



Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Международный государственный экологический
университет имени А. Д. Сахарова»

Факультет экологической медицины
Кафедра экологической медицины и радиобиологии

В. Д. Свирид

ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ФИЗИОЛОГИЯ
АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ»

Учебно-методическое пособие

Минск
2015

УДК 576.89

ББК 28.6

Рекомендовано научно-методическим советом МГЭУ имени А.Д. Сахарова в качестве учебно-методического пособия (протокола № 2 заседания от 16 мая 2015 г.)

Автор:

канд. биол. наук, доц. *В. Д. Свирид*

Рецензенты:

д-р биол. наук, главный научный сотрудник Института физиологии НАН Беларуси,
профессор *В. Н. Калюнов*;

д-р биол. наук, профессор кафедры биологии человека и экологии
МГЭУ имени А.Д. Сахарова, доцент *А. П. Голубев*

Свирид, В. Д. Практикум по дисциплине «Физиология адаптационных процессов»: учеб.-метод. пособие / В. Д. Свирид. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2015. – 40 с.

ISBN 978-985-551-054

Издание предназначено для студентов специальностей «Медико-биологическое дело» и «Медицинская экология» и магистрантов специальности «Экология», может быть использовано студентами и магистрантами биологических и медицинских факультетов университетов.

УДК 576.89

ББК 28.6

ISBN 978-985-551-054

© Свирид В. Д., 2015

© МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2015

Оглавление

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ВКУСОВАЯ И ОБОНЯТЕЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ	4
I. ВКУСОВОЙ АНАЛИЗАТОР.....	4
<i>Практическая часть</i>	<i>5</i>
II. ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР.....	7
<i>Практическая часть</i>	<i>9</i>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.	
АДАПТАЦИЯ К ТЕПЛУ И ХОЛОДУ	11
I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОРЕЦЕПТОРОВ.....	11
<i>Практическая часть</i>	<i>12</i>
II. ОХЛАЖДАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ.....	13
<i>Практическая часть</i>	<i>15</i>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ПРИ ЗНАЧИТЕЛЬНОМ СКОПЛЕНИИ ЛЮДЕЙ.....	17
<i>Практическая часть</i>	<i>17</i>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. СРОЧНАЯ АДАПТАЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ.....	19
<i>Практическая часть</i>	<i>30</i>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 АДАПТАЦИЯ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ К ГИПОКСИИ И ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ.....	31
<i>Практическая часть</i>	<i>34</i>
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	39

Лабораторная работа № 1.

Вкусовая и обонятельная адаптация

Цель работы: дать представление и экспериментально изучить адаптацию вкусового и обонятельного анализаторов.

1. Вкусовой анализатор

Значение физического состояния веществ для раздражения вкусовых рецепторов. Исследуемому предлагают закрыть глаза и вытереть язык насухо фильтровальной бумагой. Если теперь положить на кончик языка кусочек сахара, то раздражение рецепторов вкуса отмечается не сразу, а лишь по мере растворения сахара.

Устанавливают, что человек при помощи языка различает горькое, сладкое, соленое и кислое и что способность различных частей языка к рецепции различных вкусовых раздражений неодинакова. При раздражении средней части спинки языка почти невозможно получить вкусовые ощущения, кончик языка наиболее возбудим по отношению к сладкому, края – к кислому, корень – к горькому, кончик и края – к соленому. Полученные результаты изображают в виде рисунка (рис. 1).

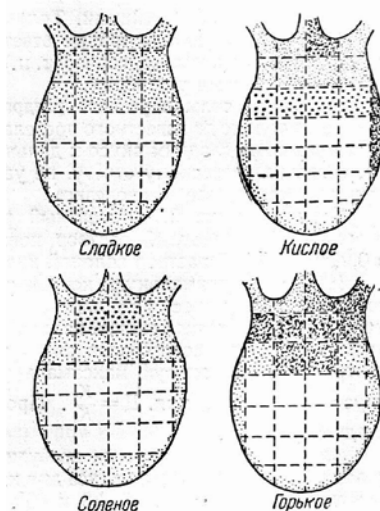


Рис. 1. Карта языка» (по К. В. Киселеву). Густота точек характеризует степень возбудимости данного участка языка к данному вкусовому раздражению

Контрольные вопросы

1. Где расположен вкусовой анализатор?
2. Дайте характеристику вкусового анализатора.
3. Объясните механизмы вкусовой адаптации.
4. Какое влияние температурный фактор оказывает на реакции вкусового анализатора?

Практическая часть

Задание 1. Основные вкусовые качества.

Материалы и оборудование. Хинин, сахароза, NaCl, уксусная кислота, лабораторная посуда и фильтровальная бумага.

Ход работы. Приготавливают 1%-ный раствор солянокислого хинина, 40%-ный раствор сахара, 10%-ный раствор поваренной соли и 2%-ный раствор уксусной кислоты. Стеклойной палочкой с закруглением на конце капельки этих растворов наносят: а) на кончик высушенного языка, б) на его край, в) на среднюю часть его спинки, г) на корень языка. Между отдельными наблюдениями должны быть интервалы в 2 мин, во время которых рот ополаскивается дистиллированной водой.

Задание 2. Пороги вкусовой возбудимости.

Материалы и оборудование. Хинин, сахароза, NaCl, лимонная кислота, лабораторная посуда и фильтровальная бумага.

Ход работы. Абсолютные вкусовые пороги. Для определения порогов восприятия вкусовых веществ берут растворы хинина – 1%-ный, 0,1%-ный, 0,01%-ный, 0,001%-ный, сахара – 10%-ный, 1%-ный, 0,1%-ный и 0,01%-ный, поваренной соли – 1%-ный, 0,1%-ный, 0,01%-ный, 0,001%-ный, лимонной кислоты – 10%-ный, 1%-ный, 0,1%-ный, 0,01%-ный и разливают по пробиркам по 5 мл в каждую. Исследуемый (он не должен знать, что налито в пробирки), подержав во рту 20–30 с., содержимое пробирки, выплевывает его и дает ответ, различил ли он вкус, а если да, то какой. Если исследуемый оценивает 0,01%-ный раствор поваренной соли как соленый, 0,001%-ный — как безвкусный, то необходимо уточнить пороговую концентрацию постепенными разведениями 0,01%-ного раствора: вдвое (до 0,005%), вчетверо (до 0,0025%), в шесть-восемь раз. Между пробами рот тщательно ополаскивают дистиллированной водой.

Значение пространственной величины вкусового раздражения. На кончик языка кладут квадратик фильтровальной бумаги площадью в 1 см^2 , смоченный 10%-ным раствором сахара, и определяют время, через которое испытуемый определит характер вкусового раздражения. Повторяют те же наблюдения с квадратиком площадью в 5 см^2 . В результате пространственной суммации во втором случае раздражение будет отмечено быстрее и будет гораздо интенсивнее, чем в первом.

Разностные пороги вкусовых раздражений. Сравнение вкуса двух растворов затрудняется тем, что после удаления раствора следы его остаются на языке и раздражение продолжается, а ополаскивание рта удлиняет интервал между раздражениями. Только после многократных исследований человек начинает давать точные ответы относительно силы вкусового раздражения (слаще, кислее, горче и т. п.), свойственной последовательно наносимым на его язык растворам.

Максимум силы вкусового раздражения. Разностный вкусовой порог нарастает только до известного предела. 20%-ный раствор сахара обладает

предельно сладким вкусом: дальнейшее увеличение концентрации сахара, согласно словесному отчету, не увеличивает силы вкусового раздражения и в этом смысле «бесполезно».

Точно так же 0,1%-ный раствор хинина является предельно горьким, 10%-ный раствор поваренной соли – предельно соленым, а 0,2%-ный раствор соляной кислоты – предельно кислым.

Находят минимальную концентрацию данного вкусового вещества, создающую вкусовое раздражение, затем, увеличивая ее, определяют максимальную концентрацию, дальнейшее увеличение которой не усиливает интенсивности вкусового раздражения. Обозначив первую пороговую концентрацию K_1 , а вторую максимальную K_2 , узнают диапазон (Д) данного вкусового раздражения. $Д = K_2 / K_1$. Проделывают то же с другими вкусовыми раздражителями.

Влияние температуры на возбудимость вкусового анализатора. Определяют пороги различения вкуса для кислого, сладкого, горького и соленого при температуре 0, 10, 20, 30 и 40°. Убеждаются, что ниже всего порог при температуре в 30–40°.

Вкус соленого, кислого и горького хорошо различим и при низких температурах. При 0° вкусовые раздражения почти недействительны – пороги вкусовых раздражений резко повышены.

Задание 3. Вкусовая адаптация.

Материалы и оборудование. Хинин, сахароза, NaCl и лимонная кислота, лабораторная посуда и фильтровальная бумага.

Ход работы. Способом, указанным выше (см. стр. 4), определяют пороги для сладкого, горького, кислого и соленого. Затем исследуемому предлагают взять в рот 10 мл 10%-ного раствора сахара (сахар в этом случае является веществом, применяемым для адаптации) и, не проглатывая, держать его во рту 1 мин. Затем раствор сахара выплевывают и быстро споласкивают рот дистиллированной водой. После этого, через разные промежутки времени после окончания адаптации, вновь определяют порог для сахара. Констатируют: 1) что после адаптации к сахару порог к сладкому повышается и 2) что по мере увеличения промежутка времени с момента окончания адаптации величины порогов уменьшаются.

Восстановление вкусовой чувствительности изображают графически.

Так же проводят адаптацию к кислому, горькому и соленому. Отмечают, что понижение чувствительности в процессе адаптации к одному из четырех основных вкусовых веществ не влияет на чувствительность к трем остальным, и, следовательно, процесс адаптации к различным вкусовым веществам протекает независимо друг от друга.

II. Обонятельный анализатор

Обонянием называют способность ощущать запахи. Обонятельные рецепторы расположены в обонятельном эпителии, выстилающем верхнюю поверхность полости носа. В этом эпителии содержится около 100 млн. рецепторов, расположенных среди опорных клеток (рис. 2) На апикальной поверхности каждого рецептора имеется несколько ворсинок, или чувствительных волосков, эти волоски погружены в слой слизи, покрывающий обонятельный эпителий. Обонятельные рецепторы представляют собой чувствительные нейроны, аксоны которых образуют обонятельный нерв.

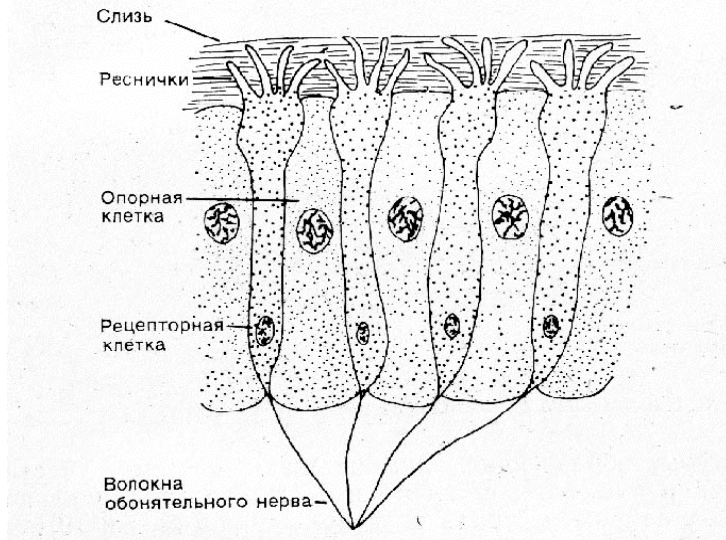


Рис. 2. Обонятельный рецептор

Для того чтобы возникло ощущение запаха, вещество должно быть летучим (благодаря чему оно попадает с вдыхаемым воздухом в полость носа) и растворимым в воде (что позволяет ему проникать через слой слизи покрывающий рецепторы).

Считается, что возбуждение обонятельных рецепторов происходит при взаимодействии молекулы пахучего вещества с особыми воспринимающими участками, расположенными на покрытой ресничками поверхности рецептора. Хотя механизм этого взаимодействия неясен, известно, что рецепторная клетка деполяризуется и возникает генераторный потенциал. Последний и служит тем деполяризующим стимулом, под влиянием которого генерируются потенциалы действия в обонятельном нерве.

По имеющимся данным, существует целый ряд первичных обонятельных ощущений – примерно 50–100. Многие люди не воспринимают определенные запахи – это так называемая *аносмия*. Описано более 70 видов anosmий, что заставляет думать о не меньшем числе различных типов обонятельных рецепторов.

Волокна обонятельного нерва закапчиваются в *обонятельной луковице* (рис. 3). Волокна, идущие от луковицы, делятся на латеральный и медиальный пути, направляющиеся к различным, плохо изученным областям переднего мозга. К этим областям относятся гиппокамп, лобная и височная доли коры головного мозга. Обонятельная информация поступает также в таламус, гипоталамус и ретикулярную формацию. Большинство центральных структур, получающих обонятельную информацию, отвечают за интеграцию соматической и вегетативной деятельности.

Эти структуры, образующие лимбическую систему, участвуют в регуляции пищевого, полового и сложного эмоционального поведения, например страха и удовольствия.

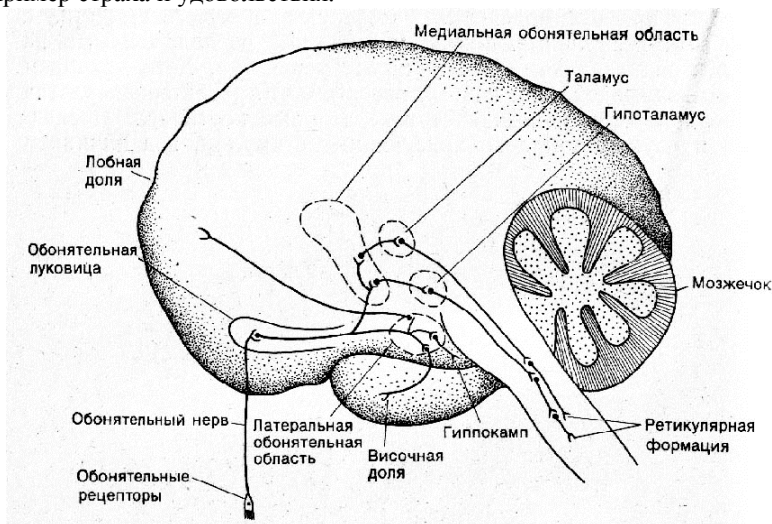


Рис. 3. Центральные обонятельные пути

Контрольные вопросы

1. Где расположен обонятельный анализатор?
2. Дайте характеристику обонятельного анализатора.
3. Объясните механизмы адаптации обонятельного анализатора.

Практическая часть

Задание 1. Физическое состояние веществ, раздражающих обонятельные рецепторы.

Материалы и оборудование. Эфир, камфора, нашатырный спирт, кедровое масло, вата, фильтровальная бумага и капсулой Мареля.

Ход работы. Ватку держат над склянкой с эфиром, не погружая ее внутрь. Затем подносят к носу и делают вдох. Отмечают, что ватка приобрела запах эфира. Следовательно, запаховые вещества достигают рецепторов в газообразном состоянии и способны адсорбироваться окружающими предметами.

Значение нюхательных движений. Задерживают дыхание и убеждаются, что запах пахучего вещества (камфоры, нашатырного спирта, кедрового масла и т. д.) перестает при этом восприниматься, а при нюхательных дыхательных движениях запах усиливается. Чем энергичнее происходит втягивание в нос воздуха, содержащего частицы пахучего вещества, тем отчетливее и сильнее запах.

Условия анализа запахов. Если стеклянную трубочку в 10 см длиной и 0,5 см в диаметре с внутренней прокладкой из фильтровальной бумаги, смоченной запаховым веществом средней силы (например, камфорной водой 1:1000), ввести в заднюю половину ноздри, то запах отмечается; при введении же трубочки в переднюю половину ноздри запах не отмечается. Отсюда следует, что запахи средней силы воспринимаются только в том случае, если они достигают задней половины носовой полости (феномен Фика). При помощи такой трубочки убеждаются, что запах средней силы перестает отмечаться в конце каждого вдоха (феномен Винтшгауза).

При ряде прерывистых нюхательных движений восприятие запаха прерывается соответственно числу этих движений.

Если же «принюхивание» является непрерывным, а поступление в носовую полость извне запахового газообразного вещества прерывается с известной частотой, то раздражающий запах остается непрерывным. Для доказательства этого можно соединить вышеупомянутую стеклянную трубочку с помощью тройника с капсулой Мареля, ритмически раздуваемой сравнительно редко колеблющимся камертоном. Одновременно исследуемый отмечает характер воспринимаемых раздражений. На кимографе регистрируется ритмичность подаваемого ольфактивного раздражения и ответ исследуемого о непрерывности воспринимаемого раздражения.

Все эти явления объясняются своеобразным изогнутым направлением, которое принимает ток воздуха, поступающего в носовую полость. Во время краткого периода вдоха только запаховые частицы, находящиеся в верхней задней области носа, достигают обонятельной полости – феномен Фика. К концу вдоха воздушная струя резко меняет свое направление, запаховые частицы рассеиваются и концентрация их становится подпороговой – феномен Винтшгауза.

Струя вдыхаемого воздуха проходит у нижнего края среднего носового хода, не достигая обонятельной области. Между раздражителем и местом его рецепции имеется слой воздуха, через который запаховые частицы должны проникнуть путем диффузии. Этот слой воздуха образует то промежуточное звено, которое, с одной стороны, при прерывистом принюхивании не позволяет прерывистым обонятельным раздражениям слиться, а с другой – не дает прерываемому стимулу стать прерывистым, если принюхивание не прерывается.

Задание 2. Обонятельная адаптация.

Материалы и оборудование. Эфир, камфора, нашатырный спирт, кедровое масло, вата и фильтровальная бумага.

Ход работы. Многократно нюхают по очереди два близких, но различных по запаху вещества (например, древесный и винный спирт или гвоздичное масло и душистый перец) и убеждаются, что с течением времени запахи их становятся неразличимыми, а затем и самое запаховое раздражение вообще перестает восприниматься, как бы пропадает. Стоит заменить невосприимчивый запах каким-либо другим, и свежий запах будет восприниматься совершенно отчетливо. Запаховая адаптация является избирательной.

Форма отчетности. Результаты измерений занесите в таблицу и сравните основные параметры вкусового и обонятельного анализаторов.

Лабораторная работа № 2.

Адаптация к теплу и холоду

Цель работы: дать представление, экспериментально определить терморцепторы и изучить адаптацию организма к теплу и холоду.

I. Определение терморцепторов

Человек способен анализировать температуру окружающей среды, причем у него создаются ощущения тепла или холода. Температура различается не только наружной поверхностью кожи, но и кожей наружного слухового прохода, слизистой оболочкой носа, рта, гортани, а по новейшим данным также и внутренними органами. Наименьший порог возбудимости к тепловым и холодовым раздражениям на коже лица, наибольший у кожи нижних конечностей.

Для нахождения тепловых и холодовых точек применяются так называемые термоды (рис. 4). Термод для нахождения холодовых точек устроен так: к деревянной палочке (такой же, как у волоска Фрея) под прямым углом прикрепляется медная проволочка, заканчивающаяся шарообразным утолщением. Это утолщение охлаждается в ледяной воде и используется для нахождения холодовых точек таким же образом, как волосок Фрея при нахождении осозательных, или игла при нахождении болевых точек.

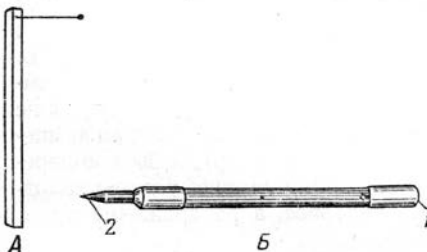


Рис 4. Термоды: А – для нахождения холодовых точек; Б – для тепловых точек.

Прикосновение термода вызывает ощущение либо холода – тогда исследуемая точка отмечается как холодовая – либо прикосновения.

Для нахождения так называемых тепловых точек служит термод, изображенный на рис. 4Б. Его согревают в теплой воде с температурой 50–60° и тщательно обсушивают перед употреблением. Один конец его представляет собой плоскость, а другой – острие. Плоскость (1) служит для грубых поисков тепловых точек. Когда же соответствующее место найдено, термод переворачивают и острым концом его (2) устанавливают точную локализацию тепловых точек.

Контрольные вопросы

1. Какие рецепторы являются термочувствительными?
2. Где локализованы термочувствительные рецепторы?
3. С помощью каких приспособлений выявляются терморепцепторы?

Практическая часть

Задание. Нулевая физиологическая температурная зона и ее адаптационные сдвиги.

Материалы и оборудование. Химические стаканы, секундомер и ртутный термометр.

Ход работы. В пять стеклянных стаканов наливают воду различных температур: 20, 25, 30, 35 и 40°. Руку последовательно, с перерывами в 2–3 мин., погружают на одну и ту же глубину в каждый из этих стаканов. Та область температур, при которой человек не различает ни холода, ни тепла, называется индифферентной, или нулевой физиологической зоной. Однако физиологическая нулевая температурная точка изменчива и зависит от условий предшествующей температурной адаптации. Это можно показать таким образом: в три стеклянных стакана наливают воду 10, 35 и 20°. Левую руку опускают в воду с температурой 10°, правую – с температурой 35°; раздражение левой руки воспринимается как холод, правой – как тепло. Исследуемый не вынимает рук из стакана, пока в результате адаптации температурные ощущения не исчезнут, т. е. пока раздражение обеих рук не будет восприниматься ни как холод, ни как тепло (индифферентная температура). Когда это «нулевое» состояние будет достигнуто, руки быстро переносят в сосуд с водой в 20°. Теперь раздражение руки, бывшей ранее в холодной воде, воспринимается исследуемым как тепловое, а раздражение руки, бывшей ранее в теплой воде, как холодное.

Влияние величины раздражаемой поверхности кожи на интенсивность температурного ощущения. С помощью секундомера определяют время, в течение которого человек может выдержать пребывание в горячей воде при температуре 50–60° кисти руки и одного пальца. Практическое значение этого опыта для правильного определения температуры воды (например, в ванне) очевидно.

Тот же опыт можно выполнить в несколько иной форме: вся рука погружается в воду с температурой 29,5° и отыскивается равная, по определению исследуемого, температура (фактически более высокая) при погружении в воду одного только пальца.

Отсюда следует вывод, что с увеличением площади раздражаемой теплом или холодом кожной поверхности порог возбудимости понижается и латентный период уменьшается.

Последовательные температурные образы. Кусочек металла (например, монету) охлаждают и прикладывают на 30 с. к коже лба. Холодовой по-

следовательный образ будет длиться секунд 20 после удаления монеты. То же наблюдение проделывают с нагретой монетой. Тепловой последовательный образ будет длиться не 20, а 30–40 с. после удаления раздражителя. Часто последовательный температурный образ то исчезает, то вновь появляется.

II. Охлаждающая способность внешней среды

Главный способ регуляции температуры в организме человека – это изменение уровня теплоотдачи. Теплоотдача происходит: 1) путем теплопроводения (конвекционная теплоотдача), если температура воздуха ниже температуры тела; 2) путем теплоизлучения (радиационная теплоотдача), если температура внешней среды ниже, чем температура обнаженных участков кожи; 3) путем испарения пота с поверхности кожи, если воздух не насыщен влагой. Ввиду такой сложности механизма теплоотдачи не представляется возможным создать какое-либо простое приспособление для количественной оценки охлаждающего влияния внешней среды на организм человека.

Тепловое излучение

Тело человека поглощает и излучает тепло. Его кожа и одежда ведут себя как «черное тело» (с точки зрения физики). Между тем обычный ртутный термометр отражает падающее на него теплоизлучение и нечувствителен к нему. При наличии теплоизлучения такой термометр не может дать правильного представления об условиях внешней среды, действующих на человека. Если же ртутный термометр поместить в полый металлический шар (обычно диаметром 15 см) с черной матовой поверхностью, он реагирует на излучаемое тепло. Такой прибор называют шаровым термометром. Если в комнате температура стен выше температуры воздуха, показания шарового термометра будут выше, чем показания обычного термометра; если же температура стен ниже температуры воздуха, то наоборот. Таким образом, по сравнению с обычным термометром шаровой термометр точнее оценивает условия внешней среды с точки зрения их воздействия на человека.

Закрепите рядом в штативе обычный и шаровой термометры. Через каждые 10 мин снимайте показания обоих термометров до тех пор, пока не получатся стабильные цифры. Сравните показания термометров в то время, когда они стоят на лабораторном столе и когда они находятся на расстоянии 1 м от батареи или на солнце.

На основании показаний шарового термометра, температуры воздуха и скорости ветра можно определить среднюю температуру среды по специальным таблицам.

Шкала эффективной температуры

Для сопоставления тепловых условий среды необходимо иметь некую шкалу, которая давала бы возможность сводить влияние разных факторов внешней среды к единому показателю. Таким показателем служит

эффективная температура, учитывающая температуру, влажность и скорость ветра.

Недостаток этого показателя состоит в том, что он не учитывает тепловое излучение. Если температура воздуха значительно отличается от температуры окружающих предметов, при измерении эффективной температуры следует вносить поправку на тепловое излучение. Чтобы учесть тепловое излучение для измерения эффективной температуры, вместо обычного термометра используют шаровой. Полученная величина называется *корректированной эффективной температурой*.

Существуют две шкалы эффективной температуры. Одна из них – основная шкала, которая используется в тех случаях, когда испытуемый обнажен до пояса, а другая – когда на испытуемом есть легкая одежда.

Реакция на согревание тела

Внутренняя температура тела регулируется центральной нервной системой. В условиях умеренного климата терморегуляция в значительной мере определяется скоростью теплоотдачи через кожу. Теплоотдача через кожу, которая происходит путем теплопроводения и теплоизлучения, зависит от интенсивности кровотока в сосудах кожи и от импульсов, поступающих по нервным волокнам к потовым железам. Значительного увеличения кровотока в условиях, когда организму необходимо максимально повысить теплоотдачу (например, при тепловом ударе), можно достигнуть только за счет увеличения количества крови, выбрасываемой сердцем в аорту. Поэтому даже в отсутствие двигательной активности у человека возрастает при этом частота сокращений и систолический объем сердца.

В данном эксперименте активность центра терморегуляции выявляют путем резкого изменения условий, в которых находится испытуемый. При этом для поддержания постоянства внутренней температуры тела должна увеличиться теплоотдача. Необходимые для этого приспособительные реакции системы кровообращения оценивают, измеряя частоту сокращений сердца, кровотока в руке и температуру кожи. В течение всего опыта измеряют внутреннюю температуру, а также наблюдают за уровнем потоотделения и окраской кожи. В идеальном опыте все эти показатели регистрируют и сопоставляют между собой, измерив их у одного испытуемого во время согревания. Разумеется, в течение какого-то периода необходимо проводить контрольные наблюдения, чтобы установить исходные значения. Однако для такого эксперимента требуется минимум 6 наблюдателей, и при проведении лабораторных занятий лучше ограничиться регистрацией только одного или двух параметров.

Контрольные вопросы

1. Объясните механизмы срочной адаптации на действие высокой температуры неадаптированного организма.

2. Объясните механизмы долговременной адаптации к высокой температуре.
3. Объясните соотношение механизмов теплоотдачи и теплопродукции в процессе долговременной адаптации к высокой температуре.
4. Назовите основные стадии адаптации к высокой температуре.

Практическая часть

Задание. Нулевая физиологическая температурная зона и ее адаптационные сдвиги.

Материалы и оборудование. Секундомер, медицинский термометр и электрический термометр.

Ход работы. Наблюдатели должны сверить часы и установить сроки для снятия показаний, чтобы в конце опыта можно было построить график с точной шкалой времени.

Частота сокращений сердца. Накладывают на руки или на грудь испытуемого электроды, соединяют их с электрокардиографом и через каждые 2 мин включают на 20 с. регистрирующий прибор. Вместо этого можно через каждые 2 мин подсчитывать пульс у запястья.

Температура кожи. На лбу, на тыльной стороне руки и на кончике пальца испытуемого рисуют чернилами по кружку. Через каждые 3 мин электрическим термометром измеряют в этих точках температуру.

Прибор для измерения температуры кожи должен быть небольших размеров, чтобы не мешать выделению кожей тепла в окружающую среду, и должен быстро реагировать на изменения температуры. Обычный ртутный термометр для этой цели не годится. Существуют два электрических метода измерения: при помощи термистора и при помощи термопары. Термистор представляет собой миниатюрное полупроводниковое сопротивление с большим отрицательным температурным коэффициентом. Прибор измеряет ток (в мкА), протекающий при разных температурах через термочувствительное сопротивление. Затем по градуировочной кривой находят температуру.

Температура тела. Измеряют при помощи медицинского термометра температуру в полости рта. Через каждые 5 мин записывают показание термометра, стряхивают его и снова дают испытуемому.

Потоотделение. Наблюдая за кожей лица испытуемого, отмечают момент начала потоотделения.

Окраска кожи. Отмечают изменения цвета лица и рук испытуемого.

Контрольный период. Испытуемого ставят в такие условия, чтобы ему было холодно (например, сажают его в одной рубашке около вентилятора). Наблюдения производят в течение 15 мин или больше до тех пор, пока все показатели не станут стабильными.

Период согревания. Испытуемого удобно усаживают на стул, и он погружает ноги до колен в ведро с горячей водой (44 °С). Вода не должна быть

настолько горячей, чтобы вызывать боль, так как при этом произойдет сужение сосудов. По мере необходимости добавляют горячую воду, чтобы поддерживать температуру при 44 °С. Испытуемого закутывают в одеяла. Наблюдения продолжают до тех пор, пока не наступит отчетливая реакция, включая потоотделение. Период согревания может занять полчаса или более. У испытуемого часто спрашивают, как он себя чувствует, и записывают его ответы.

Период охлаждения. Убирают ведро и одеяла и направляют на испытуемого струю прохладного воздуха. Проводят измерения до тех пор, пока измеряемые показатели не вернуться к исходному уровню.

Форма отчетности. Откладывают на одном и том же графике (по оси ординат) все измеряемые показатели, пользуясь разноцветными карандашами. По оси абсцисс откладывают время.

Лабораторная работа № 3.

Оценка условий внешней среды при значительном скоплении людей

Цель работы: дать представление о способах регистрации и состоянии основных физиологических функций организма в условиях гипоксии и повышенной температуры окружающей среды в помещениях при значительном скоплении людей.

В умеренных широтах человек регулирует условия непосредственно окружающей его среды, пользуясь подходящей для сезона одеждой; одежда в сочетании с регуляцией теплоотдачи через кожу путем изменений кровообращения позволяет человеку обеспечить себе комфортную температуру в различных внешних условиях. При значительном скоплении людей в каком-либо помещении условия в этом помещении со временем существенно изменяются в результате выделения присутствующими тепла, углекислого газа и испарения влаги. Поэтому перед физиологом может возникнуть необходимость оценить эффективность вентиляционной и отопительной систем помещения. Для ознакомления с подобного рода исследованием можно провести опыт в переполненной и плохо вентилируемой аудитории.

Контрольные вопросы

1. Каковы механизмы адаптации к действию высокой температуры неадаптированного организма?
2. Какое соотношение механизмов теплоотдачи и теплопродукции в процессе долговременной адаптации к высокой температуре?
3. Какие наблюдаются тепловые поражения организма и их предупреждение?
4. Объясните механизмы срочной адаптации к гипоксии неадаптированного организма.
5. Адаптация к гипоксии как фактор повышения резистентности организма.

Практическая часть

Материалы и оборудование. Секундомер, ртутный термометр, психометр, шаровой термометр, газовый анализатор.

Ход работы. *Температура воздуха.* Каждые 15 мин снимают показания ртутных термометров, установленных в верхней и нижней частях аудитории на уровне головы и ног.

Влажность. Измеряют через каждые 15 мин при помощи психрометра.

Содержание углекислого газа. Каждые 15 мин берут пробы воздуха.

Излучаемое тепло измеряют при помощи шарового термометра.

Физиологические реакции испытуемого. Выбрав в качестве испытуемого какого-нибудь студента, измеряют у него следующие показатели: 1) при помощи термистора определяют через каждые 5 мин температуру кожи на лбу и кончике среднего пальца, наблюдая, происходит ли выделение пота на коже лица; 2) через каждые 5 мин подсчитывают пульс; 3) каждые 15 мин записывают субъективные ощущения испытуемого.

Форма отчетности. Необходимо иметь исходные данные, полученные непосредственно перед тем, как в аудитории соберутся студенты, а также результаты наблюдений, проводимых в течение всей лекции. Отложив по горизонтали время, обозначают разноцветными карандашами исследованные показатели. Определяют общую теплопродукцию всех присутствовавших людей (взрослый человек в состоянии покоя выделяет около 70 ккал/ч) и рассчитывают (в кВт) мощность электронагревателя, который выделит соответствующее количество тепла (1 ккал/с – 4,19 кВт). На основании полученных результатов оценивают состояние вентиляционной и отопительной систем.

Лабораторная работа № 4.

Срочная адаптация сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке

Цель работы: дать представление и экспериментально изучить адаптацию сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке.

Электрокардиография

Проводящая система сердца. В сердце человека и животных существует специализированная, анатомически обособленная *проводящая система* (рис. 5). Она состоит из синоатриального (СА) и атриовентрикулярного (АВ) узлов, пучка Гиса с его левой и правой ножками и волокон Пуркине. Эта система образована специализированными мышечными клетками, обладающими свойством автоматизма и высокой (по сравнению с неспециализированными мышечными клетками предсердий и желудочков) скоростью проведения возбуждения. Импульс зарождается в пейсмекерных клетках СА-узла (пейсмекер первого порядка), который в норме определяет ритм сердца. Затем возбуждение распространяется по поверхности предсердий, вызывая их деполяризацию, после чего переходит к атриовентрикулярному узлу (пейсмекер второго порядка) и возбуждает (деполяризует) его. От атриовентрикулярного узла импульс следует по пучку Гиса и распространяется вправо и влево, возбуждая мышцу желудочков. Специализированная ткань проводящей системы составляет лишь незначительную часть общей массы миокарда предсердий и желудочков.



Рис. 5. Специализированная проводящая система сердца

Деполаризация и реполяризация

Распространение электрического импульса (потенциала действия) по проводящей системе и мышце предсердий и желудочков сопровождается деполяризацией и реполяризацией. Регистрируемые в результате этого волны, или зубцы, называются волнами деполяризации (QRS) и реполяризации (T) желудочков.

В покое, т. е. в невозбужденном состоянии, мышца поляризована: наружная поверхность ее несет положительный, а внутренняя – отрицательный заряд (рис. 6, 1). На рис. 6, 2 изображена мышца в процессе деполяризации (уничтожение положительных и отрицательных зарядов), а на рис. 6, 3 – полностью деполяризованная мышца. На записи в этот момент регистрируется законченная волна деполяризации. Затем следует волна реполяризации, начинающейся с того же участка, что и деполяризация (рис. 6, 4). На рис. 6, 1 изображена полностью реполяризованная мышца; этот момент соответствует завершению отрицательного отклонения на записи и возврату мышцы к состоянию покоя. Деполаризация и реполяризация сердечной мышцы предшествуют ее механическому сокращению.

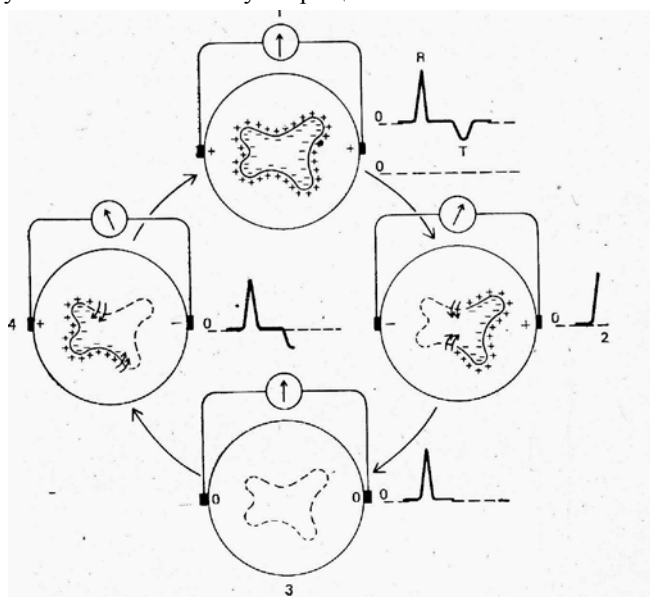


Рис. 6. Деполаризация и реполяризация миокарда (желудочек)

Мышца в состоянии покоя (1); положительные и отрицательные заряды сбалансированы и не передвигаются. Затем импульс начинает распространяться по миокарду (2 – сердечная мышца деполяризована частично, 3 – деполяризована вся мышца сердца, при этом регистрируется полный комплекс QRS). Затем следует реполяризация сердечной мышцы (4 – начало реполяри-

зации, 1 – реполяризация завершена). Обратите внимание на форму зубцов ЭКГ на различных стадиях деполяризации и реполяризации (см. текст). На рис. 6.1 Т-зубец отрицателен; таким он был бы в том случае, если бы скорости деполяризации и реполяризации были равны, однако у большинства здоровых людей эти скорости различны и Т-зубец направлен вверх.

Электрокардиограмма. Электрокардиограмма (ЭКГ) – это запись электрической активности (деполяризации и реполяризации) сердца, зарегистрированная при помощи прибора – электрокардиографа, электроды которого помещены не только на сердце, а на различные участки тела (отведения).

ЭКГ может быть записана непосредственно чернильным писчиком или подогреваемым пером на теплочувствительной бумаге. Полоса пропускания частот для приборов с механическим писчиком ограничена (около 80–100 Гц) вследствие его инерционности, однако для регистрации ЭКГ человека этого достаточно. Можно также зарегистрировать ЭКГ при помощи высокочастотного (до 500 Гц) прибора с фотографической или электронной записью; при этом более точно воспроизводятся форма и крутизна зубцов ЭКГ у животных с большой частотой сокращений сердца (свыше 300 ударов в 1 мин) – у крыс, птиц и других мелких животных.

Отведения. Запись, получаемая при отведении электрической активности непосредственно от сердца, называется электрограммой (ЭГ). При наложении электродов на различном расстоянии от сердца получают не прямые отведения, в том числе отведения от *конечностей* и *грудные*, обозначаемые V. Эти отведения могут быть как *униполярными*, так и *биполярными*. При биполярных отведениях электрическая активность улавливается обоими электродами, а при униполярных используется один активный и один неактивный (нулевой, индифферентный) электрод. Разность потенциалов, регистрируемая при униполярном отведении, примерно в два раза меньше, чем при биполярном. Гольдбергер предложил усилить стандартные униполярные отведения таким образом, чтобы величина регистрируемой разности потенциалов составляла около 70% амплитуды биполярного отведения. Такие отведения называются *усиленными униполярными отведениями от конечностей* (aVR – от правой руки, aVL – от левой руки, aVF – от левой ноги).

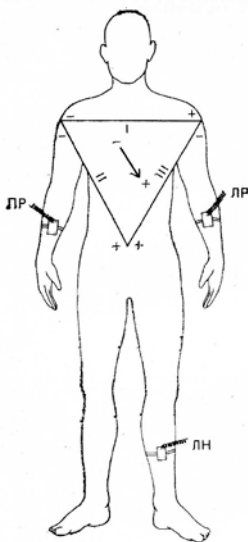


Рис. 7. Треугольник Эйнтховена и положение электродов в стандартных отведениях (I, II и III)

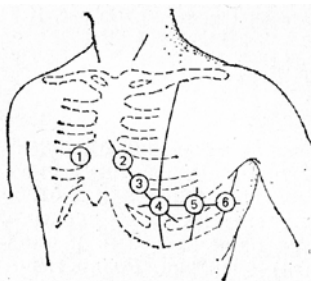


Рис. 8. Прекардиальные, или грудные, униполярные отведения, обозначаемые V. Изображены V₁, V₂, V₃, V₄, V₅, и V₆ отведения. Второй электрод – индифферентный

клонение, равное 10 мм. Отводящие электроды накладываются или привязываются на соответствующие участки с использованием специальной пасты, обеспечивающей надежный электрический контакт. На приборе имеются обозначения для различных отведений.

Стандартные отведения от конечностей

К этим биполярным отведениям относятся: первое (I) отведение (правая рука, ЛР – левая рука, ЛР); второе (II) отведение (ЛР – левая нога, ЛН) и третье (III) отведение (ЛР – ЛН). С известным допущением можно считать, что эти три отведения образуют равносторонний *треугольник*, около центра которого расположено сердце (рис. 7).

Грудные, или прекардиальные, отведения

При снятии этих униполярных отведений активный электрод накладывается на различные точки грудной клетки (рис. 8), обозначаемые цифрами (V₁, V₂, V₃, V₄, V₅, V₆). Эти отведения отражают электрические процессы в более или менее локализованных участках и помогают выявлять ряд сердечных заболеваний.

Скорость протяжки бумаги и усиление

При снятии ЭКГ человека используется стандартная скорость протяжки бумаги – 25 мм/с. Промежуток между двумя горизонтальными линиями на бумаге, равный 1 мм, служит для отсчета временных интервалов и соответствует 0,04 с. Вертикальные линии, также нанесенные через 1 мм, являются масштабом амплитуды, или вольтажа (рис. 9). За стандартный вольтаж при снятии ЭКГ человека принят 1 мВ. Если приложить напряжение в 1 мВ ко входу прибора, на бумаге регистрируется вертикальное от-

Зубцы и интервалы ЭКГ. На рис. 9 изображена типичная нормальная ЭКГ человека в одном из стандартных отведений; конфигурация, длительность и амплитуда зубцов приведены в табл. 1. Зубец Р соответствует деполяризации предсердия, комплекс QRS – началу деполяризации желудочков, зубец Т – реполяризации желудочков. Зубец U обычно отсутствует.

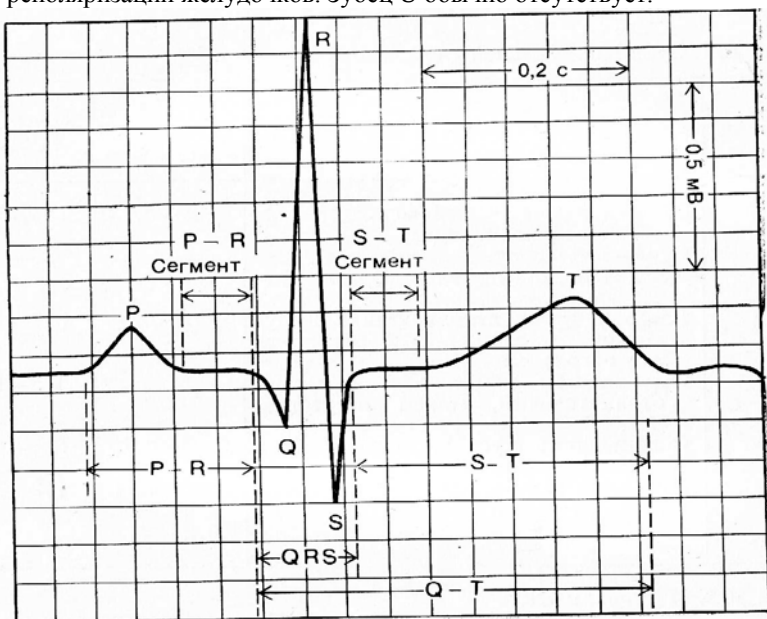


Рис. 9

Таблица 1

Зубцы нормальной ЭКГ человека

Обозначение	Характеристика	Длительность, с	Диапазон амплитуды в I, II и III отведениях, мм
P	Отражает деполяризацию предсердий; обычно положительный	0,08–0,12	0,55–1,25
Q	Отражает начало деполяризации желудочков, отрицательный, может отсутствовать	—	0,36–0,61
R	Главный зубец деполяризации желудочков, положительный (направлен вверх)	см. QRS	5,5–11,5

S	Отражает окончание деполяризации, отрицательный, может отсутствовать	0,08–0,10	1,5–1,7
QRS	Совокупность зубцов, отражающих деполяризацию желудочков		—
T	Отражает реполяризацию, у человека положительный (направлен вверх)	колеблется в среднем 0,28	1,2–3,0

Таблица 2

Интервалы ЭКГ

Обозначение интервала	Характеристика интервала	Длительность, с
P–R	От начала P до начала R (или Q, если таковой имеется)	0,18–0,20
Q,R–S	От начала R (или Q, если таковой имеется) до конца S (или R, если S отсутствует)	0,08
Q–T	От начала Q до конца T; соответствует деполяризации и реполяризации желудочков	0,38–0,31
S — T	От конца S до начала T	—

При анализе ЭКГ большое значение имеют временные интервалы между некоторыми зубцами (табл. 2). Отклонение длительности этих интервалов за пределы нормы может свидетельствовать о нарушениях функции сердца.

Электрическая ось сердца

В 1908 г. Эйнтховен предложил регистрировать электрическую активность сердца при помощи трех удаленных от него электродов, накладываемых на конечности таким образом, что получаемые в результате три отведения образуют стороны примерно равностороннего треугольника, в центре которого расположено сердце (рис. 7).

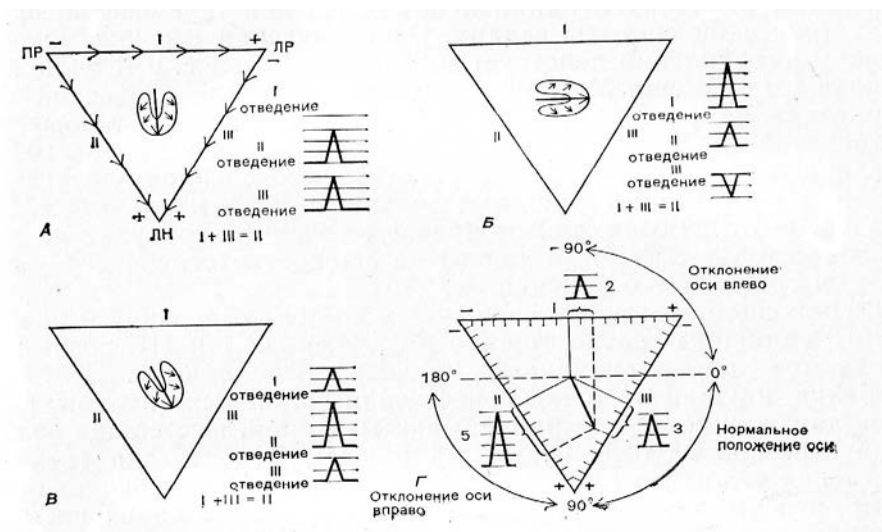


Рис. 10. Отношение электрической оси сердца к отведениям. Методика определения оси приведена на рис. 8, Г

Комплекс QRS (представленный в основном зубцом R) в отведении I направлен вверх и величина его составляет два деления; в третьем отведении он равен трем делениям и во втором – пяти. Таким образом, $II = I + III$ ($5 = 2 + 3$), что справедливо также для каждого изображенного здесь треугольника (закон Эйнтховена).

Согласно закону Кирхгофа, алгебраическая сумма всех электродвижущих сил (э.д.с.) в замкнутой цепи равна нулю. В треугольнике, изображенном на рис. 10, А, э.д.с. в первом отведении направлена от ПР (отрицательный полюс) к ЛР (положительный полюс) (указано стрелками). В третьем отведении э.д.с. направлена от ЛР (отрицательный полюс) к ЛН (положительный полюс), а во втором – от ПР (отрицательный полюс) к ЛН (положительный полюс). Таким образом, алгебраическая сумма э.д.с. первого и третьего отведений, направленных к ЛН, равна э.д.с. второго отведения, также направленной к ЛН, но с другой стороны (т. е. $I + III = II$, или $I + III - II = 0$). Отсюда $I = II - III$ и $III = II - I$. О величине э.д.с. можно судить по пропорциональной ей высоте зубца в соответствующем отведении (рис. 8, А–Г).

На рис. 10, В зубцы направлены вверх (положительны) во всех трех отведениях, так как возбуждение впервые возникает ближе к отрицательным электродам: ПР в первом и втором отведениях и ЛР в третьем.

Электрическая ось сердца – это вектор, который отражает среднюю величину и направление э.д.с., действующей во время электрической систолы сердца. Электрическая ось указывает, в каком направлении действует макси-

мальная э.д.с. в течение наибольшего времени. Методика определения электрической оси показана на рис. 10, Г. Для этого используются любые два отведения (обычно I и III). В первом отведении на рис. 10, Г величина комплекса QRS (представленного преимущественно зубцом R) соответствует двум делениям, в третьем – трем. Эти значения откладываются от нулевых точек (на рисунке из этих точек исходят сплошные линии) на ось соответствующего – первого и третьего – отведения.

Из концов отрезков, отложенных на осях отведений I и III, восстанавливаются перпендикуляры (прерывистые линии). Рисуется стрелка, идущая от точки пересечения сплошных (нулевых) линий до точки пересечения прерывистых линий, исходящих из концов отрезков на осях отведений I и III. Эта стрелка (вектор) идет под углом между 0 и 90°, или примерно 65°. Следует отметить, что амплитуда зубца во втором отведении равна пяти делениям, что соответствует правилу $II = I + III$ (пять делений во втором отведении равны сумме двух делений в первом и трех – в третьем).

Если электрическая ось сердца параллельна или почти параллельна линии того или иного отведения, например первого отведения на рис. 10, Б, амплитуда зубцов в этом отведении будет наибольшей. Если же ось сердца направлена перпендикулярно отведению (отведение I на рис. 10, А), то в этом отведении зубец не запишется. Это связано с тем, что электрическая активность возникает приблизительно у центра отведения и распространяется в дальнейшем в обе стороны, так что возникающие импульсы взаимно гасятся и разность потенциалов равна 0.

Амплитуда зубцов отведения III на рис. 10, В мала, в связи с тем что электрическая ось сердца почти перпендикулярна этому отведению.

Отклонения электрической оси сердца

В норме направление электрической оси сердца колеблется от 0 до 90° (рис. 10, Г). Если направление оси находится в интервале 0–90 °С, говорят об отклонении оси влево (рис. 10, Г). Такое направление часто встречается у низкорослых, тучных людей и свидетельствует не столько о патологии, сколько о смещении анатомической оси сердца влево.

Если же направление оси колеблется в промежутке от +90 до +180° (рис. 10, Г), речь идет об отклонении оси вправо, что уже более подозрительно в смысле патологии сердца.

Патологические изменения ЭКГ

Существуют два основных типа патологических изменений ЭКГ: к первому относятся нарушения ритма и возникновения возбуждения, ко второму – нарушения проведения возбуждения и искажения формы и конфигурации зубцов.

Аритмии, или нарушения ритма сердца, характеризуются нерегулярным поступлением импульсов из СА-узла, что и приводит к аритмии. Ритм, или

частота сокращений сердца, может быть низким (брадикардия), неправильным или очень высоким (предсердная тахикардия, рис. 11). Предсердные преждевременные сокращения (экстрасистолы) характеризуются укороченным Р–Р интервалом, после которого следует длинный Р–Р интервал (рис. 11, А). При этом может наблюдаться значительное замедление ритма сердца, характеризующееся длительными паузами и увеличенным, но нерегулярным интервалом Р–Р. Это нарушение возникновения импульса в СА-узле. При желудочковых экстрасистолах, когда возбуждение возникает в эктопическом очаге, локализованном в стенке желудочка, преждевременное сокращение характеризуется искаженным комплексом QRS (рис. 11, В). Желудочковая тахикардия проявляется быстрыми регулярными разрядами эктопического очага, расположенного в желудочке (рис. 11, Д).

Фибрилляция предсердий или желудочков характеризуется нерегулярными аритмичными сокращениями, неэффективными в гемодинамическом отношении. Особую опасность представляет фибрилляция желудочков, которая приводит к летальному исходу. Фибрилляция предсердий не столь опасна и проявляется нерегулярными аритмическими сокращениями, при которых частота сокращения предсердий в 2–5 раз выше, чем желудочков (рис. 11, Е). При этом на каждый зубец R приходится 2,1 или 3 нерегулярных зубца Р (называемых в этом случае зубцами F). При трепетании предсердий наблюдаются более регулярные и менее частые предсердные комплексы, частота которых все же в 2–3 раза превышает частоту сокращения желудочков (рис. 11, Ж).

Мерцание предсердий может вызываться множественными эктопическими очагами в их стенке, тогда как разряды одиночного эктопического очага, очевидно, сопровождаются трепетанием предсердий. Нормальный предсердный ритм может быть восстановлен соответствующей медикаментозной терапией или толчком электрического тока (дефибрилляция предсердий).

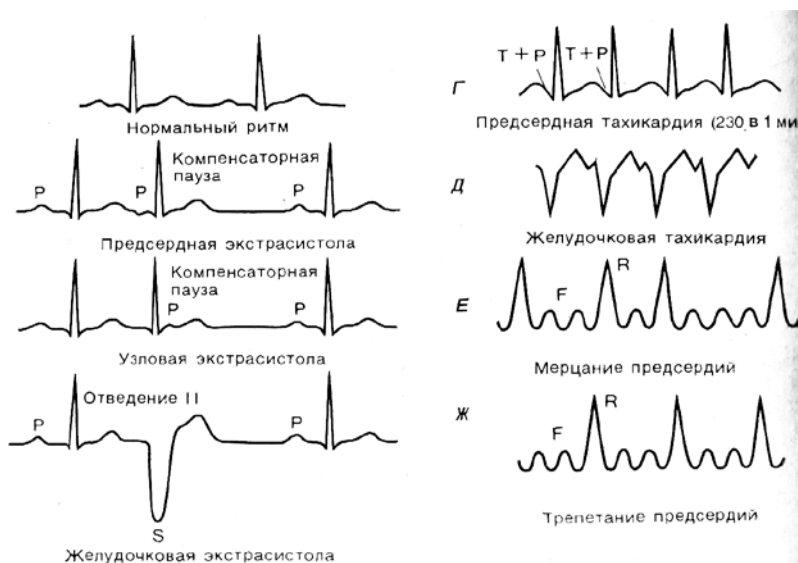


Рис. 11. Аритмии сердца (подробнее см. текст)

Нарушения проведения. Коронарная болезнь, и в частности свежий инфаркт миокарда, возникает вследствие нарушения кровоснабжения миокарда, что влечет за собой изменение последнего. На рис. 10 приведены изменения комплекса QRS при свежем инфаркте миокарда и через некоторое время после выздоровления. В острой стадии наблюдаются выраженные изменения зубцов Q и T и сегмента S-T. Следует отметить, в частности, подъем сегмента S-T и инвертированный зубец T в некоторых отведениях. Прежде всего наступает ишемия миокарда (нарушение его кровоснабжения, болевой приступ), повреждение ткани с последующим образованием омертвевшего участка. Эти нарушения кровообращения в сердечной мышце сопровождаются изменениями проведения. Нарушения коронарного кровотока приводят также к аритмиям (рис. 12).

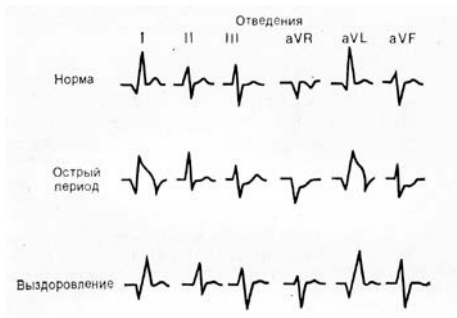


Рис. 12. Эволюция ЭКГ в отведениях I, II, III, aVL и aVF при нарушении коронарного кровообращения (инфаркт миокарда) При свежем инфаркте в ряде отведений наблюдается патологический зубец Q, отрицательный зубец T и смещение кверху сегмента S-T. Через несколько недель ЭКГ почти восстанавливается до нормы – стадия выздоровления

Блокады сердца. Блокаду сердца при нарушениях в области СА-узла (СА-блокада) не следует смешивать с замедлением ритма, или остановкой сердца. Такая блокада характеризуется длительными паузами и увеличением интервала P–P, кратным обычному интервалу P–P; при этом наблюдается выпадение предсердных зубцов (P) и желудочковых комплексов. Возникновение возбуждения в СА-узле не нарушено, однако это возбуждение не выходит за пределы синусного узла, а блокируется в нем.

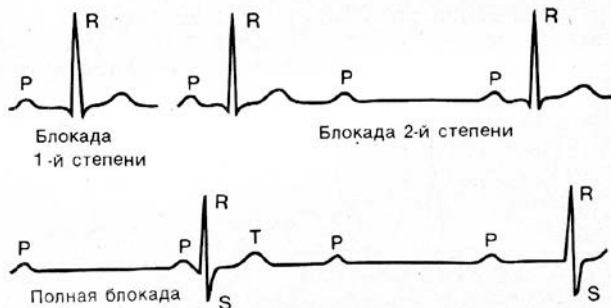


Рис 13. Атриовентрикулярная блокада (см. текст)

Атриовентрикулярная блокада может быть разной степени – первой, второй и третьей (рис. 13). При блокаде первой степени наблюдается постепенное увеличение интервала P–R с возможным последующим выпадением одного желудочкового сокращения.

При блокаде второй степени наблюдается нормальное чередование зубцов P с периодическим выпадением желудочкового комплекса. Частота выпадения желудочковых комплексов может быть самой различной: от каждого второго до любой другой периодичности.

При полной поперечной блокаде зубцы P следуют с более высокой частотой, чем желудочковые комплексы. Это свидетельствует о том, что желудочки

и предсердия сокращаются независимо друг от друга, и о том, что проведение импульсов к желудочкам блокировано в области А–В-узла и имеют место лишь эктопические желудочковые сокращения. Больным с полной атриовентрикулярной блокадой часто вживляют искусственные электрические водители ритма (пейсмейкеры), задающие желудочкам ритм, соответствующий ритму предсердий.

Контрольные вопросы

1. Нарисуйте схему проводящей системы сердца человека.
2. Что такое пейсмейкеры первого и второго порядка, почему их так называют?
3. Нарисуйте схему треугольника Эйнтховена и взаимоотношений между электрическими процессами в сердце и зубцами стандартных (I, II и III) отведений.
4. Что такое закон Эйнтховена, и каково его значение?
5. При снятии стандартных отведений у больного обнаружено, что в первом отведении комплекс QRS почти не регистрируется, а во втором и третьем отведениях величина его одинакова. Что это означает? Каково направление электрической оси сердца?
6. Из трех стандартных отведений наибольшую величину зубец R имеет во втором. Каково направление электрической оси сердца?
7. При снятии ЭКГ человека обычно используют бумагу с нанесенными через 1 мм линиями. Чему соответствуют эти линии в вертикальном и горизонтальном направлениях?
8. Каково направление электрической оси, если зубец R равен двум делениям в первом и трем – в третьем отведении?
9. Изобразите схематично атриовентрикулярную блокаду второй степени.
10. Какие изменения в ЭКГ регистрируются при физической нагрузке?

Практическая часть

Материалы и оборудование. Электрокардиограф с персональным компьютером и пакетом программ для анализа кардиограмм.

Ход работы. *Контрольный период.* У испытуемого регистрируют ЭКГ с помощью перикардиальных отведений.

Период физической нагрузки. Испытуемый выполняет 50 приседаний и через 5 мин у него регистрируют ЭКГ с помощью перикардиальных отведений.

Форма отчетности. Анализируют ЭКГ контрольного периода и после физической нагрузки. Отмеченные изменения в ЭКГ рассматривают с точки зрения полученных представлений на данном лабораторном занятии и делают заключение.

Лабораторная работа № 5

Адаптация системы дыхания к гипоксии и физической нагрузке

Цель работы: изучить специальную терминологию и обозначения, применяемые в физиологии дыхания, физиологические параметры дыхания в норме, при гипоксии и физической нагрузке.

Терминология, применяемая в физиологии дыхания

В настоящее время объем воздуха, составляющий общую емкость легких, подразделяют на несколько фракций (рис. 1). При этом исходят из представления, что наиболее стабильным моментом дыхательного цикла является положение покоя в конце выдоха, т. е. допускают, что при спокойном дыхании человек выдыхает воздух каждый раз примерно до одного и того же уровня – функциональной остаточной емкости. Когда речь идет об отдельных фракциях, составляющих общую емкость легких, пользуются словом «объем». Объем, который можно подразделить на меньшие фракции воздуха, называют «емкостью». Так, например, жизненная емкость легких (ЖЕЛ) включает дыхательный объем (ДО) и резервный объем выдоха (РО_{выд}).

Легочные объемы

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после максимального вдоха.

Резервный объем вдоха (РО_{вд}) – максимальный объем воздуха, который человек может вдохнуть после спокойного вдоха.

Резервный объем выдоха (РО_{выд}) – максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть после спокойного выдоха.

Емкость вдоха (Е_{вд}) – максимальный объем воздуха, который человек может вдохнуть после спокойного выдоха.

Функциональная остаточная емкость (ФОЕ) – объем газа в легких, остающийся после спокойного выдоха.

Остаточный объем (ОО) – объем газа в легких после максимального выдоха.

Общая емкость легких (ОЕЛ) – объем газа в легких после максимального вдоха.

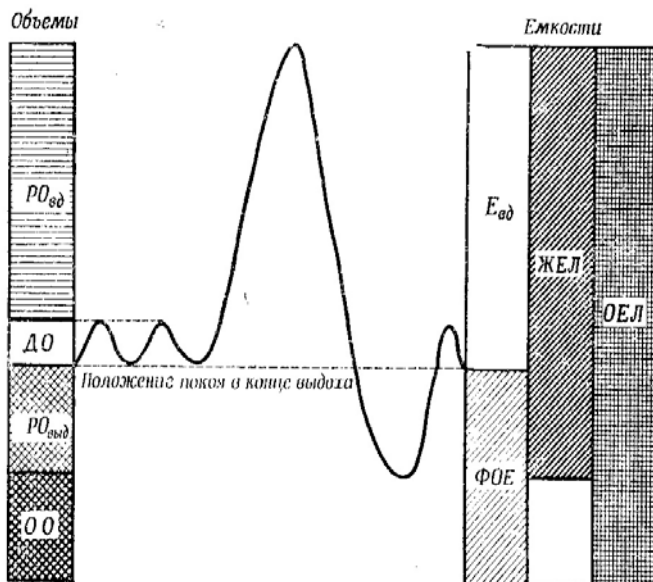


Рис. 1. Объем воздуха, составляющий общую емкость легких.
Обозначения смотрите в тексте

Для удобства описания в физиологии дыхания разработана особая система условных сокращений. Ниже приводится список сокращений вместе с их расшифровкой.

Условные сокращения, принятые в физиологии дыхания

Первичные обозначения

P – давление;
V – объем;
F – концентрация газа в объеме сухого воздуха;
f – частота дыхания;
Q – объем крови;
S – концентрация газа в крови;
S – процент насыщения гемоглобина O_2 .

Вторичные обозначения

Для легочных объемов:

I – вдыхаемый воздух;
E – выдыхаемый воздух;
A – альвеолярный воздух;
T – дыхательный воздух;
D – воздух мертвого пространства;
B – барометрический.

Для крови:

a – артериальная кровь;
v – венозная кровь;
c – капиллярная кровь.

Первичная переменная, которую обозначают первой латинской буквой соответствующего термина, представляет собой измеряемый параметр (большая, обычно прописная буква курсивом). За ней следует вторичная переменная, показывающая, к какому понятию относится первичная переменная. В случаях, когда речь идет о легочных объемах, вторичную переменную изображают меньшей прямой прописной буквой, а когда о крови – прямой строчной буквой. Вторичную переменную записывают в строку после первичной. За ними пишут в нижнем индексе обычную химическую формулу соответствующего газа. Точка над первичной переменной указывает, что данный параметр измерен за единицу времени, а короткая поперечная черточка означает, что взято среднее значение параметра.

Спирометрия

Измерение легочных объемов и легочной вентиляции обычно производят при помощи спирометра. Этот прибор весьма несложен и представляет собой уравновешенный колокол, в который входит измеряемый объем газа. Песчик, прикрепленный к противовесу, делает запись на вращающемся с разной скоростью барабане кимографа. В идеальном случае спирометр должен оказывать такое незначительное сопротивление движению воздуха в легкие и из легких, чтобы его присутствие никак не отражалось на дыхательных движениях испытуемого. Добиться этого довольно трудно, однако, используя шланги большого диаметра, колокола для газа, имеющие небольшой вес, и регистрирующие системы с малой инерцией, удастся в значительной степени устранить помехи, вносимые спирометром. Химические поглотители с натронной известью и клапаны, пропускающие воздух в одном направлении, оказывают сопротивление потоку воздуха, поэтому, если возможно, от них лучше избавиться. Они, разумеется, необходимы в том случае, когда спирометр применяют для измерения потребления кислорода методом закрытой системы, где допустима некоторая неточность. Некоторое улучшение создает насос, который перекачивает газ через поглотитель углекислого газа.

При проведении спирометрии очень важно соблюдать определенные правила. Так, последовательные измерения какого-либо легочного объема всегда следует производить при одном и том же положении тела испытуемого.

Чтобы испытуемый мог дышать через спирометр, применяют различные типы масок или мундштуков. В непродолжительных опытах, где воздух идет с большой скоростью, как, например, при определении объема форсированного выдоха, лучше всего использовать прилегающую к лицу маску, закрывающую рот и нос. В таких экспериментах, где небольшая утечка воздуха может привести к существенным ошибкам, как, например, при измерениях потребления кислорода методом закрытой системы, в рот испытуемого помещают мундштук (резиновую трубку с бортиками), который он крепко зажимает губами.

«Нормальные» параметры респираторной функции; формулы и номограммы

Большинство измерений легочной вентиляции достаточно легко выполняемы, однако часто бывает трудно определить, находятся ли величины, полученные для данного человека, в пределах нормы. С этой целью были разработаны специальные формулы, учитывающие корреляцию между отдельными характеристиками функции внешнего дыхания и такими факторами, как пол, рост, вес, размеры грудной клетки. Примеры таких формул приведены ниже.

Мужчины

Жизненная емкость (л) = Рост (см) $\times$ 0,052 – Возраст $\times$ 0,022 – 3,60

Объем форсированного выдоха (л) = Рост (см) $\times$ 0,037 – Возраст $\times$ 0,028 – 1,59

Максимальная произвольная вентиляция (л/мин) = Рост (см) $\times$ 1,34 – Возраст $\times$ 1,26 – 21,4

Максимальная скорость потока воздуха при выдохе (л/мин) = [3,95 – (Возраст $\times$ 0,015)] $\times$ Рост (см)

Женщины

Жизненная емкость (л) = Рост (см) $\times$ 0,041 – Возраст $\times$ 0,018 – 2,68

Объем форсированного выдоха (л) = Рост (см) $\times$ 0,028 – Возраст $\times$ 0,021 – 0,86

Максимальная произвольная вентиляция (л/мин) = (71,3 – Возраст $\times$ 0,47) $\times$ Площадь поверхности тела (м²)

Максимальная скорость потока воздуха при выдохе (л/мин) = [2,93 – (Возраст $\times$ 0,007)] $\times$ Рост (см)

Практическая часть

Задание 1. Изучение параметров респираторной функции по формулам и номограммам.

Ход работы. Измерьте свой рост без обуви и вес без одежды (если вес измерен в одежде, то его следует уменьшить на 5 кг для мужчин и 3 кг для женщин). Подставив полученные значения в формулу, вы можете рассчитать величины, которых следует ожидать в дальнейших экспериментах.

Соотношение между поверхностью тела, ростом и весом дает номограмма, представленная на рис. 2. Результаты измерений и цифры, полученные при помощи формул, внесите в таблицу (рис. 3).

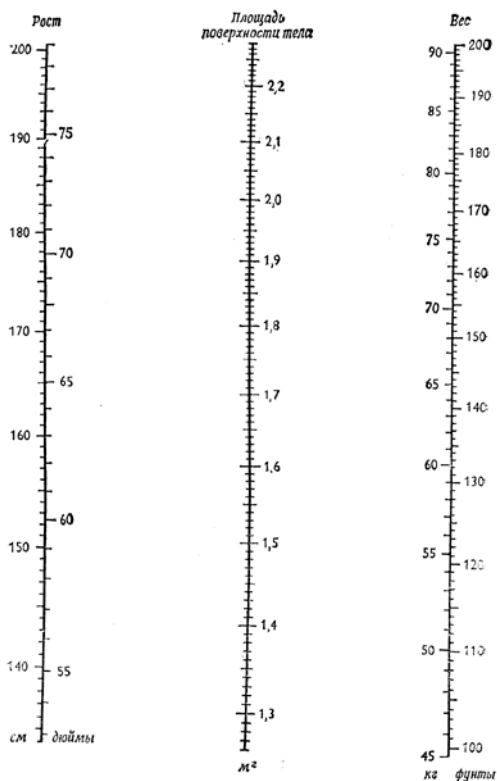


Рис. 2. Номограмма для определения площади поверхности тела

Возраст	Пол	Рост	Вес	Площадь поверхности тела
Величина, найденная по формуле	ЖЕЛ	ФЖЕЛ ₁	Максимальная произвольная вентиляция	Максимальная скорость потока воздуха при выдохе

Рис. 3. Таблица для регистрации расчетных параметров респираторной функции

Задание 2. Влияние положения тела на функциональную остаточную емкость легких.

Ход работы. Используя спирометр, проведите регистрацию дыхательных движений в течение четырех минут, положив испытуемого на спину на кушетку, а затем предложите ему осторожно встать, по-прежнему держа во рту мундштук и стараясь не беспокоить спирометр и шланги. На записи должен появиться подъем, обусловленный увеличением функциональной остаточной емкости, которое происходит в результате опускания органов брюшной полости и диафрагмы под действием силы тяжести. Через несколько минут испытуемый вновь осторожно ложится на спину на кушетку. Сделайте в записи соответствующие отметки и рассмотрите результаты.

Задание 3. Определение дыхательного объема легких.

Дыхательным объемом называют объем воздуха, входящий в легкие и выходящий из них при каждом вдохе и выдохе. Точно измерить нормальную величину дыхательного объема очень трудно, поскольку кроме помимо положения тела, на него также оказывает влияние гипервентиляция, возникающая, как только испытуемый начинает следить за характером своих дыхательных движений (это неизбежно при использовании мундштука, зажима и спирометра). Роль последнего фактора можно уменьшить путем многократного повторения экспериментальной процедуры.

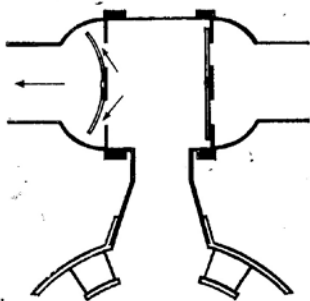


Рис. 4. Мундштук с системой клапанов для исследований дыхательной системы

Ход работы. Мундштук зажимают зубами. При вдохе воздух поступает через правый клапан, а левый в это время закрыт. Во время выдоха воздух выходит только через трубку, расположенную слева. Для открывания и закрывания клапана служат круглые резиновые заслонки, как показано здесь, или пластмассовые диски с пружиной.

Наложите на нос испытуемого зажим и дайте ему резиновый мундштук, соединенный с направляющим клапаном (рис. 4). Испытуемый вдыхает атмосферный воздух, а выдыхаемый воздух поступает в спирометр. Можно также взять мундштук в виде короткой широкой стеклянной трубки и предложить

испытуемому дышать через спирометр, имеющий большой объем (т. е. испытуемый вдыхает воздух из спирометра и выдыхает в него). В обоих случаях для измерения объема выдыхаемого воздуха применяют спирометр с низким сопротивлением дыханию, без поглотителя CO_2 . Попросите испытуемого дышать спокойно и сделайте запись нескольких дыхательных циклов. Повторите запись несколько раз. Продолжайте до тех пор, пока не получите стабильные записи. Возьмите среднее значение из нескольких записей и вычислите дыхательный объем в литрах. Просчитайте частоту дыхания.

Умножив величину дыхательного объема на число дыхательных циклов в минуту, получают величину вентиляции в минуту, которую обычно называют минутным объемом.

Задание 4. Регистрация жизненной емкости легких.

Ход работы. Простерилизуйте и промойте мундштук и присоедините его к трубкам спирометра. Выдохните, сделайте возможно более глубокий вдох атмосферного воздуха, а затем, без чрезмерной поспешности, максимальный выдох в спирометр (на нос наложите зажим). Измеренный таким образом объем воздуха составляет жизненную емкость легких.

Задание 5. Регистрация форсированного вдоха и выдоха.

При определении максимальной произвольной вентиляции от испытуемого требуются значительные усилия, поэтому при исследовании больных и слабых людей чаще применяют регистрацию однократного форсированного вдоха или (чаще) выдоха. Предложены разные методы регистрации и оценки таких спирограмм. Обычно используют следующий метод.

Ход работы. Испытуемый закрывает нос зажимом, делает максимальный вдох атмосферного воздуха, берет в рот мундштук и делает максимально глубокий выдох в спирометр. По окончании выдоха он делает быстрый глубокий вдох из спирометра и вынимают мундштук.

Обратите внимание, что к концу выдоха происходит замедление записи. При вдохе скорость потока воздуха постоянна до тех пор, пока легкие не наполнятся.

Пользуясь полученной кривой, обычно измеряют односекундный объем форсированного выдоха (ОФВ, т. е. объем воздуха, выдыхаемого в течение одной секунды от начала отсчета. Тот же объем, выраженный в процентах от ЖЕЛ, обозначают как ФЖЕЛ. Очевидно, что при заболеваниях дыхательных путей, сопровождающихся повышенным сопротивлением току воздуха, величины ОФВ и ФЖЕЛ должны быть понижены. Количество воздуха, выдыхаемого от момента завершения полного вдоха до полного выдоха, составляет жизненную емкость легких (ЖЕЛ), при усиленном дыхании называемую форсированной жизненной емкостью легких (ФЖЕЛ). У здорового человека объем ФЖЕЛ должен составлять по крайней мере 70% форсированной жизненной емкости легких. У человека с респираторным заболеванием, сопровождающимся сужением просвета бронхов, объем форсированного выдоха и форсированная жизненная емкость легких должны быть ниже ожидаемых

величин, но процентная величина ФЖЕЛ окажется нормальной. При заболеваниях дыхательных путей, связанных с повышенным сопротивлением току воздуха, величина объема форсированного выдоха в литрах и в процентах будет ниже нормы, но форсированная жизненная емкость легких может быть нормальной.

Задание 6. Регистрация вдоха и выдоха после задержки дыхания.

Максимальная продолжительность времени, в течение которого тренированный человек может произвольно задерживать дыхание, преодолевая желание вдохнуть, считается постоянной, поэтому ее измерение позволяет оценить степень этого желания. Задержка дыхания прекращается в тот момент, когда желание вдохнуть становится настолько значительным, что испытуемый уже не может его преодолеть.

1. Посидите спокойно 3–4 мин., нормально дыша, затем задержите дыхание, насколько сможете. Определите продолжительность задержки дыхания, взяв среднее значение из трех попыток.

2. После 1–2 мин. усиленного дыхания (старайтесь, прежде всего, увеличить глубину, а не частоту дыхания) снова определите продолжительность задержки дыхания.

3. Наложив на нос зажим, дышите в течение одной минуты воздухом. После этого определите задержку дыхания.

4. После 2–3 мин. спокойного дыхания сделайте глубокий вдох и в конце его задержите дыхание. Посмотрите, будет ли следующее после задержки дыхательное движение вдохом или выдохом. Повторите эксперимент, задержав дыхание после глубокого выдоха.

5. Определите влияние тренировки на продолжительность задержки дыхания. Постройте график зависимости продолжительности задержки от номера попытки. Посмотрите, как долго продолжается улучшение результата. Попытайтесь объяснить полученные результаты.

Задание 7. Регистрация вдоха и выдоха после физической нагрузки.

Сделайте запись дыхательных движений на спирографе.

Регистрируйте в течение некоторого времени нормальные дыхательные движения, чтобы получить стандарт для сравнения. Отодвиньте писчик от барабана и предложите испытуемому бежать на месте в течение 2–3 мин. Вновь придвиньте писчик к барабану и сделайте запись 2–3 дыхательных циклов. Попросите испытуемого возможно дольше задержать дыхание и зарегистрируйте эффект.

Сделайте запись отметки времени. Рассчитайте частоту дыхательных движений в различных условиях. Объясните результаты.

Рекомендуемая литература

1. Большой практикум по физиологии человека и животных. // Под ред. Л. Л. Васильева и И. А. Ветюкова. – М.: Высшая школа. 1961. – 676 с.
2. Экспериментальная физиология. // Под ред. Б. Л. Андрев. – М.: Мир. 1974. – 352 с.
3. Физиология человека / Под ред. Г. И. Косицкого. – М., 1985. – 544 с.
4. Основы физиологии человека в 2-х томах. / Под ред. Б. И. Ткаченко. – СПб, 1994.
5. Физиология человека: в 3 т. Пер. с англ./ под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – М.: Мир, 1996. – 313 с.
6. Филимонов, В. И. Руководство по общей и клинической физиологии. – М.: 2002. – 958 с.

Учебное издание

Свирид В. Д.

**ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ФИЗИОЛОГИЯ
АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ»**

Учебно-методическое пособие

Редактор *А. В. Красуцкая*
Компьютерная верстка *М. Ю. Мошкова*
Корректор *А. В. Красуцкая*

Подписано в печать 15.07.2015. Формат 60×90 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная

Усл. печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 1,8.

Тираж 100 экз. Заказ № .

Республиканское унитарное предприятие «Криптотех».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/277 от 07.04.2014.

Ул. Свердлова, 32а, 220006, г. Минск.

«Оргстрой» Открытое акционерное общество
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/167 от 01.10.2014.

Минск Берестянская, 16, 220034, г. Ул.