цикла следует пользоваться коэффициентом 0,4.

В ЭКГ детей раннего возраста характерен зубец *R* в стандартных отведениях примерно такой же, как и у новорожденных, но так как у них значительно разлитой зубец *P*, то отношение *P* и *R* составляет в среднем 1:6. Во всех стандартных отведениях встречается глубокий зубец *Q*, который составляет $\frac{1}{3}$ зубца *R*. Комплекс *QRS* в III отведении часто зазубрен. Зубец *T* увеличивается по амплитуде с таковыми у новорожденных. Отношение его величина к высоте зубца *R* в I и во II стандартных отведениях составляет 1:3 или 1:4. Длительность интервала *P-Q* и комплекса *QRS* несколько увеличивается по сравнению с этими показателями у новорожденных.

Для детей дошкольного возраста характерно значительное увеличение соотношения зубцов *P* и *R* в I и во II отведениях и составляет 1:8—1:10. Зубец *Q* выражен менее значительно и приближается реже, чем в раннем возрасте. Комплекс *QRS* зазубрен выше, чем у детей раннего возраста. Очень характерно увеличение зубца *T*, преимущественно в I и во II отведениях. Длительность интервала *P-Q* и комплекса *QRS* по сравнению с этими показателями у детей раннего возраста увеличивается.

ЭКГ подростков по своей форме приближается к ЭКГ взрослых. Высота зубца *P* составляет $\frac{1}{3}$ зубца *R*. Зубец *Q* в стандартных отведениях встречается редко, в среднем величина его незначительна. Зазубренность комплекса *QRS* в ЭКГ у подростков встречается редко и только в III отведении. Соотношение величин зубцов *T* и *R* в I и во II отведениях у подростков

равны 1:3 или 1:4. Длительность интервала *P-Q* у подростков 0,14 с, т. е. несколько больше, чем у детей дошкольного возраста. Средняя длительность комплекса *QRS*, как и у дошкольников, 0,08 с.

Итак, различие значительных возрастных особенностей ЭКГ указывает на то, что оценка ее должна быть дифференциальной в зависимости от возраста.

Методика проведения работы с детьми такая же, как и со взрослыми. Установив нужное положение, заложите электроды стандартно: правое плечо, левое, в I, II и III стандартных отведениях. В каждом отведении зарегистрируйте 12-15 сердечных циклов. Испытуемый может находиться в положении лежа или сидя при условии расслабления мышц конечностей.

Проведите полную расшифровку электрокардиограммы

Таблица 26. Показатели электрокардиограммы у детей школьного возраста

Стандартное отведение	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>T</i>	<i>P-Q</i>	<i>QRS</i>	<i>Q-T</i>	<i>Q-T</i> (в %)	<i>P-R</i>
I								
II								
III								

Определите величину статистического показателя и сравните его с должными величинами. Все данные занесите в таблицу (табл. 25).

Работа 106. Рефлекторные влияния на сердце лягушки

Сердце постоянно раздражается к различным влияниям внешней и внутренней среды. Это раздражение передается от рецепторов к нервному центру, изменяет их тонус, а затем по симпатическим и парасимпатическим нервам идет к сердцу и влияет на его деятельность (рис. 117, А).

Частота и сила сокращений сердца изменяется рефлекторно при раздражении рецепторов, расположенных в различных участках тела. При раздражении кожи и слизистой или слизистых оболочек чаще всего наблюдается увеличение сокращений сердца. При раздражении до живота лягушки (раздражаются рецепторы кишечника) обычно наблюдается урежение или даже кратковременная остановка сердца (рис. 117, А, Б).

Для работы необходимы следующие инструменты для препарирования, стекляная пластина, пинцет, иглы из 1 или 0,1%-ный раствор адреналина, 0,5%-ный раствор серной кислоты, раствор Рингера для жабовых лягушек.

Методика выполнения работы

1. Опыт Эпштейна

Уложить верхнюю челюсть у лягушки таким образом, чтобы

продолговатый мозг остался целым. Через 10—15 мин приложите ленту к пробной пластинке бршиной стороной сверху. Вскройте трупную полость и обнажите сердце.

Считайте число сокращений сердца за 1 мин. Наложите на кожу лягушки фильтровальную бумажку (5×5 мм), смоченную 0,5%-ым раствором серной кислоты. Наблюдайте за изменением ритма сердечной деятельности.

Последите за реакцией сердца на раздражение различных участков кожи острой препаровальной иглой. Запишите в тетрадь и объясните результаты эксперимента.

2. Опыт Гольца

Можно воспользоваться тем же препаратом, на котором проведен опыт Энгельмана. Если препарат плохо отвечает на раздражение, приготовьте новый.

Навлеките кисточкой варушку и дайте ему несколько подсокнуть. Одновременно сетле предохраните от высыхания, сканивая его раствором Рингера.

Считайте число сокращений сердца за 1 мин.

Ручкой кохля или скальпелем нанесите несколько сильных ударов по обнаженному кишечнику.

С момента нанесения раздражения подсчитывайте число ударов сердца за 1 мин. Обратите внимание на последующее восстановление сокращений в редком ритме.

Нанесите на обнаженное сердце несколько капель 0,1%-ного раствора атропина (вспомните, что атропин парализует окончания блуждающего нерва).

Снова, предельно подчистив число сокращений сердца за 1 мин, произведите механическое раздражение кишечника. Остановка и замедление ритма сердечной деятельности отсутствуют. Звонит, рефлекс осуществляется в улитках волокон блуждающего нерва.

Разберите схему на рисунке 117, Б. Назовите и зарисуйте все звенья рефлекторной дуги в опыте Гольца.

Запишите в тетрадь полуколичественные данные, объясните их.

Работа 101. Исследование взаимосвязи между частотой пульса и мощностью выполняемой работы. Определение показателя PWC_{170}

Увеличение кровоснабжения работающих органов и тканей обеспечивается путем значительного повышения минутного объема крови. Увеличение минутного объема крови достигается в значительной мере за счет учащения сердечной деятельности. Частота пульса является важнейшим физиологическим механизмом, осуществляющим адаптацию кровообращения к мышечной работе. При этом частота сокращений сердца находится в прямой зависимости от мощности выполняемой работы: чем интенсивнее работа, тем чаще пульс. В связи с этим частота сердечных сокращений считается объективным показателем тяжести

физической нагрузки. Однако линейная зависимость между частотой сердечных сокращений проследивается от исходной предработной величины пульса до 170 ударов в мин, а дальше кривая приобретает экспоненциальный характер. Кроме того, следует иметь в виду, что у разных лиц (в зависимости от их возраста, пола, тренированности) пульс может достигать 170 уд/мин под влиянием различной по мощности нагрузки. На этом основании разработан тест физической работоспособности — PWC_{170} (Physical Working Capacity).

С помощью этого теста определяется та мощность работы (кг/мин), которую может выдержать индивидуально каждый человек при пульсе 170 уд/мин, а это в свою очередь является показателем физической работоспособности.

Более информативным показателем является относительная величина PWC_{170} , т. е. рассчитанная на 1 кг массы тела. Она также зависит от возраста, пола и тренированности человека. Средние величины PWC_{170} как у лиц разного возраста и пола представлены в таблице 26.

Таблица 26. Показатели PWC_{170} (штуд.) у взрослых лиц разного пола и неодинаковой тренированности

Возраст лет	Показатели относительной величины PWC_{170}			
	Натренированные		Тренированные	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины
20	17	14	25	20
30	15	13	23	18

Для определения величины PWC_{170} необходимо выполнить две работы различной интенсивности: в течение 4 мин выполняется работа одной мощностью, а затем, после трехминутного перерыва, вновь в течение 4 мин выполняется работа другой мощностью. В конце работы или тотчас же после ее окончания необходимо зарегистрировать пульс. Четырехминутная длительность работы рекомендуется в связи с тем, что в течение этого времени пульс после врабатывания достигает устойчивого состояния.

Работа различной мощности выполняется на велоэргометре. Выпускаемые в настоящее время велоэргометры и основные единицы (рис. 118).

Колесо маховика (1) приводится в движение вращением педали. Окружность колеса имеет такие размеры, что один полный оборот педали перемещает обод маховика на 6 м. Следовательно, при темпе 50 оборотов педали в 1 мин велосипедист проходит расстояние, равное 300 м/мин, или 18 км/ч. Эту скорость показывает одометр (2), установленный на велоэргометре перед рукояткой руля.

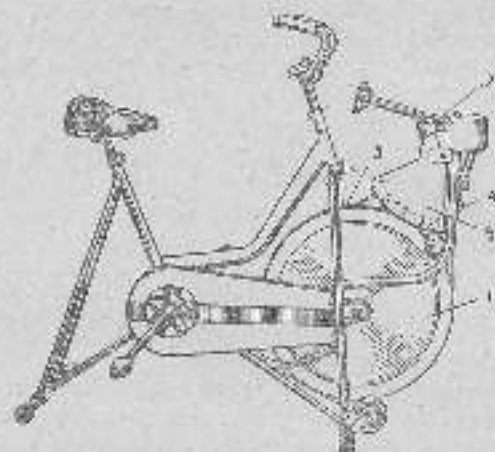


Рис. 118. Тренажер-велосипед.

Мощность мышечной при телодвижении работы возникает с помощью колеса-маховика: оно может вращаться свободно или под отягощением, что создает сопротивление. С изменением отягощения изменяется мощность выполняемой работы.

Торжжение колеса-маховика происходит автоматически с помощью ленты (привода), которая расположена вокруг обода колеса (8). Оба конца привода укреплены на вращающемся барабане (9), на котором находится маятник-стрелка со шкалой (5). Ленту-привод можно натягивать с помощью специального поджимающего устройства, а лента стрелки будет перемещаться по шкале от нуля до отметки 7 кг. Мощность нагрузки в килограммах в минуту (кг/мин) определяется умножением расстояния (в метрах) на отягощение (в килограммах). Например, стрелка спидометра при вращении педалей показывает 30 км/ч, это составит 500 кг/мин. Стрелка шкалы отягощения стоит на цифре 1 кг. Следовательно, мощность работы будет равна 500 кг/мин.

$$500 \text{ м} \cdot 1 \text{ кг} = 500 \text{ кг}.$$

Зависимость мощности нагрузки от скорости телодвижения (показатель спидометра) и величины отягощения представлена в таблице 27. С ее помощью без дополнительных расчетов можно найти необходимую мощность работы.

Работа первой мощности (M_1) для каждого испытуемого определяется исходя из величины его пульса (f_1) в состоянии покоя, которую умножают на соответствующий коэффициент (K), представленный в таблице 28.

Например, у испытуемого мужского пола пульс в покое равен 70 уд/мин. Следовательно, эту цифру необходимо умножить на 6 ($K=6$), тогда $M_1 = 70 \cdot 6 = 420$ (кг/мин). Работу такой мощности испытуемый выполняет в течение 4 мин, после ее окончания

подсчитывается пульс в течение 10 с. Полученную величину умножают на 6 и таким образом определяют число ударов сердца в 1 мин.

Таблица 27. Зависимость мощности нагрузки от скорости телодвижения (по спидометру) и величины отягощения на педалях

Отягощение (кг)	Скорость телодвижения (по спидометру)				
	20	25	30	35	40
1,0	533	417	500	583	667
1,1	598	458	550	641	734
1,2	630	490	590	700	785
1,3	670	522	630	758	867
1,4	710	564	670	816	934
1,5	750	605	710	875	1001
1,6	790	647	750	933	1067
1,7	830	689	790	991	1134
1,8	870	731	830	1041	1201
1,9	910	772	870	1108	1267
2,0	950	824	910	1166	1334

Таблица 28. Величина коэффициента (K) в зависимости от частоты пульса

Пульс в покое	Коэффициент, K		Пульс в нагрузке	Коэффициент, K	
	Буженин	Женщины		Буженин	Женщины
60	2	1,5	70	6	3,5
65	3	2	80	7	4
70	4	2,5	90	8	4,5
75	5	3	100	9	5
			110	10	5,5

Например, в течение 10 с насчитали 20 ударов сердца, при нагрузке первой мощности пульс (f_1) был равен 120 уд/мин ($20 \cdot 6 = 120$).

Исходя из величины мощности первой нагрузки ($M_1 = 420$ кг/мин) и пульса ($f_1 = 120$ уд/мин) определяют мощность второй нагрузки (M_2). Для этого делят мощность первой нагрузки на величину пульса и получают коэффициент K_2 :

$$K_2 = \frac{M_1}{f_1} = \frac{420}{120} = 3,5.$$

С помощью этого коэффициента определяется мощность второй нагрузки по таблице 28.

В нашем случае $M_2 = 675$ кг/мин ($K_2 = 3,5$). Работу такой мощности испытуемый также должен выполнять в течение 4 мин, после ее окончания подсчитывается число ударов сердца за 10 с и рассчитывается пульс за 1 мин.

Таблица 29. Мощность нагрузки при различных значениях пульсации (M_2)

Коэффициент M_1	N (к/мин)		Коэффициент пульсации	N (к/мин)	
	Мужчины	Женщины		Мужчины	Женщины
1	300	200	3	600	400
1,5	375	250	3,5	675	450
2	450	300	4	750	500
2,5	525	350	4,5	825	550
			5	900	600

Предполагая, что при выполнении работы M_2 пульс f_2 оказался равным 150 уд/мин.

Таких оборотов, мы имеем

$$N_1 = 420 \text{ к/мин и } f_1 = 120 \text{ уд/мин;}$$

$$N_2 = 675 \text{ к/мин и } f_2 = 150 \text{ уд/мин.}$$

Расчет PWC_{170} производят по формуле, предложенной В. М. Каржанов (1974):

$$PWC_{170} = M_1 + \left[(N_2 - N_1) \left(\frac{170 - f_1}{f_2 - f_1} \right) \right]$$

В нашем опыте

$$PWC_{170} = 420 + \left[(675 - 420) \left(\frac{170 - 120}{150 - 120} \right) \right] = 845 \text{ кгм/мин.}$$

Если масса тела нашего испытуемого равна 65 кг, то

$$PWC_{170}/65 = \frac{845}{65} = 13 \text{ лс/кг.}$$

Задача настоящей работы — ознакомиться с методикой велоэргометра и освоить методику определения физической работоспособности человека с помощью теста PWC_{170} .

Для работы необходимы велоэргометр, секундомер, фонендоскоп, миллиметровая бумага.

Методика выполнения работы

Исследование взаимосвязи между частотой сердечных сокращений и мощностью выполняемой работы и определении PWC_{170} производится следующим образом.

Подсчитайте у испытуемого пальпаторно или при помощи фонендоскопа пульс в локте.

С помощью таблицы 28 определите мощность работы (M_1) и предложите испытуемому выполнить ее в течение 4 мин. После окончания работы подсчитайте в течение 10 с пульс (f_1) и рассчитайте число сердечных сокращений в 1 мин.

Затем испытуемый должен в течение 3 мин отдыхать. В это время рассчитайте K делениям \dot{N} на f_1 , а затем с помощью таблицы 29 определите мощность второй нагрузки (M_2). Предложите

испытуемому выполнить вторую работу в течение 4 мин, после ее окончания подсчитайте пульс (также за 10 с) и рассчитайте величину пульса за 1 мин. Полученные данные занесите в таблицу (табл. 30) и по формуле рассчитайте показатель PWC_{170} .

Таблица 30. Показатели физической работоспособности у испытуемых

Фамилия испытуемого	Масса тела испытуемого (в кг)	M_1	f_1	K_1	M_2	PWC_{170}	$PWC_{170}/65$

Сравните полученные данные с величиной, указанной в таблице 26, и сделайте выводы.

Предложите испытуемому после пятиминутного отдыха выполнить в течение 4 мин третью работу, среднюю по мощности между первой (M_1) и второй (M_2):

$$M_3 = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

После окончания этой работы подсчитайте пульс.

Убедитесь в линейной зависимости между величиной пульса и мощностью выполняемой физической работы. Для этого постройте график, взяв за ось абсцисс показатель пульса, а за ось ординат — величину мощности выполняемой работы.

Сравните данные нескольких испытуемых.

Ход работы и все расчеты выложите в тетрадь.

Работа 102. Определение показателей PWC_{170} у детей и подростков

Показатели PWC_{170} у детей и подростков ниже, чем у взрослых. Они представлены в таблице 31.

Таблица 31. Изменения относительных величин PWC_{170} с возрастом

Возраст (лет)	PWC_{170}	
	Девочки	Мальчики
10	11	12
12	12	13
14	13	15
16	14	16

Для определения PWC_{170} у детей необходимо также выполнить две работы по мощности физической нагрузки в течение 4 мин. Продолжительность отдыха между нагрузками составляет также 3 мин.

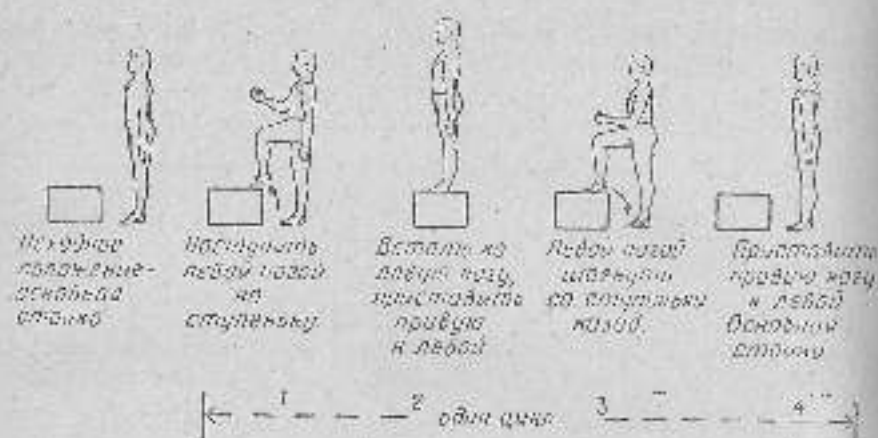


Рис. 119. Последовательность движений при определении мощности работы в ступеньку.

Для определения мощности работы можно использовать метод ступеньки (подъемники со ступеньку), в котором высота скамейки равна 0,30—0,35 м (30—35 см).

Эта физическая работа осуществляется строго по правилам (рис. 119).

Зная возраст, пол и массу тела испытуемого, высоту скамейки (ступеньки) и количество циклов в 1 мин (диаметр, 19), рассчитывают мощность работы по следующей формуле:

$$N = P \cdot h \cdot n \cdot K,$$

где N — мощность работы (кг·м/мин); P — масса тела испытуемого (кг); h — высота скамейки (м); n — количество циклов; K — коэффициент подъема и спуска.

Коэффициент K зависит от возраста и пола. Для взрослого человека он равен 1,5. Это значит, что работа, выполняемая при подъеме, оккивается 1, а при спуске — 0,5, т. е. как половина работы, выполняемой при подъеме.

У детей процентное содержание мышечной массы меньше, чем у взрослых, поэтому и коэффициент K у них более низкий. Например, для мальчиков 8—12 лет он равен 1,2, а для 13—14-летних — 1,3.

Для школьника всех возрастов этот коэффициент приведен в таблице 32.

Например, мальчик 12 лет массой 42 кг на 4-й мин испытывал 15 восхождений и спусков (15 циклов) на ступеньку высотой 33 см (0,33 м). Следовательно, мощность выполняемой им работы равна:

$$N = 42 \cdot 0,33 \cdot 1,2 \cdot 15 = 265 \text{ кгм/мин.}$$

Таблица 32. Коэффициенты подъема и спуска для школьников разного возраста и пола.

Возраст (лет)	Коэффициент подъема и спуска	
	Мальчик	Девочка
8—12	1,2	1,2
13—14	1,3	1,3
15—16	1,4	1,3

Для достоверного определения PWC_{170} необходимо, чтобы частота пульса на 4-й мин работы первой минуты находилась в пределах 110—130, а три вычисления работы второй минуты — 135—160 ударов в 1 мин. Выталкивание этих значений зависит от частоты подъемов и спусков (количество циклов), которые в свою очередь определяются возрастом и массой тела мальчика и девочки.

В таблице 33 приводятся рекомендуемое количество циклов при определении PWC_{170} в зависимости от возраста, пола и массы тела испытуемых.

Таблица 33. Количество подъемов и спусков для мальчиков и девочек при определении PWC_{170} в ступеньку.

Пол	Возраст (лет)								
	8—11			12—15			16—18		
	Масса тела (кг)	1 шаг (раз)	Циклы (раз)	Масса тела (кг)	1 шаг (раз)	Циклы (раз)	Масса тела (кг)	1 шаг (раз)	Циклы (раз)
Мальчик	31	10	17	41	12	18	50	15	20
	32—37	12	19	42—48	14	19	50—60	15	22
	28	14	20	49	15	21	61	16	23
Девочка	29	10	14	35	10	16	45	14	17
	25—27	11	15	37—42	11	17	47—52	15	18
	39	13	17	45	15	18	54	16	19

Подсчет частоты сердечных сокращений (f) и расчет мощности работы (N) производится согласно рекомендациям, приведенным в работе 101.

Предположим, что испытуемый — мальчик в возрасте 10 лет массой 35 кг при первой нагрузке (N_1) выполнил 12, а при второй (N_2) — 18 подъемов и спусков (циклов). Тогда

$$N_1 = 35 \cdot 0,35 \cdot 1,2 \cdot 12 = 176,4 \text{ кгм/мин;}$$

$$N_2 = 35 \cdot 0,35 \cdot 1,2 \cdot 18 = 264,6 \text{ кгм/мин.}$$

Пульс f_1 при N_1 оказался равным 115 уд/мин и пульс f_2 при N_2 — 140 уд/мин.

Расчет PWC_{170} для детей производится по такой же формуле, как и для взрослых:

$$PWC_{170} = N_1 + \left[(N_2 - N_1) \left(\frac{170 - t_1}{t_2 - t_1} \right) \right]$$

В нашем опыте

$$PWC_{170} = 176,4 + \left[(284,6 - 176,4) \left(\frac{176 - 113}{140 - 116} \right) \right] = 370,4 \text{ кг/мин.}$$

Если масса тела испытуемого составляет 33 кг, то

$$PWC_{170}/\text{кг} = \frac{370,4}{33} = 10,5 \text{ кг/кг.}$$

Для работы необходим: скамейка высотой 0,35 м, секундомер, фенеласкол.

Методика выполнения работы
Приготовьте массу для эксперимента. Поставьте скамейку на расстоянии 0,5 м от стены. Определите массу тела испытуемого в той одежде, в которой он будет работать. С помощью таблицы 28 определите мощность первой работы (N_1) и предложите испытуемому ее выполнить в течение 4 мин.

По команде «Начали» включите секундомер. Первую минуту громко произнесите счет: «один», «два», «три», «четыре»; «один», «два», «три», «четыре» и т. д. Следующие минуты испытуемый, войдя в ритм работы, будет сам считать подъем и спуск. Экспериментатор только должен следить за тем, чтобы подъем и спуск осуществлялись по возможности вертикально (при спуске не отставлять ногу далеко назад). Рекомендуется предложить испытуемому в течение опыта два раза поменять ногу, которую он поднимает на ступеньку. На последней, четвертой минуте, следует подсчитать количество циклов и после последнего спуска сразу в течение 10 с сосчитать частоту сердечных сокращений. Рассчитайте по формуле мощность первой работы (N_1), а число ударов пульса (f_1) умножьте на 6 и приведите к показателю 1 мин.

Таблица 28. Показатели физической работоспособности у детей школьного возраста

Фигуры минуты (м)	Масса тела испытуемого (в кг)	N_1	N_2	L	L_1	PWC_{170}	$PWC_{170}/\text{кг}$

Определите из таблицы 28 мощность второй работы (N_2). Предложите ее выполнить испытуемому также в течение 4 мин и после ее окончания подсчитайте пульс (f_2). Эти данные внесите в таблицу (табл. 28) и по формуле рассчитайте показатель

PWC_{170} . Определите этот показатель для мальчиков и девочек (3—5 чел. в группе) и рассчитайте достоверность различий по критерию t-Стьюдента.

Работа 103. Измерение артериального давления.
Определение систолического и диастолического объема крови расчетным методом

При каждом сокращении сердца в артерию выбрасывается определенное количество крови, которое называют систолическим или ударным объемом крови.

Сердце, выбрасывая кровь в аорту и далее в артерию во время систолы, создает в них давление, необходимое для продвижения крови по всему сосудистому руслу. Свободному передвижению крови по сосудам препятствует ряд факторов: сопротивление периферических сосудов, вязкость крови и стенки сосудов.

Величина кровяного давления зависит главным образом от систолического объема крови и диаметра сосудов. В свою очередь систолический объем крови зависит от силы сокращения сердца: чем сильнее сокращение, тем больше объем выбрасываемой крови. Поэтому давление в артериях будет тем выше, чем сильнее сокращение сердца.

Величина кровяного давления тем выше, чем уже просвет сосудистого русла. Кроме того давление неодинаково в разных участках сосудистого русла. Самым большим величина кровяного давления и вorte, несколько меньше — в крупных артериях. Кровяное давление по мере удаления сосудов от сердца постепенно снижается. Его величина тем меньше, чем дальше сосуд от артериального отдела сердца и чем ближе он к венозному. В полых венах оно иногда становится даже ниже атмосферного.

Давление в артериях неодинаково в различных фазах сердечного цикла. Оно наибольшее во время систолы и называется систолическим или максимальным давлением.

В состоянии покоя у взрослого человека систолическое давление в плечевой артерии в среднем составляет 120 мм рт. ст. Во время диастолы давление крови наименьшее, оно называется диастолическим или минимальным давлением. В среднем в плечевой артерии оно составляет 70 мм рт. ст.

Разница между систолическим и диастолическим давлением получила название пульсового давления. Оно является важным показателем функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

У человека можно определить величину систолического и диастолического давления методом Короткова при помощи ртутного или ртутьменного манометра.

Зная величину систолического (СД), диастолического (ДД) и пульсового (ПД) давления крови, частоту сердечных сокращений (ЧСС), можно по формуле рассчитать величину систолического (в мл) и минутного (в л) объема крови у человека.

1 Измерение артериального давления

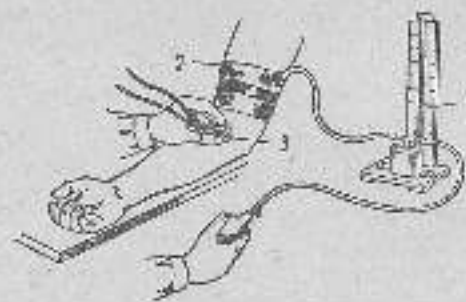


Рис. 126. Измерение кровяного давления по методу Хорстхана:
1 — резиновая манжета; 2 — фонендоскоп; 3 — манометр;
4 — шкала манометра.

Для работы необходимы: манометр, фонендоскоп, секундомер.

Методика выполнения работы

(работа проводится вдвоем)

Ознакомьтесь с устройством прибора, применяемого для измерения кровяного давления (рис. 126).

Облажите левую руку испытуемого. Оберните манжету плотно вокруг средней плечи надуваемого так, чтобы ее нижний край находился на 2,5–3 см выше локтевого сгиба.

Манометр не должен находиться в поле зрения испытуемого. Уровень ртути в нем (или толкателем стрелки крутящегося манометра) должен соответствовать нулю. В области локтевого сгиба на лучевой артерии уложите фонендоскоп. Нагнетайте воздух в манжету до тех пор, пока манометр покажет 160–180 мм рт. ст. (до полного исчезновения пульса).

Медленно выпускайте воздух из манжеты. Снизив давление в манжете, внимательно прослушайте фонендоскопом пульс и при появлении первого звука зафиксируйте показания манометра. Это будет величина максимального (систолического) давления, т. е. в этот момент только во время систолы кровь проталкивается через сдавленную артерию.

Продолжайте прослушивать пульсовые толчки.

Они постепенно затухают, и в момент полного исчезновения звука снова зафиксируйте показания манометра. Эта величина соответствует минимальному (диастолическому) давлению. В это время давление в манжете равно диастолическому и кровь бесшумно проходит под манжетой не только во время систолы, но и во время диастолы.

Несколько минуте физической нагрузки на левую руку кровяного давления в пульсе. Для этого предложите испытуемому сделать 10 приседаний (глубоких и быстрых), после чего в течение 10 с подсчитайте его пульс и сразу же определите величину кровяного давления. Рассчитайте частоту сердечных сокращений (ЧСС) за 1 мин, для чего подсчитайте число ударов за 10 с ум-

ножьте на 6. Это число вам понадобится в дальнейшем для расчета минутного объема крови.

Повторите измерения пульса и артериального давления после 20 приседаний. Сравните полученные данные. Сделайте вывод о влиянии физической нагрузки на частоту пульса и величину артериального давления.

2. Определение систолического и минутного объемов крови расчетным методом

В связи с невозможностью широко использовать существующие лабораторные методы определения систолического (СО) и минутного (МОК) объемов крови в школьных условиях рассмотрим на основании экспериментальных данных вывод формулы для их расчета.

Широко примененная получилась формула Старра

$$CO = [(10) + 0,5 \cdot ПД] - (0,8 \cdot ДД) \cdot 0,83,$$

где СО — систолический объем; ПД — диастолическое давление; ДД — диастолическое давление; А — коэффициент пульсучастия.

Установлено, что расчетные значения СО, полученные с помощью этой формулы, хорошо совпадают с данными, добытыми классическими методами.

Используя полученные вами данные при определении артериального давления, рассчитайте по формуле Старра величину СО в покое и после выполнения физической нагрузки.

Рассчитайте также минутный объем крови в покое и после работы, для чего величину СО умножьте на число сокращений сердца в 1 мин: $МОК = СО \cdot ЧСС$.

Полученные данные занесите в таблицу (табл. 33). Проанализируйте их, сделайте выводы.

Таблица 33. Изменение частоты сердечных сокращений и кровяного давления при физической работе различной тяжести

Показатели	Покой	После выполнения 10 приседаний	После выполнения 20 приседаний
ЧСС			
Систолическое давление			
Диастолическое давление			
Пульсовое давление			
Систолический объем			
Минутный объем крови			

Работа 104. Измерение артериального давления и определение систолического и минутного объемов крови у подростков расчетным методом

1. Определение артериального давления у детей школьного возраста

Таблица 36. Показатели минимального и максимального давления крови у детей школьного возраста

Пол	Возраст, лет				
	7-8	9-10	11-12	13-14	15-17
Мальчики	86,52	91,51	103,38	108,61	110,62
Девочки	87,63	89,53	94,00	103,62	108,32

У детей артериальное давление ниже, чем у взрослых. Средние величины артериального давления у детей представлены в таблице 36.

Иногда у подростков в возрасте 14—16 лет артериальное давление заметно повышается, что связано с психотуморальными влияниями в период полового созревания. В этот период артериальное давление может составлять и даже превышать 145 мм — это так называемая «доброкачественная гипертония», которая, как правило, в дальнейшем исчезает. У девочек и юношей 17—18 лет величины артериального давления приближаются к нормам взрослых.

Для определения артериального давления у детей также применяется метод Короткова с использованием ртутного или ружьного манометра, однако с меньшей шириной манжетки. Методика проведения работы такая же, как и у взрослых.

Для работы необходимы: тонометр, фонендоскоп. Методика выполнения работы.

Определите у мальчиков и девочек (по 3 чел. в каждой группе) артериальное давление, полученные данные занесите в таблицу (табл. 38) и рассчитайте достоверность различий.

2. Определите систолического и минутного объемов крови у детей школьного возраста расчетным методом.

Минутный объем крови зависит от общего объема и определяется потребностью различных органов и систем в кислороде. Увеличение минутного объема происходит за счет возрастания ударного объема, частоты сердечных сокращений или одновременного их увеличения.

При физической нагрузке у тренированных детей минутный объем крови возрастает в основном за счет увеличения систолического выброса и в меньшей степени — за счет учащения сердечных биений. У детей с недостаточной физической подготовкой, подверженных гиподинамии, приспособление к физической нагрузке происходит в основном за счет резкого учащения сердечных сокращений и в меньшей степени — за счет увеличения систолического объема крови.

При оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы необходимо иметь в виду, что у детей одного возраста и уровня физического развития может быть разная величина tempo-

динамических показателей, обусловленная индивидуальными различиями в темпах полового созревания. Это требует индивидуального подхода к оценке значений этих показателей с учетом не только характера физического развития, но и стадии полового созревания.

В таблице 37 представлены средние величины систолического и минутного объемов крови у детей разного возраста и пола.

Таблица 37. Средние показатели ударного и минутного объемов крови у здоровых детей 7—15 лет, полученные экспериментальным методом

Возраст (лет)	Девочки		Мальчики	
	СО (л/мин)	МОК (л/мин)	СО (л/мин)	МОК (л/мин)
7	32	2,3	32	2,3
8	36	2,4	38	2,9
9	36	2,4	36	2,1
10	36	2,2	38	2,3
11	41	2,4	51	3,7
12	37	2,6	36	4,2
13	47	2,7	54	4,3
14	51	3,8	64	4,6
15	53	3,9	64	4,6

Для определения среднего выброса у детей применяется модифицированную формулу Стюарта

$$CO = \left[(10 + 0,5 \cdot ПД) \cdot (0,6 - ДД) \right] + 3,2 \cdot А,$$

где СО — систолический объем; ПД — пульсовое давление; ДД — диастолическое давление; А — возраст испытуемого.

Методика выполнения работы

В формулу подставьте данные, полученные на первом этапе работы. Рассчитайте минутный объем крови, для чего величину систолического объема умножьте на ЧСС:

$$МОК = CO \cdot ЧСС.$$

Полученные результаты занесите в таблицу (табл. 38) и сделайте выводы.

Таблица 38. Показатели функций сердечно-сосудистой системы у детей школьного возраста в состоянии покоя

Исследователи	Полученные результаты
ЧСС	
Систолическое давление	
Диастолическое давление	
Пульсовое давление	
Систолический объем	
Минутный объем крови	

3. Проба с физической нагрузкой

Физической нагрузке организм детей и подростков сопровождается изменениями в деятельности сердечно-сосудистой системы в состоянии относительного покоя и разными ее реакциями на физические нагрузки. Функциональные возможности сердечно-сосудистой системы каждого индивидуума можно определить с помощью специальных дозированной нагрузок.

Одной из таких функциональных проб является проба С. П. Метунова. Она состоит из трех последовательных уржажений — 20 приседаний в течение 30 с, через 3 мин после первого уржажения — 15-секундный бег на месте с максимальной скоростью и через 4 мин после второй нагрузки — 3 минутный бег на месте в темпе 180 шагов в 1 мин. Проба позволяет наиболее полно охарактеризовать состояние сердечно-сосудистой системы, поскольку скоростная нагрузка — 15-секундный бег — и нагрузка на выносливость — 3-минутный бег — предъявляют организму разные требования. Реакция организма на нагрузку определяется по изменению частоты пульса и диастолического артериального давления.

В состоянии покоя у обследуемого, сидящего на стуле, подсчитывают частоту сердечных сокращений по 10-секундным интервалам и измеряют артериальное давление. Затем под локти манжетки или под счет экспериментатора обследуемый делает 20 глубоких приседаний за 30 с, вытянув руки вперед. Манжетка тонометра не снимается с плеча обследуемого. После выполнения работы испытуемый садится на стул и в течение 5 мин каждую минуту у него подсчитывается пульс и измеряется артериальное давление.

По динамике пульса и артериального давления судят о физической подготовленности индивидуума. Проба С. П. Метунова выявляет существенные различия в характере приспособления к нагрузке.

При хорошем функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы после окончания работы учащается сердцебиение в пределах 30—70% от исходного уровня, максимальное давление повышается на 20—40 мм рт. ст. Восстановление исходных показателей завершается через 1—3 мин. Такая реакция рассматривается как вполне адекватная выполняемой работе.

У детей и взрослых с недостаточной физической подготовкой сердцебиение учащается в пределах 130—160% от исходного уровня, резко возрастает (на 40—60 мм рт. ст.) максимальное давление. Период восстановления исходного состояния, как правило, удлинен. Такая реакция оценивается как относительно неблагоприятная.

Для работы необходимы: тонометр, фоновоскоп, секундомер.

Методика выполнения работы

Применять этот тест рекомендуется в работе с детьми не моложе 12 лет. Подсчитайте у испытуемого в состоянии покоя пульс и измерьте артериальное давление. На плечо наденьте манжетку, отделите ее от тонометра,

Таблица 39. Показатели функций сердечно-сосудистой системы у детей школьного возраста после выполнения работы

Показатели	Исход.	Восстановительный период								
		после 20 приседаний			после 15-секундного бега			после 3-минутного бега		
		Минуты			Минуты			Минуты		
1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я		
ЧСС										
Систолическое давление										
Диастолическое давление										
Пульсовое давление										

Предложите испытуемому в течение 30 с сделать 20 глубоких приседаний, вытянув руки вперед. Сразу после окончания приседаний в положении сидя за 10 с подсчитайте частоту сердечных сокращений и в следующие 30 с первой минуты измерьте артериальное давление. Аналогичные измерения проводите на 2-й и 3-й мин восстановительного периода. Рассчитайте ЧСС за 1 мин, для чего подсчитанное количество ударов за 10 с умножьте на 6.

Спустя 3 мин после окончания приседаний предложите испытуемому выполнять 15-секундный бег на месте в максимальном для него темпе. После окончания бега в положении сидя в течение 4 мин восстановительного периода в конце каждой минуты подсчитывайте пульс и измеряйте артериальное давление.

Через 4 мин после бега предложите испытуемому выполнить 3-минутный бег на месте в темпе 180 шагов в 1 мин. После окончания бега в положении сидя в течение 5 мин восстановительного периода в конце каждой минуты определяйте пульс и артериальное давление. Результаты всех измерений занесите в таблицу (табл. 39).

Отметьте различия в результатах измерений, полученных у испытуемых, до и после выполнения ими физической работы. Ответьте на вопросы: как повлияла физическая работа на величину кровяного давления? Изменилось ли пульсовое давление? Сделайте вывод о физической подготовленности испытуемых.

Работа 103. Наблюдение влияния нервной системы и гуморальных факторов на кровообращение в плавающей перепонке задней лямки лягушки

Широта просвета сосудов изменяется под влиянием нервной системы и различных гуморальных факторов. Импульсы, постоянно поступающие по симпатическим волокнам к сосудам, вызывают повышение их тонуса и сужение просвета. Уменьшение количества импульсов или их прекращение приводит к снижению

топуха сосудов и расширению их просвета. При раздражении симпатической нервной системы увеличивается количество импульсов, идущих к сосудам, вследствие чего происходит повышение их тонуса и сужение просвета. При сужении сосудов скорость движения крови увеличивается, а при расширении — уменьшается.

К сосудам лапки лягушки симпатические волокна проходят в составе седалищного нерва. Раздражая его, можно наблюдать сужение сосудов. Перерезка седалищного нерва ведет к расширению сосудов вследствие прекращения влияния симпатической нервной системы.

Кроме того, сосудосуживающий эффект можно получить рефлекторно, раздражая поверхность кожи лягушки.

Сильным сосудосуживающим действием обладает адреналин. Если капнуть каплю раствора адреналина на поверхность плавающей перепонки лапки лягушки, то скорость движения крови увеличится.

Для работы необходимы: стимулятор, электроды, микроскоп, лягушка, набор инструментов для препарирования, пробковая пластина с отверстием, раствор адреналина (1:10 000).

Методика выполнения работы

Включите стимулятор в сеть и поставьте нужные параметры раздражения: вид залуска «кварцевый», частота 30—60 кГц, длительность 0,5—1 мс, амплитуда подбирается в процессе опыта.

Спинальную лягушку приколите к пробковой пластинке так, чтобы плавающая перепонка находилась над отверстием пластинки (рис. 121).

Приложите к кончикам лапчатых лапок нитки и с их помощью растяните лапку над окошком, прикрепив свободные концы ниток к



Рис. 121. Фиксация лягушки для наблюдения кровообращения под микроскопом.

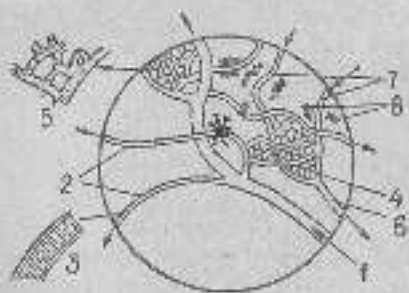


Рис. 122. Картина кровообращения в плавающей перепонке лапки лягушки (под микроскопом):

1 — артерия, 2 — артериола. При микроскопе и 3 — при 6-кратном увеличении, 4 — капиллярная сеть при микроскопе и 5 — при 6-кратном увеличении, 6 — вена, 7 — капилляр, 8 — артериола.

булавкам, которые вкалываются на некотором расстоянии вокруг отверстия. Лапку крупной лягушки можно растянуть непосредственно булавками, прикалывая ими кончики пальцев к пластинке в месте направления, чтобы не мешать объективу микроскопа. Слишком сильно растягивать лапки нельзя, так как это может нарушить в них кровообращение.

Поместите плавающую перепонку лапки под объективом микроскопа. Перепонку постоянно смачивайте физиологическим раствором.

Рассмотрите сначала при малом, затем при большом увеличении артерии, капилляры и вены (рис. 122), руководствуясь строением стенок сосудов и направлением тока крови. Сравните скорость течения крови в этих сосудах и отметьте турбулентность артерий. Обратите внимание на временную деформацию эритроцитов в местах ветвления мелких артерий.

Отметив исходный просвет сосудов, раздражьте электрическим током кожу лапки лягушки и наблюдайте изменение просвета сосудов: сосуды суживаются, скорость движения крови в них увеличивается.

Смажьте поверхность кожи плавающей перепонки адреналином и наблюдайте за изменением просвета сосудов — они суживаются.

Отпрепарируйте седалищный нерв вдоль бедра неселезуемой конечности и подведите под него лентуру. Под микроскопом найдите участок плавающей перепонки, где были бы видны артерия, капилляры и вены. Отметьте исходный просвет сосудов.

Седалищный нерв перевяжите ниткой и перережьте выше места перевязки. Следите за изменением просвета сосудов — они расширяются и скорость движения крови в них уменьшается.

Поджимая периферический конец перерезанного нерва за нитку, подведите под него электроды. Отметив исходный уровень просвета сосудов, раздражайте нерв электрическим током. Убедитесь, что диаметр просвета сосудов уменьшился, а скорость движения крови в них увеличилась.

Зарисуйте наблюдаемые явления и опишите их в тетради. Сделайте выводы о влиянии нервной системы и гуморальных факторов на просвет сосудов.

Работа 106. Изучение капиллярного кровообращения в легких и языке лягушки

Легкие лягушки получают кровь от обоих кругов кровообращения. По малому кругу через легочную артерию в легкие движется венозная кровь, а в капиллярах легких осуществляется газообмен. По большому кругу через бронхиальную артерию поступает артериальная кровь для питания легочной скелы.

Капилляры большого и малого кругов не изолированы друг от друга. Между ними имеются анастомозы, по которым кровь течет в одном направлении: из капилляров бронхиальной артерии в капилляры легочной артерии.

Язычная артерия — часть общей сонной артерии. Сосуды языка хорошо доступны для наблюдения — на них легко проследить сосудорасширяющее действие уретана.

Для работы необходимы: микроскоп, лягушка, набор инструментов для препарирования, пробковая пластинка с отверстием, предметное и покровное стекла, 10%-ный раствор уретана, трехкапельная камера с резиновой трубкой и зажимом.

Методика выполнения работы

1. Изучение кровообращения в легких

Разрушите головной мозг лягушки. Если препарат, использованный в предыдущей работе, хорошо сохранился, можно продолжать работу на нем.

Язык лягушки захватите листом Певана, поднимите несколько вперед и свободно опустите. При этом окажется доступной головная часть, рассмотрите ее.

Подрежьте ткань вокруг надгортанника и подведите под него лопатку на уровне головной части. Введите в щель трехкапельную камеру и укрепите ее там, затянув лигатуру.

Сделайте боковой продольный разрез кожи и мышц выше от верхней конечности длиной 2—2,5 см.

С помощью резинового баллона или рожка через резиновую трубку, соединенную с камерой, осторожно надуйте в легкие воздух (презервы не раздувать!). На резиновую трубку наложите зажим.

Поглаживая рукой, выведите одно из легких в сделанный разрез наружу. На пробковой пластинке расположите лягушку так, чтобы легкие находилось над отверстием в пластинке. Легкое расположите на предметном стекле и прикройте его покровным стеклом.

Рассмотрите особенности расположения сосудов в легких. Найдите место разветвления артерий на сеть капилляров. Обратите внимание на расположение капилляров (они окружают каждую альвеолу). Чтобы лучше их рассмотреть, слегка сместите фокус микроскопа. Найдите и рассмотрите анастомозы между капиллярами большого и малого круга кровообращения. Наблюдайте деформацию эритроцитов при прохождении в месте ветвления капилляров.

Зарисуйте картину кровообращения в легком, наблюдаемую под микроскопом.

2. Изучение кровообращения в языке

Расположите лягушку на пластинке таким образом, чтобы конец нижней челюсти пришелся к краю отверстия, сделанного в пластинке.

Вытащите свободный задний конец языка и растяните его над отверстием пластинки (не чрезмерно, иначе остановится кровообращение). Прижмите язык к пластинке булавками, пальцами их держите, чтобы не мешать объективу микроскопа. Рассмотрите под микроскопом артерия и вены языка. Смажьте поверхность

языка 10%-ным раствором уретана. Наблюдайте расширение артерий и раскрытие ранее незамкнутых капилляров.

Отвечьте на вопрос: почему скорость движения крови в разных участках кровяного русла различна и какое это имеет значение?

Результат 107. Наблюдение кровообращения в брыжейке (воспалительная реакция)

Лейкоциты пассивно переносятся в сосудистом русле током крови. Но они обладают способностью и активно передвигаться как внутри, так и вне сосудистого русла. Они могут проходить через стенку сосудов (диапедез) и амёбондией передвигаться к месту возникшего раздражения. В эксперименте легко создается очаг раздражения при постановке кристаллика поваренной соли на брыжейку. При этом можно наблюдать, как сосуды расширяются, ток крови резко замедляется, лейкоциты выходят из ближайших сосудов и передвигаются к месту раздражения (воспалительная реакция).

Для работы необходимы: микроскоп, лягушка, набор инструментов для препарирования, пробковая пластинка с отверстием, предметное и покровное стекла, кристаллик поваренной соли, физиологический раствор.

Методика выполнения работы

Обездвиженную лягушку приколите к пробковой пластинке. Сделайте боковой разрез с левой стороны длиной 1,5—2 см начиная от нижнего конца туловища по направлению к плечевому поясу. Выведите через рану кишечную петлю.

Разместите лягушку на пластинке таким образом, чтобы кишечная петля находилась над отверстием пластинки, которое должно быть закрыто предметным стеклом.

Натяните (посильно!) брыжейку на предметное стекло и закройте покровным стеклом, предварительно смоченным физиологическим раствором. Рассмотрите под микроскопом сосуды брыжейки (рис. 123, А).

Приложив покровное стекло, положите кристаллик поваренной соли около одного из сосудов, находящихся в поле зрения.

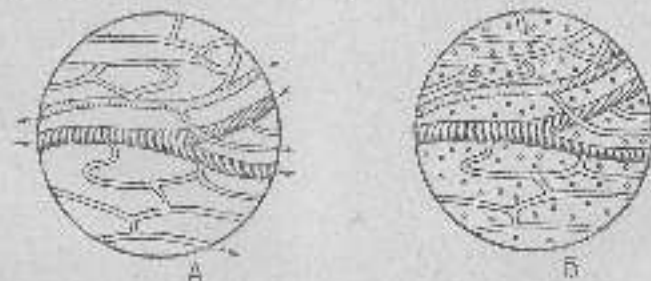


Рис. 123. Микроскопическая картина кровообращения в брыжейке (А) и движение лейкоцитов (Б).

Присоедините реакцию сосудов на химическое раздражение. При большом увеличении рассмотрите диаметр лейкоцитов (рис. 123, б).

Работа 108. Перфузия сосудистой системы лягушки

Работа проводится с целью изучения регулирующего влияния нервной системы и гуморальных факторов на диаметр просвета сосудов.

Клетки симпатической нервной системы, оказывающие сосудосуживающее влияние (вазоконстрикторный эффект), находятся в боковых рогах серого вещества спинного мозга. Поэтому при раздражении спинного мозга увеличивается количество импульсов, идущих от симпатической нервной системы к сосудам, и наступает сужение просвета периферических сосудов.

Адреналин, введенный в сосудистое русло, приводит к такому же эффекту. Апетихолин, наоборот, вызывает расширение просвета сосудов (вазодилаторный эффект).

Для работы необходимы: стимулятор, лягушка, набор инструментов для препарирования, пробковая пластина, сосуд Мариотта, канюля, раствор адреналина (1:10 000), раствор холина (1:10 000), раствор Рингера.

Методика выполнения работы

Включите в сеть стимулятор и поставьте нужный режим раздражения: вид импульсов «внутренний», длительность 1 мс, частота 40—50 импульсов, амплитуда раздражения подбирается в опыте. Трансформатор включите в позицию 1:10, вместо электродов присоедините к нему хорошо зачищенные стальные проводочки, к свободным концам которых прикрепите булавки, чтобы пользоваться ими как раздражающими электродами.

Декапсированную лягушку приложите к пробковой пластинке брюшной стороной вверх. Раскройте лягушку и обнажите ее сердце, как описано в работе 94.

Подведите под левую дугу аорты две лигатуры, а под правую — одну. Лигатуру, расположенную на левой дуге аорты дальше от сердца, завяжите петлей, не затягивая ее. За вторую лигатуру, расположенную ближе к сердцу, приподнимите сосуд. Сделайте на аорте боковой надрез между лигатурами и вставьте в него по направлению к периферии, т. е. от сердца, канюлю, канюлюющую физиологическим раствором. Ранее приготовленную петлю накинута на конец вытянутой в сосуд канюли и туго затяните вокруг ее шейки. При помощи пинцета наложите канюлю раствором Рингера так, чтобы в ней не оставалось пузырьков воздуха, и соедините ее с резиновой трубкой от сосуда Мариотта, который должен быть расположен на 40—60 см выше уровня аорты и перекрыт зажимом (рис. 124).

Правую дугу аорты перевяжите. Сердце удалите.

Откройте зажим на трубке, идущей от сосуда Мариотта, и пропустите раствор Рингера через сосуды препарата. Раствор пройдет через канюлю в левую дугу аорты, затем — в артерии, капилляры, вены и будет выливаться на пластинку через пера-

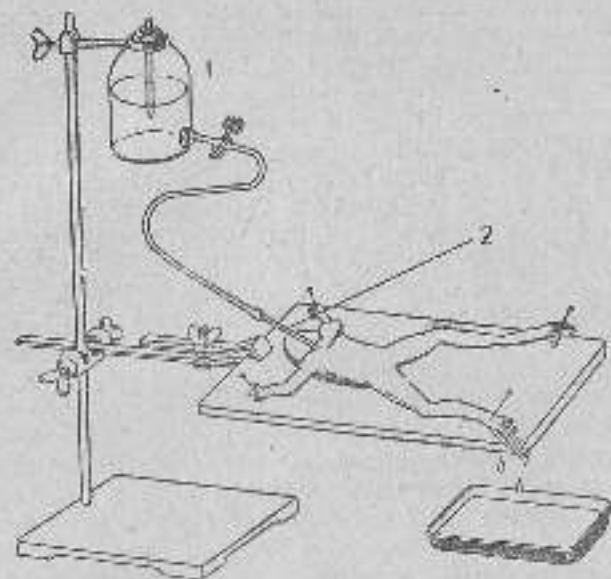


Рис. 124. Экивентка для изучения перфузии сосудистой системы лягушки
1—сосуд Мариотта; 2—лягушка, лежащая на пластинке стекла; 3—лоток.

резацию три удаленная сердца крупные вены (пластинка должна быть укреплена наклонно).

Возьмите приготовленные электроды (булавки) и один из них введите неглубоко в спинномозговой канал (приложите к надрезу мозга), другой введите в спинной мозг через все ткани в области крестца.

Положите, пока стекающая с пластинки жидкость не станет прозрачной. После этого несколько раз сосчитайте количество капель, стекающих с пластинки за 1 мин. Количество стекающих капель зависит от диаметра просвета сосудов, следовательно, изменение их количества отражает изменение состояния сосудистого русла.

Проведите следующие наблюдения:

1. Сосчитайте число капель, стекающих с пластинки в характерных условиях состояния сосудистого русла.

Раздражьте спинной мозг электрическим током в течение 30 с. Сосчитайте число капель, стекающих во время раздражения и в течение 5 мин после окончания действия раздражителя (подсчет проводите каждую минуту). При первых двух подсчетах число капель может оказаться увеличенным, так как сокращение мышц и движение лягушки во время раздражения выжимают собранную в каплях жидкость.

Последующие подсчеты покажут уменьшение числа капель, что будет говорить о сужении просвета сосудов.

2. Дождитесь момента, когда число капелек достигнет некоторого уровня; разорвите спицей мозг, оставив прекрывающую иду в синеномозговой кашле. Снова считайте в течение нескольких минут капли, стекающие с пластины за 1 мин. Отметьте увеличенное число капелек (сосуды расширились).

3. При докопке шприца троньте стенку резиновой трубки, соединенной с каплей, и излейте в питающий раствор 0,5 мл раствора адреналина. Считайте в течение 3—8 мин стекающие с пластины капли. Отметьте значительно уменьшение их числа (адреналин — сосудосуживающий фактор).

Промывайте сосудистое русло раствором Ридера до тех пор, пока число стекающих капелек не увеличится и не станет постоянным.

4. Введите тем же путем, что и адреналин, 0,5 мл раствора холрина и вновь считайте капли. Отметьте увеличение их числа (холрин — сосудорасширяющий фактор).

Полученные данные запишите в тетрадь и опишите их. Сделайте вывод о сосудодвигательных реакциях в ответ на раздражение нервной системы и сделайте выводы о влиянии факторов.

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Совокупность процессов, характеризующих функцию дыхания, обеспечивает снабжение организма кислородом и удаление из организма углекислого газа. Различают внешнее дыхание — обмен газов между внешней средой и органами дыхания — и внутреннее (тканевое) дыхание — обмен газов между тканями и кровью.

Дыхание человека постоянно приспособляется к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды, что обеспечивает процессы нервной и гуморальной регуляции.

Предлагаемые работы позволяют ознакомиться с некоторыми особенностями внешнего дыхания и его регуляции.

Работа 102. Обнаружение углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе.

Вдыхаемый воздух содержит 20,95% кислорода, 0,03% углекислого газа и 79,02% азота и инертных газов. В выдыхаемом воздухе вследствие газообмена между дециальной кровью и воздухом легких кислорода 17%, углекислого газа 4% и 79% приходится на азот и инертные газы.

Углекислый газ можно обнаружить, пользуясь баритовой или известковой водой, образующей с ним нерастворимую соль. Относительно содержание углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе можно легко наблюдать, используя дыхательные клапаны Мюллера или обычные пробирки, если их соединить с докопкой трубок. Этот опыт можно легко показать учащимся в школе.

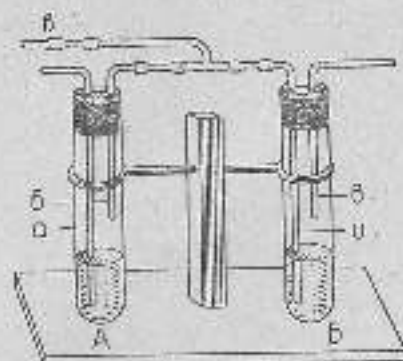


Рис. 125. Клапан Мюллера.

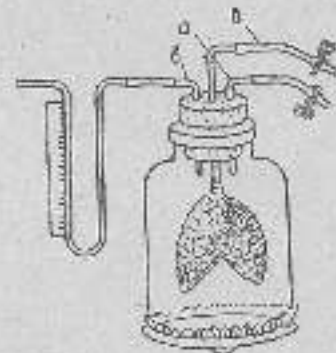


Рис. 126. Модель грудной полости (испытат. Цандера).

Ознакомьтесь с устройством клапана Мюллера (рис. 125). В две склянки А и В, каждая из которых снабжена пробкой с двумя отверстиями, пропущено по две трубки. Две из них (а и а₁) — длинные — доходят почти до дна склянки, две другие (б и б₁) — короткие — не касаются раствора. Обе склянки соединены резиновыми трубками с муфточкой в через трубки. В склянке А через баритовую воду пройдет вдыхаемый воздух вследствие уменьшения его давления при вдохе. А при выдохе выдыхаемый воздух пройдет через баритовую воду в склянке В в результате повышения давления. Таким образом ток воздуха производится клапанами в разных направлениях. В склянке А баритовая вода мутнеет от углекислого газа, содержащегося в атмосферном воздухе, а в склянке В — в выдыхаемом.

Для работы необходимы: клапан Мюллера, баритовая вода, спирт, вата.

Материалы изготовления работы

Прежде чем приступить к работе, продезинфицируйте явкой, смесью спирта, муфточку клапана Мюллера.

Налейте в обе склянки баритовую воду так, чтобы в ней оказалась почти полная длина трубок. Дайте через муфточку. Сравните мутнение баритовой воды в обеих склянках. Сильное помутнение баритовой воды в склянке В и небольшое в склянке А показывает, что в выдыхаемом воздухе содержится намного больше углекислого газа, чем во вдыхаемом.

Зарисуйте схему прибора. Результаты опыта запишите в тетрадь.

Работа 110. Модель дыхательных движений.

При вдохе объем грудной полости увеличивается, а при выдохе — уменьшается. Эластическая ткань легких всегда следует за изменениями объема грудной полости, расширяясь при вдохе и сходясь при выдохе. При спокойном вдохе в латеральной ще-

на создается отрицательное давление, равное 7—9 мм, а при глубоком выдохе — 30 мм рт. ст. Это заставляет легкое расширяться, благодаря чему в них входит атмосферный воздух. При выдохе объем грудной полости уменьшается, при этом сжимаются легкие и из них выталкивается избыток воздуха, который выходит наружу.

Изменения, происходящие в грудной полости при дыхательных движениях, можно наблюдать на аппарате Дондерса (рис. 126). Он представляет собой стеклянный сосуд с резиновой мембраной вместо дна (в середине мембраны имеется кнопка). Сверху сосуд закрыт широкой пробкой с тремя отверстиями: одно — для капиляра с термометром легких, на верхний конец капиляра надет резиновый трубка с зажимом *Б*; два других отверстия — для отводных стеклянных трубок с клапанами на них резиновыми трубками. Трубка *А* также снабжена зажимом, через нее полость аппарата Дондерса сообщается с атмосферным воздухом. Трубка *В* соединена с водяным манометром, показывающим давление внутри сосуда.

Для работы необходимы: аппарат Дондерса, лягушка, набор инструментов для препарирования, пробковая пластинка, капиляр с резиновой трубкой и зажимом, водяной манометр, резиновые трубки, зажимы.

Методика выполнения работы

Разрушив головной и спинной мозг лягушки, прикрепите ее в пробковой пластинке брошкой вверх. Зхватив ланцетом ближнюю часть, раскройте рот лягушки. Край нижней челюсти нарежьте. Отделите челюсть, найдите голосовую щель. Надрезайте ткани по обе стороны голосовой щели и расположите вокруг нее петлю ланцета. Введите канюлю в голосовую щель и закрепите ее в триех, плотно завязав ланцетурой. Легкие раздув легкое через канюлю, наложите на резиновую трубку зажим. Вскройте грудную полость, отпрепарируйте и изложите легкие, осторожно освободите их от окружающих тканей.

Убедитесь в эластичности легочной ткани, наблюдая за изменением легких после каждого растяжения.

Укрепите препарат легких в пробке аппарата Дондерса, предварительно слегка отсосав воздух из аппарата, чтобы легко было раздуть легкие. Используйте манометр, посмотрите, как изменится давление в полости аппарата Дондерса во время вдоха и выдоха.

Почередно отключайте впуск и вводите внутрь сосуда резиновое дно аппарата Дондерса («диафрагму») за вывинченную в него винтику (так вы производите вдох и выдох). Наблюдайте за изменениями объема легких и за колебаниями давления внутри сосуда по показаниям водяного манометра.

Объясните наблюдаемые явления. Аппарат Дондерса зарисуйте.

Работа 111. Диффузия углекислого газа через легкие

Обмен газов в легких заключается в диффузии кислорода из альвеолярного воздуха в кровь и углекислого газа из крови в

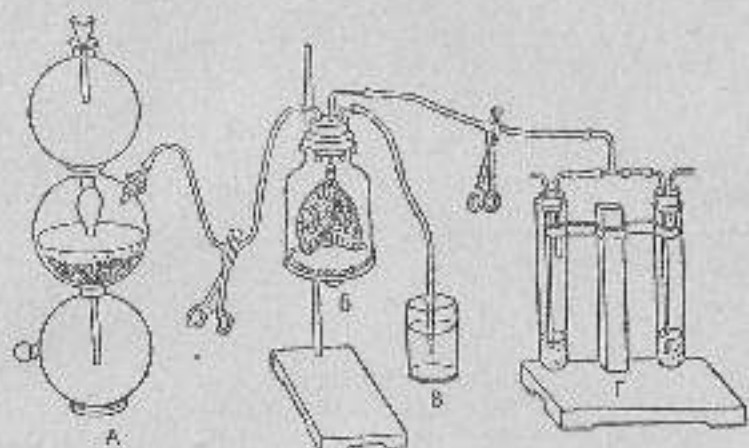


Рис. 127. Установка для наблюдения диффузии углекислого газа через легкие

воздух через стенки легочных альвеол и капилляров. Это можно наблюдать в эксперименте, используя аппарат Дондерса и легкие лягушки или теплокровного животного.

Для работы необходимы: аппарат Дондерса, лягушка, набор инструментов для препарирования, пробковая пластинка, капиляр с резиновой трубкой и зажимом, два зажима, резиновые трубки, клапаны Мюллера, стакан или пробирка, аппарат Кишля, известковая или баритовая вода.

Методика выполнения работы

Установка для проведения опыта показана на рисунке 127.

Приготовьте препарат легких лягушки (как описано в работе 110) и поместите его в аппарат Дондерса (Б). Одну из боковых отводных трубок соедините с аппаратом Кишля (А) или другим источником углекислого газа, на другую наденьте резиновую трубку и вставьте ее в стакан (пробирку) с баритовой водой (В). Впускной край для зажима аппарата Кишля держите закрытым. При помощи резиновой трубки конец канюли, идущей от легких и выступающей из пробки аппарата Дондерса, соедините с тройником клапана Мюллера (Г). Откройте край аппарата Кишля и медленно пропускайте углекислый газ через аппарат Дондерса. Одновременно вентиляруйте легкие, попеременно отключая впуск и вводивая внутрь «диафрагму» аппарата Дондерса.

Наблюдайте за помутнением баритовой воды в пробирке клапана Мюллера, через которую проходит «выдыхаемый» из легких воздух.

О затуманивании углекислым газом пространства вокруг легких свидетельствует помутнение баритовой воды в стакане (пробирке), куда отлучена отводная трубка из аппарата Дондерса. В легких же находится атмосферный воздух с небольшим содержанием

углекислоты газа. Поэтому углекислый газ из полости аппарата Дюпюитера, где его парциальное давление велико, диффундирует внутрь легких, где оно значительно меньше, и оттуда поступает в склянку Миллера.

Пожутление баритовой воды в склянках Миллера говорит о том, что углекислый газ из аппарата Дюпюитера через стенки альвеол поступает в легкие (доказательство наличия диффузии).

Разберите механизм диффузии газов в легких, пользуясь материалами лекций и учебником.

Работа 112. Спирометрия. Определение с помощью спирометра жизненной емкости легких и составляющих ее объемов

При спокойном дыхании во время каждого дыхательного движения обменивается небольшая часть находящегося в легких воздуха — 300—500 мл — это *дыхательный объем* (ДО). Дыхательный объем — количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает при спокойном дыхании.

При усиленном входе в легкие можно ввести помимо дыхательного объема еще дополнительно 1500—2000 мл воздуха — это *резервный объем вдоха* (РО_{вд}). Резервный объем вдоха — максимальное количество воздуха, которое человек может вдохнуть после спокойного вдоха. А после спокойного вдоха можно усиленно выдохнуть еще 1000—1500 мл — это *резервный объем выдоха* (РО_{выд}). Резервный объем выдоха — максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть после спокойного выдоха. Сумма дыхательного объема и резервного объема вдоха характеризует *емкость вдоха* (Е_{вд}).

Важной функциональной характеристикой дыхания является *максимальная емкость легких* (ЖЕЛ) — тот максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после максимального вдоха. Жизненная емкость легких складывается из дыхательного объема, резервного объема вдоха и резервного объема выдоха.

Но даже после максимального выдоха в легких остается объем воздуха, который всегда их заполняет, — это *остаточный объем* (ОО). Остаточный объем воздуха остается в легких даже умершего человека и животного. Но при спокойном дыхании в легких остается значительно больше воздуха, чем остаточный объем. То количество воздуха, которое остается в легких после спокойного выдоха, называется *функциональной остаточной емкостью* (ФОЕ). Она состоит из остаточного объема воздуха и резервного объема выдоха.

То наибольшее количество воздуха, которое полностью занимает легкие, называется *объемом емкости легких* (ОЕЛ). Она включает жизненную емкость легких и остаточный объем воздуха.

Соотношения между объемами в емкостях легких хорошо видно на рисунке 128.

Жизненную емкость легких и составляющие ее объемы можно определить с помощью спирометра (метод спирометрии).

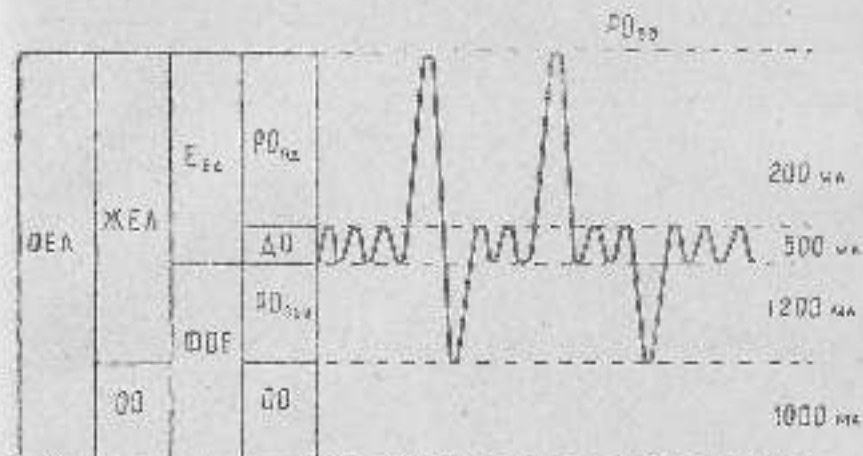


Рис. 128. Схематическое изображение объемов и емкостей легких: РО_{вд} — резервный объем вдоха; ДО — дыхательный объем; РО_{выд} — резервный объем выдоха; ОО — остаточный объем; Е_{вд} — емкость вдоха; ФОЕ — функциональная остаточная емкость; ЖЕЛ — максимальная емкость легких; ДЕЛ — объем емкости легких.

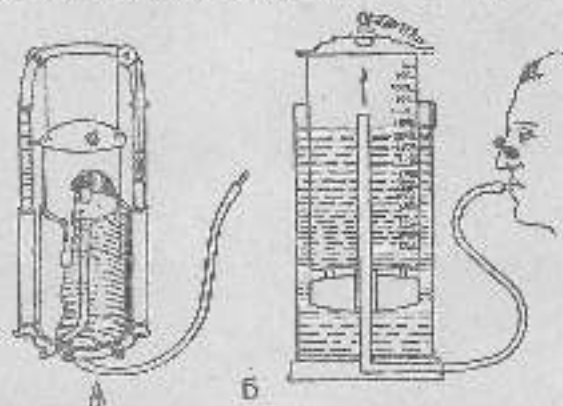


Рис. 129. Строение спирометра.

Прежде чем приступить к работе, следует ознакомиться с устройством спирометра (рис. 129).

Спирометр представляет собой цилиндр, заполненный водой до метки на стекле. В воду погружен вверх дном второй, меньший цилиндр.

Масса внутреннего цилиндра уравновешивается либо грузом, перекинутым через два блока, укрепленных на стойках спирометра (рис. 129, А), либо прикрепленным к его дну баллоном, содержащим воздух (рис. 129, Б).

Внутри наружного цилиндра по его оси вертикально проходит трубка, один конец которой заканчивается выше уровня воды в

цилиндра, а другой выведен через дно наружу и соединен при помощи резиновой трубки с муфштуком. При выдохе через муфштук воздух поступает под внутренний цилиндр и, не имея выхода, поднимает край цилиндра погруженного в воду, поднимает его.

Указатель на шкале для деления на внутреннем цилиндре показывает объем воздуха, находящегося в цилиндре. Чтобы удалить воздух из спирометра, следует открыть пробку (кран), закрывающую отверстие внешнего цилиндра, опустить цилиндр рукой (при этом воздух выходит через отверстие). Затем выводное отверстие цилиндра следует закрыть.

Для работы необходимы: спирометр, спирт, вода.

Методика выполнения работы

Продезинфицируйте важку, смоченной спиртом, муфштук прибора.

Измерьте дыхательный объем. Для этого установите внутренний цилиндр спирометра на нуль. После спокойного вдоха сделайте спокойный выдох в спирометр. Отметьте по шкале высоту стояния цилиндра. Не отпуская цилиндра, повторите несколько раз спокойный выдох после спокойного вдоха и определите среднюю величину дыхательного объема, разделив сумму показаний спирометра на число проведенных выдохов.

Измерьте резервный объем выдоха. Тотчас после спокойного вдоха возьмите в рот муфштук и произведите максимально глубокий выдох. Показания прибора соответствуют резервному объему выдоха. Повторите определение 2—3 раза, каждый раз устанавливая спирометр на нуль. Подсчитайте и запишите в тетради среднюю величину резервного объема выдоха.

Измерьте жизненную емкость легких. Шкалу спирометра установите на нуль. После глубокого вдоха сделайте максимальный выдох в спирометр. Для более точного определения жизненной емкости легких повторите эту процедуру несколько раз и рассчитайте среднюю величину. После каждого определения необходимо возвращать показания спирометра к нулю.

Рассчитайте резервный объем вдоха путем вычитания суммы дыхательного объема и резервного объема выдоха из величины жизненной емкости легких:

$$PO_{\text{вд}} = ЖЕЛ - (DO + PO_{\text{выд}}).$$

Полученные данные занесите в тетрадь. Величину анатомической емкости легких и составляющих ее объемов у всех юношей в аудитории (одновременно) занесите в таблицу и сделайте статистическую обработку данных. Сравните показатели у девушек и юношей.

Работа 113. Знакомство с методом спирографии.

Определение всех емкостей и объемов, характеризующих внешнее дыхание, с помощью спирографа

Более детально и точно, чем с помощью спирометра, можно определить все емкости и объемы легких с помощью спирографа.

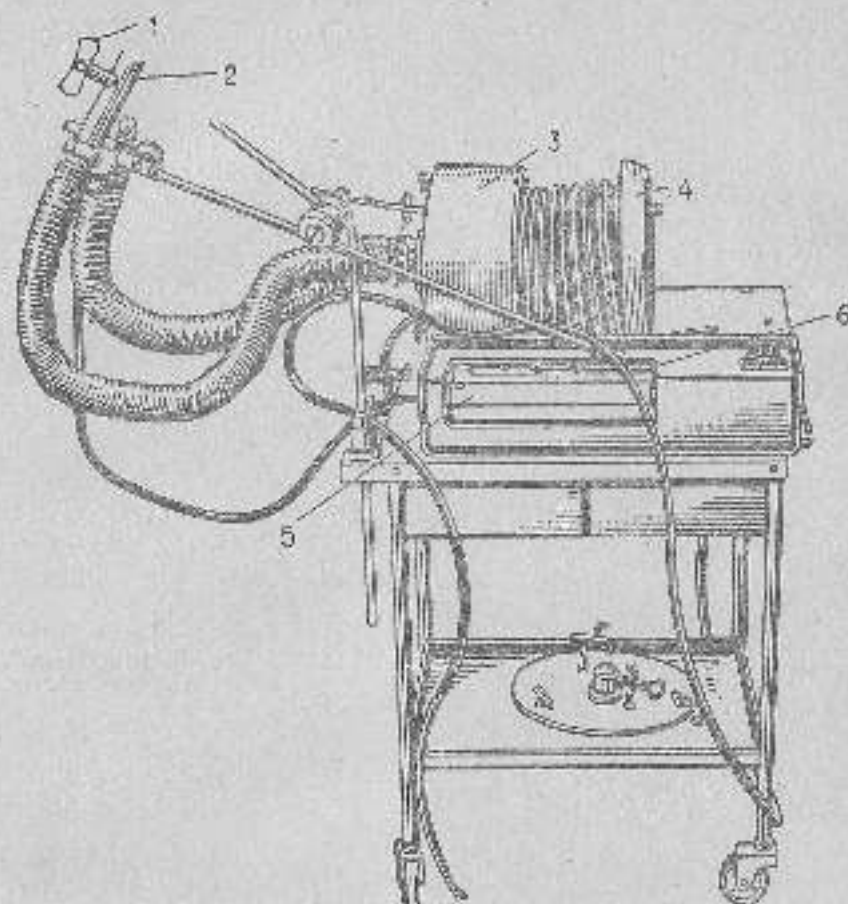


Рис. 110. Спирограф типа «Metatest-1».

типа «Metatest-1» (рис. 110). Кривая, которая получается при заданном показателе внешнего дыхания с помощью этого прибора, называется *спирограммой*, а сама методика определения — *спирографией*.

Все части прибора «Metatest-1» монтируются на подвижном столике. Через загубник (1) и тройники (2) выдыхаемый воздух поступает в измерительный блок (3), который состоит из газобера, в котором поглощается углекислый газ, и сиффона с подвижной крышкой (4), связанной с регистрирующим устройством. При выдохе под влиянием избыточного давления воздуха крышка сиффона поднимается и деро записывает объем выдыхаемого воздуха на движущейся ленте (5) лентоспирометрического механизма (6). Чувствительность спирометра 25 мл/л. Это значит, что смещение пера от начального уровня на 1 мм соответствует 20 мл воздуха.

При вдохе воздух совершает обратный путь в легкие и крышка сальфова вследствие уменьшения давления опускается, при этом выдыхается объем выдыхаемого воздуха.

В процессе дыхания кислород из дыхательной системы (сальфова) поглощается организмом и вода пистика смещается вверх (от исходной линии) на величину поглощения кислорода. По величине отклонения можно рассчитать количество поглощенного кислорода.

Методика выполнения работы

Детально рассмотрите спиртограмму, представленную на рисунке 131.

Определите с помощью спиртографа «Метатест-1» все емкости и объемы легких.

Для работы необходимы: спиртограф «Метатест-1», маска дыхательная с трехходовым краном, стврт, вата.

1. Получение спиртограммы

Закрепите чернилами перо регистрирующего устройства спиртографа и сделайте пробную запись. Пропустите дыхательную систему. Для этого нажмите кнопку «вдох», переведите ручку крана в положение «закрыто», проведите за ручку крышки спиртографа 5—6-кратное боковое-колебательное движение.

Положите загубник на тройник. Прикройте загубник снизу. Установите штатив в удобное для испытуемого положение. Предложите испытуемому взять загубник в рот, надеть на голову зажим и дать испытуемому привыкнуть к дыханию через загубник в атмосферу.

Опустите перо на бумагу, нажмите кнопку «50» (скорость движения ленты 50 мм/с), а в конце выдоха переведите ручку крана в положение «закрыто».

Запишите спиртограмму (рис. 131) при спокойном дыхании. Так вы установите дыхательный объем. Предложите испытуемому после спокойного выдоха сделать усиленный вдох, максимально забрав в себя воздух. Так вы определите резервный объем вдоха. Повторите запись спокойного дыхания, а затем после обычного выдоха предложите испытуемому усиленно выдохнуть до конца. Так вы определите резервный объем выдоха.

Затем после спокойного дыхания определите жизненную емкость легких. Для этого испытуемому должен произвести такой глубокий вдох, а затем — такой глубокий выдох.

Рассчитайте все объемы легких, исходя из того, что 1 мм записи соответствует 40 мл воздуха. Суживая резервный объем вдоха и дыхательный объем, определите емкость вдоха.

Для определения соответствия полученных и экспериментальных значений установленным нормам используют специально разработанные формулы. Предложенные формулы учитывают корреляцию отдельных характеристик функций внешнего дыхания с такими факторами, как пол, рост, масса тела, возраст.

Эти формулы отражают так называемые должные величины. С ними и сравнивают полученные в эксперименте индивидуальные

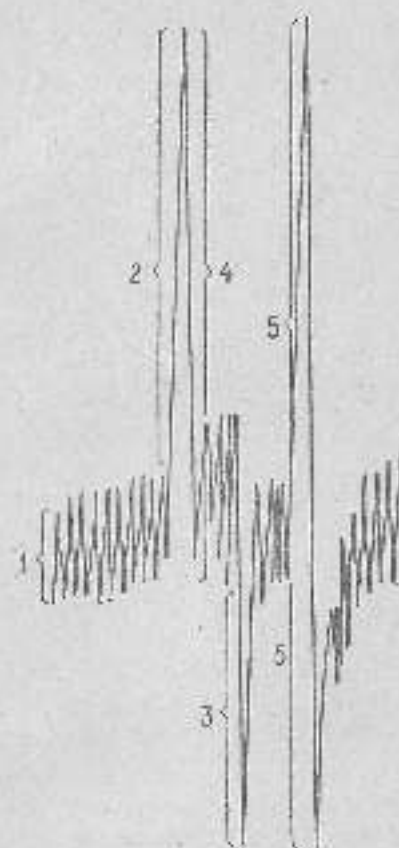


Рис. 131. Спиртограмма человека
1 — $V_{0,0}$ — 200 мл; 2 — $V_{0,0}$ — 200 мл; 3 — $V_{0,0}$ — 140 мл; 4 — $V_{0,0}$ — 200 мл; 5 — ЖЕЛ — 200 мл.

данные. Так, должная величина максимальной емкости легких рассчитывается по формуле для мужчин —

$$\text{ЖЕЛ} = [(рост (см) \cdot 0,052) - (\text{возраст (лет)} \cdot 0,022)] - 3,60;$$

для женщин —

$$\text{ЖЕЛ} = [(рост (см) \cdot 0,041) - (\text{возраст (лет)} \cdot 0,018)] - 2,68.$$

Рассчитайте должную величину жизненной емкости легких. Полученные данные запишите в тетрадь.

2. Определение максимальной легочной вентиляции

Для оценки емкости внешнего дыхания используют величину максимальной вентиляции легких (МВЛ). Максимальная вентиляция легких характеризуется тем объемом воздуха, который мо-

жет пройти через дыхательную систему в течение 1 мин максимальной интенсивного дыхания.

Полную величину МВЛ можно рассчитать по формуле для мужчин —

$$МВЛ = [(рост (см) \cdot 1,34) - (возраст (лет) \cdot 1,26)] - 21,4;$$

для женщин —

$$МВЛ = [(11,3 - \text{возраст})] \cdot [\text{площадь поверхности тела (м}^2)].$$

Площадь поверхности тела определяют с помощью номограммы (рис. 132). Для определения площади поверхности тела нужно соединить прямой линией (линейкой) показатели массы тела (кг) и длины (см). Число, через которое пройдет эта линия на шкале «поверхность тела», и будет характеризовать величину поверхности тела (в м²) конкретного испытуемого.

В эксперименте для определения максимальной вентиляции легких используют мешок Дугласа и газовые часы.

Для работы необходимы: мешок Дугласа, секундомер, маска, шпарт, вата.

Методика выполнения работы

Предварительно протерев маску спиртом, наденьте ее на испытуемого. Предложите ему в течение 15 с дышать в мешок Дугласа максимально часто и глубоко (эти параметры испытуемый устанавливает сам). Пропустите воздух из мешка Дугласа через газовые часы и зафиксируйте полученную величину объема воз-

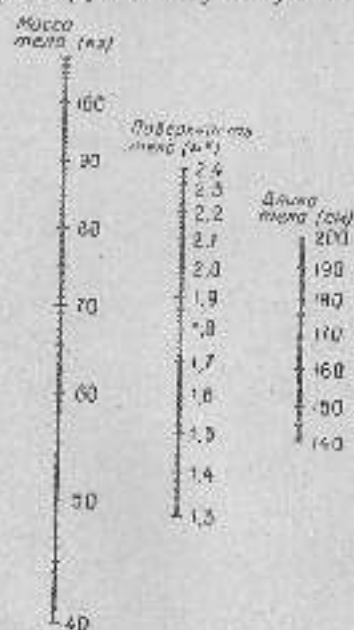


Рис. 132. Номограмма для определения площади поверхности тела.

духи. Рассчитайте величину максимальной вентиляции легких. Для этого объем воздуха, выдохнутой за 15 с, умножьте на 4.

Результаты, полученные на нескольких испытуемых разного возраста и пола, занесите в таблицу (табл. 40).

Таблица 40. Показатели внешнего дыхания у испытуемых

Показатель	Испытуемый			
	1	2	3	4
Возраст (лет)				
Пол				
Масса тела (кг)				
Длина тела (см)				
Площадь поверхности тела (м ²)				
ДО				
РД _{макс}				
РД _{норм}				
ЖЕЛ _{норм}				
ЖЕЛ _{макс}				
ФОС				
ОП				
МВЛ _{норм}				
МВЛ _{макс}				

Презентуйте полученные данные. Сделайте выводы.

Работа 114. Исследование функций внешнего дыхания у детей

У детей органы внешнего дыхания по строению и функциональным особенностям отличаются от органов дыхания взрослых. Просвет дыхательных путей у детей уже, чем у взрослых, в ткани легкого меньше эластических волокон. У детей по сравнению со взрослыми в тканях легких меньше альвеол и они меньше.

Показатели внешнего дыхания претерпевают изменения в процессе роста и развития организма. Наиболее широко используемым показателем внешнего дыхания у детей является жизненная емкость легких, которая зависит от пола, возраста, массы и длины тела.

С возрастом жизненная емкость легких у детей прогрессивно увеличивается. У мальчиков она, как правило, больше, чем у девочек (табл. 41).

1. Определение жизненной емкости легких и составляющих ее объемов с помощью спирометра

Для работы необходимы: спирометр, шпарт, вата.

Методика выполнения работы

Прозеконфицируйте латекс, смоченной спиртом, мушкетерский прибор.

Чтобы измерить жизненную емкость легких, установите мушкетерский прибор спирометра на нуль. Попросите испытуемого после двух-трех максимальных вдохов и выдохов сделать макси-

максимальный выдох. Затем предложите испытуемому взять в рот мундштук и произвести максимальный выдох в спирометр (при этом ладь нужно зажать языком или рукой). Отметьте показания шкалы спирометра.

Таблица 41. Средние величины жизненной емкости легких у детей школьного возраста

Возраст (в г.)	Жизненная емкость легких		Возраст (в лет)	Жизненная емкость легких	
	Мальчики	Девочки		Мальчики	Девочки
7	1,4	1,3	12	2,2	2,0
8	1,5	1,3	13	2,4	2,2
9	1,7	1,5	14	2,8	2,5
10	2,0	1,7	15	3,1	2,7
11	2,1	1,8	16	3,6	2,9

Для определения соответствия величины жизненной емкости легких, полученных в эксперименте, установленным нормам используют специально разработанные формулы.

Предложенные формулы учитывают корреляцию отдельных характеристик функции внешнего дыхания таким показателем, как пол, масса и длина тела, возраст.

Эти формулы отражают так называемые должные величины. С ними и сравнивают полученные в эксперименте индивидуальные данные. Так, должная величина жизненной емкости легких рассчитывается по формуле

для мальчиков 8—12 лет:

$$ЖЕЛ_{д.м.ч} = [(рост (см) \cdot 0,052)] - [(возраст (лет) \cdot 0,022)] - 4,6;$$

для мальчиков 13—16 лет:

$$ЖЕЛ_{д.м.ч} = [(рост (см) \cdot 0,052)] - [(возраст (лет) \cdot 0,022)] - 4,2;$$

для девочек 8—16 лет:

$$ЖЕЛ_{д.д.ч} = [(рост (см) \cdot 0,041)] - [(возраст (лет) \cdot 0,018)] - 3,7.$$

2. Определение максимальной долевой вентиляции

Для оценки системы внешнего дыхания детей также используют величину максимальной вентиляции легких (МВЛ).

Для работы необходимы: мешок Дугласа, секундомер, маска, спирт, вата.

Методика выполнения работы

Предварительно протерев маску спиртом, наденьте ее на испытуемого. Предложите ему в течение 15 с дышать в мешок Дугласа максимально часто и глубоко (эти параметры испытуемый устанавливает сам). Пропустите воздух из мешка Дугласа через газовые лампы и зафиксируйте полученную величину объема воздуха. Рассчитайте величину максимальной вентиляции легких. Для этого объем воздуха, обданный за 15 с, умножьте на 4.

Полученные показатели максимальной вентиляции легких сравнивают с должными величинами. Экспериментально подтверждено, что должную величину максимальной вентиляции легких у детей устанавливают путем умножения должной величины жизненной емкости легких на возрастной коэффициент, характерный для определенного возраста (табл. 42).

Таблица 42. Коэффициенты для расчета должных величин максимальной вентиляции легких у детей школьного возраста

Пол	Коэффициент для возраста (лет)		
	7—11 лет	12—14 лет	15—17 лет
Мальчики	23,8	22,5	По формуле для взрослых мужчин и женщин
Девочки	21,7	19,6	

Результаты, полученные на нескольких испытуемых разного возраста и пола, занесите в таблицу (табл. 43). Проанализируйте полученные данные и сделайте выводы.

Таблица 43. Показатели внешнего дыхания у испытуемых

Показатель	Испытуемый			
	1	2	3	4
Возраст (в г.)				
Пол				
Масса тела (в кг)				
Длина тела (в см)				
Площадь поверхности тела (в см ²)				
ЖЕ				
Р _{0.15}				
Р _{0.1}				
ЖЕЛ _{д.м.ч}				
ЖЕЛ _{д.д.ч}				
МВЛ _{д.м.ч}				
МВЛ _{д.д.ч}				

Убедитесь в наличии корреляционной связи между жизненной емкостью легких и максимальной вентиляцией легких.

Работа 115. Регистрация дыхательных движений человека. Влияние углекислого газа и некоторых рефлекторных воздействий на дыхание

Для регистрации дыхательных движений человека применяют метод пневмографии. Пневмограф представляет собой металлическую капсулу, затянутую резиновой мембраной (рис. 133, А). К капсуле припаяны металлические петли для телодок, которыми пневмограф фиксируется на груди. От капсулы идут две трубки: одна на вдох соединяется с капсулой Маррея, а другая, снабженная

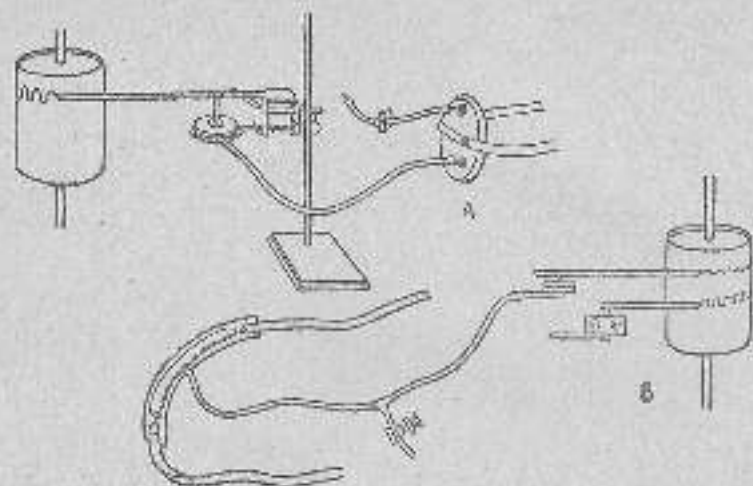


Рис. 133. Завязь эластической резиновой скрутки при помощи пневмографа.

завязки, служит для установки надлежащего давления внутри пневмографа. Действие пневмографа основано на воздушной передаче. Полости пневмографа и капсулы Маррея вместе с соединяющими их трубками представляют замкнутую систему. Некачественное давление на мембрану пневмографа вызывает соответствующее увеличение давления в капсуле Маррея и подъем запирающего рычажка (рис. 133, А). Существуют и другие модели пневмографов, но принцип действия их сходен.

При отсутствии пневмографа можно пользоваться манжетой от аппарата для измерения кровяного давления, ксеном целлюлозной камерой, обвитым марлей (рис. 133, Б), соединив их с капсулой Маррея.

С помощью пневмографа можно определить частоту и глубину дыхания, продолжительность вдоха и выдоха, их соотношение.

Взрослый человек производит 12—18 дыханий в 1 мин. Частота и глубина дыхания регулируются нервной системой и гуморальными факторами. Специфическим раздражителем дыхательного центра является углекислый газ. При повышении концентрации углекислого газа в крови увеличивается частота и глубина дыхания, т. е. увеличивается легочная вентиляция. Уменьшение содержания углекислого газа в крови приводит к урежению и даже к временному прекращению дыхательных движений. Количество углекислого газа в крови значительно увеличивается при резком произвольном усилении легочной вентиляции и, наоборот, уменьшается при произвольной задержке дыхания.

Ритмическая активность дыхательного центра зависит от влияния на него гуморальных факторов и афферентных воздействий, идущих прежде всего от дыхательных мышц и легких. Рефлекторные изменения частоты и глубины дыхания происходит при раз-

дражении хеморецепторов и прессорецепторов сосудов, при раздражении различных экстерорецепторов.

Задача данной работы — исследовать влияние на дыхание изменений концентрации углекислого газа в крови и некоторых рефлекторных воздействий.

Для работы необходимы: пневмограф, капсула Маррея, пневмограф, штатив, резиновые трубки, зажим, латексная смолка, стакан с питьевой водой, вата.

Методика выполнения работы (работа проводится вдвоем)

1. Регистрация дыхательных движений человека

Прикрепите пневмограф при помощи резинок на том месте грудной клетки, где наиболее отчетливо выражены ее экскурсии при дыхании. Одну из трубок, идущих от пневмографа, соедините с капсулой Маррея. Через вторую трубку, снабженную зажимом, регулируйте давление во всей системе так, чтобы рычажок капсулы Маррея принял горизонтальное положение, а тотчас же закройте зажим. Запишите дыхание испытуемого при покое. Отсчеты, какие фазы дыхания соответствуют подъему и опусканию запирающего рычажка. Обратите внимание на глубину и частоту дыхательных движений, на продолжительность вдоха и выдоха.

Зажимом перекройте резиновую трубку, соединяющую пневмограф с капсулой Маррея (так чтобы не повредилась тонкая мембрана капсулы), и предложите испытуемому произвести несколько сильных движений руками или сделать несколько приседаний. Снимите зажим с трубки и тотчас же запишите дыхательные движения на кинематографе. Обратите внимание на изменение амплитуды и частоты дыхания — под влиянием даже небольшой физической нагрузки частота дыхательных движений и их амплитуда увеличиваются.

Полученную кинематическую запись вставьте в тетрадь.

2. Изменение дыхания под влиянием уменьшения или увеличения содержания углекислого газа в альвеолярном воздухе

Продолжите наблюдения на том же испытуемом. Регистрацию дыхательных движений производите непрерывно.

Запишите на кинематографе спокойное дыхание. Испытуемый не должен видеть кинематограф. Не прекращая запись, предложите испытуемому произвести гипервентиляцию легких (сделать 3—8 усиленных вдохов и особенно глубоких выдохов). После гипервентиляции легких наступает временная остановка дыхания вследствие уменьшения содержания углекислого газа в крови. Заметьте, что дыхание довольно долго остается поверхностным.

Предложите испытуемому задержать дыхание на возможно длительное время. Запишите пневмограмму точно после задержки дыхания. Обратите внимание на амплитуду и частоту дыхательных движений — они увеличиваются.

Объясните результаты опыта, кинематичны вклейте в тетрадь.

3. Рефлекторные влияния на дыхание

Запишите спонтанное дыхание. Незаметно к носу испытуемого поднесите ватку, смоченную пахатырным спиртом, раздражающим афферентные окончания тройничного нерва. Происходит резко выраженная задержка дыхания. Отметьте изменения глубины и частоты дыхательных движений в процессе восстановления дыхания.

Запишите спонтанное дыхание и предложите испытуемому сделать платок воды во время вдоха. Повторите этот опыт несколько раз, осуществляя платание по команде экспериментатора в различные моменты вдоха и во время выдоха. Наблюдайте хорошо выраженную задержку дыхания в момент платания при вдохе и значительно меньшую задержку — при выдохе.

Результаты опыта запишите в тетрадь. Туда же вклейте кинематичну. Объясните наблюдаемые явления. Вспомните, что представляют собой защитные дыхательные рефлексы и каково их биологическое значение.

Работа 116. Определение легочной вентиляции в покое и во время работы

Удовлетворение увеличенных потребностей организма в кислороде при выполнении физической работы связано с интенсивностью обмена газов, осуществляющегося в альвеолах.

Интенсивность обмена газов в альвеолах, а следовательно, дальнейшее поступление кислорода к работающим мышцам (и другим органам) и удаление углекислого газа зависит от глубины и частоты дыхания.

Непрерывную смесь воздуха, проходящую в легких, называют *легочной вентиляцией*. Ее показателем может быть минутный объем легких — то количество воздуха, которое выдыхается за 1 мин. Величина минутного объема определяется произведением числа дыхательных движений за 1 мин на объем одного выдоха.

Легочная вентиляция (ЛВ) и составляющие ее параметры (глубина и частота дыхания) неодинаковы у мужчин и женщин: зависят от возраста, физического развития и по-разному изменяются при физической работе.

У женщин величина легочной вентиляции составляет 3—5 л, а у мужчин — 6—8 л. Легочная вентиляция значительно увеличивается при физической работе. Отмечена линейная зависимость между легочной вентиляцией и мощностью выполняемой работы. Так, в состоянии покоя у взрослого мужчины легочная вентиляция составляет 8 л/мин (дыхательный объем равен 500 мл, а 1 мин — 16 дыханий). При работе средней мощности легочная вентиляция увеличивается до 40—60 л/мин, а при работе предельной мощности — до 120—140 л/мин. У женщин показатели легочной вентиляции на 20—25% ниже, чем у мужчин. Часто легочную вентиляцию определяют во время работы для суждения об уровне рязвтия системы внешнего дыхания.

Для измерения легочной вентиляции забирают выдыхаемый воздух в мешки Дугласа, а затем для определения его количества пропускают через газовый счетчик (часы).

Для работы необходимы: велоэргометр, пять мешков Дугласа с клапанами, двусторонняя маска, газовые часы, секундомер, вата, спирт.

Методика выполнения работы

В эксперименте участвуют 6 человек. № 1 — испытуемый. Экспериментаторы: № 2 — регистрирующий время с помощью секундомера, № 3 — забирающий воздух в мешки Дугласа, № 4 — подсчитывающий частоту дыхания, № 5 — определяющий легочную вентиляцию при помощи газовых часов, № 6 — запинаяющий долбунный латис на доске.

Предложите испытуемому (№ 1) занять место на велоэргометре. Протрите маску спиртом и наденьте ее на испытуемого. Определите у него величину легочной вентиляции в состоянии покоя. Испытуемый сидит на велоэргометре, но не выполняет работу.

По команде экспериментатора (№ 2) экспериментатор (№ 3) переводит трехходовый кран в положение «вдох» и в течение 3 мин забирает воздух в мешок Дугласа. Экспериментатор (№ 4) по движению клапанов подсчитывает частоту дыхания в 1 мин. По истечении 3 мин экспериментатор (№ 3) прекращает кран в положение «выдох» и зажимает трубку мешка Дугласа. Экспериментатор (№ 5) воздух из мешка Дугласа пропускает через газовые часы и определяет легочную вентиляцию за 3 мин. Разделив эту величину на 3, определяет легочную вентиляцию за 1 мин. Так вы определяете число дыханий и величину легочной вентиляции в покое.

Предложите испытуемому в течение 8 мин выполнить работу мощностью 750 ккал/мин для молодой (30 км/ч на спидометре и 1,5 кг отягощения) или 300 ккал/мин для девушек (30 км/ч и 1 кг отягощения).

Таблица 41. Легочная вентиляция и составляющие ее параметры в покое и во время работы

Условия опыта	Время (в мин)	Легочная вентиляция (л/мин)	Частота дыхания (число дыханий в минуту в 3 мин)	Глубина дыхания (в литрах)
Работа Покой	1—3			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	6			

Каждую минуту по команде экспериментатора (№ 2) экспериментатор (№ 3) забирает воздух в мешки Дугласа, а экспериментатор

затор (№ 4) ежеминутно подсчитывает частоту дыхания. Экспериментатор (№ 5) определяет необходимую длительность, пропуская воздух из мешка Дугласа через газовые явки. Он должен следить за тем, чтобы мешки быстро освобождались и могли быть снова использованы в эксперименте. Экспериментатор (№ 6) записывает все данные на доске.

Рассчитайте объем одного дыхания, для чего разделите величину легочной вентиляции за 1 мин на число дыханий в 1 мин. Это может быть показателем глубины дыхания.

Полученные данные занесите в таблицу (табл. 44). Проинвентаризируйте их, сделайте выводы.

Работа 117. Влияние типа- и гипервентиляции на задержку дыхания

Человек может произвольно регулировать частоту и глубину дыхания, осуществлять задержку дыхания. Однако задержка дыхания не может быть слишком длительной, так как в крови человека, задержавшего дыхание, накапливается углекислый газ, а когда его концентрация достигает сверхнормального уровня, возбуждается дыхательный центр и дыхание возобновляется помимо воли человека. Так как возбудимость дыхательного центра у разных людей различна, то и длительность произвольной задержки дыхания оказывается у них разной.

Время задержки дыхания можно удлинить, если провести гипервентиляцию легких (несколько частых и глубоких вдохов и выдохов в течение 20—30 с). Во время гипервентиляции углекислый газ «вымывается» из крови и время его накопления до уровня, возбуждающего дыхательный центр, увеличивается. Это и позволяет после гипервентиляции легких осуществлять задержку дыхания на значительно большее время.

При наличии газоанализатора, служащего для определения содержания кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе, можно убедиться в том, что при гипервентиляции и задержке дыхания в выдыхаемом воздухе значительно изменяется содержание углекислого газа и почти не изменяется содержание кислорода. Следовательно, главным фактором, возбуждающим дыхательный центр и влияющим на длительность задержки дыхания, является углекислый газ.

Для работы необходимы: газоанализатор для определения содержания углекислого газа, газоанализатор для определения содержания кислорода, затубник, резиновая камера с краном, секундомер, вода, спирт.

Методика выполнения работы

1. Определение времени задержки дыхания

В эксперименте участвует вся группа. По команде экспериментатора произведите вдох (не очень глубокий) и задержите дыхание. Экспериментатор по секундной стрелке числа десяти минут время каждые 10 с и громко это сообщает аудитории. По этому

времени каждый студент должен определить свое индивидуальное время задержки дыхания. Зафиксируйте это.

После того как у всех возобновилось дыхание, произведите гипервентиляцию легких, для чего осуществите 20 глубоких и быстрых вдохов и выдохов. Количество вдохов и выдохов дозируете индивидуально. Следует иметь в виду, что при гипервентиляции, когда из легких удаляется значительное количество углекислого газа, может наступить слабое головокружение, а иногда — и потеря сознания. Поэтому в близости от самочувствия гипервентиляцию можно прекратить раньше.

После гипервентиляции легких снова определите время задержки дыхания. Оно увеличивается. Полученные данные запишите в таблицу (табл. 45).

Таблица 45. Время задержки дыхания до и после гипервентиляции легких

Время задержки дыхания	Время задержки дыхания (в с)	
	до гипервентиляции	после гипервентиляции

2. Определение содержания углекислого газа и кислорода в выдыхаемом воздухе при произвольном изменении дыхания

Эта часть работы позволяет убедиться в том, что время задержки дыхания связано с содержанием углекислого газа, а не кислорода в альвеолярном воздухе и крови. Для доказательства данного факта определяют концентрацию углекислого газа и кислорода в выдыхаемом воздухе: 1) до задержки дыхания; 2) после задержки дыхания; 3) после гипервентиляции; 4) после которой задержки дыхания, осуществленной сразу после гипервентиляции.

Для определения содержания углекислого газа используют анализатор АУХ-2, а для определения содержания кислорода — анализатор кислорода цифровой АКЦ-16.

Прежде чем приступить к работе, ознакомьтесь с устройством и принципом работы этих приборов.

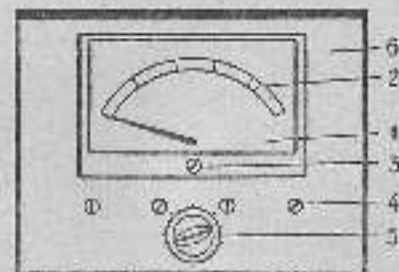


Рис. 114. Газоанализатор кислорода.

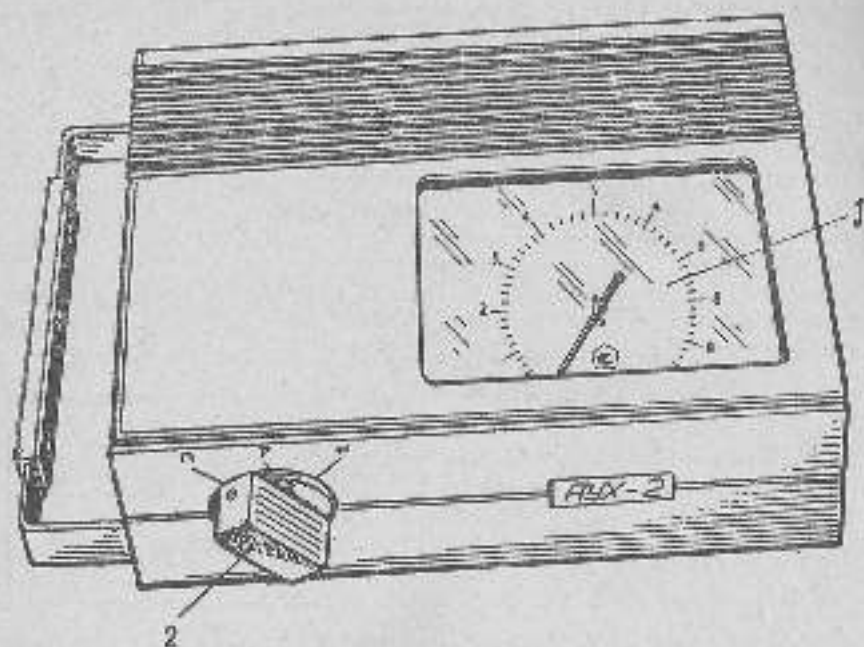


Рис. 135. Газоанализатор углекислого газа.

Газоанализатор кислорода (рис. 134) представляет собой прибор, на панели (1) которого расположено цифровое устройство (2). Ниже цифрового устройства расположен корректор (3), с помощью которого стрелка устанавливается на 0. Ниже корректора (3) на панели расположены еще 4 корректора; из них крайний правый (4) необходим для настройки прибора, его вращением устанавливают стрелку на красной черте. На нижней части прибора находится ручка (5), которая обычно ориентирована на отметку 25. На задней стенке имеется отверстие, через которое системой резиновых груш воздух из мешка нагнетается в прибор.

Газоанализатор углекислого газа (рис. 135) представляет собой прибор, на панели которого находится манометр (1). На задней стенке расположены отверстия входного и выходного штуцеров. В измерительной камере находится поршневое устройство для забора пробы анализируемой газовой смеси и прокачки ее через поглотитель. Шток поршневого устройства выведен наружу. На его конце крепится ручка (2), положение которой может меняться. Указатель ручки можно легко ориентировать на обозначения П, Р и М, что необходимо при анализе газовой смеси.

Принцип работы анализатора углекислого газа АУХ-2 основан на измерении разрежения, возникающего в измерительной камере после доглобления углекислого газа.

В эксперименте участвуют 4 человека. № 1 — испытуемый. Экспериментаторы: № 2 — ответственный за анализ кислорода, № 3 — ответственный за анализ углекислого газа, № 4 — регистрирующий результаты эксперимента (он же регистратор времени).

Продезинфицируйте заготовки шприца. Предложите испытуемому через шприц сделать несколько спокойных выдохов в камеру. Произведите анализ воздуха, выходящего в камеру.

Для определения содержания углекислого газа установите ручку прибора в положение «П». Соедините резиновой трубкой входной штуцер анализатора с резиновой камерой, содержащей выдохнутый воздух. Чтобы взять пробу анализируемой газовой смеси, произведите 6—7 возвратно-поступательных движений штоком, притягивая его на себя и обратно возвращая в измерительную камеру. Движения выполняйте плавно, без рывков.

После секундной задержки поверните ручку в положение «Р» и произведите штоком 5—6 движений. Затем поверните ручку в положение «М» и считайте показания стрелки.

Внимание! В положении ручки на отметке «М» десять шток каталитически запрещается.

Для определения содержания кислорода включите анализатор в сеть и сделайте мешок с входным отверстием анализатора при помощи системы резиновых груш с газовой смесью. Снимите зажим с мешка и плавно сжатым (4—5 раз) первой группой нагнетайте воздух во вторую грушу, а затем одним сильным сжатием второй груши переведите через поглотитель в прибор. Стрелка отклонится в левую сторону и укажет новое (в процентах) содержание кислорода.

Предложите испытуемому после глубокого вдоха задержать дыхание и в конце задержки выдохнуть воздух в мешок. Определите содержание кислорода и углекислого газа в этом воздухе. Убедитесь в том, что после задержки дыхания в выдыхаемом воздухе значительно увеличилось содержание углекислого газа (приблизительно до 5,5—7%) и почти не изменилось содержание кислорода.

Таблица 16. Содержание газов в выдыхаемом воздухе при произвольном нормальном дыхании

Характер дыхания	Содержание газов (в %)	
	CO ₂	O ₂
Спокойное дыхание		
После первой задержки дыхания		
После гипервентиляции		
После второй задержки дыхания		

Продолжайте эту же процедуру газоанализа выдыхаемого воздуха после гипервентиляции легких. Отметьте значительное

уменьшение содержания углекислого газа и очень небольшое увеличение содержания кислорода.

После этого снова осуществите задержку дыхания и определите состав выдыхаемого воздуха. Убедитесь в том, что после второй задержки дыхания в выдыхаемом воздухе значительно увеличивается содержание углекислого газа и незначительно уменьшается содержание кислорода (на 0,1—0,2%).

Полученные данные внесите в таблицу (табл. 46).

Проанализируйте полученные данные, сделайте выводы.

Работа 118. Влияние избытка углекислого газа и недостатка кислорода на дыхание

Одним из механизмов гуморальной регуляции дыхания является изменение парциального давления углекислого газа и кислорода в крови.

В настоящее время установлено, что избыток углекислого газа в крови и сдвиг в реакции в кислую сторону прежде всего оказывают влияние на хеморецепторы, находящиеся вблизи клеток дыхательного центра. Через них осуществляется рефлекторное воздействие на дыхательный центр. Дыхание усиливается и под влиянием импульсов от хеморецепторов клубочков сонных артерий, реагирующих на уменьшение содержания кислорода и избыток углекислого газа в крови.

Известна тесная связь и взаимовлияние обмена кислорода и углекислого газа. При увеличении содержания углекислого газа в крови уменьшается присоединение кислорода к гемоглобину (эффект Бора). Именно поэтому при дыхании в замкнутом пространстве содержание углекислого газа во вдыхаемом воздухе увеличивается, а содержание кислорода почти не изменяется. Следовательно, если искусственно увеличивать концентрацию углекислого газа или снижать содержание кислорода во вдыхаемом воздухе (например, при дыхании в замкнутом пространстве), то можно обнаружить изменения пульса и дыхания.

Для работы необходимы: спиртограф «Метастет-1», электрокардиограф, газоанализаторы для кислорода и углекислого газа, два зажима, вата, спирт.

Методика выполнения работы

В эксперименте участвуют 7 человек. № 1 — испытуемый. Экспериментаторы: № 2 — регистрирующий время по секундомеру, № 3 — спиртографист, № 4 — ответственный за анализ кислорода, № 5 — ответственный за анализ углекислого газа, № 6 — записывающий ЭКГ (для определения пульса), № 7 — записывающий полученные данные на доске.

Включите спиртограф и электрокардиограф в сеть. Протрите спиртом зажимки. Приготовьте испытуемого для записи ЭКГ: протрите спиртом участки кожи у запястья на обеих руках и закрепите на них электроды электрокардиографа. Включите электрокардиограф и убедитесь, что ЭКГ записывается в I отведении.

Продуйте дыхательную систему спиртографа воздухом (см. работу 113). Присоедините с помощью резиновых трубок к одному штуцеру на стенке прибора газоанализатор кислорода, к другому — газоанализатор углекислого газа. Отходящие трубки зажмите зажимами. Вспомните принцип работы газоанализатора (см. работу 117).

Запишите ЭКГ испытуемого, находящегося в состоянии покоя, и подсчитайте число дыханий за 1 мин. Предложите испытуемому взять зажимки в рот и зажмите его нос зажимом.

Заключив подготовку к опыту, экспериментатор (№ 2) дает команду «Приготовьтесь — начал!» и включает секундомер. Во время опыта записывается ЭКГ и спиртограмма. Для записи спиртограммы экспериментатор (№ 3) включает являясь перед спиртографом и переводит переключатель в положение «включен». На 50-й с экспериментатор (№ 2) командует «Включил!» и на 60-й — «Стоп!». В это время экспериментаторы (№ 4 и 5) спускают зажимы с резиновых трубок и производят забор воздуха из спиртографа и его анализ. Они определяют содержание углекислого газа и кислорода в пробах воздуха. Данные сообщаются экспериментатору (№ 7) для записи их на доске.

Испытуемый продолжает дышать в спиртограф и по истечении 2-й мин снова берет пробы воздуха из спиртографа и производит его анализ.

На этом заканчивается первая часть опыта. После окончания 2-й мин экспериментатор (№ 3) переводит переключатель спиртографа в положение «проба» и жмет стенку спиртографа с поглопителем углекислого газа на обочинную стенку (без поглотителя).

После этого начинается вторая часть опыта. Обратите внимание на то, что в предельной части эксперимента имеющийся в спиртографе поглотитель поглотил углекислый газ из выдыхаемого воздуха, при этом создавались условия гипоксии.

Во второй части эксперимента после замены стенки спиртографа поглотитель удаляется. Теперь при дыхании в спиртограф будет возникать гиперкапия.

В этих условиях повторите эксперимент (сделайте все измерения так же, как и в первой части работы).

Внимание! Длительность каждого опыта не должна превышать 2 мин, а вторую часть эксперимента можно сократить до 1,5 мин.

Рассмотрите спиртограммы, записанные в первой и второй частях опыта. Подсчитайте по спиртограммам количество дыханий в первую и вторую минуты опыта. Рассчитайте глубину дыхания в покое (ее показателем может служить первая амплитуда спиртограммы) и во время опыта обратите внимание на ее изменения к концу каждого опыта.

Сравните спиртограммы первой и второй частей опыта, отметьте, что во второй части опыта спиртограмма почти не отклонялась от своей исходной, что свидетельствует о незначительном поглощении кислорода. Объясните, почему это происходит.

Таблица 47. Зависимость пульса и выхлани от содержания в воздухе кислорода и углекислого газа

Показатель	Пики	Выхланимость			
		Первая часть Минуты		Вторая часть Минуты	
		1-я	2-я	1-я	2-я
Пульс Частота дыхания Глубина дыхания % O ₂ % CO ₂					

Подсчитайте пульс в конце каждой минуты по записанной кривой ЭКГ. (Если в эксперименте нет условий для записи ЭКГ, то пульс можно подсчитать пальпаторно.)

Полученные данные внесите в таблицу (табл. 47).

Проанализируйте данные и сделайте выводы.

Работа 119. Определение времени задержки дыхания и содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе при произвольном изменении дыхания у детей

Время задержки дыхания зависит от возраста: чем старше школьник, тем длительность произвольной задержки дыхания у него выше. Средние величины задержки дыхания у детей представлены в таблице 48.

Таблица 48. Длительность задержки дыхания в зависимости от возраста

Возраст (в г.)	Длительность задержки дыхания (в с.)	Возраст (в г.)	Длительность задержки дыхания (в с.)
7	26	12	39
8	32	13	39
9	34	14	40
10	37	15	45
11	39	18	47
		Взрослые	55—60

Время задержки дыхания у детей можно удлинить также при помощи гипервентиляции, т. е. глубоких и частых вдохов и выдохов в течение 15—20 с. В этих условиях, как отмечалось, углекислый газ «вымывается» из крови, и после прекращения гипервентиляции требуется больше времени для накопления кислорода такой концентрация, которая вызвала бы возбуждение дыхательного центра. Это и ведет к более длительной задержке дыхания.

Для работы необходимы: газоанализатор для опреде-

ления содержания углекислого газа АУХ-2, азгубник, резиновая камера с крапом, секундомер, вата, софит.

Методика выполнения работы

1. Определение времени задержки дыхания у детей

В эксперименте участвуют мальчики и девочки одного возраста. Попросите сидящих на стульях испытуемых произвести вдох (не очень глубокий) и задержать дыхание. По секундомеру стремитесь считать время и через каждые 10 с громко его называйте. На этом времени каждый определяет свое индивидуальное время задержки дыхания. После того как у всех испытуемых дыхание возобновится, попросите их произвести 20 глубоких и быстрых вдохов и выдохов и затем повторить процедуру с задержкой дыхания (следует следить, чтобы испытуемые особенно не устали «соревнованием», так как может наступить потеря сознания).

Полученные данные занесите в таблицу (табл. 49) и сделайте вывод.

Таблица 49. Время задержки дыхания до и после гипервентиляции легких у детей школьного возраста

Состояние испытуемого	Время задержки дыхания (в с.)	
	до гипервентиляции	после гипервентиляции

2. Определение содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе при произвольном изменении дыхания у детей

Эта часть работы позволяет убедиться в том, что время задержки дыхания у детей, так как и у взрослых, связано с содержанием углекислого газа в альвеолярном воздухе и крови. Для доказательства данного факта определяем концентрацию углекислого газа в выдыхаемом воздухе: 1) до задержки дыхания; 2) после задержки дыхания; 3) после гипервентиляции; 4) после повторной задержки дыхания, осуществляемой сразу после гипервентиляции.

Известно, что у детей школьного возраста, имеющих сниженную по сравнению со взрослыми способность к задержке дыхания, содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе меньше, чем у взрослых.

Идентифицируйте азгубник секундомер. Предложите испытуемому через азгубник сделать несколько спокойных выдохов в камеру. Произведите анализ воздуха в камере.

Для определения содержания углекислого газа установите ручку прибора в положение «0». Соедините резиновой трубкой

входной штуцер анализатора с резиновой камерой, содержащей выдохнувший воздух. Для забора пробы анализируемой газовой смеси произведите 6—7 возвратно-поступательных движений штоком, оттягивая его на себя и лишь возвращая в измерительную камеру. Движения выполняйте плавно, без рывков.

После секундной выдержки поверните ручку газоанализатора в положение «Р» и произведите 5—6 движений, а затем поверните ручку в положение «М» и запишите показания стрелки.

Предложите испытуемому после глубокого вдоха задержать дыхание и в конце задержки выдохнуть воздух в мешок. Определите содержание углекислого газа в этой пробе. Убедитесь в том, что после задержки дыхания в выдыхаемом воздухе содержание углекислого газа значительно увеличилось.

Проведите ту же процедуру газоанализа выдыхаемого воздуха после гипервентиляции легких. Отметьте значительное уменьшение содержания углекислого газа в выдохнутом воздухе.

Таблица 50. Содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе после изменения дыхания у детей школьного возраста

Характер дыхания	Содержание CO ₂ в %
Спокойное дыхание	
После первой задержки дыхания	
После гипервентиляции	
После второй задержки дыхания	

После гипервентиляции легких снова осуществите задержку дыхания и затем проанализируйте воздух. Полученные данные внесите в таблицу (табл. 50) и сделайте выводы.

Работа 120. Определение величины максимального потребления кислорода

Величина максимального потребления кислорода (МПК) зависит главным образом от развития систем дыхания и кровообращения. Поэтому Всемирная организация здравоохранения признала МПК наиболее объективным и информативным показателем функционального состояния кардиореспираторной системы.

Поскольку основным источником энергии при мышечной работе являются процессы, происходящие с участием кислорода, то по величине максимального потребления кислорода судят о физической работоспособности человека.

Величина максимального потребления кислорода изменяется с возрастом и неодинакова у лиц разного пола. Наиболее объективным показателем работоспособности человека является величина относительного МПК (МПК/кг). Для ее определения делят величину МПК, полученную в эксперименте, на массу тела испытуемого (в кг).

Таблица 51. Оценка физической работоспособности человека по показателям относительного максимального потребления кислорода (МПК/кг)

МПК/кг		Оценка
Мужчины	Женщины	
55—80	45—50	Отлично
39—54	40—44	Хорошо
26—38	35—39	Удовлетворительно
23 и ниже	31 и ниже	Неудовлетворительно

На основании экспериментальных данных, исходя из относительных величин МПК, исследователи разработали критерии условной оценки работоспособности человека (табл. 51).

В настоящее время, в условиях пассивизации, в связи с гиподинамией наблюдается снижение показателей максимального потребления кислорода, что свидетельствует об ухудшении состояния кардиореспираторной системы.

Международная биологическая программа рекомендует систематически изучать этот показатель у людей разного возраста, пола и профессии.

В научном эксперименте величину максимального потребления кислорода определяют у испытуемого, выполняющего на велоэргометре предельную работу. Такое прямое определение максимального потребления кислорода представляет значительные трудности: оно требует специальной аппаратуры, большого навыка экспериментатора и, главное, предельного мышечного напряжения.

В последние годы разработаны методы косвенного расчета величины максимального потребления кислорода по величине мощности работы и частоте сердечных сокращений, зарегистрированной при выполнении этой работы.

Эти два показателя определяются при физической нагрузке, получившей название *step-test* (поскождение на ступеньку высотой 40 см и спуск с нее). Эта физическая работа осуществляется строго по правилам, указанным в работе 102. Каждый испытуемый выполняет движения с разной скоростью, что связано с его физическим развитием и состоянием кардиореспираторной системы. А поэтому количество циклов, выполняемых за 1 мин, значительно колеблется (от 18 до 30).

При выполнении этой работы увеличивается частота сердечных сокращений. Для того чтобы она достигла устойчивого состояния, рекомендуется выполнять работу в течение 3 мин.

Наиболее точные и объективные результаты определения величины максимального потребления кислорода получают в то время, когда пульс у испытуемого находится в пределах 135—155 ударов в 1 мин.

На 5-й мин работы подсчитывают точно количество циклов за 1 мин и сразу по окончании работы (после последнего спуска

со ступеньки) паллаторно или с помощью фланцескопа определяют частоту сердечных сокращений в течение первых 10 с восстановительного периода.

Зная массу тела испытуемого, высоту скамейки и количество циклов в 1 мин, рассчитывают мощность работы по формуле

$$N = P \cdot h \cdot n \cdot 1,5,$$

где N — мощность работы; P — масса тела испытуемого; h — высота скамейки; n — количество циклов; 1,5 — коэффициент подъема и спуска.

Если, например, масса тела 20-летнего испытуемого 70 кг, высота скамейки 0,4 м (40 см) и совершил он 20 восхождений и спусков (циклов) за 1 мин, то мощность ваттасекундной им работы окажется равной:

$$N = 70 \cdot 0,4 \cdot 20 \cdot 1,5 = 840 \text{ вт/мин.}$$

Пульс, подсчитанный в течение 10 с восстановления, был равен 24 ударам. Следовательно, в 1 мин

$$\text{ЧСС} = 24 \cdot 6 = 144 \text{ уд/мин.}$$

Определение величины максимального потребления кислорода проводится по формуле Добсона, которая учитывает мощность работы в степ-тесте (квт/мин), пульс и устойчивом состоянии на 5-й мин работы и возраст испытуемого:

$$\text{МПК} = 1,29 \sqrt{\frac{N}{H-60}} \cdot K,$$

где N — мощность работы (квт/мин); H — пульс на 5-й мин (уд/мин); K — возрастной коэффициент (табл. 52).

Таблица 52. Величина коэффициента (K) в зависимости от возраста

Возраст (лет)	Коэффициент, K	Возраст (лет)	Коэффициент, K
19	0,853	22	0,823
18	0,846	23	0,817
20	0,839	24	0,809
21	0,831	25	0,799

МПК в вашем примере будет равно:

$$\text{МПК} = 1,29 \sqrt{\frac{840}{144-60}} \cdot 0,839 = 3420 \text{ мл/мин;}$$

$$\text{МПК/кг} = \frac{3420}{70} = 48,8 \text{ мл/кг.}$$

Для работы необходимы: скамейка высотой 40 см, секундомер, фланцескоп.

Методика выполнения работы

Испытуемый по сигналу экспериментатора начинает работу (восхождение на ступеньку и спуск). Работа осуществляется со скоростью 80 шагов в 1 мин (20 циклов). Время работы контролируется по секундомеру.

В конце 3-й мин экспериментатор останавливает испытуемого на 10 с и подсчитывает у него пульс. Если он окажется ниже 130 ударов в 1 мин, то темп работы необходимо увеличить на 4—5 циклов в 1 мин. Если же пульс выше 130 уд/мин, то количество циклов следует уменьшить.

После этой пробы работа в степ-тесте продолжается. На 5-й мин точно подсчитывается количество циклов и после последнего шага (спуска со ступеньки) в течение 10 с определяется пульс.

Следите за тем, чтобы в процессе эксперимента испытуемый совершал строго вертикальный спуск (не откидывая ногу далеко назад) и не менее 6 раз метал опору для подъема ноги.

Определите величины максимального потребления кислорода у юношей и девушек (по 5—6 чел. в каждой группе) и полученные данные занесите в таблицу (табл. 53).

Таблица 53. Показатели физического развития и максимального потребления кислорода у испытуемых

Фамилия, имя, отчество	Пол	Возраст (лет)	Масса тела (кг)	МПК	МПК/кг

Проанализируйте полученные данные и сделайте выводы. Ход работы и все расчеты занесите в тетрадь.

Определите по критерию t-Стьюдента достоверность различий в абсолютных и относительных величинах МПК между юношами и девушками (по 6 чел. в каждой группе).

Работа 121. Определение величины максимального потребления кислорода у детей школьного возраста

Величина максимального потребления кислорода у детей, так же как и у взрослых, характеризует уровень развития кардиореспираторной системы, а рассчитанная на 1 кг массы тела определяет их физическую работоспособность.

Исследованиями установлено, что современные школьники обладают более высокими показателями максимального потребления кислорода, чем их сверстники второй половины 50-х годов. Основная причина этих негативных изменений — снижение двигательной активности детей. Поэтому определение показателей максимального потребления кислорода у детей школьного возраста приобре-

тест практически незначительное, так как дает возможность в каждой возрастной группе выделять детей с высокими показателями и принимать соответствующие профилактические меры. Кроме того, в качестве учителя методом тестирования физической работоспособности учащихся может оказаться полезным в организации физического и трудового воспитания подросткового поколения.

Методика определения величины максимального потребления кислорода у детей школьного возраста в основном такая же, как и у взрослых, т. е. рассчитывается по формуле

$$\text{МПК} = A \cdot \sqrt{\frac{N}{H-b}} \cdot K,$$

где A — эмпирическая поправка к формуле в зависимости от возраста и пола; N — мощность работы; H — пульс при данной мощности работы; b — возрастно-половая поправка к пульсу; K — возрастной коэффициент (табл. 54).

Таблица 54. Величина коэффициента (K) для школьников разного возраста

Возраст (в г.)	Коэффициент, K	Возраст (в г.)	Коэффициент, K
8	0,881	13	0,691
9	0,822	14	0,693
10	0,814	15	0,673
11	0,807	16	0,668
12	0,980		

В таблице 55 даны поправки к формуле в зависимости от возраста (A) и поправки к пульсу (b).

Для примера произведем такой расчет МПК. Мальчик 12 лет с массой тела 42 кг на 4-й мин степ-теста совершил 20 восхождений и спусков (20 циклов) на ступеньку высотой 35 см. Следовательно, мощность выполненной им работы будет равна:

$$N = 42 \cdot 0,35 \cdot 20 \cdot 1,2 = 353 \text{ кг/мин.}$$

Если пульс в течение 10 с после окончания работы был равен 25 ударам, то в 1 мин пульс будет равен: $25 \cdot 6 = 150$ уд/мин.

Теперь, подставив в общую формулу данные нашего испытуемого, мы получим

$$\text{МПК} = 1,2 \sqrt{\frac{353}{150-50}} \cdot 0,9 = 2029 \text{ мл/мин,}$$

или

$$\text{МПК/кг} = \frac{2029}{42} = 48,3 \text{ мл/кг, т. е.}$$

работоспособность нашего испытуемого может быть оценена удовлетворительно (см. табл. 51).

Таблица 55. Поправочные коэффициенты в зависимости от возраста и пола детей школьного возраста для расчета у них величины максимального потребления кислорода

Возраст (в г.)	Поправка, A		Поправка, b	
	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки
8	1,05	0,80	-30	-30
9	1,11	0,85	-30	-30
10	1,11	0,85	-30	-30
11	1,15	0,85	-30	-30
12	1,20	0,90	-50	-40
13	1,20	0,88	-50	-40
14	1,25	1,05	-60	-40
15	1,27	1,05	-60	-40
16	1,29	1,10	-60	-40

Таким образом по формуле можно рассчитать величину максимального потребления кислорода у каждого школьника и сделать вывод о его физической работоспособности.

ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

В пищеварительной системе осуществляются процессы, обеспечивающие обработку и усвоение пищевых веществ, что необходимо для восполнения энергетических затрат организма. Поступающие в пищеварительный тракт продукты питания подвергаются в нем механической (благодаря двигательной активности желудочно-кишечного тракта) и химической (под влиянием веществ, вырабатываемых пищеварительными железами, и сложных биохимических процессов) обработке. Конечные продукты распада всасываются в различных отделах пищеварительного тракта по мере их продвижения по всему тракту, а необработанные остатки выводятся из организма.

Процессы, происходящие в пищеварительной системе, разнообразны, столь же многообразны методы их исследования. Время, отводимое на изучение физиологии пищеварения, велико, и мы вынуждены остановиться лишь на некоторых наиболее распространенных в доступных методах исследования процессах пищеварения.

Работа 122. Расщепление крахмала ферментами слюны

Пищеварение осуществляется при помощи ферментов — биологических катализаторов, входящих в состав пищеварительных соков. Ферменты отличаются высокой специфичностью. В слюне человека содержатся амилазы — ферменты, вызывающие расщепление крахмала до мальтозы, а мальтозу расщепляет мальтазу до глюкозы. Они действуют при температуре тела (38—39 °C) в нейтральной и слабощелочной среде.

Цель настоящей работы — изучить условия действия ферментов слюны и убедиться в том, что переваривание углеводов слюной — процесс ферментативный.

Для работы необходимы: штатив с пробирками, стеклотарга, малярная воронка, фильтр, конировка, 1%-ный вареный крахмал, 1%-ный раствор сырого крахмала, 1%-ный раствор йода, 1%-ный раствор соляной кислоты, дистиллированная вода, водяная баня, лакмусовая бумажка, смесь со льдом или снегом, реакция Феллинга. [Реакция Феллинга состоит из двух растворов: CuSO_4 — 45 г, H_2O — 500 мл; KOH — 125 г; сегнетова соль — 175 г, H_2O — 500 мл. Перед началом работы смешиваются равные количества обоих растворов.]

Методика выполнения работы

Проподуйте рот и соберите в пробирку 8—10 мл слюны. Профильтруйте слюну и испарьте ее на лакмусовую бумагу. Нитратная лакмусовая бумага синее, так как слюна имеет слабощелочную реакцию, которая обусловлена присутствием бикарбонатов и бикальциевого фосфата.

Приготовьте 7 пробирок и пронумеруйте их. В пробирки № 1, 2, 3, 4, 5 налейте по 3 мл 1%-ного вареного крахмала, в пробирку № 6 — 3 мл 1%-ного сырого крахмала, а в пробирку № 7 — 1 мл натуральной слюны. Добавьте в них в пробирку № 1 — 1 мл натуральной слюны, в пробирку № 2 — 1 мл тщательно промоченной слюны (после кипячения охладите ее), в пробирку № 3 — 1 мл слюны и 1 мл соляной кислоты, в пробирку № 4 — 1 мл дистиллированной воды, в пробирку № 5 — 1 мл натуральной слюны.

Пробирки № 1, 2, 3, 4, 5 поставьте в водяную баню при температуре 38—40°C (следите за тем, чтобы температура не поднялась выше 40°C) на 15—20 мин.

Пробирку № 6, содержащую вареный крахмал, и пробирку № 7, содержащую 1 мл слюны, поставьте на лед или в снег (можно воспользоваться имеющимся в лаборатории холодильником), охладите их в течение 10 мин (для большей чистоты опыта), и затем содержимые пробирки № 7 перелите в пробирку № 6 и снова поставьте на холод.

Через 15—20 мин пробирки № 1, 2, 3, 4, 5 выньте из водяной бани. Содержимое каждой пробирки перелите в чистые пробирки, соответственно пронумеровав их № 1а, 2а, 3а, 4а, 5а.

Испытайте содержимое пробирок № 1, 2, 3, 4, 5 на присутствие крахмала. Для этого в каждую пробирку добавьте по 2—3 капли раствора йода. Интенсивное окрашивание в синий цвет свидетельствует о присутствии крахмала.

Содержимое пробирок № 1а, 2а, 3а, 4а, 5а испытайте на присутствие сахара. Для этого в каждую пробирку добавьте по 1 мл реакции Феллинга и нагрейте на спиртовке до кипения (держать над огнем надо не до пробирки, а ухватив несколько наклоненной пробирки за устье верхней половины содержимого). Если

хотя бы часть крахмала расщелилась до глюкозы, происходит восстановление оксида меди (II) в оксид меди (I), который образует оранжево-красный осадок.

Вылейте со льда пробирку № 6, половину ее содержимого перелите в чистую пробирку, пронумеруйте ее № 6а. Проведите пробы на присутствие крахмала (в пробирке № 6) и сахара (в пробирке № 6а).

Запишите, в каких пробирках крахмал превратился в сахар (полностью или частично), в каких он остался без изменений. Подумайте, какой момент опыта убедит вас в том, что переваривание крахмала слюной — процесс ферментативный. Обратите, как влияют различные условия на ферментативные свойства слюны.

Для удобства анализа полученных данных занесите их в таблицу (табл. 57), отметив большое количество сахара или крахмала знаком «+», следы этих веществ — знаком «+», их отсутствие — знаком «-».

Таблица 57. Результаты опыта по изучению условий переваривания крахмала ферментами слюны

№ пробирки	Содержимое пробирки	Температура опыта	Результаты опыта	
			После перелита в чистую пробирку	Содержимое пробирки
1	Вареный крахмал + слюна	Тепло (38—40°C)	+	+
2	Вареный крахмал + промоченная слюна	«	«	«
3	Вареный крахмал + слюна + соляная кислота	«	«	«
4	Вареный крахмал + H_2O	«	«	«
5	Сырой крахмал + слюна	«	«	«
6	Вареный крахмал	Холод	«	«
7	Слюна	Холод	«	«

Работа 123. Изучение ферментативных свойств желудочного сока

Желудочный сок человека содержит протеолитические ферменты пепсин и гастриксин. Пепсин выделяется железами желудка в неактивной форме в виде пепсиногена и в присутствии соляной кислоты активизируется — превращается в пепсин. Пепсин расщепляет белки до альбумоз и пептонов, которые под действием гастриксина распадаются до конечных продуктов — аминокислот. Пеп-

толитические ферменты действуют в кислой среде, которая создается соляной кислотой, выделяемой железной желудки.

Задача данной работы — исследовать условия действия протеолитических ферментов и убедиться в том, что переваривание белков желудочным соком — процесс ферментативный.

Для работы необходимы: штатив с пробирками, стеклотарга, спиртовка, термометр, натуральный желудочный сок или пепсел, карбонат кальция или 0,5%-ный раствор бикарбоната натрия, 0,5%-ный раствор соляной кислоты, водяная баня, лакмусовая бумага, фибрина, дистиллированная вода.

При работе с натуральным желудочным соком часть сока нейтрализуйте прибавлением карбоната кальция или 0,5%-ного раствора соли. Создайте слабощелочную реакцию, ее показателем будет синеватое окрашивание красной лакмусовой бумаги.

При работе с пепсином кристаллы нейтральный и кислый растворы, для чего часть пепсина растворите в воде (из расчета 3—4 г на 1 л воды), часть — в 0,5%-ном растворе соляной кислоты.

Методика выполнения работы

Приготовьте 4 пронумерованные пробирки и налейте в них в пробирку № 1 — 2—3 мл кислого желудочного сока (или пепсина), в пробирку № 2 — 2—3 мл тщательно прокипяченного желудочного сока, и пробирку № 3 — 2—3 мл нейтрального желудочного сока (или раствора пепсина в воде), в пробирку № 4 — 2—3 мл 0,5%-ного раствора соляной кислоты.

Проверьте с помощью лакмусовой бумаги реакцию среды в каждой пробирке. Положите в каждую пробирку по небольшому одинаковому кусочку фибрина (0,2—0,3 г). Поставьте пробирки на 20 мин в водяную баню при температуре 38—40 °С.

Наблюдайте за ходом опыта, отмечая, что происходит с фибрином в каждой пробирке. Отметьте, что фибрин полностью исчез в пробирке № 1, так как произошло его расщепление на растворимые соединения — альбумозы и пептоны. В пробирках № 2 и

№ 4 фибрин лишь набухает под влиянием соляной кислоты. В пробирке № 3 фермент разрушен кипячением, а в пробирке № 4 его нет совсем. В пробирке № 3 фибрин совсем не изменился, так как кислота нейтрализована, а в нейтральной среде пепсин не действует.

Результаты опыта внесите в таблицу (табл. 58) и проанализируйте их. Отметьте, в какой пробирке фибрин полностью растворился, где он только набух, а где остался без изменений.

Подумайте, какой момент опыта убеждает вас в том, что переваривание белка желудочным соком — процесс ферментативный.

Работа 124. Переваривание лапки лягушки желудочным соком

Действие желудочного сока на белок можно наблюдать в эксперименте с перевариванием лапки лягушки.

Для работы необходимы: лягушка, набор инструментов для препарирования, натуральный или искусственный желудочный сок, штатив с зажимом, две широкие пробирки, водяная баня, спиртовка.

Методика выполнения работы

Разружьте у лягушки головной и спинной мозг. Снимите кожу с ее задних лапок. Подвесьте лапушки на штативе (рис. 138). В две пробирки налейте по 5—7 мл желудочного сока. Содержимое одной из пробирок тщательно прокипятите, а затем охладите его. Одну лапку лягушки в пробирку с натуральным желудочным соком (рис. 138, 1), а другую — в пробирку с прокипяченным желудочным соком (рис. 138, 2). Подведите под пробирки водяную баню (рис. 138, 3) при температуре 38—40 °С. Оставьте препарат в таком положении на 1,5—2 ч.

Убедитесь, что в натуральном желудочном соке мышцы лапки лягушки перевариваются, а в прокипяченном соке почти не изменяются — только немного набухают.

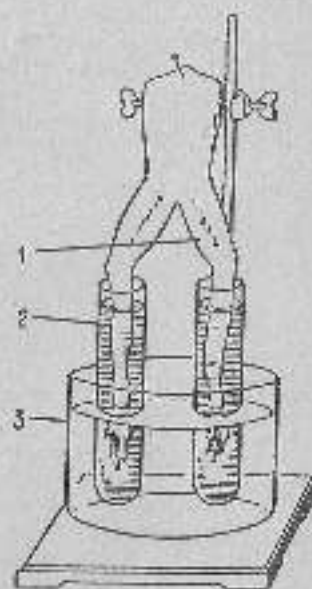


Рис. 138. Схема опыта переваривания лапки лягушки желудочным соком.

Таблица 58. Результаты опыта по изучению ферментативных свойств желудочного сока

№ пробирки	Содержимое пробирки	Изменения фибрина	Изменения лапки лягушки
1	Фибрин + натуральный желудочный сок		
2	Фибрин + прокипяченный желудочный сок		
3	Фибрин + нейтральный желудочный сок		
4	0,5%-ный раствор соляной кислоты		

Работа 125. Влияние желудочного сока на белки молока

В желудочном соке содержится фермент химозин (или сычужный фермент), свертывающий белки молока. Действие химозина на белки молока легко обнаружить в эксперименте: он действует и в кислой и в нейтральной среде.

Для работы необходимы штатив с тремя пробирками, спиртовка, палочки бамб., термометр, натуральный желудочный сок, карбонат кальция, 0,5% нмр раствор бикарбоната натрия, молоко, красная лакмусовая бумажка, стеклограф.

Методика выполнения работы

Часть желудочного сока (1—2 мл) доведите до щелочной реакции прибавлением карбоната кальция или раствора бикарбоната натрия. Полученный раствор отфильтруйте.

Приготовьте 3 пронумерованные пробирки. Налейте в них: в пробирку № 1 — 0,5 мл натурального желудочного сока, в пробирку № 2 и № 3 — по 0,5 мл желудочного сока, обработанного карбонатом кальция (нейтральное). Содержимое пробирки № 3 тщательно прокисляйте. Добавьте во все пробирки по 5—6 мл молока и поставьте их в водяную баню при температуре 38—40 °С.

Наблюдайте за ходом опыта. Свертывание молока быстро происходит в пробирке № 1, где химозин действует в кислой среде, а в пробирке № 2, где он находится в нейтральной среде. В пробирке № 3, где фермент разрушен кипячением, свертывание отсутствует.

Таблица 59. Результаты опыта по изучению условий переваривания белков молока ферментами желудочного сока

№ пробирки	Содержимое пробирки	Условия опыта	Примечания наблюдений
1	Кислый желудочный сок + молоко		
2	Нейтральный желудочный сок + молоко		
3	Нейтральный желудочный сок + молоко		

Результаты опыта зафиксируйте в таблице (табл. 59) и объясните их.

Сравните условия, при которых свертывается ферментативная активность пepsина и химозина.

Работа 126. Роль желчи в процессе пищеварения

Желчь содержит желчные кислоты — галактолевую и тауролевую. Они усиливают поверхностное натяжение в эмульсионном состоянии жиров в состоянии эмульсии и лучшему перевариванию

пищевых жиров. Кроме того, соли желчных кислот вступают в соединение с труднорастворимыми в воде жирными кислотами. Вследствие этого увеличивается их растворимость и облегчается всасывание.

Для работы необходимы штатив с пробирками, две стеклянные воронки, мензурка, желчь, жидкий растительный жир, 0,5%-ный раствор бикарбоната натрия, фильтровальная бумага, стеклянный колпачок.

Методика выполнения работы

Приготовьте 3 пронумерованные пробирки. В пробирку № 1 налейте 3 мл дистиллированной воды и несколько капель желчи, в пробирку № 2 — 3 мл 0,5%-ного раствора бикарбоната натрия, в пробирку № 3 — 3 мл дистиллированной воды. Во все пробирки прибавьте по 7 капель жира.

Содержимое пробирок взболтайте, а затем поставьте их в штатив. Сравните стойкость эмульсии, образовавшейся в пробирках.

Наблюдайте роль желчи в процессе эмульсации. Для этого наложите фильтры в воронки. Один фильтр смочите водой, а другой — желчью. В обе воронки налейте немного (одинаковое количество) жира. Остудите их на 30—40 мин. Наблюдайте, как через фильтр, смоченный желчью, жир фильтруется, а через фильтр, смоченный водой, — нет.

Результаты опыта запишите в тетради, объясните наблюдаемые явления.

Работа 127. Влияние блуждающего нерва на движения пищевода и желудка лягушки

Гладкая мускулатура желудочно-кишечного тракта обладает ритмической автоматией, которая лежит в основе его постоянной двусторонней активности, обеспечивающей продвижение пищевых веществ по всему пищеварительному тракту. В движениях пищевода и желудка лягушки проявляются все общие свойства гладкой мускулатуры: медленное протекание, ритмичность, самособлагодный и тонический характер сокращений.

Двигательная активность желудочно-кишечного тракта изменяется под влиянием различных нервных и гуморальных факторов. Блуждающий нерв усиливает перистальтические движения, что можно наблюдать в простом эксперименте.

Для работы необходимы: стимулятор, угольные электроды, пробковая пластинка, лягушка, набор инструментов для препарирования, кристаллик соли.

Методика выполнения работы

Включите в сеть стимулятор и установите нужные параметры раздражения: вид тока — «интермитент», частота 10—20 имп/с, длительность 1 мс, амплитуда 5—10 мВ.

Разрушите у лягушки галловый и спинной мозг. Привалите ее к пробковой пластинке брюшной поверхностью. Вскройте брюшную полость, разрезав кожу и брюшные мышцы от сфинкса до края нижней челюсти.

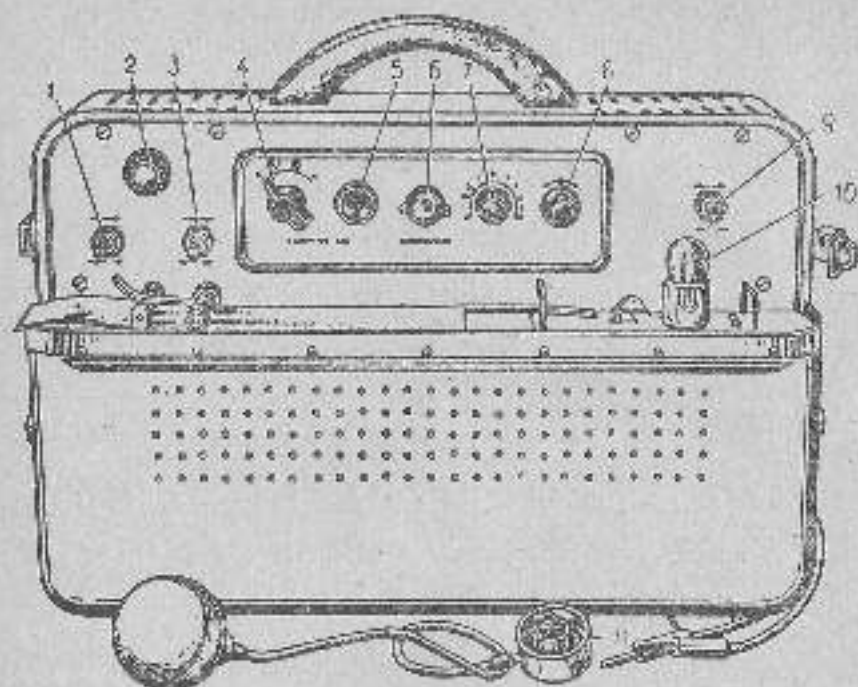


Рис. 139. Электрогастрограф

1 — тумблер включения прибора в сеть; 2 — оптическая лампочка; 3 — тумблер включения мотора; 4, 5 — ручки и кнопки изменения скорости; 6 — усилитель; 7 — переключатель усиления; 8 — регулятор скорости письма; 9 — тумблер калибра; 10 — переключатель; 11 — клеммы электрод-присоединения.

В области заднего угла нижней челюсти опередарируйте блуждающий нерв и подведите под него лигатуру (методика препаровки блуждающего нерва описана в работе 96).

Наблюдайте движения пищевода и желудка (в начале опыта их может и не быть: они появляются через 10—15 мин. при подсыхании препарата). Слегка сдвиньте пинцетом участок желудка, наблюдайте усиление движений.

Наложите кристаллик соли на желудок или пищевод, наблюдайте усиление перистальтических движений.

Подведите электроды под отпрепарированный блуждающий нерв, приподняв его за лигатуру. Раздражайте нерв электрическим током. Наблюдайте перистальтические движения пищевода и желудка.

Прованализируйте полученные данные, выводы и наблюдаемые явления в тетради.

Работа 128. Электрогастрография

Метод электрогастрографии позволяет изучать двигательную функцию желудка путем записи его биотоков с поверхности тела.

Для работы необходимы: электрогастрограф, электроды (входят в комплект прибора), 10%-ный раствор NaCl, спирт, вата, марлевые салфетки, кисточка.

Методика выполнения работы

Закрепите электрогастрограф (рис. 139), включите его в сеть, дайте ему прогреться в течение 15—20 мин. Уложите испытуемого на спину. На область желудка (по средней линии живота, у реберных дуг верхней трети расстояние между межреберным отростком и пупком) поместите раздражающий электрод, протерев предварительно кожу испытуемого спиртом. Индифферентный электрод расположите на правой голени, а заземляющий — на левой. Под электроды положите салфетки, смоченные раствором NaCl. Электроды присоедините к электрогастрографу. Запишите калибровочный сигнал (при 0,2 мВ отклонение на 10 мм). Пустите в ход лентопротяжной механизм и запишите электрогастрограмму. В норме амплитуда биотоков желудка составляет около 400 мкВ.

ОБМЕН ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОРЕГУЛЯЦИЯ В ОРГАНИЗМЕ

Самые разнообразные формы проявления жизнедеятельности организма всегда неразрывно связаны с обменом веществ и превращением энергии. Поэтому исследование энергетического обмена является существенным элементом изучения всех жизненных функций.

Особенно велико теоретическое и практическое значение изучения энергетического обмена при решении многих вопросов физиологии человека. В частности, исследование обмена энергии при физической работе позволяет выявить функциональные возможности таких важных систем, какими являются сердечно-сосудистая и дыхательная.

Большой интерес представляет изучение соотношений между количеством энергии, поступающей с пищей, и количеством энергии, отдаваемой во внешнюю среду. Это так называемый энергетический баланс организма, изучение которого дает материал для расчетов пищевых рационов человека.

Изучение энерготрат людей, находящихся в различных климатических условиях, позволяет вырабатывать профилактические меры, направленные на поддержание теплового режима организма, и эффективные средства для его закалки.

Энергетическая оценка трудовых процессов и спортивных упражнений способствует выработке оптимальных условий для работы и тренировок.

Почти всю энергию, образующуюся в организме, можно приять за тепловую (так как других видов выделяющейся энергии очень мало). Следовательно, об интенсивности обмена веществ можно судить по количеству выделяемого тепла. Для определения количества выделяемого тепла используют методы прямой (в специальных камерах для измерения общей теплопродукции) и не-

прямой калориметрии. Метод прямой калориметрии основан на определении количества потребленного кислорода и выделенного углекислого газа.

Работа 129. Определение кислородной и энергетической стоимости работы. Расчет коэффициента полезного действия (КПД) при работе

Мышцы могут сокращаться и выполнять работу при условии постоянного притока к ним энергии. Источниками энергии прежде всего являются аденозинтрифосфорная кислота (АТФ), креатинфосфат (КрФ) и гликоген. Их распад осуществляется под влиянием ферментов без участия кислорода, и поэтому этот механизм энергообеспечения получил название анаэробного (бескислородного). Бескислородных источников энергии в организме очень мало, и их хватает только на несколько минут работы.

Основным источником энергии является окислительный распад богатых энергией веществ (глюкозы, свободных жирных кислот, глицерина и остатков аденозилат). Это аэробный механизм энергопродукции. Особенно большую роль этот механизм играет при длительной интенсивной работе.

В связи с тем что системы дыхания и кровообращения не сразу при физических нагрузках достигают повышенного уровня функционирования, первые минуты работы обеспечиваются преимущественно за счет анаэробной энергопродукции. Этот механизм подключается также и при очень интенсивной работе, когда одного кислорода уже не хватает.

Благодаря этому в организме накапливается так называемый кислородный долг, который отражает интенсивность анаэробных процессов — анаэробную работоспособность организма.

Кислородный долг ликвидируется после завершения работы — в восстановительном периоде. После завершения работы системы дыхания и кровообращения длительное время продолжают работать на более высоком уровне и при этом снабжают организм человека кислородом в значительно большем объеме по сравнению с уровнем покоя. Количество кислорода, потребляемого человеком сверх уровня покоя, и составляет кислородный долг. Этот кислород в основном используется на восстановление креатинфосфата и окисление образовавшейся во время работы молочной кислоты.

При интенсивной мышечной работе, когда анаэробное энергообеспечение сменяется аэробным, наступает повышенное рабочее потребление кислорода. Рабочее потребление кислорода (ПО_r) вместе с кислородным долгом составляет так называемый кислородный взнос, с помощью которого и определяют энергетическую стоимость работы. При этом следует иметь в виду, что калорическая стоимость кислорода, потребляемого во время работы и в восстановительном периоде, различна.

Калорический эквивалент, т. е. количество энергии, освобожденной при использовании 1 л кислорода, во время работы колеблется от 19,68 до 20,93 кДж и зависит от окисляемых питательных

веществ (белков, жиров, углеводов). О величине калорического эквивалента кислорода судят по величине дыхательного коэффициента (табл. 60).

Таблица 60. Калорический эквивалент 1 л кислорода (в кДж) при разных дыхательных коэффициентах

Дыхательный коэффициент	Калорический эквивалент	Дыхательный коэффициент	Калорический эквивалент
0,7	19,64	0,8	20,00
0,75	19,85	0,85	20,65
0,80	20,10	1,0	21,14
0,85	20,35		

В восстановительном периоде при ликвидации кислородного долга потребление 1 л кислорода сопровождается освобождением 12,14 кДж энергии.

При мышечной работе освобождается тепловая и механическая энергия. Отношение механической энергии ко всей энергии, которую организм затратил на работу, выражаемое в процентах, называется *коэффициентом полезного действия* (КПД). Величина коэффициента полезного действия зависит от пола, возраста, тренированности человека; в среднем КПД равен 20% и колеблется от 15 до 30%.

Для работы необходимы: велоэргометр, установка для мешков с трехходовыми кранами, 5 мешков Дугласа с зажимами, газоанализаторы для определения содержания кислорода и углекислого газа, газовые часы с воздухоулавливающим устройством, таблица калорического эквивалента кислорода при разных дыхательных коэффициентах, вата, спирт.

Методика выполнения работы

В эксперименте участвуют 8 человек. № 1 — испытуемый. Экспериментаторы: № 2 — регистрирующий время по секундомеру, № 3 — ответственный за анализ кислорода, № 4 — ответственный за анализ углекислого газа, № 5 — определяющий абсолютную величину при помощи газовых часов, № 6 и № 7 — забирающие воздух в мешки Дугласа, № 8 — зажимающий результаты на доске.

Протрите маску спиртом, наденьте ее на испытуемого (№ 1) и предложите ему сесть на велоэргометр. Приготовьте мешки Дугласа для взятия выдыхаемого воздуха.

По команде экспериментатора (№ 2) экспериментатор (№ 6) переводит кран в положение «мешок» и в течение 3 мин забирает в него воздух, выдыхаемый испытуемым. По истечении 3 мин экспериментатор (№ 7) переводит кран в положение «воздух» и зажимает дыхательную трубку мешка степальными зажимами. Экспериментаторы (№ 6 и № 7) снимают мешок с трехходового крана и отдают его на анализ последовательно экспериментаторам (№ 3, 4, 5), а на кран надевают новый мешок.

По команде экспериментатора (№ 2) «Внимание — начали!» экспериментатор (№ 6) снова переключает кран в положение «кнопка» и испытуемый начинает работу на велоэргометре мощностью 500 км/мин (30 км/ч на спидометре и 1 кг отягощения). Работа длится 5 мин. Каждую минуту по команде экспериментатора (№ 2) экспериментаторы (№ 3 и № 4) забирают выдыхаемый воздух в отдельный мешок и анализируют содержание в нем кислорода и увеличенного газа, определяют количество воздуха, а экспериментатор (№ 5) — легочную вентиляцию. Для этого экспериментатор (№ 2) об окончании каждой минуты вводит команду «Истек!» и в это время экспериментаторы (№ 6 и № 7) переключают кран на следующий мешок, а наполненный воздухом передают на анализ.

Такая же процедура определения показателей осуществляется и в течение 8 мин восстановления с той лишь разницей, что выдыхаемый воздух забирают в один мешок в течение 2 мин.

Полученные данные экспериментатор (№ 6) вносит на доску в таблицу (табл. 61).

Рассчитайте дыхательный коэффициент (ДК). $DK = \frac{\%CO_2}{\%O_2}$.
В таблице 60 найдите калорический эквивалент (КЭ) 1 л кислорода при полученном дыхательном коэффициенте. Рассчитайте потребление кислорода (PO_2) умножив на величину ЛВ на $\%O_2$, а затем рассчитайте энерготраты в работе, для чего величину PO_2 умножьте на КЭ.

Таблица 61. Результаты эксперимента по определению кислородной и энергетической стоимости работы

Условия опыта	Время	$\% O_2$	$\% CO_2$ ДК	КЭ (к.Дж)	ЛВ (л/мин)	PO_2 (л/мин)	Энерготраты (к.Дж/мин)
Пок-ой	1 мин						
Работа	1-я мин						
	2-я мин						
	3-я мин						
	4-я мин						
	5-я мин						
Восста- новление	1-2-я мин			12,14			
	3-4-я мин			12,14			
	5-6-я мин			12,14			
	7-8-я мин			12,14			

Для определения кислородной стоимости работы и расчета общих энерготрат необходимо получить величину выдохометрического объема ($O_{2\text{дох}}$). Для этого суммируйте PO_2 , полученные в течение

8 мин восстановления. Умножьте величину PO_2 в покое на 8 мин и полученную величину отнимите от суммы PO_2 за 8 мин восстановления.

Величину $O_{2\text{дох}}$ умножьте на КЭ, равный 12,14 кДж. Полученную величину приложите к величине энерготрат в работе и получите общие энерготраты.

Для определения кислородной стоимости суживайте величину PO_2 в течение 5 мин работы и прибавьте к этому числу величину $O_{2\text{дох}}$.

Из полученных данных рассчитайте КПД по следующей формуле:

$$KPD = \frac{N}{E_p - E_n}$$

где КПД — коэффициент полезного действия; E_p — энерготраты в работе (за 5-й мин); E_n — энерготраты в покое; N — расчетная энергостойкость работы (4,2 кДж = 427 кгм).

Проанализируйте результаты эксперимента и сделайте выводы.

Работа 130. Задачи

Включенные в лабораторный практикум задачи по энергетическому обмену и температурной регуляции преследует две цели. Во-первых, это проверочный критерий того, насколько хорошо студенты усвоили такие разделы, как «Кровообращение», «Дыхание», «Обмен энергии в температурной регуляции». Во-вторых, в том случае, если нет возможности проводить практические занятия по обмену энергии (например, из-за отсутствия аппаратуры), задачи помогут глубже разобраться в теоретическом материале. Они могут быть рекомендованы и как домашнее задание.

Прежде чем приступить к решению задач, вспомните следующие положения:

- АВР (артериовенозная разница) показывает, сколько кислорода отдаст тканям 100 мл крови;
- в атмосферном воздухе содержится 20,95% кислорода;
- при ДК, равном 0,85, калорический эквивалент (КЭ) 1 л кислорода равен 20,35 кДж;
- при ДК, равном 1, КЭ 1 л кислорода равен 21,14 кДж;
- КЭ 1 л кислорода, потребленного в восстановительном периоде, равен 12,14 кДж;
- при испарении 1 мл пота из организма выделяется 2,43 кДж тепла.

Задача 1

Частота сердечных сокращений при выполнении работы достигала 180 ударов в 1 мин. Систолический объем крови (СО) был равен 150 мл, а артериовенозная разница 14 мл. Сколько кислорода потребил испытуемый за 1 мин?

(Ответ, 3780 мл)

Задача 2

Испытуемый в течение 5 мин выполнял работу на велоэргометре. В сумме легочная вентиляция, приведенная к стандартным условиям, составила 275 л. В выдыхаемом воздухе оказалось 17,5% кислорода.

Сколько кислорода потребил испытуемый за 1 мин?
(Ответ: 1,897 л/мин)

Задача 3

За 12 мин работы на велоэргометре испытуемый потребил 36 л кислорода при ДК=0,85. Кислородный долг составил 1,8 л.

Сколько энергии затратил он за 1 мин?
(Ответ: 51 кДж/мин)

Задача 4

Испытуемый в течение 15 мин выполнял работу на велоэргометре со скоростью 80 км/ч (по спидометру). Отягощение на педали равнялось 1,5 кг. В суммарной потребленной кислородной при ДК=1 составило 55 л, а кислородный долг оказался равным 3,5 л.

Сколько энергии затратил испытуемый на 1 кгм работы?
(Ответ: 107,15 кДж)

Задача 5

Испытуемый в течение 10 мин выполнял работу на велоэргометре при ДК=1. Кислородный запас был равен 48 л, а кислородный долг приплюс 8%. Из всего тепла, образованного при работе, 60% было отдано путем теплопроводности.

Сколько ккал было отдано организмом испытуемого за 1 час?
(Ответ: 16,1 ккал)

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	7
Методы статистической обработки экспериментальных данных	7
Ознакомление с некоторыми приборами, аппаратами, инструментами и растворами	12
Основная, наиболее употребительная аппаратура	12
Растворы, необходимые для поддержания жизнедеятельности препарата	22
Инструменты для препарирования	22
Способы обезживания лягушки	28
Физиология лягушки	24
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	25
Физиология возбуждения	25
Работа 1. Препарирование нервно-мышечного препарата лягушки	25
Работа 2. Действие различных раздражителей на нервно-мышечный препарат	26
Работа 3. Изучение спонтанного тока	28
Работа 4. Регистрация потенциалов действия и их суммирования скелетной мускулатуры лягушки	30
Работа 5. Регистрация эффекта, получаемого при различной силе раздражения	31
Работа 6. Наблюдение влияния ионизма среды и высоты раздражения	33
Работа 7. Установление значения скорости гистерезиса интенсивности раздражения	35
Работа 8. Изучение характера действия электрического тока	36
Работа 9. Изучение характера изменения возбуждения нерва под влиянием хронометрически действующего тока	37
Работа 10. Определение критической скорости нерва человека. Установление зависимости между силой и длительностью действующего раздражителя (сервиза сила — длительность)	39
Работа 11. Построение кривой силы — длительности на результатах эксперимента на периферическом препарате лягушки	41
Физиология нервной системы	41
Работа 12. Анализ рефлекторной дуги	42
Работа 13. Изучение синаптической рефлексов и их рецептивных связей	43
Работа 14. Определение времени рефлекса при разной силе раздражения	46
Работа 15. Неустойчивость нервного волокна	47
Работа 16. Двустороннее проведение возбуждения	48
Работа 17. Настройка на проведение возбуждения	49
Работа 18. Изучение функциональных элементов передачи в заднем корешке спинного мозга	50
Работа 19. Определение скорости проведения возбуждения по перу методом Теммелла	52
Работа 20. Определение скорости проведения возбуждения по перу путем регистрации потенциала действия	53
Работа 21. Изучение возбуждения в спинном мозге	54
Работа 22. Последовательная суммация подорожных импульсов в центральной нервной системе	55
Работа 23. Пролонгированная суммация подорожных импульсов в декорированной нервной системе	56
Работа 24. Одностороннее проведение возбуждения в центральной нервной системе	58

Работа 25. Утомляемость зрительного центра (динамических образовании центральной нервной системы)	53
Работа 26. Сечетовские торможение	60
Работа 27. Торможение рефлексов спящего мозга при сильном афферентном раздражении	62
Работа 28. Рефлексы иннервации мышц-парасимпатиков (опыт Шерристана)	64
Работа 29. Влияние удаления различных отделов головного мозга на двигательные реакции лягушки	65
Физиология двигательного аппарата	
Работа 30. Определение порогов прямого и косвенного раздражения скелетной мускулатуры	67
Работа 31. Определение эластичности скелетной мускулатуры	69
Работа 32. Анализ кривой одиночного сокращения полусаркомерной мускулатуры	70
Работа 33. Анализ кривой сокращения гладкой мускулатуры	72
Работа 34. Регенерация сокращения скелетной мускулатуры при разной частоте раздражения	74
Работа 35. Наблюдение влияния утомления мускулатуры	75
Работа 36. Определение работы мышечной мускулатуры при разных нагрузках	76
Работа 37. Эргография	77
Работа 38. Влияние силы мышц и силы выносливости	79
Работа 39. Возрастные изменения силы мышц и силы выносливости	81
Работа 40. Определение латентных периодов зрительно-моторных и слухомоторных реакций и влияние на них различных видов деятельности организма	82
Работа 41. Возрастные особенности координации движений	84
Работа 42. Регистрация биологической выносливости мышц человека	85
Работа 43. Определение локальных иррегулярных изменений электрических двигательных актов	85
Работа 44. Возрастные особенности программирования электрических двигательных актов	88
Работа 45. Определение лабильности нервно-мышечного звена	89
Физиология сенсорных систем	
Работа 46. Наблюдения за рефлекторными реакциями зрительного аппарата	90
Работа 47. Опыт Шейнера	91
Работа 48. Определение ближней точки ясного видения и зоны accommodation глаза	93
Работа 49. Возрастные особенности accommodationных способностей глаза	94
Работа 50. Обнаружение адаптации	95
Работа 51. Обнаружение слепых пятен	96
Работа 52. Определение остроты зрения	96
Работа 53. Возрастные изменения остроты зрения	98
Работа 54. Определение поля зрения и его возрастные характеристики	99
Работа 55. Психологические зрительные образы и контрасты	101
Работа 56. Значение коррелирующих точек при бинокулярном зрении	103
Работа 57. Обнаружение борьбы полей зрения	104
Работа 58. Значение бинокулярного зрения для оценки глубины расположения предмета	105
Работа 59. Определение частоты расположения осевых точек зрительного раздражения в порогах дискриминации	105
Работа 60. Опыт Арестовича	106
Работа 61. Обнаружение температурной адаптации зрительных рецепторов	107
Работа 62. Обнаружение тепловых, холодовых и болевых точек кожи	107
Работа 63. Определение чувствительности отдельных участков кожи к различным видам раздражения	108

Работа 64. Определение абсолютного и относительного порогов раздражения мышц	108
Работа 65. Определение порога збавления	109
Работа 66. Изменения вегетативных реакций при раздражении вестибулярного анализатора	110
Выявлен нервная деятельность	
Работа 67. Формирование зрительно-оборонительного условного рефлекса у животных	111
Работа 68. Формирование двигательно-оборонительного условного рефлекса у человека	112
Работа 69. Выработка динамического стереотипа	113
Работа 70. Передача количественного стереотипа	114
Работа 71. Определение объема памяти при случайной и систематической записи. Выявление ассоциативных связей	115
Работа 72. Изменения кратковременной и долговременной зрительной памяти	116
Работа 73. Определение внимания, объема и скорости перекодировки зрительной информации у школьников	118
Работа 74. Проявления условных рефлексов на смешанных раздражителях у человека	121

Физиология крови

Работа 75. Рассматривание под микроскопом окрашенных препаратов крови лягушки и человека	123
Работа 76. Определение количества эритроцитов в крови человека	124
Работа 77. Определение количества лейкоцитов в крови человека	127
Работа 78. Определение содержания гемоглобина в крови человека и ее цветного показателя	129
Работа 79. Ускоренный метод определения содержания гемоглобина в крови	131
Работа 80. Определение времени свертывания крови	134
Работа 81. Определение количества оксигемоглобина в крови при различных состояниях организма	132
Работа 82. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ)	134
Работа 83. Определение группы крови человека	135
Работа 84. Определение резистентности эритроцитов (наблюдение оседания)	137
Работа 85. Получение кристаллов гемина	138
Работа 86. Рассматривание спектра поглощения гемоглобина, оксигемоглобина и метгемоглобина	139
Работа 87. Выявление роли ионов хлора в свертывании крови	140
Работа 88. Отделение плазмы крови от ферментных элементов и получение вискозности фибрина	141

Физиология сердечно-сосудистой системы

Работа 89. Наблюдения за работой сердца лягушки (запись сокращений присердечий и желудочков)	142
Работа 90. Изучение ритмичности сердца лягушки (опыт Станиславича)	144
Работа 91. Влияние температуры на сокращения сердца лягушки	146
Работа 92. Получение сердечного блока путем механического раздражения области атриоventрикулярной границы	147
Работа 93. Наблюдения рефрактерного периода и получение экстрасистол	149
Работа 94. Работа изолированного сердца лягушки при различных условиях	151
Работа 95. Влияние адреналина и хлорина на работу изолированного сердца лягушки	155
Работа 96. Перевод результатов деятельности сердца в единицы вазомоторного индекса при работе лягушки	160
Работа 97. Электrokардиография	160
Работа 98. Изменение конфигурации электрокардиограммы под влиянием рефлекторных воздействий и физической нагрузки	163

Работа 98. Особенности электрокардиограммы детей и подростков	165
Работа 100. Влияние дыхания на ЭОКГ, тахусис	167
Работа 101. Исследования плазматина между частотой пульса и мощностью мышечной работы. Определение коэффициента РМСС ₁₀	169
Работа 102. Определение плазматина РМСС ₁₀ у детей и подростков	173
Работа 103. Измерение артериального давления. Определение систолического и диастолического объемов крови	177
Работа 104. Измерение артериального давления и определение систолического и диастолического объемов крови у подростков расчетом методом	179
Работа 105. Наблюдение влияния нервного стресса и гуморальных факторов на кровообращение в палаточной камере при физической нагрузке	183
Работа 106. Изучение влияния приливания в левую и правую яремные вены	185
Работа 107. Наблюдение кровообращения в брахиальной (заключительная часть)	187
Работа 108. Перфузия сосудистой системы конечности	188
Физиология дыхания	190
Работа 109. Определение углекислоты газа из вдыхаемой и выдыхаемой смеси	190
Работа 110. Механизм дыхательных движений	191
Работа 111. Диффузия углекислоты газа через легкие	192
Работа 112. Спирометрия. Определение с помощью спирометра жизненной емкости легких и соотношения ее объемов	194
Работа 113. Титриметрия и метод спирометрии. Определение всех газовых и объемов, характеризующих внешнее дыхание, с помощью спирометра	198
Работа 114. Определение функции внешнего дыхания у детей	201
Работа 115. Регистрация дыхательных движений человека. Влияние углекислого газа и кислорода респираторных веществ на дыхание	203
Работа 116. Определение скорости вентиляции вдох и во время работы	206
Работа 117. Влияние газообмена на скорость дыхания	208
Работа 118. Влияние дыхания углекислого газа и кислорода кислорода на дыхание и РМСС ₁₀	212
Работа 119. Определение влияния содержания кислорода и содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе при произведении минимального дыхания у детей	214
Работа 120. Определение величины максимального потребления кислорода	216
Работа 121. Определение величины максимального потребления кислорода у детей школьного возраста	218
Физиология пищеварения	221
Работа 122. Различение пищевых формостями пищи	221
Работа 123. Изучение ферментативных свойств желудочного сока	223
Работа 124. Переобразование пищи детренированными животными	225
Работа 125. Влияние мышечной работы на работу желудка	226
Работа 126. Связь между мышечной работой и пищеварением	228
Работа 127. Влияние звукового воздействия на пищеварение у животных	231
Работа 128. Электрокардиография	236
Общая энергия и температурная в организме	239
Работа 129. Определение теплового и энергетического эквивалента работы. Расчет коэффициента механического действия (КМД) при работе	240
Работа 129. Задание	246

Учебное издание

Гуминский Аягуль Адамович
Левитова Нина Николаевна
Маринава Ксения Васильевна

**РУКОВОДСТВО
К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ
ПО ОБЩЕЙ И ВОЗРАСТНОЙ ФИЗИОЛОГИИ**

Зав. редакцией В. И. Свободанов
Редакторы В. Н. Ливанова, Г. Д. Богданова
Младший редактор Н. В. Солоневич
Художник Н. Г. Заренная
Художественный редактор Т. В. Бусарова
Технический редактор О. А. Буялова
Корректор Г. И. Мяскина

ИБ № 11480

Учреждение издательское «Издательство Ташкентского университета имени Исмоила Сомони»
Ташкент, ул. Мухоморова, 120/121. Контактный телефон: 234-10-10. Контактный адрес: ул. Мухоморова, 120/121. Цена 70 к.

Издательство Ташкентского университета имени Исмоила Сомони
Ташкент, ул. Мухоморова, 120/121. Контактный телефон: 234-10-10. Контактный адрес: ул. Мухоморова, 120/121. Цена 70 к.

Объем тиражи 1000 экз. Цена 70 к. Контактный телефон: 234-10-10. Контактный адрес: ул. Мухоморова, 120/121. Цена 70 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОСВЕЩЕНИЕ»
ГОТОВИТ К ВЫПУСКУ В 1991 г.
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
ИНСТИТУТОВ КНИГИ:

Д. В. Бабич, С. А. Валезни, Ф. Б. Гаввина и др.
Практикум по неорганической химии.

Практикум написан авторами с учетом современных представлений в области теории строения и свойств неорганических веществ. Большое внимание уделено усилению роли самостоятельной работы студентов.

Картография с основами топографии: Учебное пособие для студентов педагогических институтов. Под редакцией Г. Ю. Грюнберга.

Учебное пособие отражает теоретические и практические вопросы развития картографической науки и соотношения с программой курса «Картография с основами топографии».

Авторы основную цель пособия видят в выработке умения работы с картой как источником информации. В книге расширены и углублены вопросы использования карт, приведены новые сведения о специальных картах, рассмотрены методика съемок местности. Особое внимание уделено тематическому картографированию и отображению на картах проблем охраны окружающей среды. Учебное пособие содержит большое количество учебных и специальных карт, разработанных авторами.

Орфанов И. К., Камерилова Г. С., Сараса Д. С.
Практикум по экономической и социальной географии СССР.

Пособие представляет собой систему практических заданий по курсу «Экономическая и социальная география СССР». Задача пособия — закрепление теоретических знаний, выработка навыков работы со статистическими и картографическими материалами, формирование навыков выявления взаимосвязей между природой и хозяйственной деятельностью человека.

2-е издание переработано и дополнено новыми разделами.

75 K.

