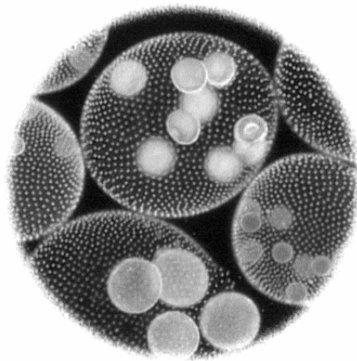


Л.Ф. ДОБРО, Н.М. БОГАТОВ

БИОФИЗИКА

Лабораторный практикум

Часть 2



**Краснодар
2010**

Министерство образования и науки
Российской Федерации
КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Л. Ф. ДОБРО, Н. М. БОГАТОВ

БИОФИЗИКА

Лабораторный практикум

Часть 2

Краснодар
2010

УДК 577 (075.8)
ББК 28.071 .Я 73
Д 56

Рецензенты:

Кандидат биологических наук, профессор Г.А. Плутахин
Кандидат технических наук, доцент Ю.Б. Захаров

Добро Л. Ф., Богатов Н. М.

Д56 Биофизика: лабораторный практикум. Часть 2 / Л. Ф. Добро,
Н. М. Богатов. Краснодар: Кубанский гос.ун–т, 2010. 79 с.

Дается описание 8 лабораторных работ по курсу «Биофизика». Приведены теоретические сведения, методические указания по выполнению работ, Контрольные вопросы и список рекомендуемой литературы.

Адресуется студентам физико–технического факультета КубГУ.

УДК 577 (075.8)
ББК 28.071 .Я 73

©Кубанский государственный
университет, 2010

Предисловие

Лабораторный практикум по курсу «Биофизика» (ч. 2) является продолжением вышедшего ранее практикума, включает описание 7 лабораторных работ (№ 9–15).

Во второй части сохранена общая схема описания лабораторных работ, принятая в первой части.

В ходе исследования устанавливаются количественные зависимости между различными явлениями, которые определяются в результате измерений. Вследствие различных причин никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно, поэтому следует не только определять саму величину, но и оценивать погрешность измерений.

Все рекомендации по подготовке, выполнению и сдаче лабораторных работ, изложенные во введении к ч. 1 практикума в полной мере применимы и к ч. 2.

Лабораторная работа № 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Приборы и принадлежности: периметр, штативный стержень ($l = 500$ мм, нержавеющая сталь), трубка «ПАСС», прямоугольный зажим, шкала транспорта с указателем, зажимная стойка, штатив универсальный, столик на ножке.

Цель работы: - Определить поле зрения правого и левого глаза для белого, синего, красного и зеленого. Определить любой недостаток зрения (скотома), расположение слепого пятна (точки зрительного нерва). Определить степень поля зрения обоих глаз и положение слепого пятна при помощи периметра.



Рис. 9.1. Экспериментальная установка

Краткая теория

Считается, что в сетчатке глаза человека есть три вида колбочек, максимумы чувствительности которых приходятся на красный, зелёный и синий участки спектра, т. е. соответствуют трём «основным» цветам. Они обеспечивают распознавание тысяч цветов и оттенков.

Кривые спектральной чувствительности трёх видов колбочек частично перекрываются, что способствует явлению метамерии (рис 9.2). Очень сильный свет возбуждает все 3 типа рецепторов и потому воспринимается как излучение слепяще-белого цвета.

Равномерное раздражение всех трёх элементов, соответствующее средневзвешенному дневному свету, также вызывает ощущение белого цвета (табл. 9.1).

Таблица 9.1

Психология восприятия света

Тип колбочек	Обозначение	Воспринимаемые длины волн	Максимум чувствительности
S	β	400–500 нм	420–440 нм
M	γ	450–630 нм	534–545 нм
L	ρ	500–700 нм	564–580 нм

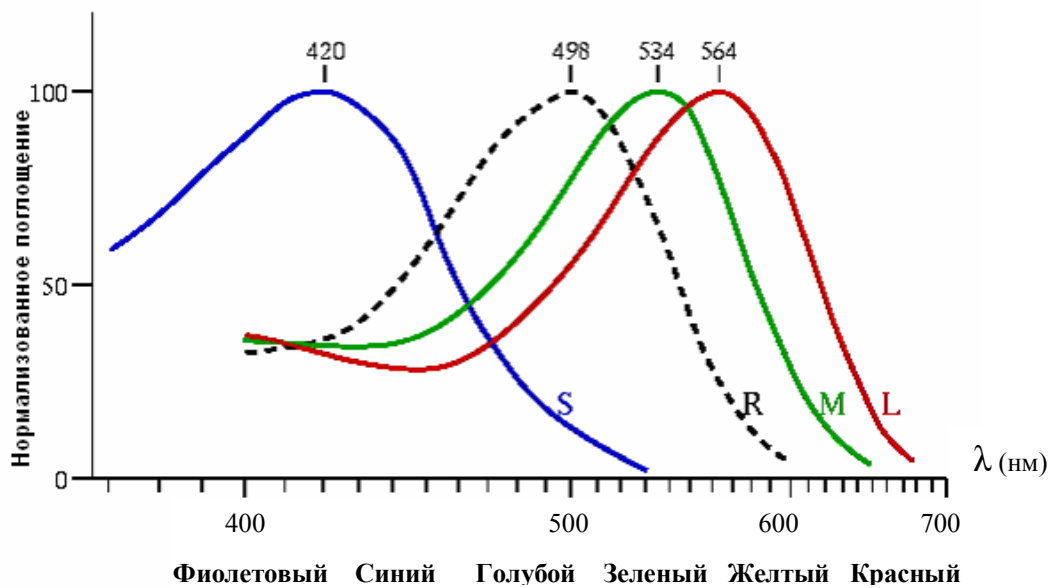


Рис. 9.2. График зависимости восприятия цвета от длины волны

Свет с разной длиной волны по-разному стимулирует разные типы колбочек. Например, желто-зеленый свет в равной степени стимулирует колбочки L и M-типов, но слабее стимулирует колбочки S-типа. Красный свет стимулирует колбочки L-типа намного сильнее, чем колбочки M-типа, а S-типа не стимулирует почти совсем. Зелено-голубой свет стимулирует рецепторы M-типа сильнее, чем L-типа, а рецепторы S-типа – ещё немного сильнее; свет с этой длиной волны наиболее сильно стимулирует также палочки. Фиолетовый свет стимулирует почти исключительно колбочки S-типа. Мозг воспринимает комбинированную информацию от разных рецепторов, что обеспечивает различное восприятие света с разной длиной волны.

Поле зрения называется пространство, в пределах которого видны все его точки при фиксированном положении глаза. Поле зрения в значительной степени определяет пропускную способность зрительного анализатора, т. е. то максимальное количество информации, которое способны зарегистрировать органы зрения за единицу времени. Между размерами поля зрения и пропускной способностью зрительного анализатора существует прямая зависимость – чем больше поле зрения, тем больше его пропускная способность.

Размеры поля зрения значительно варьируются у различных людей. Эти индивидуальные различия зависят, например, от профессиональной деятельности, в частности, от занятия различными видами спорта. У футболистов, хоккеистов, волейболистов и других представителей игровых видов спорта границы поля зрения существенно шире, чем у людей, не занимающихся спортом.

Также поле зрения увеличивается с возрастом. Поле зрения особенно интенсивно развивается в дошкольном и младшем школьном возрасте. Так, например, за период от 6 до 7,5 лет поле зрения возрастает в 10 раз. В возрасте 7 лет оно составляет 80 % от размеров поля зрения взрослого. В развитии поля зрения наблюдаются и половые особенности. В 6 лет поле зрения у мальчиков больше, чем у девочек, в 7–8 лет наблюдается обратное соотношение. В последующие годы размеры поля зрения сравниваются, а с 13–14 лет его размеры у девочек больше. Расширение поля зрения продолжается до 20–30 летнего возраста. В старости границы поля зрения несколько сужаются. Это сужение идет неравномерно по всем направлениям, не имеет прямой корреляции с возрастом и зависит от ряда факторов, в том числе от профессии.

Различают цветное (хроматическое) и бесцветное (ахроматическое) поле зрения. Ахроматическое поле зрения больше хроматического, т. е. наиболее велико поле зрения для белого цвета (т. е. для смешанного цвета). Это объясняется тем, что палочки, чувствительные ко всем видимым лучам и воспринимающие не цвет, а свет, находятся в большом количестве на периферии сетчатки. Границы ахроматического поля зрения составляют: снаружy примерно 100° , кнутри и кверху – 60° и книзу – 65° .

Для различных цветов поле зрения также неодинаково. Немного меньше, чем для белого, поле зрения для желтого цвета, ещё

меньше для синего цвета, далее идет красный цвет, самое узкое поле зрения для зеленого цвета (рис. 9.3).

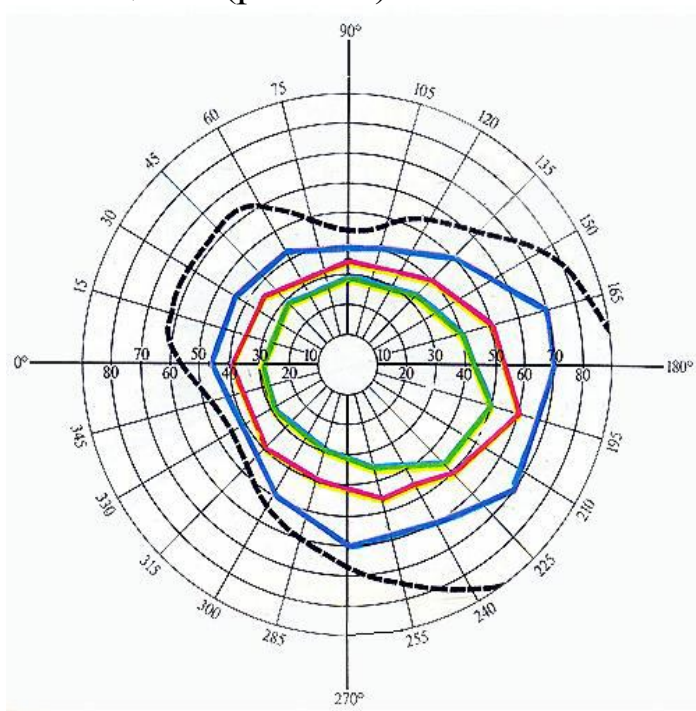


Рис. 9.3. Поле зрения (пунктиром показано поле зрения для белого цвета)

Измерение поля зрения - это измерение пространства, которое человек видит неподвижным глазом. Изменения поля зрения могут носить различный характер: в одних случаях оно концентрически сужено, иногда выпадают отдельные участки поля зрения как в центре (центральные скотомы), так и на периферии (периферические скотомы). При заболеваниях головного мозга нередко наблюдается двустороннее выпадение поля зрения - гемианопсия

Поле зрения определяется с помощью периметра Ферстера или проекционного периметра. Методика исследования поля зрения на периметре Ферстера состоит в следующем. Больного помещают в светлой комнате спиной к окну. Один глаз закрывают монокулярной повязкой, подбородок устанавливают на подставку периметра. Исследуемым глазом больной неподвижно фиксирует белую точку в центре дуги периметра.

Для определения границ поля зрения на белый цвет белый объект диаметром 5 мм медленно передвигают от периферии к центру до тех пор, пока больной, продолжая фиксировать центральную точку, не увидит белого объекта, о чем он сообщает ударом карандаша по столу. Деление дуги, на которой больной заметил белый

объект, соответствует границе поля зрения. Полученные данные наносят на специальную схему.

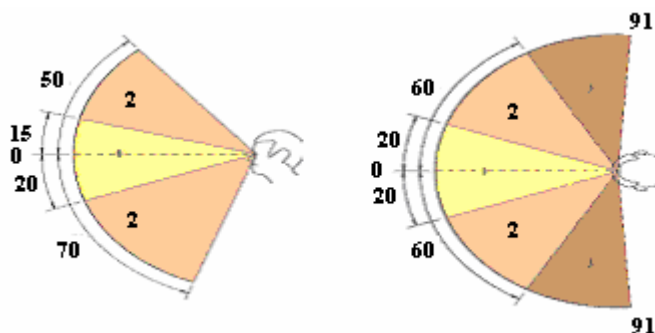


Рис. 9.4. Схема степени восприятия объектов: зона 1 – высокая степень идентификации цветов; зона 2 – средняя степень идентификации цветов (видны практически все цвета); зона 3 – Низкая степень идентификации цветов (видимы некоторые цвета)

Подготовка установки к работе

1. Прикрепите периметр к краю рабочего стола при помощи струбцины, стержня, зажимной стойки и прямоугольного зажима так, чтобы открытая часть периметра была повернута к окну (см. рис. 9.1).
2. Вкрутите указатель в штатив (не касаясь стержня периметра) вертикально прямо и закрепите его при помощи рифленой гайки.
3. Прикрепите шкалу транспортира к стержню периметра так, чтобы она находилась строго горизонтально и крепилась при помощи рифленой гайки.
4. При помощи зажимной стойки прикрепите столик на ножке к штативной основе, отрегулируйте его высоту, чтобы глаз испытуемого находился точно по центру периметра.
5. В качестве проверки поверните периметр на 360° . Шкала транспортира должна вращаться вместе с периметром, а периметр не должен ударяться о струбцину или столик на ножке. Затем закрепите периметр в горизонтальном положении.

Порядок выполнения работы

1. Усадите тестируемого так, чтобы ему удобно было держать голову на столике длительное время без движения (при необходимости отрегулируйте высоту стула).

2. Глаза испытуемого должны быть направлены в точку внутреннего центра периметра в течение всего эксперимента. Прикрепите белый маркер к периметру во внутреннем центре как ориентир для глаза. Другой глаз должен быть закрыт в течение эксперимента. Передвигайте белые или цветные маркеры через поле зрения при помощи магнита с внешней стороны периметра.
3. Передвигайте белый маркер из точки внешней границы в центр внутренней поверхности периметра до тех пор, пока тестируемый не заметит его (глаза испытуемого при этом должны смотреть в центр). Определите значение по шкале за периметром и внесите его в круговую систему координат (см. рис. 9.3).
4. Повторяйте измерение с шагом в 30° (отсчитывая на шкале транспортира) до тех пор, пока поле зрения не будет полностью нанесено на круговую систему координат. Затем проведите аналогичные измерения для второго глаза.
5. Не информируя испытуемого, повторите эксперимент с синими, красными и зелеными маркерами (часто меняйте цвета). Тестируемый должен сообщать, как только увидит цвет маркера (как правило, бесцветный, сероватый маркер замечается гораздо раньше).

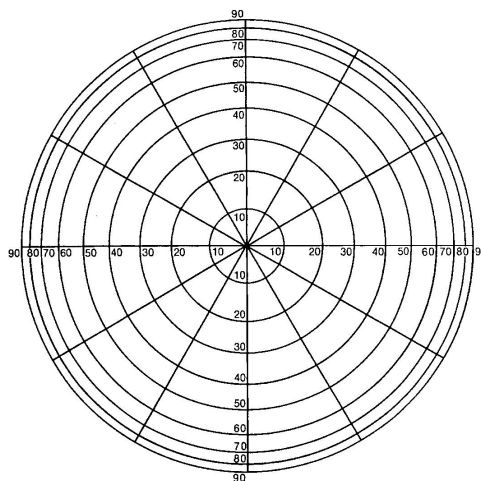


Рис. 9.5. Круговая система координат

Результаты и расчет

Внешняя область, воспринимаемая неподвижным глазом, называется полем зрения. Полем обзора называется область, воспринимаемая подвижным глазом при неподвижной голове.

В зависимости от расположения палочек и колбочек в сетчатке (колбочки расположены в центре, а палочки – по бокам, а между ними – палочки и колбочки в хаотическом порядке) размер поля

зрения меняется для разного воспринимаемого цвета. Самое большое поле зрения у белого цвета, затем у синего, красного и зеленого (рис. 9.6). Из-за носа и щек поле зрения имеет слегка неправильную, асимметричную форму. Для белого цвета горизонтальная протяженность поля зрения составляет примерно 180° .

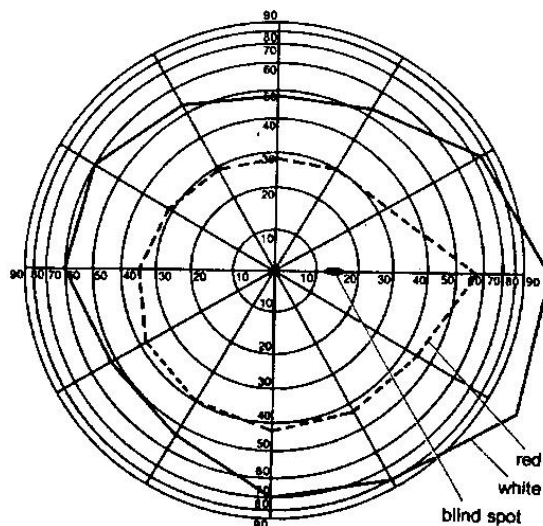


Рис. 9.6. Поле зрения правого глаза (слепое пятно показано черным)

Контрольные вопросы и задания

1. Объясните принцип работы сенсоров глаза.
2. Какой диапазон длин воспринимаемых волн?
3. С помощью какого прибора осуществляют измерение поля зрения?
4. Сколько типов рецепторов присутствует в человеческом глазу?
5. Что называется полем зрения; полем обзора?
6. Как распределены колбочки на сетчатке глаза?
7. Как меняется размер поля зрения для разных воспринимаемых цветов?
8. Дайте определение термину «слепое пятно».
9. Какие офтальмологические болезни можно выявить, измеряя поле зрения человека?

Пример выполнения работы

Эксперимент № 1. Измерения были проведены 3 раза в одних и тех же условиях, с одним и тем же испытуемым. Использовался белый маркер. В результате усреднения получился следующий график (рис. 9.7).

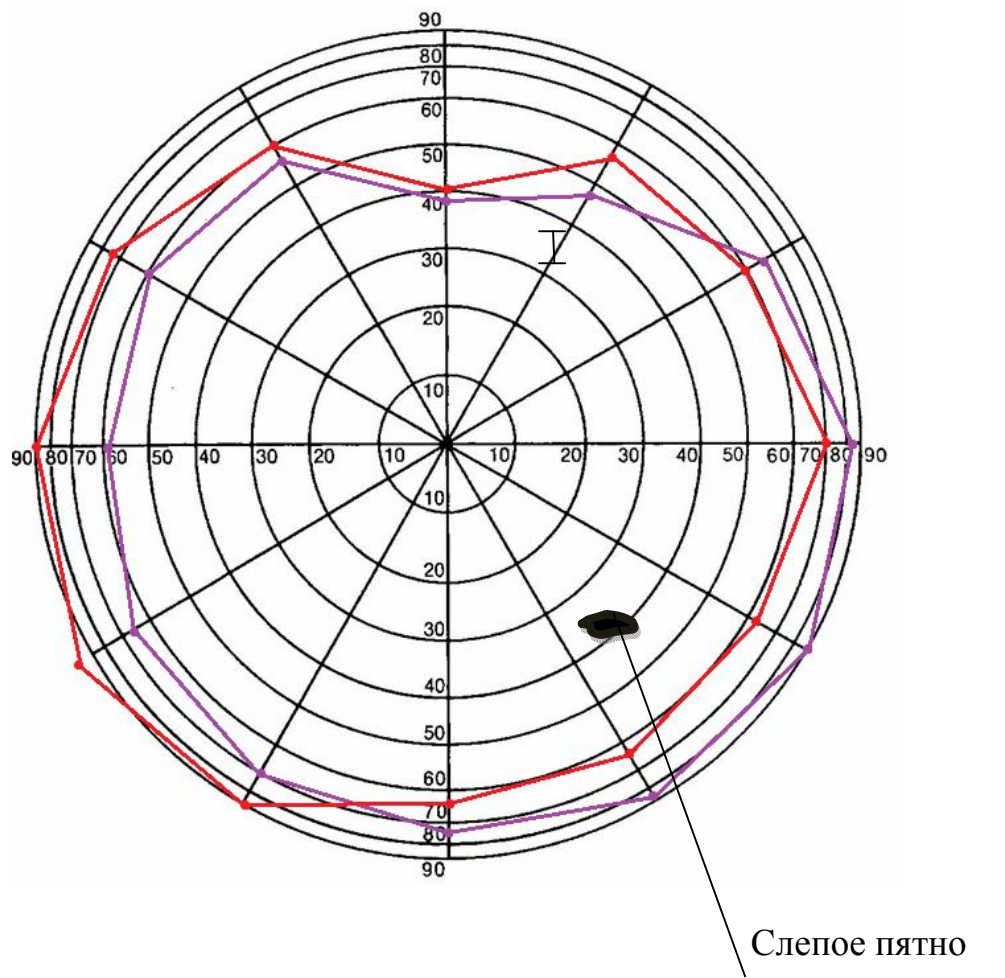
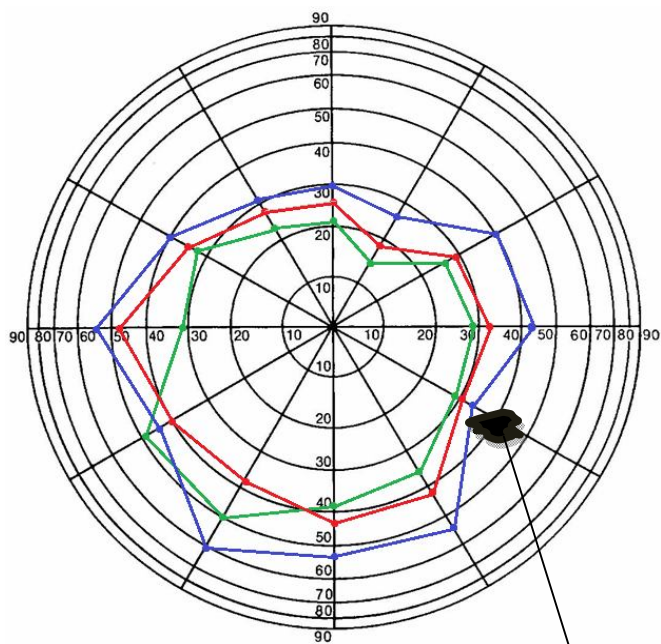


Рис. 9.7. Результаты эксперимента

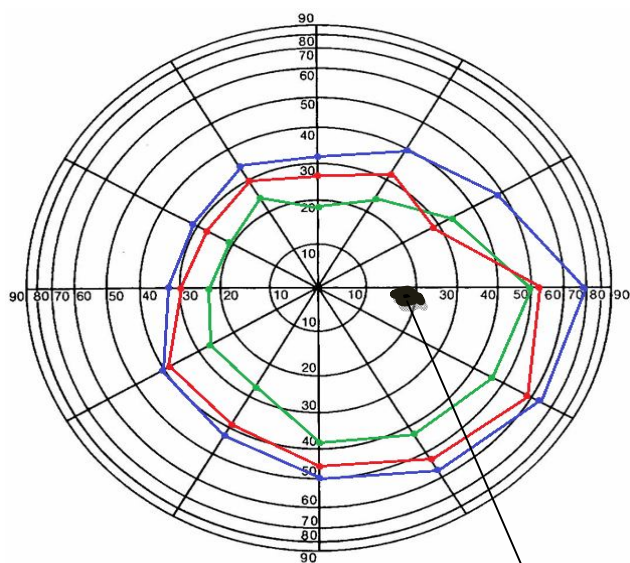
- Поле зрения левого глаза
- поле зрения правого глаза

Эксперимент № 2. Не информируя испытуемого, повторили эксперимент с синим, красным и зеленым маркерами (рис. 9.8, 9.9).



Слепое пятно

Рис. 9.8. Поле зрения левого глаза



Слепое пятно

Рис. 9.9. Поле зрения правого глаза

Выводы

По форме поля зрения можно судить о расположении колбочек на сетчатке испытуемого. На самой периферии сетчатой оболочки ощущения цвета нет, крайняя периферия ее воспринимает только белый цвет. Это объясняется отсутствием в этих отделах сетчатой оболочки колбочек. Только по мере приближения к центру увеличивается количество колбочек и появляется ощущение синего цвета, затем красного и, наконец, зеленого. В центральной части поля зрения различаются все цвета, т. е. сетчатая оболочка здесь по-настоящему трихроматична. Границы полей зрения на цвета подвержены большим колебаниям в зависимости от освещения, окраски стен помещения, внимательности испытуемого.

Наружная граница поля зрения на синий цвет соответствует 70° , на красный - 50° и на зеленый - 40° ; нижняя, внутренняя, а также верхняя границы для синего цвета равны 50° , для красного - 40° , для зеленого — 30° .

Сужение нижней, внутренней и верхней границ поля зрения испытуемого на синий цвет (см. рис. 9.8, 9.9) может говорить о поражении светочувствительного слоя (болезнь сетчатой оболочки, сосудистой оболочки). Сокращение же границ полей зрения на красный и особенно на зеленый цвет указывает на изменения проводящих путей (заболевания зрительного нерва).

У испытуемого по результатам обследования врача-офтальмолога действительно была обнаружена дистрофия сетчатки. Также было определено слепое пятно, на графике оно выделено черной областью. В этом месте нет ни палочек, ни колбочек. Когда маркер находился в этой области, испытуемый не мог его наблюдать.

Лабораторная работа № 10

ВРЕМЯРАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ГЛАЗА

Приборы и принадлежности: генератор синусоидальных колебаний, стимуляторный источник света, периметр, прямоугольный зажим, столик на ножке, струбцина «ПАСС», штатив универсальный, штативный стержень, зажимная стойка.

Цель работы: определить частоту мерцания стимуляторного источника света, при которой возникает впечатление непрерывного света. Изменить ход луча света при помощи периметра. Определить порог частоты слияния мельканий для левого и правого глаза относительно направления падения светового возбудителя и состояние адаптации глаз.

Краткая теория

Глаз (лат. oculus) - сенсорный орган животных и человека, обладающий способностью воспринимать электромагнитное излучение в световом диапазоне длин волн и обеспечивающий функцию зрения. Через глаз поступает 90% информации из окружающего мира.

Максимум непрерывного спектра солнечного излучения расположен в «зелёной» области 550 нм, на которую приходится максимум чувствительности глаза.

Глаз позвоночных животных (рис. 10.1) представляет собой периферическую часть зрительного анализатора, в котором рецепторную функцию выполняют нейроны сетчатой оболочки.

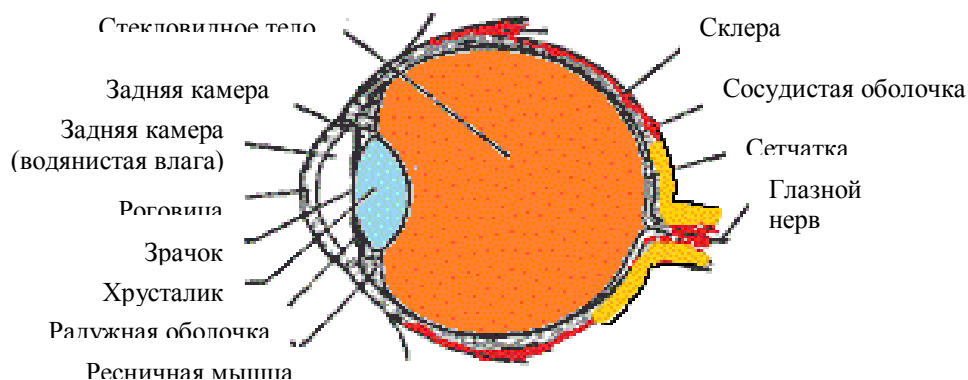


Рис. 10.1. Схема строения человеческого глаза

Внешнее строение человеческого глаза. Для осмотра доступны только передний, меньший, наиболее выпуклый отдел глазного яблока – роговица, и окружающая его часть; остальная, большая, часть залегает в глубине глазницы.

Глаз имеет не совсем правильную шарообразную форму. Длина его сагиттальной оси в среднем равна 24 мм, горизонтальной – 23,6 мм, вертикальной – 23,3 мм. Масса глазного яблока 7–8 г.

В глазном яблоке различают два полюса: передний и задний. Передний полюс соответствует наиболее выпуклой центральной части передней поверхности роговицы, а задний полюс располагается в центре заднего сегмента глазного яблока, несколько кнаружи от места выхода зрительного нерва.

Линия, соединяющая оба полюса глазного яблока, называется наружной осью глазного яблока. Расстояние между передним и задним полюсами глазного яблока является его наибольшим размером и равно примерно 24 мм.

Другой осью в глазном яблоке является внутренняя ось — она соединяет точку внутренней поверхности роговицы, соответствующую её переднему полюсу, с точкой на сетчатке, соответствующей заднему полюсу глазного яблока, её размер в среднем составляет 21,5 мм.

При наличии более длинной внутренней оси лучи света после преломления в глазном яблоке собираются в фокусе впереди сетчатки. При этом хорошо видеть предметы возможно только на близком расстоянии. В данном случае речь идет о близорукости, миопии.

Если внутренняя ось глазного яблока относительно короткая, то лучи света после преломления собираются в фокусе позади сетчатки. В этом случае видеть вдаль лучше, чем вблизи. Это явление называется дальнозоркостью, гиперметропией.

Наибольший поперечный размер глазного яблока у человека в среднем равен 23,6 мм, а вертикальный - 23,3 мм.

Выделяют также зрительную ось глазного яблока, которая простирается от его переднего полюса до центральной ямки сетчатки.

Линия, соединяющая точки наибольшей окружности глазного яблока во фронтальной плоскости, называется экватором. Он находится на 10-12 мм позади края роговицы. Линии, проведённые пер-

пендикулярно экватору и соединяющие на поверхности яблока оба его полюса, носят название меридианов. Вертикальный и горизонтальный меридианы делят глазное яблоко на отдельные квадранты (рис. 10.2).

Внутреннее строение человеческого глаза. Глазное яблоко состоит (рис. 10.2) из оболочек, которые окружают внутреннее ядро глаза, представляющее его прозрачное содержимое – стекловидного тела, хрусталика, водянистой влаги в передней и задней камерах.

Ядро глазного яблока окружают три оболочки: наружная, средняя и внутренняя.

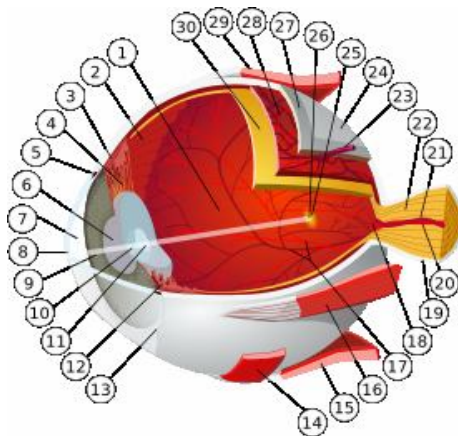


Рис. 10.2. Внутреннее строение глаза:

1 – задняя камера; 2 – зубчатый край; 3 – ресничная мышца; 4 – ресничный пояс; 5 – Шлеммов канал; 6 – зрачок; 7 – передняя камера; 8 – роговица; 9 – радужная оболочка; 10 – кора хрусталика; 11 – ядро хрусталика; 12 – цилиарный отросток; 13 – конъюнктура; 14 – нижняя косая мышца; 15 – нижняя прямая мышца; 16 – медиальная прямая мышца; 17 – артерии и вены сетчатки; 18 – слепое пятно; 19 – твердая мозговая оболочка; 20 – центральная артерия сетчатки; 21 – центральная вена сетчатки; 22 – зрительный нерв; 23 – вортикозная вена; 24 – влагалище глазного яблока; 25 – жёлтое пятно; 26 – центральная ямка; 27 – склера; 28 – сосудистая оболочка глаза; 29 – верхняя прямая мышца; 30 – сетчатка

Наружная, или фиброзная, оболочка глазного яблока (*tunica fibrosa bulbi*), к которой прикрепляются наружные мышцы глазного яблока, выполняет защитную функцию и благодаря тургору обуславливает форму глаза. Она состоит из передней прозрачной части – роговицы, и задней непрозрачной части белесоватого цвета – склеры.

Средняя, или сосудистая, оболочка глазного яблока (*tunica vasculosa bulbi*) играет важную роль в обменных процессах, обеспечивая питание глаза и выведение продуктов обмена. Она богата кровеносными сосудами и пигментом. Она образована радужкой, ресничным телом и собственно сосудистой оболочкой.

Внутренняя, или сетчатая, оболочка глазного яблока (*tunica interna bulbi*) – сетчатка – это рецепторная часть зрительного анализатора, здесь происходит непосредственное восприятие света, биохимические превращения зрительных пигментов, изменение электрических свойств нейронов и передача информации в центральную нервную систему.

С функциональной точки зрения оболочки глаза и её производные подразделяют на три аппарата: светопреломляющий и аккомодационный, формирующие оптическую систему глаза, и сенсорный аппарат.

Светопреломляющий аппарат глаза представляет собой сложную систему линз, формирующую на сетчатке уменьшенное и перевернутое изображение внешнего мира, включает роговицу, жидкости передней и задней камер глаза, хрусталик, а также стекловидное тело, позади которого лежит сетчатка, воспринимающая свет.

Аккомодационный аппарат глаза обеспечивает фокусировку изображения на сетчатке, а также приспособление глаза к интенсивности освещения. Он включает радужку с отверстием в центре – зрачком – и ресничное тело с ресничным пояском хрусталика.

Фокусировка изображения обеспечивается за счёт изменения кривизны хрусталика, которая регулируется цилиарной мышцей. При увеличении кривизны хрусталик становится более выпуклым и сильнее преломляет свет, настраиваясь на видение близко расположенных объектов. При расслаблении мышцы хрусталик уплощается и глаз приспособляется к видению удалённых предметов.

Зрачок представляет собой отверстие переменного размера в радужке. Он выполняет роль диафрагмы глаза, регулируя количество света, падающего на сетчатку. При ярком свете кольцевые мышцы радужки сокращаются, а радиальные расслабляются. При этом зрачок сужается и количество света, попадающего на сетчатку, уменьшается, это предохраняет её от повреждения. При слабом

свете, наоборот, сокращаются радиальные мышцы и зрачок расширяется, пропуская в глаз больше света.

Рецепторный аппарат глаза представлен зрительной частью сетчатки, содержащей фоторецепторные клетки, а также тела и аксоны нейронов, образующих зрительный нерв.

Сетчатка также имеет слоистое строение. Свет входит в глаз через роговицу, проходит последовательно сквозь жидкость передней камеры, хрусталик и стекловидное тело и, пройдя через всю толщу сетчатки, попадает на отростки светочувствительных клеток - палочек и колбочек. В них протекают фотохимические процессы, обеспечивающие цветное зрение.

В заднем полюсе сетчатки находится небольшое углубление - центральная ямка — наиболее чувствительный участок сетчатки, в котором содержатся только колбочки. Место на сетчатке, где нет ни палочек, ни колбочек, называется слепым пятном; оттуда из глаза выходит зрительный нерв.

Изучением заболеваний глаз занимается офтальмология. Существует множество заболеваний, при которых происходит поражение органа зрения. При некоторых из них патология возникает первично в самом глазу, при других заболеваниях вовлечение в процесс органа зрения происходит как осложнение уже существующих заболеваний.

К первым относят врождённые аномалии органа зрения, опухоли, повреждения органа зрения, а также инфекционные и неинфекционные заболевания глаз у детей и взрослых. Также поражение глаз происходит при таких общих заболеваниях, как сахарный диабет, базедова болезнь, гипертоническая болезнь и др.

Некоторые из первичных заболеваний глаз: катаракта, глаукома, миопия (близорукость), отслоение сетчатки, ретинопатия, ретинобластома, дальтонизм, демодекоз, ожог глаза, бленнорея, кератит, иридоциклит, косоглазие, кератоконус, деструкция стекловидного тела, кератомалиция, выпадение глазного яблока, астигматизм, конъюнктивит.

Подготовка установки к работе

1. Прикрепите периметр к краю рабочего стола при помощи струбцины, стержня, зажимной стойки и прямоугольного зажима так, чтобы щель периметра была повернута от окна

(рис. 10.3). Периметр должен быть закреплен в строго горизонтальном положении.

2. При помощи зажимной стойки прикрепите столик на ножке к штативной основе, отрегулируйте его высоту, чтобы глаз испытуемого находился точно по центру периметра.
3. Расположите генератор синусоидальных колебаний на рабочем столе так, чтобы испытуемый не мог видеть дисплей, на котором отображается частота.
4. Источник света подключите к выходу генератора. Внимание: регулятор амплитуды поверните только на пол-оборота (максимум 6 В), в противном случае источник света выйдет из строя!



Рис. 10.3. Экспериментальная установка

Порядок выполнения работы

1. Усадите испытуемого так, чтобы он мог держать голову на столике длительное время без движения. При необходимости отрегулируйте высоту стула.
2. Исследуемый глаз испытуемого должен смотреть в точку внутреннего центра периметра в течение всего эксперимента. Прикрепите белый маркер к периметру во внутреннем центре для облегчения фокусировки. Другой глаз должен оставаться закрытым.
3. Расположите источник света в центре внутренней части периметра и закрепите его магнитом снаружи.
4. Установите частоту генератора в 10 Гц и поверните регулятор амплитуды на пол-оборота (максимум 6 В).

5. Постепенно увеличивайте частоту до тех пор, пока у испытуемого исчезнет впечатление непрерывного света. Запишите эту частоту слияния мельканий в таблицу.
6. Передвиньте источник света горизонтально на 10° от центра и вновь определите частоту слияния мельканий аналогично изложенному ранее (начиная от 10 Гц), глаза испытуемого при этом должны смотреть в центр периметра.
7. Повторяйте измерение с шагом в 10° (справа и слева от центра) до тех пор, пока источник света не исчезнет с поля зрения (все еще находясь на установочной метке). Запишите все значения, полученные в ходе эксперимента, в табл. 2.

Таблица 2

Угол α , $^\circ$	Частота слияния мельканий, Гц			
	Левый глаз		Правый глаз	
	Вправо	Влево	Вправо	Влево
0				
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				

8. Повторите измерения для другого глаза и в затемненном помещении (глаз, адаптированный к темноте). Изменив амплитуду генератора, исследуйте зависимость частоты слияния мельканий от силы источника света.
9. Поскольку для возбуждения световоспринимающих клеток сетчатки всегда требуется немного больше времени, чем для светового стимула, то лишь ограниченное число стимулов в единицу времени поддается обработке (временноразрешающая способность глаза). Если периодически включать и выключать источник света с возрастающей частотой, глаз сначала будет воспринимать отдельные вспышки, затем возникнет впечатление непрерывного света (слияние мельканий). Частота стимуляции, при которой возникает

последнее явление, частота слияния мельканий, зависят от силы, длины волны, а также направления хода света.

10. Для демонстрации этой зависимости нанесите на систему координат результаты, записанные в таблице: значение частоты – на ось ординат, а направление хода света (справа или слева от нуля, рис. 10.4) – на ось абсцисс.

Частота слияния мельканий имеет максимальное значение при 0° .

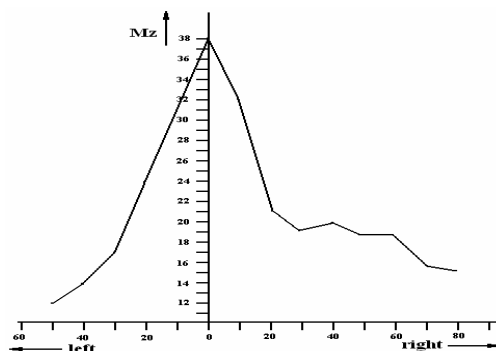


Рис. 10.4. Кривая частоты слияния мельканий

11. Измеренные значения варьируются между 20 Гц для глаза, адаптированного к темноте, и 70 Гц для глаза, адаптированного к свету. Ближе к краю сетчатки времяразрешающая способность глаза резко уменьшается: при 30° частота слияния, как правило, снижается наполовину.

Контрольные вопросы и задания

1. Что представляет собой глаз?
2. В какой области расположен максимум непрерывного спектра человеческого глаза?
3. От чего зависит частота слияния мельканий? Когда она имеет максимальное значение?
4. Какова масса глазного яблока?
5. Назовите два полюса, которые выделяют в глазном яблоке.
6. Что называется экватором глазного яблока?
7. Из чего состоит глазное яблоко?
8. Что такое аккомодационный (приспособительный) аппарат?
9. Что представляет собой зрачок?
10. Укажите интервалы, в которых изменяется частота слияния глаза, адаптированного к свету, темноте.

Пример выполнения работы

Таблица 3

Измерения проводились при пасмурной погоде в помещении при искусственном освещении. Амплитуда на минуту.

Угол α , °	Частота слияния мельканий, Гц			
	Левый глаз		Правый глаз	
	Вправо	Влево	Вправо	Влево
0	35,6		42,9	
10	24,8	23,4	29,8	34,5
20	22,0	23,5	27,9	28,9
30	19,4	20,4	23,6	24,4
40	19,7	22,0	25,5	20,4
50	21,5	21,7	18,0	18,7
60	15,5	18,5	19,1	19,0
70		16,3	20,5	15,3
80		16,1	22,9	
90		19,8	23,3	

Таблица 4

Измерения проводились при пасмурной погоде в помещении при искусственном освещении. Амплитуда 3 В.

Угол α , °	Частота слияния мельканий, Гц			
	Левый глаз		Правый глаз	
	Вправо	Влево	Вправо	Влево
0	29,8		29,7	
10	24,4	24,0	28,8	27,1
20	22,2	21,8	25,9	25,9
30	20,7	19,7	24,9	20,1
40	19,9	25,1	27,0	17,2
50	16,1	21,4	21,9	17,8
60	11,9	16,6	20,5	15,3
70		17,4	16,4	
80		16,1	18,0	
90		17,5	18,0	

Таблица 5

Измерения проводились при солнечной погоде в помещении при смешанном освещении. Амплитуда на минуту.

Угол α , °	Частота слияния мельканий, Гц			
	Левый глаз		Правый глаз	
	Вправо	Влево	Вправо	Влево
0	47,1		45,7	
10	38,8	37,6	41,1	37,3
20	37,3	35,9	39,3	33,4
30	31,2	29,9	25,6	27,1
40	29,5	28,2	30,5	25,3
50	25,3	22,2	31,2	24,2
60	27,4	23,8	26,6	20,2
70	27,6	18,6	22,7	
80		18,3	23,5	
90		22,3	26,6	

Выводы

По итогам измерений подтверждается тот факт, что при частоте слияния мельканий имеет максимальное значение при 0^0 см. с. 13. Ближе к краю сетчатки времяразрешающая способность глаза резко уменьшается. Также видно, что при пасмурной погоде (т. е. при тусклом свете) времяразрешающая способность глаза резко уменьшается.

В ходе эксперимента менялась амплитуда генератора, измерения проводились при минимальной амплитуде и при 3В. Была исследована зависимость частоты слияния мельканий от силы источника света: чем выше амплитуда, тем ниже частота слияния мельканий. Частота слияния мельканий зависит и от освещения, внимательности испытуемого и от состояния здоровья глаза. У испытуемого близорукость высокой степени.

Лабораторная работа № 11

ПРОВЕРКА РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Приборы и принадлежности: стробоскопический барабан, бумага для стробоскопического барабана, двигатель с держателем для дисков, источник питания, соединительный шнур, штатив-универсал, прямоугольный зажим, штативный стержень, маркер, клейкая лента.

Цель работы: измерить время реакции человека, измерить время простоя при проверке реакции. Проанализировать переходной режим. Определить пороговую частоту раздражителя. Изучить влияние шума и алкоголя на реакционную способность.

Краткая теория

Двигательная реакция – это ответ на внезапно появляющийся сигнал определенными движениями или действиями. Различают время реакции на сенсорные раздражители и время реакции умственных процессов. Но так как может быть не один, а несколько одновременных или последовательных раздражителей и, следовательно, одна или несколько возможных реакций, то различают время простой и сложной реакции. Сложные реакции, в свою очередь, подразделяются на реакции выбора и реакции на движущийся объект.

Быстрота двигательной реакции имеет большое прикладное значение практически для любой профессиональной деятельности, связанной с выполнением каких-либо двигательных действий. Современные технические системы, операторская деятельность, например, нередко предъявляют высокие требования к быстроте реагирования. Быстрота реакции имеет большое значение и для различных единоборств, используемых в прикладной подготовке военнослужащих, сотрудников правоохранительных органов, различных служб охраны.

Исследования показывают, что и в спринтерском беге, т. е. в беге с максимальной скоростью, преимущество имеют те спортсмены, у кого выше быстрота реакции и подвижность нервных процессов.

Для простых реакций характерен значительный перенос быстроты: тренировка в различных скоростных упражнениях улучшает быстроту простой реакции, а люди, быстро реагирующие в одних ситуациях, будут быстро реагировать и в других.

При выполнении напряженной мышечной работы у хорошо тренированных к ней людей наблюдается укорочение времени простой двигательной реакции и повышение возбудимости нервно-мышечного аппарата. У менее тренированных – время реакции ухудшается, происходит снижение возбудимости центральной нервной системы (ЦНС) и функционального состояния нервно-мышечной активности (НМА).

После интенсивной кратковременной мышечной работы может происходить уменьшение времени реакции и за счет ослабления тормозных процессов в связи с перевозбуждением ЦНС. Такое состояние, как правило, сопровождается нарушением тонких двигательных дифференцировок и снижает эффективность выполняемой работы.

Сенсорный метод основан на тесной связи между быстротой реакции и способностью к различению микроинтервалов времени. Этот метод направлен на развитие способности различать отрезки времени порядка десятых и даже сотых долей секунды. Тренировка по этому методу подразделяется на три этапа.

1. На первом этапе занимающиеся выполняют двигательное задание с максимальной быстротой. После каждой попытки руководитель сообщает время выполнения упражнения.

2. На втором этапе повторяется выполнение первоначального двигательного задания, но занимающиеся самостоятельно оценивают по своим ощущениям быстроту его реализации, а затем сравнивают свои оценки с реальным временем выполнения упражнения. Постоянное сопоставление своих ощущений с действительным временем выполнения упражнений совершенствует точность восприятия времени.

3. На третьем этапе предлагается выполнять задание с различной, заранее определенной скоростью. Результат контролируется и сравнивается. При этом происходит обучение свободному управлению быстротой реагирования.

Сложность расчлененного и сенсорного методов тренировки быстроты реакции состоит в том, что для их реализации необходи-

мы определенные технические средства: электронные секундомеры с автоматической регистрацией начала и конца выполнения задания под команду и без команды.

В повседневной жизни чаще приходится сталкиваться со сложными реакциями, для реализации которых необходимо:

- 1) адекватно оценить ситуацию;
- 2) принять необходимое двигательное решение;
- 3) оптимально выполнить это решение (чем больше имеется вариантов решения двигательной задачи, тем более затруднено принятие решения и длительнее время реагирования); наиболее существенное уменьшение времени сложной реакции наблюдается при совершенствовании ее моторного компонента).

В то же время чем менее трудным и более автоматизированным является само тренируемое движение, тем меньшее напряжение при его реализации испытывает нервная система, короче реакция и быстрее ответное действие. Отработка техники спортивных или профессиональных действий в различных «стандартных» ситуациях обеспечивает решение проблемы ускорения оценки ситуации и принятия решения.

Гипоксия, а также сильное и продолжительное нервное напряжение могут привести к увеличению времени сложной реакции. Под влиянием утомления ухудшается и точность мышечно-суставного чувства.

Сложные реакции на движущийся объект (РДО) встречаются не только в спортивных играх, единоборствах, стрельбе по движущимся мишеням, но и во многих видах профессиональной деятельности. Время реакции может составлять от 0,25 до 3,0–4,0 с. На сенсорную фазу уходит примерно 0,05 с. Значит, основное значение для быстроты реагирования имеют способность увидеть перемещающийся с высокой скоростью объект и моторная фаза реакции. На это и должна быть направлена тренировка.

Для тренировки используют упражнения с реакцией на движущийся объект. В тех случаях, когда объект зафиксирован взглядом уже до начала движения, время реагирования существенно уменьшается. Тренировочные требования должны постоянно усложняться:

- 1) постепенным увеличением скорости перемещения;
- 2) внезапностью появления объекта;

3) сокращением дистанции реагирования (точность реакции на движущийся объект совершенствуется параллельно с развитием быстроты реагирования).

Развитие и совершенствование реакции выбора связано с принятием необходимого двигательного решения из нескольких возможных вариантов. Сложность осуществления реакции выбора зависит от разнообразия возможного изменения обстановки. Например, в рукопашной схватке противник может атаковать любой рукой или ногой в самой неожиданной последовательности. Аналогичная ситуация может сложиться и при атакующих действиях в волейболе, футболе и в других играх. При тренировке реакции выбора необходимо идти по пути постепенного увеличения числа возможных вариантов изменения обстановки.

В ряде случаев большую роль в сокращении времени сложной двигательной реакции играет фактор предвосхищения ситуации (это так называемая антиципирующая реакция). Достигается такое предвосхищение событий и опережение действий противника тем, что опытный мастер- профессионал реагирует не только на само движение, но и на подготовительные действия к нему. Возможно это потому, что в каждом движении есть две фазы:

1) познотоническая, выражающаяся в трудноуловимом для дилетанта изменении позы и перераспределении мышечного тонуса атакующим;

2) моторная, или собственно движение.

Опытные мастера в единоборствах, спортивных играх, а также в некоторых видах профессиональной деятельности умеют реагировать уже на первую, подготовительную фазу движения. В боевых и спортивных единоборствах этим, например, можно объяснить уход от ударов противника на ближней и средней дистанции, т. е. тогда, когда само время удара меньше времени принятия защиты.

Для совершенствования антиципирующей реакции сначала необходимо учиться реагировать на сознательно утрируемую напарником первую (подготовительную) фазу движения и постепенно тренироваться выполнять упражнение максимально быстро.

Как и при многих технических процессах, в ходе большинства биологических процессов наблюдается равенство действия и противодействия. При влиянии многих факторов на биологические системы обратная реакция (контур управления) этого типа устанавливается.

ливают равновесие. Составляющим этого биологического контура (рецепторы, нейроны, синапсы, нервные окончания) требуется некоторое время для проведения сигнала. Это время между наступлением раздражения (раздражитель) и реакцией, возникающей в результате этого раздражения, называется временем простоя. Только по прошествии времени простоя система начинает постепенно терять положение текущего равновесия и переходить в состояние нового равновесия. Если положение равновесия еще не достигнуто при следующем раздражении, система больше не в состоянии компенсировать действие этого раздражения: превышена пороговая частота действия раздражителей. На рис. 11.1 представлен пример кривой, начерченной испытуемым.



В простой двигательной реакции выделяют два основных ее компонента:

1) латентный (запаздывающий), обусловленный задержками, накапливающимися на всех уровнях организации двигательных действий в ЦНС; латентное время простоя двигательной реакции практически не поддается тренировке, не связано со спортивным мастерством и не может приниматься за характеристику быстроты человека;

2) моторный, за счет совершенствования которого в основном и происходит сокращение времени реагирования.

Подготовка установки к работе

1. Прикрепите стробоскопический барабан к одному отверстию штативной основы и вставьте в нее стержни длиной 500 мм.
2. Прикрепите стержень длиной 250 мм к другому отверстию штативной основы. Закрепите мотор на нем при помощи прямоугольного зажима так, чтобы блок мотора находился на одной высоте с нижней частью барабана.
3. Наденьте и закрепите приводной ремень. Для того чтобы расстояние между мотором и барабаном было одинаковым, штативные стержни, вставленные в штативную основу, должны быть надежно закреплены желтыми запорами.
4. К одному из стержней длиной 500 мм прикрепите держатель для пластины (при этом регулировочный винт держателя должен быть направлен внутрь). Экран прикрепите так, чтобы щель проходила строго вертикально, а экран не касался приводного ремня.
5. При помощи клейкой ленты прикрепите к внешней стороне барабана листок бумаги с прямоугольными кривыми (амплитуда
туда
6. 3 см, 10 скачков/мин).



Рис. 11.2. Экспериментальная установка

Порядок выполнения работы

1. Для расчета времени простоя измеряется перемещение (см) между скачками на кривой и местами, в которых кривая, проведенная испытуемым, идет вверх или вниз. Это перемещение делится на скорость барабана (см/с), чтобы получить значения времени простоя (с).
2. Для расчета времени слежения измеряется расстояние между концом времени простоя и местом, в котором линия, проведенная испытуемым, опять выравнивается. Аналогично случаю с временем простоя это значение расстояния также делится на скорость барабана.
3. Среднее значение времени простоя рассчитывается на основании значений, полученных в ходе 10 измерений при конкретной скорости для каждого измерения. Это среднее значение отображает время реакции при скорости барабана в данном эксперименте. В зависимости от испытуемого (настроение, употребление алкоголя, возраст и т.д.) и экспериментальных условий (шум и т.д.) оно варьируется от 0,1 до 0,5 с.

Контрольные вопросы и задания и задания

1. Что такое двигательная реакция человека?
2. Дайте определение реакционной способности человека.
3. Назовите два основных типа простой двигательной реакции.
4. Какие факторы влияют на скорость реакции человека?
5. Как определяется пороговая частота?
6. Что представляет собой время слежения?
7. Что представляет собой время простоя?
8. В каких пределах колеблется значение времени простоя?
9. Назовите составляющие биологического контура управления.
10. Что такое кривая реакции? Каково ее назначение?

11. Лабораторная работа № 12

ЭЛЕКТРООКУЛОГРАФИЯ

Приборы и принадлежности: универсальная установка Кобра-3, источник питания 12 В/2 А, программное обеспечение, биоусилитель, электроды для регистрации ЭОГ, соединительные провода для электродов, проводящий гель, лейкопластырь, соединительные провода (красный, синий).

Цель работы: записать измерение электрического поля, вызванное движением глаз при чтении, используя электроды, прикрепленные к коже в области глаз. Получить электроокулограмму у взрослого человека, 6-летнего ребенка и, если возможно, у человека, обладающего техникой скорочтения. Оценить скорость горизонтального движения глаз, рассчитать период.

Краткая теория

Глаз человека приводится в движение шестью наружными мышцами (рис. 12.1). Эти мышцы могут действовать координированно по совершенно различным программам. Благодаря тому, что глаз лежит в глазнице, как мячик в ямке, он может двигаться под разными углами, что служит предпосылкой для разных программ, направляющих взор. Относительно координат головы глаз совершает горизонтальные, вертикальные или вращательные движения. Вертикальные и горизонтальные движения могут перемещать зрительную ось почти до краев глазницы. При их сочетании глаз движется по диагонали в направлениях, которые задаются по желанию соответствующим программированием наружных мышц глаза.

Содружественные движения глаза; конвергенции, дивергенция. Когда человек с нормальным бинокулярным зрением смотрит вокруг себя, его глаза движутся настолько координированно, что изображение объекта, фиксируемого в каждый момент (точнее, точка на объекте), падает в середину центральной ямки обоих глаз. Более внимательное наблюдение за их движением позволяет различить две «программы».

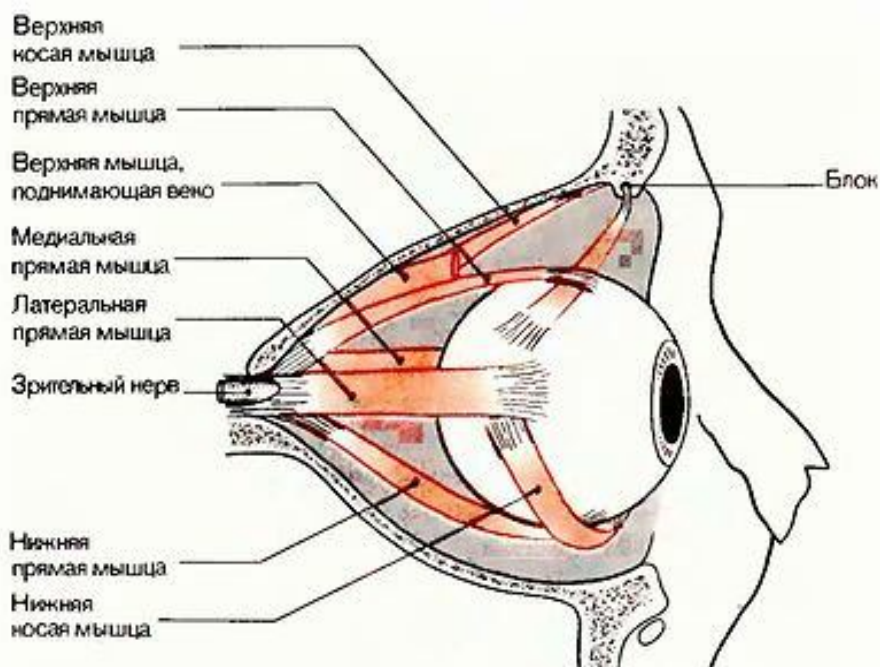


Рис. 12.1. Схема расположения наружных глазных мышц и глазного яблока в глазнице

Во-первых, глаза могут двигаться вместе вверх, вниз, влево или вправо. Оба глаза движутся в одном направлении по отношению к координатам головы. Эти бинокулярные движения называются содружественными.

Во-вторых, если человек смотрит попеременно на близкие и далекие предметы, то глаза совершают приблизительно зеркальные движения относительно координат головы. При таких движениях угол между зрительными осями обоих глаз меняется. При фиксации далекой точки зрительные оси почти параллельны. Если взор переводится на ближнюю точку, зрительные оси сходятся (конвергентные движения). При последующей повторной фиксации отдаленного объекта глазные оси расходятся, совершая дивергентное движение, пока снова не станут почти параллельными. Конвергентные и дивергентные движения могут происходить одновременно с сопряженными, например, в том случае, когда взор смещается с далекого объекта, находящегося справа, к ближнему объекту слева.

Вращательные движения глаз во фронтальной плоскости тоже координируются бинокулярно. Например, когда голова наклонена в сторону, происходит легкое «компенсаторное вращение» глаз.

Динамика движений глаз. Когда вы смотрите без определенной цели, ваши глаза движутся от одной фиксационной точки

к другой быстрыми скачками (саккадами). Амплитуда саккад может составлять всего лишь несколько угловых минут (микросаккады) или же много градусов. Так, перевод фиксационной точки с правой половины поля зрения на левую осуществляется путем большой саккады. Длительность саккад варьирует приблизительно от 10 до 80 мс. Большие саккады часто происходят вместе с дополнительными движениями головы. Саккады разделены периодами фиксации, которые длятся обычно от 150 до 300 мс.

Движущийся объект сопровождается медленными следящими движениями глаз, если только скорость движения не слишком велика. При быстроте движения меньше 120 °/с угловая скорость движения глаз приблизительно соответствует скорости движущегося объекта. Функция медленных следящих движений состоит в том, чтобы удерживать изображения фиксируемого движущегося предмета в середине центральных ямок, т.е. в положении, где острота зрения наибольшая. При угловой скорости движущегося объекта, превышающей 150 °/с, глаза не успевают за объектом: несмотря на старания уследить за ним, его изображение не попадает на одну и ту же точку на сетчатке.

Следящие движения, саккады и периоды фиксации представляют собой разные формы движений, управляемых различными «программами», заложенными в глазодвигательной системе ствола мозга. В течение довольно длительных периодов произвольной фиксации (длительностью 0,5–2 с) происходит медленный низкоамплитудный «дрейф» точки фиксации. Даже во время наилучшей фиксации на нее накладывается «микротремор» глаз-движения очень малой амплитуды (Γ) с доминирующим частотным компонентом от 80 до 120 Гц.

Движения бинокулярной фиксации. Во время конвергентных и дивергентных движений глазодвигательные системы, управляющие движениями обоих глаз, подчиняются нейронной программе, координирующей их одновременное движение. Когда система, управляющая взором, не может привести зрительные оси обоих глаз к одной и той же точке, возникает косоглазие, или стробизм, и изображения, попадающие на центральные ямки двух глаз, не одинаковы. В таком случае может произойти мешающее двоение в глазах.

Механизмы, управляющие взором, устанавливают отношение между возбуждением и торможением глазодвигательных мотонейронов ствола мозга, а эти последние в свою очередь определяют относительную степень сокращения наружных глазных мышц.

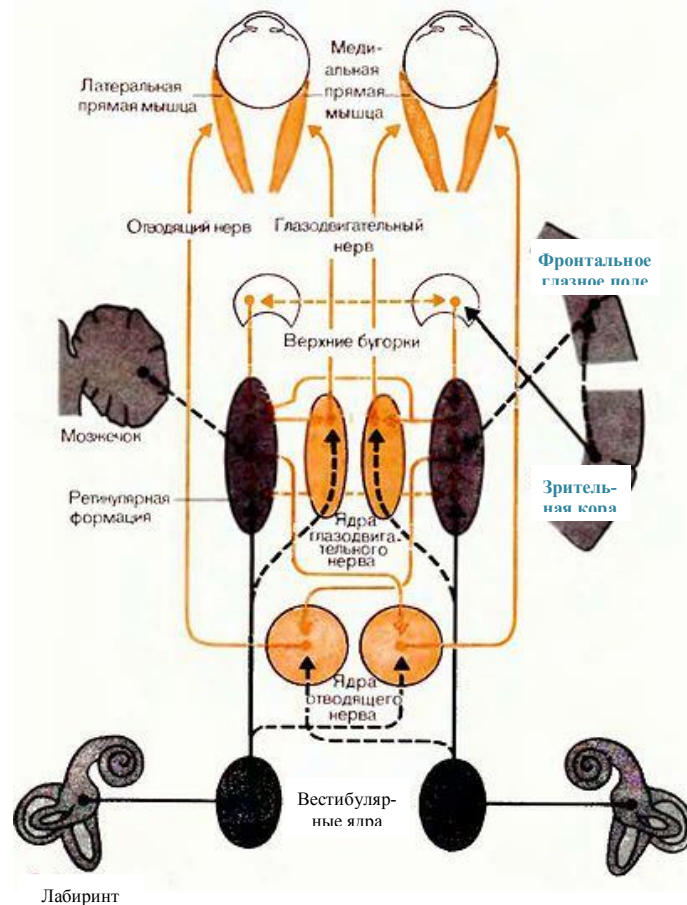


Рис. 12.2. Схема подкорковых центров, управляющих горизонтальными движениями глаз

На рис. 12.2 весьма схематично показана нейронная система, осуществляющая горизонтальные движения глаз. «Центры» бинокулярного управления взором лежат в области ретикулярной формации моста и среднего мозга, в верхних бугорках и в претектальной области. Микроэлектродные отведения от ретикулярной формации ствола мозга показали, что саккадические движения глаз регулируются ретикулярной нейронной системой, отличной от системы, управляющей медленными следящими движениями.

Центры ствола мозга, управляющие бинокулярными движениями, сами управляются входами от зрительной коры и «фрон-

тального глазного поля» коры больших полушарий. Эти нейронные связи имеют значение для корреляций между конфигурацией зрительных стимулов и сканирующим движением глаз и для управления следящими движениями. Нервные клетки в верхних бугорках и претектальной области получают зрительные афференты через кору, а также прямо от глаз по коллатералиям некоторых аксонов зрительного нерва.

На рис. 12.2 показаны также связи органов равновесия (лабиринтов) со стволовыми центрами монокулярных и бинокулярных движений. Эти связи имеют непосредственное отношение к рефлекторным изменениям положения глаз, вызываемым изменениями положения головы. Но, как правило, у бодрствующего человека глазодвигательные рефлексы, возникающие при возбуждении лабиринтов, маскируются другими нервными командами, управляющими движениями глаз. Лабиринтные глазодвигательные рефлексы имеют значение главным образом для «удержания» точки фиксации при внезапном движении головы. Но рецепторы в лабиринте могут быть возбуждены искусственно или патологически настолько, что вестибулярное возбуждение становится единственным фактором, определяющим движение глаз. В таких условиях возникает вестибулярный нистагм и связанное с ним головокружение.

Точная регуляция движений глаз (особенно при медленных следящих движениях, хотя в известной степени это касается и точности саккад) возможна при нормальном состоянии мозжечка. В мозжечке вестибулярные и зрительные сигналы перерабатываются в сочетании с сигналами, отражающими положение глаз и головы. Результаты этого анализа передаются по мозжечковым эфферентным путям к стволовым центрам, управляющим бинокулярным движением.

Повседневный опыт показывает, что движения глаз могут быть показателем «внутреннего психологического состояния». Внимание, усталость, интерес, страх и безразличие - все это меняет частоту и амплитуду саккад.

Простым и часто применяемым методом измерения движения глаз, полезным для диагностики, служит *электроокулография*. Она использует то обстоятельство, что между роговицей и сетчаткой каждого глаза имеется разность потенциалов —

корнеоретинальный постоянный потенциал. Это значит, что глаз является диполем, в котором роговица электроположительна по отношению к сетчатке (рис. 12.3).

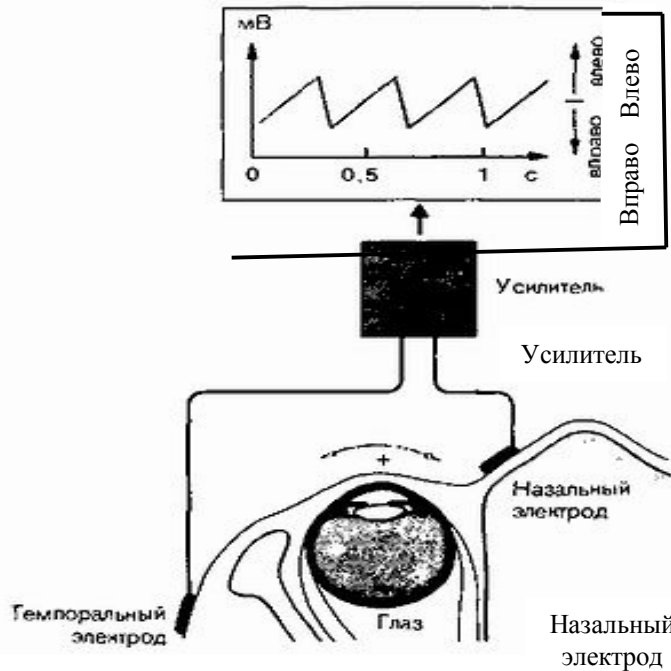


Рис. 12.3 Положение электродов при электроокулографии
 Темпоральный электрод Глаз Назальный электрод
 оокулограмм гокинетического нистагма

Регистрирующие электроды укрепляются пастой на коже над костным краем глазницы и под глазом, а также у носа и виска. При движении переднего полюса глаза в сторону одного из электродов между соответствующей парой электродов создается разность потенциала, потому что это движение меняет направление оси электрического диполя. Напряжение, отводимое каждой парой электродов, приблизительно пропорционально смещению глаза в глазнице. Таким образом, электроокулограмма позволяет проследить за положением глаза относительно координат головы.

Движения глаз и зрительное восприятие; нистагм. Сначала рассмотрим только горизонтальные движения. На рис. 12.4 дана электроокулограмма, зарегистрированная при чтении: испытуемый прочел в книге три строчки. В этой записи движение глаз влево вызывает отклонение кривой вверх, а движение вправо – отклонение вниз. Видно, что глаза совершают при чтении быстрые саккады с короткими периодами фиксации между саккадами. Когда точка фиксации достигает конца строчки, она перепрыгивает к началу следующей строчки одной саккадой. В зависимости

от амплитуды саккады делятся от 10 до 80 мс; средняя угловая скорость движения глаз составляет от 200 до 600°/с.

При рассматривании движущегося стимула возможно циклическое чередование саккад и медленных следящих движений.

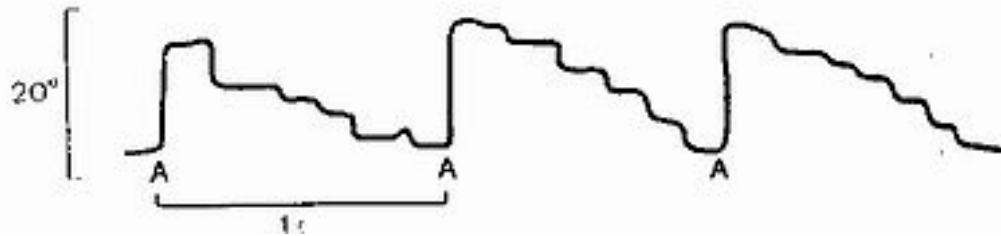


Рис. 12.4. Движения глаз при чтении трех строк текста

Каждая строка сканируется пятью или шестью саккадами. В точках А более крупная саккада возвращает глаз к началу следующей строки.

Если смотреть на ландшафт через боковое окно автомобиля или поезда, то глаза попеременно совершают сопряженные медленные горизонтальные движения и быстрые саккады. Во время медленных следящих движений изображение фиксируемого объекта удерживается вблизи центральной ямки. Иными словами, это движение следует за относительным движением объекта. Чередование саккад и медленных следящих движений называется нистагмом. Описанный пример – это оптокинетический нистагм, называемый так, потому что он вызывается движущимися оптическими стимулами.

Оптокинетический нистагм легко вызвать у человека, фиксирующего деления на сантиметровой ленте, которую экспериментатор передвигает в горизонтальном или вертикальном направлении. Условно обозначим направление нистагма по направлению быстрой фазы (по саккадам). Таким образом, когда лента движется вправо, если смотреть от наблюдателя, возникает «левый оптокинетический нистагм» – медленные следящие движения вправо сменяются саккадами влево, которые, меняя положение глаз, позволяют установить новую точку фиксации. Стимулом, обычно применяемым для более точного анализа оптокинетического нистагма, служит изображение движущихся горизон-

тально или вертикально светлых и темных полос, проецируемых на внутреннюю поверхность полуцилиндра.

Движения глаз при обычном рассматривании предметов. Если мы рассматриваем хорошо структурированное изображение, то попеременно возникают саккады и периоды фиксации. Глаз может двигаться в любом направлении. При чтении зрительная информация получается только в периоды фиксации. Фиксационные точки располагаются предпочтительно в начале строчки и в начале слова, особенно если оно начинается с прописной буквы. Длинное слово может фиксироваться в нескольких точках. Впрочем, вероятность фиксации определяется не только физической структурой текста, но и значением слов. В длинном тексте на одной и той же последовательности слов точки фиксации могут быть в разных местах, когда значение этих слов меняется в зависимости от контекста. Это наблюдение показывает, что во время чтения сенсорная речевая зона в верхней височной извилине коры (зона Вернике) тоже влияет на движение глаз.

Основные амплитудные, временные и относительные показатели электроокулограммы изменяются по-разному при различных локализованных и отличающихся по генезу патологических состояниях. Результаты электроокулографических исследований или их сопоставление с данными других электрофизиологических и клинических методов исследования позволяют решить следующие диагностические задачи:

- подтвердить диагноз заболеваний, для которых изменения ЭОГ являются патогномоничными;
- провести дифференциальную диагностику заболеваний с неясной или сходной клинической картиной;
- дать оценку функционального состояния сетчатки при непрозрачных глазных средах (например, при катаракте) для прогнозирования зрительных функций после хирургического лечения;
- осуществлять динамический контроль за течением заболевания и эффективностью проводимого лечения;
- выявлять профессиональную пригодность, диагностировать профпатологию, а также оценивать функциональное состояние органа зрения при профотборе и при решении вопроса о военной пригодности в сложных для диагностики случаях.

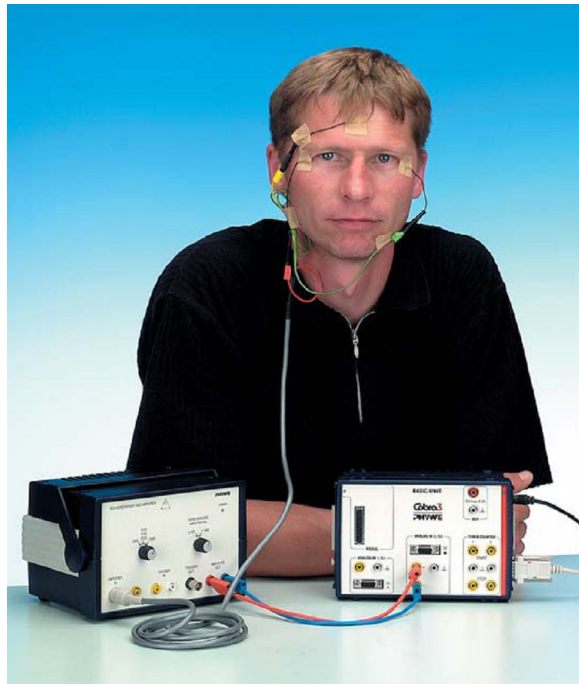


Рис. 12.5. Экспериментальная установка

Порядок выполнения работы

Подготовка установки к работе

1. Соберите установку так, как показано на рис. 12.5.
2. Подключите биоусилитель Amplifier Out к установке Кобра-3 во вход Analog IN 2 (красный к +, синий к –).
3. Подсоедините к биоусилителю Amplifier In соединительные провода для электродов.

Проведение эксперимента

1. Запустите программу Кобра-3.
2. Откройте универсальный самописец.
3. Закрепите электроды так, как показано на рис. 12.6.

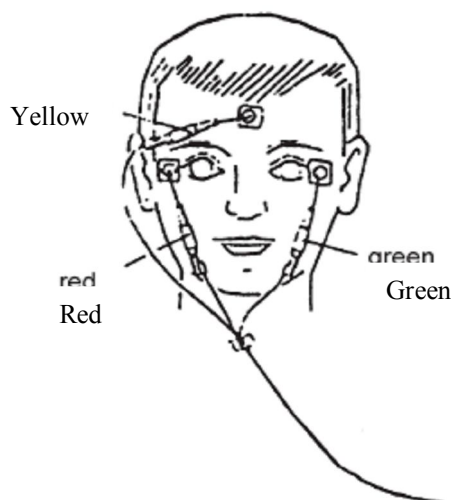


Рис. 12.6. Положение электродов на лице испытуемого

4. Не позволяйте зеленому кабелю свисать. Прикрепите его к шее через висок.
5. Задайте биоусилителю 1 000-кратное увеличение, установите переключатель в положение ЭОГ.

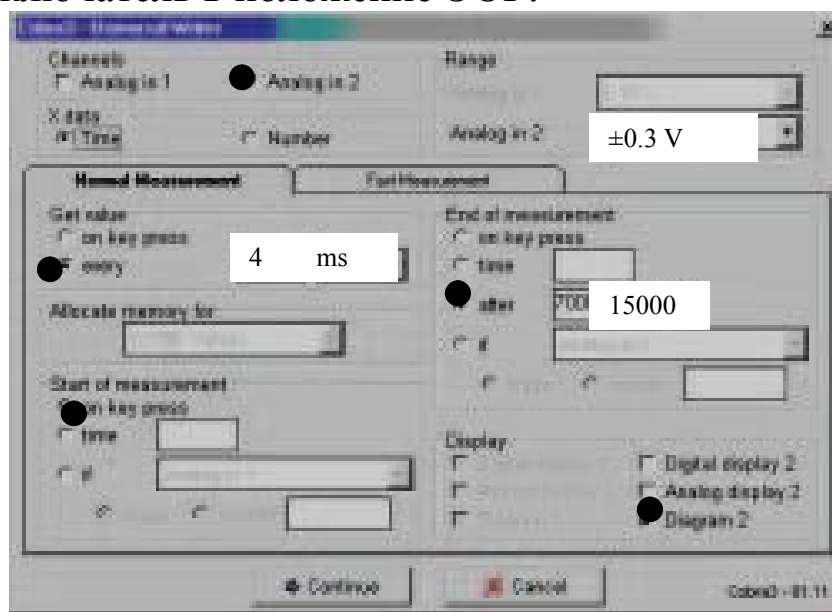


Рис. 12.7. Нужные значения для эксперимента

1. Задайте установки, изображенные на рис. 12.7.
2. Испытуемый должен прочесть три строчки, каждая длиной в 16 см. Сохраняйте тишину.
3. Остановите измерительную установку, когда испытуемый закончит читать текст.
4. Повторите опыт с другими испытуемыми.

Результаты и расчет

Проанализируйте полученные результаты, объясните скачки и падения на графике. Рассчитайте амплитуду (рис. 12. 8).

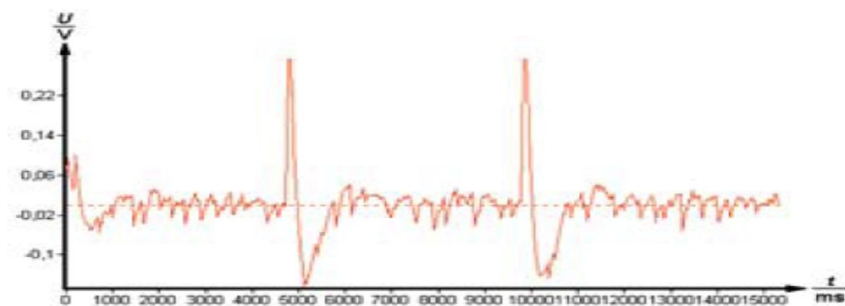


Рис. 12.8. Пример результата эксперимента

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое электроокулография?
2. Каковы возможности использования электроокулографии в медицине?
3. В чем суть электроокулограммы? Каковы методы её регистрации?
4. Какие процессы отражают светотемновые колебания?
5. Расскажите о роли электроокулографии в диагностике заболеваний пигментного эпителия сетчатки и хороидеи.
6. Перечислите сосудистые заболевания сетчатки.
7. Что влияет на основные амплитудные, временные и относительные показатели электроокулограммы?
8. Расскажите о сосудистых заболеваниях сетчатки.

9. Лабораторная работа № 13

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ ДЫХАНИЯ

Приборы и принадлежности: прибор для измерения кровяного давления, модуль для измерения давления, пояс для защиты почек, источник питания, программное обеспечение для измерения давления, переходник, информационный кабель, ПК с системой Windows®.

Цель работы: определить, как зависит количество вдохов в единицу времени от следующих факторов: объёма лёгких, состояния здоровья и нагрузок. Измерить и сравнить частоту дыхания до и после физических нагрузок.

Краткая теория

Дыхание. Дыхание - основная форма диссимиляции у человека, животных, растений и многих микроорганизмов. При дыхании богатые химической энергией вещества, принадлежащие организму, окисляются до бедных энергией конечных продуктов (диоксида углерода и воды), используя для этого молекулярный кислород.

С каждым вдохом организм получает кислород, удаляя при выдохе побочный продукт, углекислый газ. Этот жизнетворный газообмен также называют дыханием.

Все живые ткани нуждаются в постоянном источнике энергии, вырабатываемой при сжигании топлива (углеводов, жиров или белков). Топливо сгорает, соединяясь с кислородом, который попадает в организм при вдохе и разносится по кровеносным сосудам во все клетки.

При сгорании кислорода (окислении) образуются три конечных продукта – энергия, вода и углекислый газ. С выведением из организма ненужного углекислого газа начинается процесс газообмена. Кровь переносит его в легкие, оттуда он возвращается во внешнюю среду, а вместо него вдыхается новая порция кислорода. Дыхательный процесс весьма эффективно регулируется, поэтому концентрация газов в крови поддерживается в очень узких пределах, служа гарантией здоровья человека.

Потребность в кислороде изменяется в зависимости от степени активности организма. Скажем, обычный взрослый мужчина в состоянии покоя вдыхает около 3,75 л воздуха в минуту. Этот объём

ем содержит около 750 см^3 кислорода, который усваивается примерно на $1/3$. Если человек побежит вдогонку за автобусом, включившиеся в работу мышцы потребуют гораздо больше кислорода, для чего придется вдохнуть в 15 раз больше воздуха. Потребление кислорода может возрасти примерно в 30 раз.

Поскольку организму в зависимости от степени активности требуются разные объемы кислорода, человеку не обойтись без резервной емкости, которую обеспечивает внутреннее строение легких, и в частности, альвеолы. Не обойтись и без постоянного баланса между частотой и глубиной дыхания и кровоснабжением легких.

Непроизвольное базальное дыхание взрослых с равномерными вдохами называется нормальным равномерным дыханием. При повышенном потреблении кислорода (например, после физических нагрузок) наблюдается повышение частоты дыхания (тахипноэ).

Дыхание разделяется на грудное и брюшное. При нормальном равномерном дыхании на легкие давит диафрагма. При опускании диафрагмы воздух попадает в легкие, при поднимании – воздух выходит из легких. При повышенном потреблении кислорода диафрагмального дыхания недостаточно. Например, после активной пробежки ребра поднимаются и опускаются, поэтому большой объем воздуха проходит через носовую полость. В данном случае дыхание часто прерывистое (в отличие от равномерного и глубокого дыхания во время легкой пробежки или езды на велосипеде).

Органы дыхания. При вдохе воздух сначала попадает в верхние дыхательные пути – носовую и ротовую полость, которые соединены между собой и, словно дверцей, отделяются друг от друга мягким нёбом. Слизистая оболочка полости рта и носа увлажняет и согревает воздух, прежде чем он попадет в легкие, а полость носа к тому же покрыта тонкими волосками, на которых оседает пыль.

Дальше воздух попадает в короткую хрящевую трубку, или гортань, а оттуда в трахею, которая разделяется на два бронха. Ее слизистая оболочка тоже согревает воздух и улавливает пыль.

Главные бронхи соединены с легкими, где они многократно разделяются на мелкие вторичные бронхи, по одному на каждую долю легкого. Мало кому (кроме врачей, конечно) известен тот факт, что у левого легкого две доли, а у правого – три. Становясь

по мере деления все меньше и уже, бронхи образуют первичные, а затем конечные бронхиолы, которые заканчиваются крохотными воздушными мешочками альвеол, разделенными на несколько отсеков.

Бронхи и бронхиолы снабжаются кровью из ответвлений легочной артерии, несущей в легкие бедную кислородом кровь из правого желудочка сердца. Артерия разветвляется на многочисленные капилляры, через которые кровь проникает к альвеолам. Через стенки этих микроскопических тонкостенных пузырьков красные кровяные тельца – крохотные носители жизни в сложной структуре нашего тела – захватывают взятый из воздуха кислород и отдают углекислый газ.

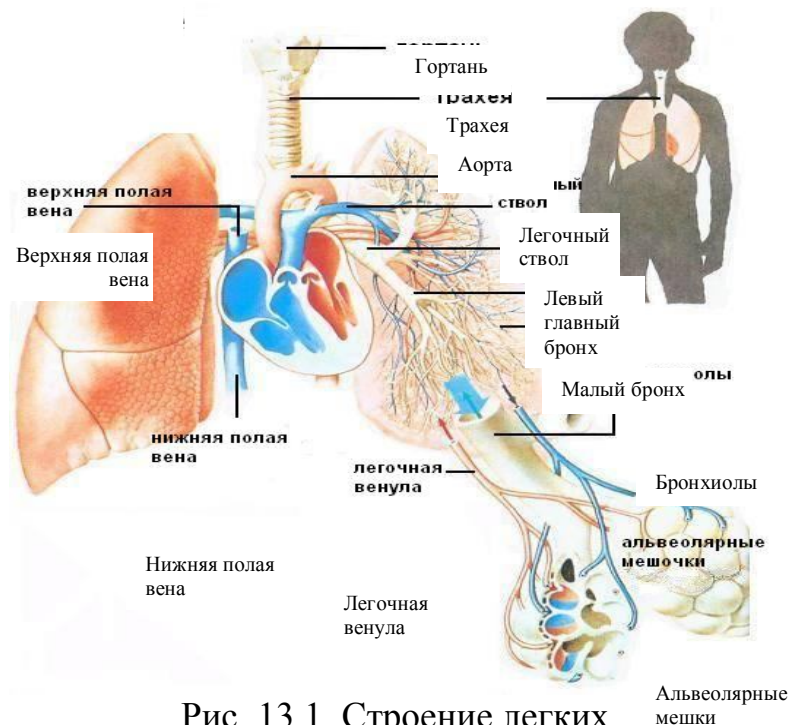


Рис. 13.1. Строение легких

Легкие. Кровь, обогащенная кислородом в результате газообмена, попадает в легочные вены и в левый желудочек сердца, откуда перекачивается в разные органы тела.

Легкие (рис. 13.1) окружены и защищены двухслойной оболочкой плевры. Между ее слоями имеется узкий просвет, или плевральная полость, содержащая небольшое количество жидкости. Эта жидкость служит смазкой, не допускающей трения легких о грудную клетку при каждом вдохе.

В процессе дыхания участвуют две группы мышц (рис. 13.2). Это межреберные мышцы, заполняющие просветы между ребрами,

и диафрагма – широкая плоская мышца, разделяющая грудную клетку и брюшную полость. Чтобы воздух попал в легкие, давление внутри них должно быть ниже атмосферного.

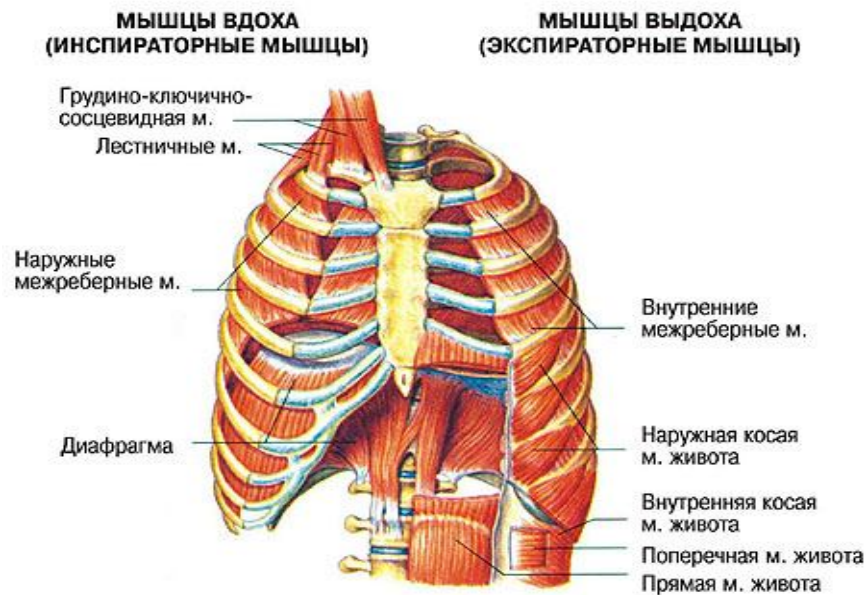


Рис. 13.2. Группы мышц, участвующих в дыхании

Диафрагма (рис. 13.3) сокращается, межреберные мышцы раздвигают ребра вперед и вверх, расширяя пространство для легких, и атмосферный воздух устремляется в разреженную область. При выдохе дыхательные мышцы расслабляются и воздух выталкивается наружу.

Безусловный рефлекс. Дыхание – это рефлекторное действие, которым управляет дыхательный центр, группа нервных клеток, расположенных в нижней части головного мозга. Отсюда нервные импульсы направляются к дыхательным мышцам, заставляя их расширяться или сокращаться в зависимости от уровня кислорода и углекислого газа в крови. Избыток углекислого газа снижает щелочную реакцию крови, стимулируя дыхательный центр, и вы начинаете дышать быстрее и глубже, выдыхая его больше. При нехватке углекислоты дыхание становится поверхностным и замедляется до тех пор, пока баланс не будет восстановлен.

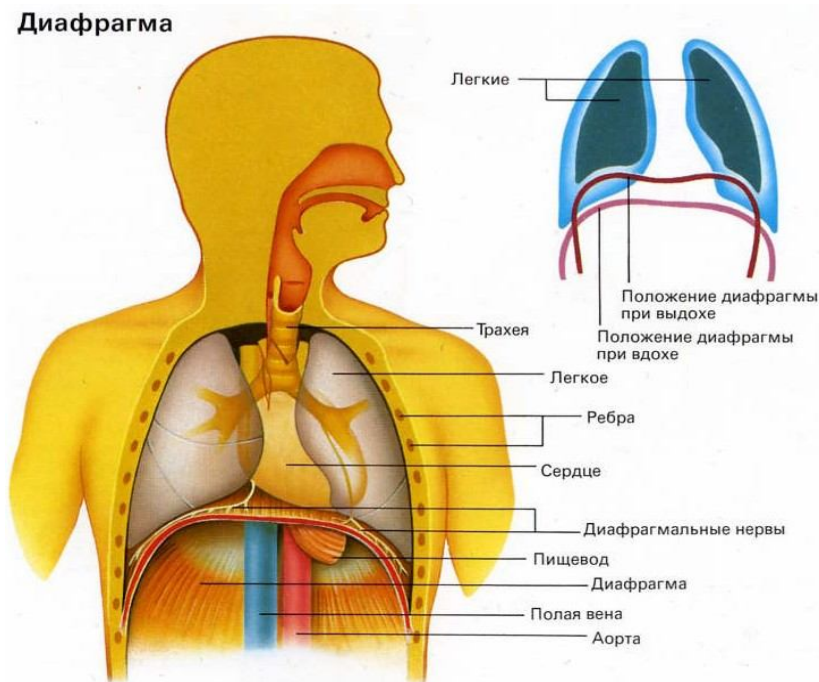


Рис. 13.3. Движение диафрагмы при дыхании

Характеристики дыхания. При объективном исследовании системы дыхания врача интересуют как количественные характеристики дыхания (частота дыхания, объём вдыхаемого и выдыхаемого воздуха и др.), так и качественные характеристики процесса внешнего и тканевого дыхания (содержание газов во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе, парциальные давления кислорода и углекислоты в крови, процент насыщения крови кислородом и т.д.). Частота дыхания – один из важнейших параметров, характеризующих функциональную активность системы дыхания. Каждый акт дыхания проявляется движением грудной клетки (изменением длины ее окружности) и образованием противоположно направленных потоков воздуха на вдохе и выдохе, имеющих разную температуру.

Порядок выполнения работы

Подготовка установки к работе

1. Соедините установку Кобра-3 с ПК при помощи информационного кабеля.
2. Подключите модуль для измерения давления к модульному порту.
3. Соедините длинный конец Y-образного переходника с трубкой манжеты.

4. Наденьте манжету на добровольца, участвующего в эксперименте так, чтобы датчик находился на груди и крепился поясом для защиты почек.
5. Начните накачивать воздух в манжету примерно до уровня 20 мм рт. ст.
6. Запустите программу Cobra-3 Measure.
7. В качестве измерительного инструмента выберите **Pressure** (Датчик давления).
8. Установите параметры измерения и нажмите **Continue** (Далее).



Рис. 13.4. Экспериментальная установка

Проведение эксперимента

1. Измерьте частоту дыхания испытуемого в состоянии покоя (доброволец стоит или неподвижно сидит и делает регулярные вдохи). В течение одной минуты произведите измерение частоты дыхания (рис. 13.5).

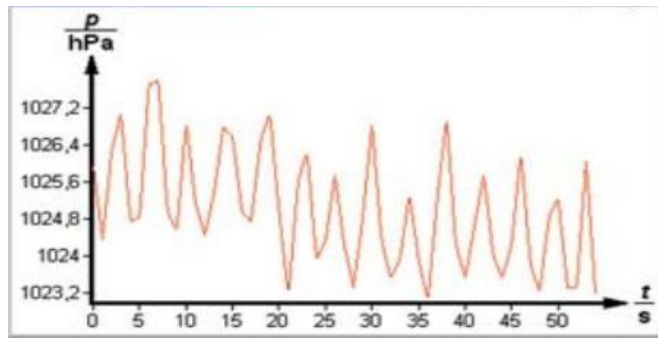


Рис. 13.5. График частоты дыхания в состоянии покоя

- Изучите влияние незначительных регулярных физических нагрузок (спокойная и непрерывная ходьба, приседание) на изменение частоты дыхания испытуемого. Понаблюдайте за испытуемым в течение одной минуты. Частота дыхания должна увеличиться примерно вдвое, как показано на (рис. 13.6).

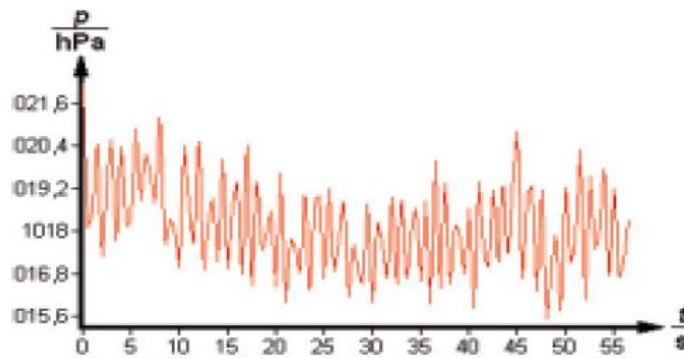


Рис. 13.6. График частоты дыхания при физических нагрузках

- Изучите изменение частоты дыхания после интенсивных физических нагрузок. Для этого испытуемый должен несколько раз пробежать вверх и вниз по лестнице. Когда у него (нее) появится одышка, немедленно начните измерение. Проводите измерение в течение одной минуты. После интенсивных нагрузок частота увеличится более чем в два раза по сравнению с частотой дыхания в состоянии покоя (рис. 13.7).

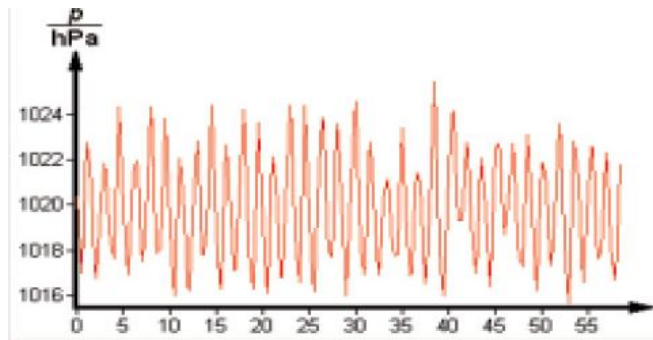


Рис. 13.7. Частота дыхания при значительных физических нагрузках

4. Постройте графики частоты дыхания, соответствующие каждому эксперименту.

Контрольные вопросы и задания

5. Дайте определение равномерному нормальному дыханию.
6. На какие два вида разделяется дыхание?
7. Что происходит при нормальном дыхании?
8. Что происходит при повышенном дыхании?
9. Дайте определение частоты дыхания.
10. Перечислите датчики частоты дыхания.
11. Каковы отличительные признаки датчиков частоты дыхания?
12. Какие функции помимо измерения частоты дыхания выполняют датчики?
13. В чем главное отличие между нормальным и повышенным дыханием?
14. Что называется актом дыхания?
15. Опишите движение воздуха в легких при движении диафрагмы.
16. С чем связан недостаток диафрагмального дыхания при повышенном потреблении кислорода?

17. Лабораторная работа № 14

ИОННАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ КЛЕТОЧНОЙ МЕМБРАНЫ

Приборы и принадлежности: химическая установка Кобра-3, основная установка Кобра-3, источник питания 12 В/2 А, дата-кабель, программное обеспечение Кобра-3, рН-электрод, магнитная мешалка, магнитный стержень, штатив, угловые фиксаторы, зажим, стеклянный цилиндр Боро-3, стеклянная воронка, мензурки (250, 50 мл), мензурка для диализа, резиновые перчатки, раствор рН 4,01, раствор рН 10,01, раствор соляной кислоты (1 л), раствор гидроксида натрия (1 л), дистиллированная вода (5 л), измерительный прибор уровня рН.

Цель работы: изучить транспорт веществ через клеточную мембрану.

Краткая теория

Мембраны, в том числе плазматические, в принципе непроницаемы для заряженных частиц. Правда, в мембране имеется Na^+/K^+ -АТФ-фаза (Na^+/K^+ -АТФ-фаза), осуществляющая активный перенос ионов Na^+ из клетки в обмен на ионы K^+ . Этот транспорт энергозависим и сопряжен с гидролизом АТФ (АТР) (рис. 14.1). За счет работы Na^+ , K^+ -насоса поддерживается неравновесное распределение ионов Na^+ и K^+ между клеткой и окружающей средой (рис. 14.2). Поскольку расщепление одной молекулы АТФ обеспечивает перенос трех ионов Na^+ (из клетки) и двух ионов K^+ (в клетку), этот транспорт электрогенен, т. е. цитоплазма клетки заряжена отрицательно по отношению к внеклеточному пространству.

Основная причина возникновения на мембране электрического потенциала (мембранного потенциала $\Delta\psi$, рис. 14.2) — существование *специфических ионных каналов*. Транспорт ионов через каналы происходит по градиенту концентрации или под действием мембранного потенциала. В невозбужденной клетке часть K^+ -каналов находится в открытом состоянии и ионы K^+ постоянно диффундируют из нейрона в окружающую среду (по градиенту концентрации). Покидая клетку, ионы K^+ уносят положительный

заряд, что создает **потенциал покоя**, равный примерно -60 мВ. Из коэффициентов проницаемости различных ионов (табл. см. рис. 14.2) видно, что каналы, проницаемые для Na^+ и Cl^- , преимущественно закрыты. Ионы фосфата и органические анионы, например белки, практически не могут проходить через мембраны. С помощью уравнения *Нернста* (см. рис. 14.2) можно показать, что мембранный потенциал нервной клетки в первую очередь определяется ионами K^+ , которые вносят основной вклад в проводимость мембраны.

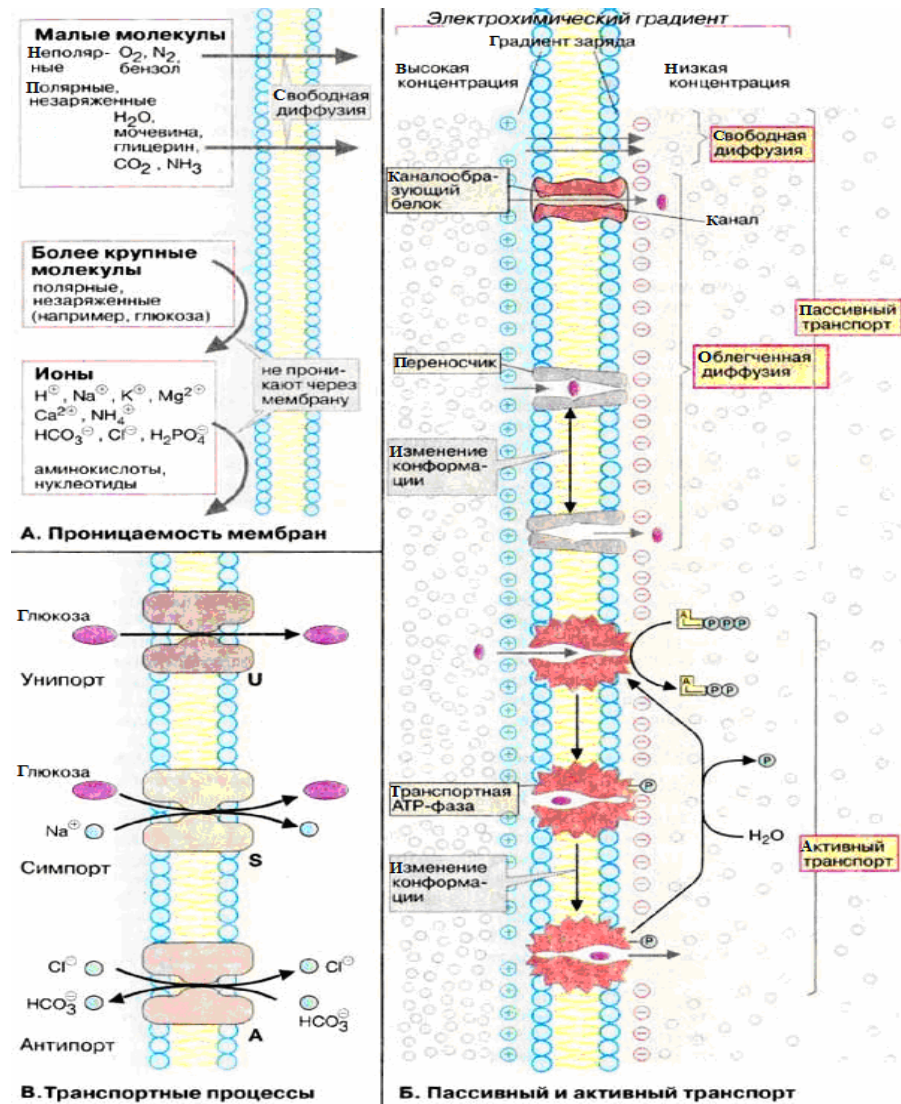


Рис. 14.1. Виды транспорта клетки
Электрохимический потенциал. Содержимое клетки заряжено отрицательно по отношению к внеклеточному пространству.

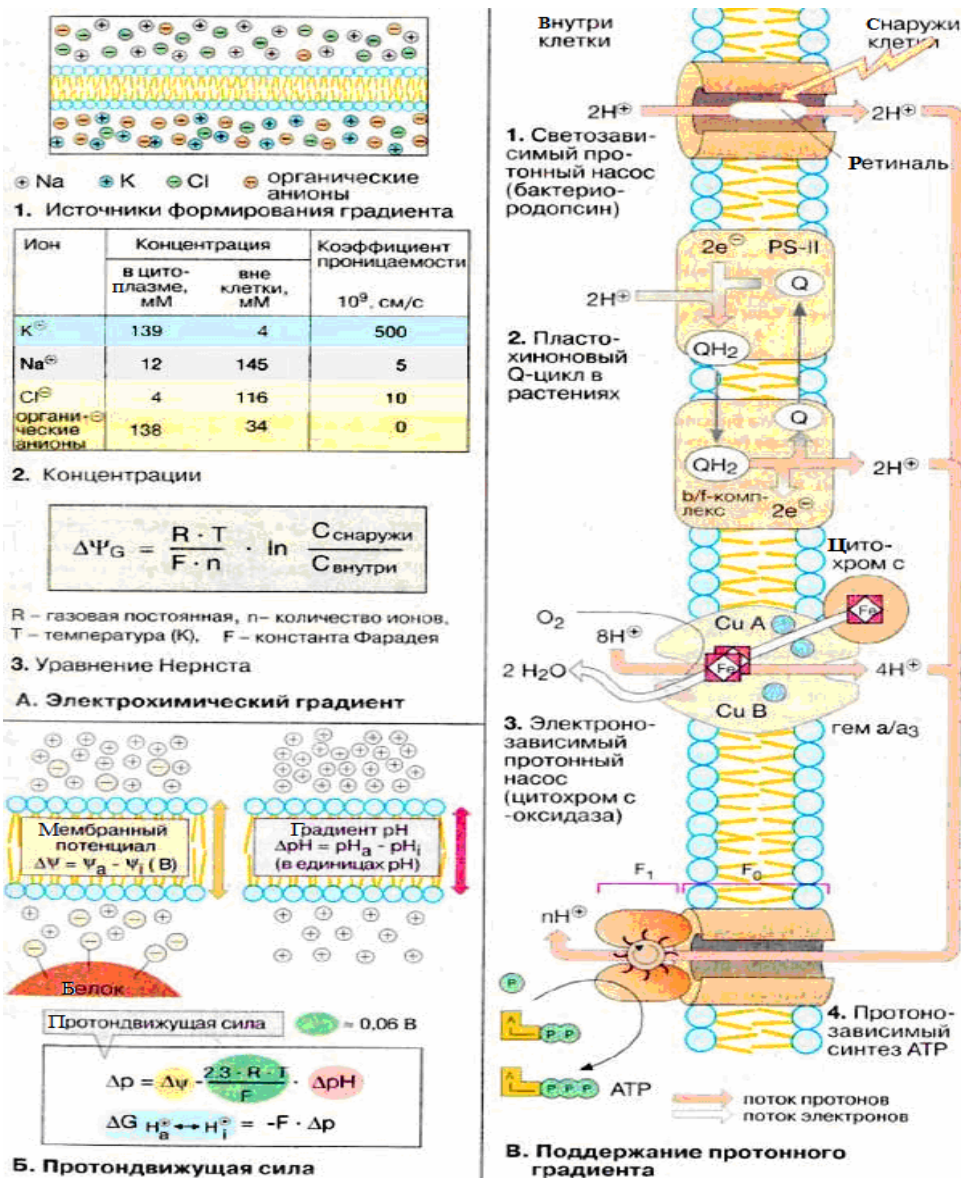


Рис. 14.2. Электрохимический потенциал

Ионные каналы. В мембранах нервной клетки имеются каналы, проницаемые для ионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} и Cl^- . Эти каналы чаще всего находятся в закрытом состоянии и открываются лишь на короткое время. Каналы подразделяются на *потенциал-управляемые* (или *электровозбудимые*), например быстрые Na^+ -каналы, и *лиганд-управляемые* (или *хемовозбудимые*), например никотиновые холинэргические рецепторы. Каналы - это интегральные мембранные белки, состоящие из многих субъединиц. В зависимости от изменения мембранного потенциала или взаимодействия с соответствующими лигандами, *нейромедиаторами* и *нейромодуляторами* (рис. 14.3), белки-рецепторы могут находиться в одном из двух

конформационных состояний, что и определяет проницаемость канала (открыт - закрыт - и т.д.).

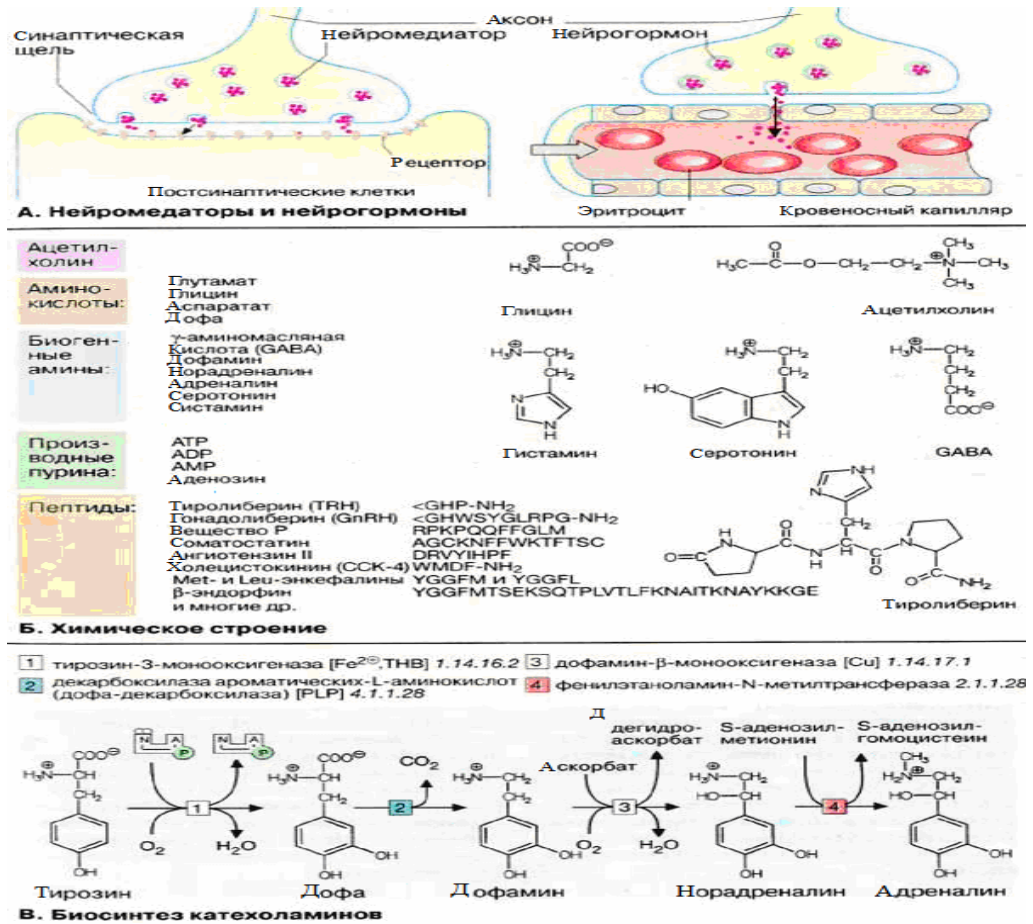


Рис. 14.3. Ионные каналы

Возбуждение нервной клетки под действием химического сигнала (реже электрического импульса) приводит к возникновению **потенциала действия**. Это означает, что потенциал покоя -60 мВ скачком изменяется на $+30$ мВ и спустя 1 мс принимает исходное значение. Процесс начинается с открывания Na^+ -канала (1) (см. рис. 14.1). Ионы Na^+ устремляются в клетку (по градиенту концентрации), что вызывает локальное обращение знака мембранного потенциала (2) (см. рис. 14.1). При этом Na^+ -каналы тотчас закрываются, т. е. поток ионов Na^+ в клетку длится очень короткое время (3) (см. рис.14.1). В связи с изменением мембранного потенциала открываются (на несколько миллисекунд) потенциал-управляемые K^+ -каналы (2) (см. рис. 14.1), и ионы K^+ устремляются в обратном направлении, из клетки. В результате мембранный потенциал принимает первоначальное значение (3) (см. рис. 14.1) и даже превы-

шает на короткое время **потенциал покоя** (4) (см. рис. 14.1). После этого нервная клетка вновь становится возбудимой.

За один импульс через мембрану проходит небольшая часть ионов Na^+ и K^+ , и концентрационные градиенты обоих ионов сохраняются (в клетке выше уровень K^+ , а вне клетки выше уровень Na^+). Поэтому по мере получения клеткой новых импульсов процесс локального обращения знака мембранного потенциала может повторяться многократно. Распространение потенциала действия по поверхности нервной клетки основано на том, что локальное обращение мембранного потенциала стимулирует открывание соседних потенциал-управляемых ионных каналов, в результате чего возбуждение распространяется в виде *деполяризационной волны* на всю клетку.

Активные свойства мембраны, обеспечивающие возникновение потенциала действия, основываются главным образом на поведении потенциалзависимых натриевых (Na^+) и калиевых (K^+) каналов. Начальная фаза ПД формируется входящим натриевым током, позже открываются калиевые каналы и выходящий K^+ -ток возвращает потенциал мембраны к исходному уровню. Исходную концентрацию ионов затем восстанавливает натрий-калиевый насос.

По ходу ПД каналы переходят из состояния в состояние: у Na^+ -каналов основных состояний три - закрытое, открытое и инактивированное (в реальности дело сложнее, но этих трёх достаточно для описания), у K^+ -каналов два - закрытое и открытое.

Поведение каналов, участвующих в формировании ПД, описывается через проводимость и вычисляется через коэффициенты трансфера.

Коэффициенты трансфера были выведены А. Ходжкиным и А. Хаксли.

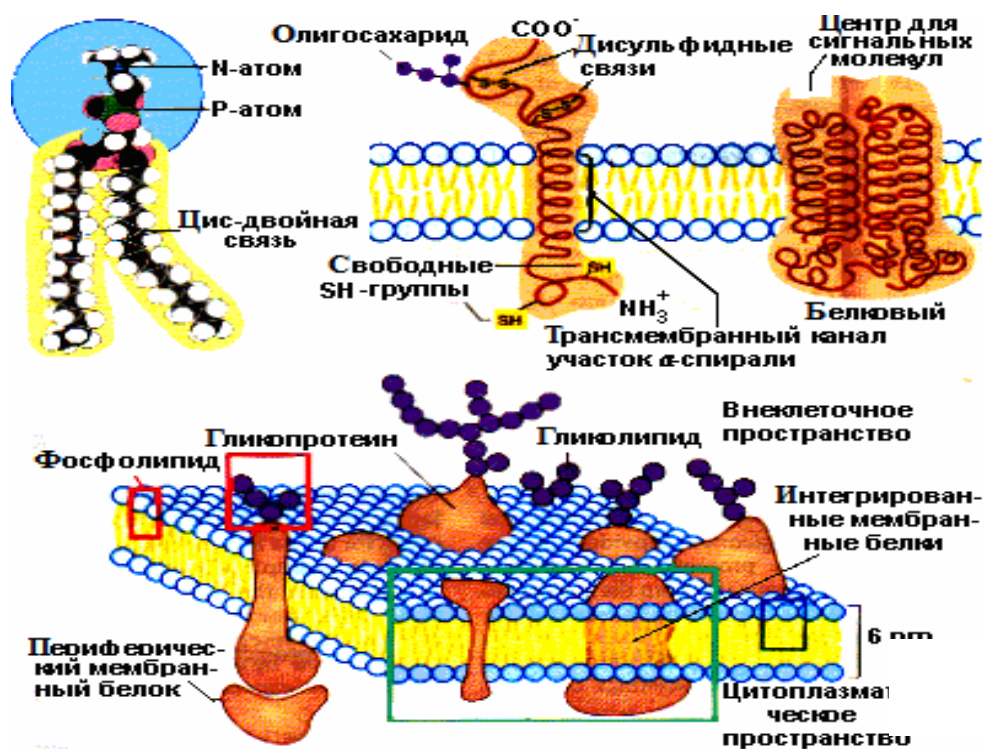


Рис. 14.4. Строение мембраны клетки

Липидные поры и проницаемость мембран. С точки зрения проницаемости липидные поры принципиально отличаются от белковых каналов своим происхождением и исключительной динамичностью. В то время как белковые каналы имеют строго определенные размеры, сохраняющиеся в течение всей жизни клетки, размеры липидных пор в процессе затекания варьируют в широких пределах. Однако эта изменчивость имеет предел. Если радиус поры меньше критического, то пора в процессе затекания должна пройти все промежуточные радиусы и достигнуть минимального размера. Вопрос о возможности полного затекания липидных пор остается открытым. Предполагается, что полному затягиванию поры препятствуют мощные силы гидратации, проявляющиеся при сближении стенок гидрофильных пор.

Липидные поры в отличие от белковых ионных каналов не обладают выраженной избирательностью, что коррелирует с их сравнительно большими исходными размерами. Ясно, однако, что в процессе затекания липидные поры могут достигать сколь угодно малых размеров, в том числе сравнимых с размерами белковых ионных каналов, что может приводить к перераспределению ионных токов в мембране, например при возбуждении. Известно далее,

что после выключения стрессового воздействия бислойная липидная мембрана может вернуться в состояние с низкой проводимостью, что подразумевает достижение порами размера, недостаточного для прохождения гидратированных ионов. Таким образом, гидрофильные липидные поры универсальны в том отношении, что могут быть использованы клеткой для транспорта высокомолекулярных веществ, ионов и молекул воды.

Исследования проницаемости липидных пор развиваются в настоящее время в двух направлениях: в первом исследуются максимально большие поры, во втором, наоборот, – липидные поры минимального радиуса. В первом случае речь идет об электротрансфекции – способе введения в живые клетки или липосомы молекул ДНК с целью переноса и внутриклеточного введения чужеродного генетического материала. Оказалось, что внешнее электрическое поле высокой напряженности способствует проникновению гигантской молекулы ДНК внутрь мембранной частицы. Максимальный размер критической поры соответствует жидкокристаллическому состоянию бислоя липидов при отсутствии внешнего электрического поля и равен 9 нм (см. табл. 1). Наложение внешнего электрического поля напряженностью 100 кВ/м понижает критический радиус поры до 1 нм за время 0,2 с. Поскольку при этом мембраны сохраняются, то размер липидных пор в них не превышает, очевидно, этого нижнего предела. Парадокс состоит в том, что эффективный диаметр статистического клубка молекулы ДНК, которая должна попасть внутрь частицы, достигает 2 000 нм. Поэтому очевидно, что молекула ДНК должна проникать через мембрану в виде расплетенной одиночной нити. Известно, что конец нити имеет диаметр 2 нм и таким образом только–только может войти в пору. Однако свободная диффузия нити ДНК в пору при этом вряд ли возможна. К сожалению, механизм этого явления до конца неясен. Предполагается, в частности, что молекула ДНК способна расширить пору и таким образом проскользнуть через мембрану. Проникновению ДНК могут способствовать дополнительные силы электрофореза и электроосмоса с учетом суммарного отрицательного заряда молекулы ДНК. Не исключено, что поры с фиксированными в них концами молекулы ДНК играют роль якоря, удерживающего молекулу в определенном месте у поверхности мембраны везикулы, а сам процесс переноса служит разнообразно-

стью пиноцитоза. Исследование этого интересного с точки зрения проницаемости явления продолжается.

Второе направление исследования проницаемости мембран с участием липидных пор связано с трансмембранным переносом молекул и ионов воды. Известное в биологии явление высокой водной проницаемости клеточных мембран полностью воспроизводится на искусственных липидных бислоях, что подразумевает участие в этом процессе гидрофильных липидных пор. Большой интерес в этой связи представляют результаты опытов Эламрани и Блума с суспензией липосом из фосфатидной кислоты в температурной области фазового перехода липида из жидкокристаллического состояния в гель. Проницаемость бислоя для молекул воды измеряли в опытах с тяжелой водой, проницаемость для ионов воды – методом рН-скачка.

Первое, что можно отметить, это огромное различие между коэффициентом проницаемости липидного бислоя для гидратированных ионов (ион натрия) и молекул (ионов) воды. Это различие достигает девяти порядков. Столь значительное различие свидетельствует в пользу предположения о том, что в процессе затекания липидные поры могут достигать размера, недостаточного для прохождения гидратированных ионов, но доступного для прохождения более мелких частиц – молекул и ионов воды. Кроме того, фазовый переход мембранных липидов в гель–состояние сопровождается скачкообразным уменьшением коэффициента проницаемости для ионов и молекул воды. Отсюда следует, что в ходе фазового перехода из множества липидных пор отбираются те, радиус которых не превышает 2 нм. И наконец, обращают внимание количественное совпадение коэффициентов проницаемости бислоистой мембраны для молекул и ионов воды, а также их одинаковая динамика при фазовом переходе. Естественно предположить, что молекулы и ионы воды пересекают мембрану одним и тем же путем. Этот результат позволяет некоторым ученым вернуться к известной гипотезе о том, что липидный бислой насыщен дефектами типа трансмембранных цепочек молекул структурированной воды. С точки зрения молекулярной организации структура молекул воды в этом случае идентична структуре льда. Молекулы воды связаны между собой водородными связями. Предполагается, что протоны могут передвигаться по системе межмолекулярных водородных связей. Мож-

но думать, что такие льдоподобные цепочки воды возникают в липидном бислое в момент рождения или затекания липидных пор.

В пользу возможности протонной проводимости на границе раздела водной фазы с полярной частью фосфолипидного бислоя свидетельствуют данные о латеральной протонной проводимости на границе липидного бислоя с водой. Вдоль монослоя из фосфатидилэтаноламина создавался градиент рН и измерялась продольная скорость переноса протона путем регистрации флуоресценции меченого в полярной головке фосфолипида. Одновременно производили измерения поверхностного потенциала и поверхностного давления. Показано, что протон движется вдоль монослоя липида в том случае, если этот монослой организован и упорядочен. Скорость переноса значительно превышала скорость диффузии протонов в воде. Эффект был обнаружен в монослоях из большинства природных фосфолипидов. Полная дегидратация фосфолипидов в полярной области приводила к потере протонной проводимости. Возможно, молекулы воды на границе раздела липид – раствор образуют четыре слоя: объемный слой раствора; слой гидратной воды, молекулы воды в котором непосредственно взаимодействуют с полярными группами молекулы липида; слой молекул воды, связанный водородной связью с молекулами липида на уровне карбонильной группы, и, наконец, трансмембранные водные мостики. В целом на поверхности липидного бислоя образуется сеть водородных связей, обеспечивающих быстрый перенос протонов. Предполагается при этом, что протоны, передвигающиеся в системе водородных связей на поверхности бислоя, не смешиваются с протонами объемного слоя воды. Таким образом, возможен мембранный обмен протонами между протонными каналами и протонными насосами без участия раствора электролита, омывающего мембрану. Кроме того, молекулы липида в кромке липидной поры способны участвовать в быстром флип–флоп обмене. В сочетании с латеральной миграцией протонов этот механизм также способствует эффективному трансмембранному переносу протонов.

Частично проницаемая мембрана (рис. 14.5) - искусственная мембрана, предназначенная для разделения смеси жидкостей или газов на составляющие компоненты. Также называется избирательно-проницаемой мембраной, полупроницаемой мембраной или дифференциально-проницаемой мембраной. Она позволяет опреде-

лённым молекулам или ионам проходить через неё благодаря диффузии. Скорость прохождения зависит от давления, концентрации и температуры молекулы или растворённых веществ с обеих сторон, а также проницаемости мембраны для каждого раствора.

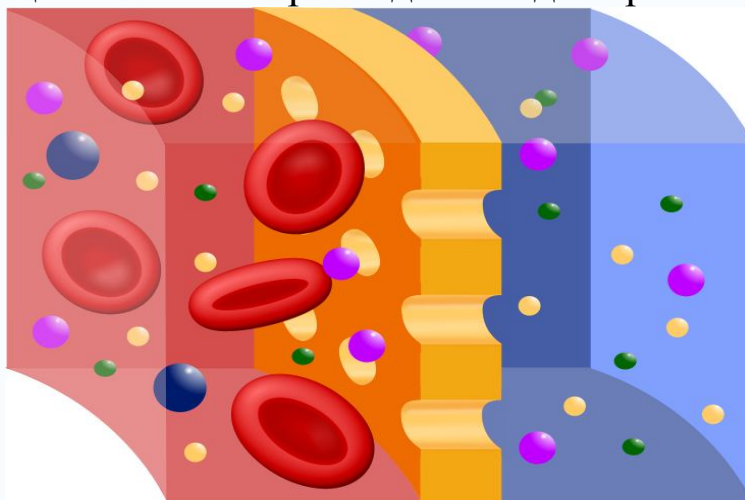


Рис. 14.5. Изображение частично проницаемой мембраны

Порядок выполнения работы

Подготовительная работа

1. Изготовление искусственной клетки. Вырежьте 2 круга диаметром приблизительно 15 см и прижмите вырезанный круг (далее сумочка, диализатор) к мензурке для диализа. Положите мензурку в 250-миллилитровый стакан (проверьте, чтобы конец мензурки был прикрыт кругом) и медленно налейте 15 мл 1 % соляной кислоты в мензурку через сумочку. Внимание! Используйте защитные перчатки!

1. Проведите диализ.

2. Очистите мензурку от получившегося раствора, отложите диализатор и повторите процедуру диализа со второй сумочкой, заполнив колбу 1 % раствором гидроксида натрия вместо соляной кислоты. Не соприкасайтесь диализаторы.

Подготовка установки к работе и эксперимент на химической установке

1. Соберите химическую установку Кобра-3, как показано на рис. 14.6.



Рис. 14.6. Экспериментальная химическая установка Кобра-3

2. Соедините рН-электрод с рН-выходом на химической установке Кобра-3.
3. Запустите программное обеспечение Cobra-3 Measure и выберите измерительным устройством Chem-Unit (Химическая установка).
4. Задайте параметры, изображенные на рис. 14.7.



Рис. 14.7. Настройки для химической установки Кобра-3

5. Поставьте регулировку температуры в положение ручное и введите значение температуры дистиллированной воды.
6. Откалибруйте рН-электрод при помощи двух регуляторов (При каждом новом запуске рН-электрод нужно калибровать).
7. Зафиксируйте два универсальных зажима на штативе при помощи углового зажима.
8. Опустите мензурку в 250-миллилитровый стакан и налейте 150 мл дистиллированной воды. Поставьте стакан на магнитную мешалку.

9. Установите рН-электрод, зафиксированный универсальным зажимом, чтобы этот электрод соприкасался с раствором в стакане.
10. Включите магнитную мешалку на режим средней скорости.
11. Активируйте измерительное устройство.
12. Примерно через 20 с после начала процесса медленно погрузите сумочку с соляной кислотой в стакан и зафиксируйте её вторым универсальным зажимом.
13. Далее эксперимент будет происходить автоматически с заданными параметрами (экспериментальная установка выключится через 200 секунд).
14. Сохраните полученные результаты.
15. Повторите предыдущие пункты с сумочкой с гидроксидом натрия, предварительно промыв все приборы.

Результаты и расчет

На рис. 14.8 и 14.9 показана рН-кривая для соляной кислоты и гидроксида натрия. Сравните полученные вами графики с показанными на рис. 14.8 и 14.9. Проанализируйте кривые. Что означают спад или подъем кривой на графиках?

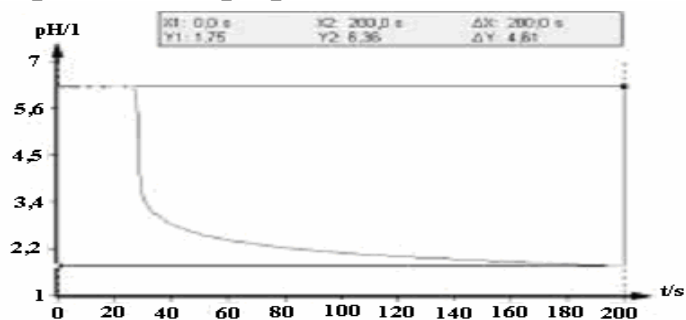


Рис. 14.8. рН-кривая для H^+ ионов

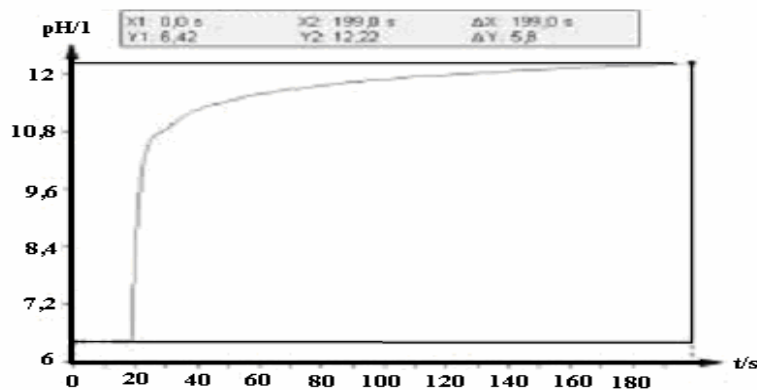


Рис. 14.9. рН-кривая для OH^- -ионов

1. Эксперимент на основной установке Кобра-3
2. Соберите основную установку Кобра-3, как показано на рис. 14.10.



Рис. 14.10. Основная экспериментальная установка Кобра–3

3. Соедините pH–электрод с модулем измерения уровня pH основной установки Кобра–3.
4. Запустите программное обеспечение Cobra–3 Measure и выберите измерительным устройством измерительный инструмент Cobra–3 pH/Potential.
5. Задайте параметры, указанные на рис. 14.11.
6. Поставьте регулировку температуры в положение «ручное» и введите значение температуры дистиллированной воды.
7. Откалибруйте pH–электрод при помощи двух регуляторов (При каждом новом запуске pH–электрод нужно калибровать).
8. Зафиксируйте два универсальных зажима на штативе при помощи углового зажима.
9. Опустите мензурку в 250-миллилитровый стакан и налейте 150 мл дистиллированной воды. Поставьте стакан на магнитную мешалку.

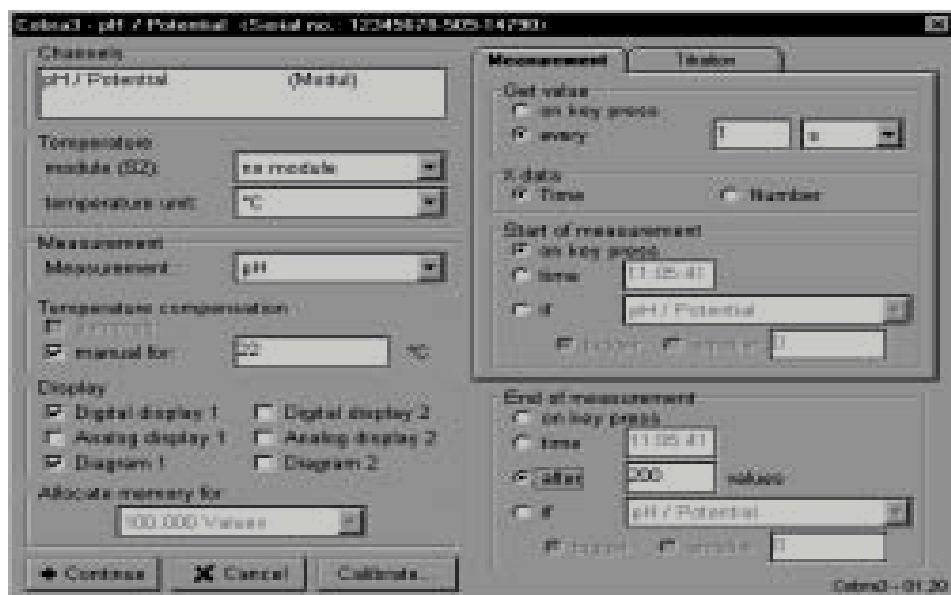


Рис. 14.11. Настройки для основной установки Кобра-3

10. . [и др.]. Установите рН-электрод, зафиксированный универсальным зажимом, чтобы этот электрод соприкасался с раствором в стакане.
11. Включите магнитную мешалку на режим средней скорости.
12. Активируйте измерительное устройство.
13. Примерно через 20 с после начала процесса медленно погрузите сумочку с соляной кислотой в стакан и зафиксируйте её вторым универсальным зажимом.
14. Далее эксперимент будет происходить автоматически с заданными параметрами (экспериментальная установка выключится через 200 с).
15. Сохраните полученные результаты.
16. Повторите предыдущие пункты с сумочкой с гидроксидом натрия, предварительно промыв все приборы.

Результаты и расчет

Сравните графики, полученные на химической установке, с графиками, полученными на основной установке. Проанализируйте кривые.

Контрольные вопросы и задания

1. Каков ионный механизм формирования мембранного потенциала покоя?
2. За счет какого процесса формируется мембранный потенциал покоя?
3. Опишите строение мембраны возбудимых клеток: ионных каналов, ионных помп.
4. Какие существуют виды потенциала? Расскажите о каждом кратко.
5. Дайте определение коэффициенту трансфера. Для чего он служит?
6. Что показывает рН-уровень? Какие методы определения рН-уровня существуют?
7. Что представляют собой осмотические процессы?
8. В чем заключается сущность искусственной клеточной мембраны?
9. Чем отличаются липидные поры от белковых каналов?

Лабораторная работа № 15

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Приборы и принадлежности: универсальная установка Кобра-3, источник питания 12В/2А, информационный стандартный кабель RS232, программное обеспечение, полупроводниковый датчик, лабораторный термометр, резиновые кольца, резиновые перчатки, клейкая лента, вентилятор, ПК с системой Windows 95 или выше.

Цель работы: построить кривые, демонстрирующие регулирование температуры тела. Проанализировать различные кривые, характер которых зависит от условий на руке испытуемого.

Краткая теория

Теплообмен и регуляция температуры тела. Температура оказывает существенное влияние на протекание жизненных процессов в организме. Физико-химической основой этого влияния является изменение скорости протекания химической реакции превращения веществ: нагревание увеличивает, а охлаждение снижает скорость химических реакций. Поэтому температура организма влияет на активность его клеток. Жизнь организма зависит от протекания биохимических реакций, благодаря которым происходит энтропическое превращение всех видов энергии в тепловую. Зависимость скорости химических реакций количественно выражается законом Вант – Гоффа – Аррениуса, согласно которому при повышении или понижении температуры ткани на 10 °С происходит соответственно повышение или понижение скорости химических процессов в 2–3 раза. Расчет этого температурного коэффициента (коэффициент Q_{10}) производят путем вычисления отношения скоростей метаболических реакций при двух температурах, различающихся на 10 °С. Температура тканей организма определяется соотношением скорости метаболической теплопродукции их клеточных структур и скорости рассеивания образующейся теплоты в окружающую среду. Следовательно, теплообмен между организмом и внешней средой является неотъемлемым условием существования организмов. Нарушение соотношения скоростей этих процессов приводит к изменению температуры тела. Сложная динамика тем-

пературы среды прошедших геологических эпох предопределила всю сложность и многообразие приспособления к температурным условиям среды и в конечном счете позволила современному животному миру выжить на Земле в диапазоне температур примерно от -70 до $+85$ °С. Этот температурный диапазон, естественно, значительно шире, чем температурные возможности тканевых процессов, которые могут протекать в интервале примерно от -2 до $+45$ °С, т. е. в пределах от температуры образования клеточного льда до температурного изменения физико-химических свойств клеточных мембран и связанных с ними нарушений ферментативных процессов.

Приспособление организмов к температурным условиям среды отмечается на всех уровнях филогенеза и характеризуется большим разнообразием. Полное подчинение изменению температуры среды называют температурной конформацией, а организмы, полностью зависимые от температуры окружающей среды – конформерами.

На рис. 15.1 изображена простейшая схема системы терморегуляции человека. Контролируемая (регулируемая) система представляет собой тело гомойотермного организма – человека, находящееся в определенном состоянии. Стрелка показывает, что на тело может действовать внешнее или внутреннее тепловое возмущение. В результате тепловое состояние тела меняется, что воспринимается рецепторами, которые передают сигналы в аппарат сравнения, находящийся в центре терморегуляции. Там происходит автоматическое сравнение заданной или установленной природой температуры с той температурой, которую приобрело тело. В результате возникает ошибка регулирования, которая в центре терморегуляции трансформируется в управляющий нервный стимул. Этот стимул через соответствующие эффекторы изменяет теплопродукцию или теплоотдачу организма, противодействуя возмущающим влияниям.



Рис. 15.1. Простейшая схема системы терморегуляции человека

Действительно, современные знания позволяют полагать, что в центре терморегуляции (в мозге) существуют некоторый аппарат сравнения и специальная контролирующая система, вырабатывающая управляющий сигнал. Хорошо известно также, что в теле имеются специальные термочувствительные элементы, которые по принципу обратной связи через соответствующие пути оказывают влияние на центр терморегуляции.

Почти у всех гомойотермных животных наблюдаются суточные колебания температуры. Колебания температуры наблюдаются также при физических упражнениях, питании и пищеварении, с наступлением половой зрелости, половых циклов, с возрастом и при других условиях. Зависимости между величиной тела и температурой не наблюдается. У человека температура тела достигает 37 °С только на глубине нескольких сантиметров от поверхности тела.

Сама формулировка понятия «гомойотермия» предполагает сохранение устойчивой температуры только глубоко расположенных органов и тканей. В то же время поверхностные ткани претерпевают колебания температуры более существенные, чем внутренние органы. В этой связи возникло физиологически целесообразное выделение в гомойотермном организме ядра – внутренних структур с устойчивой температурой (это прежде всего мозг и внутренние органы). Ядро тела окружают термоизолирующие ткани – оболочка (рис. 15.2). Ядро и оболочка – чисто физиологические понятия. Например, в процессе нагревания организма возможно такое его тепловое состояние, когда все органы и ткани, исключая кожу, могут физиологически быть отнесены к понятию «ядро». Резкое и длительное охлаждение тела способно вызвать такое тепловое состояние, когда понятие ядро может распространяться лишь на мозг и внутренние органы. При этом будет наблюдаться резкое и глубокое снижение температуры тканей туловища и практически всех тканей конечностей (увеличение оболочки тела). Поэтому, когда речь идет о температуре тела гомойотермного организма, имеется в виду температура ядра, т. е. внутренняя температура тела. Наиболее строго судить о температуре ядра можно, измеряя температуру в нижней трети пищевода – вблизи сердца. В экспериментальных физиологических исследованиях внутреннюю температуру измеряют в прямой кишке (у животных малого размера – в слепой кишке), ротовой полости, тканях гипоталамуса.

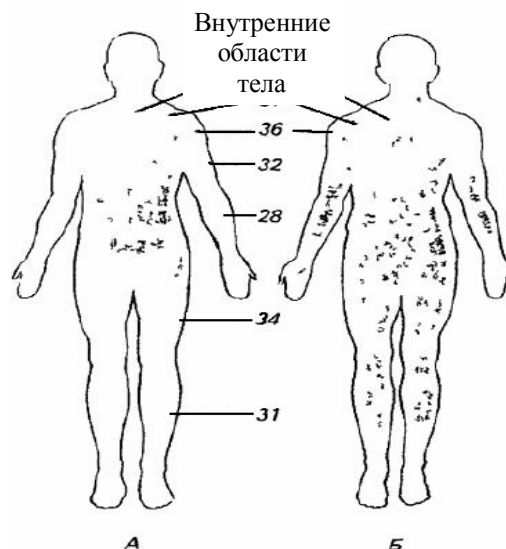


Рис. 15.2. Температура различных областей тела человека ($^{\circ}\text{C}$) при температуре среды 20°C (А) и 35°C (Б)

В медицинской практике наиболее распространенным методом является измерение температуры тела в замкнутом пространстве подмышечной впадины. Однако это требует около 10 мин (время, за которое температура подмышечной впадины приблизится к внутренней температуре тела). При этом учитывают, что измеряемая в подмышечной впадине температура обычно ниже внутренней температуры примерно на $0,5^{\circ}\text{C}$, так как в ядре тела распределение количества теплоты, а следовательно, и ее интегрального показателя – температуры – не одинаково и имеет заметное снижение к периферии. Даже в мозгу имеется поперечный градиент температур, в результате чего температура коры головного мозга может быть ниже температуры ствола мозга примерно на 1°C . Величина этого градиента существенно зависит от размеров тела (мозга) и развития шерстного (волосяного) покрова. Во временном отношении внутренняя температура тоже не постоянна. Температура тела большинства гомойотермных животных, ведущих дневной образ жизни, снижается к концу ночи и повышается к концу дня. У человека эта «циркадианная» периодичность выражается в колебании внутренней температуры в пределах $0,5\text{--}1^{\circ}\text{C}$, максимально повышаясь к 16–18 ч и максимально снижаясь приблизительно к 4 ч утра (рис. 15.3). У животных, ведущих ночной образ жизни, наблюдается обратная динамика температуры. Примечательно, что именно глубокие структуры организма в покое являются главным источни-

ком теплоты, которая уже затем переносится к периферии. Это создает высокую эффективность фонового термогенеза. Так, у человека в термонейтральных условиях на долю мозга и внутренних органов, составляющих примерно 8 % относительной массы тела, приходится около 70 % всей теплопродукции организма. Естественно, что при активации химической терморегуляции начинают доминировать такие источники теплоты, как мышечная и бурая жировая ткань.

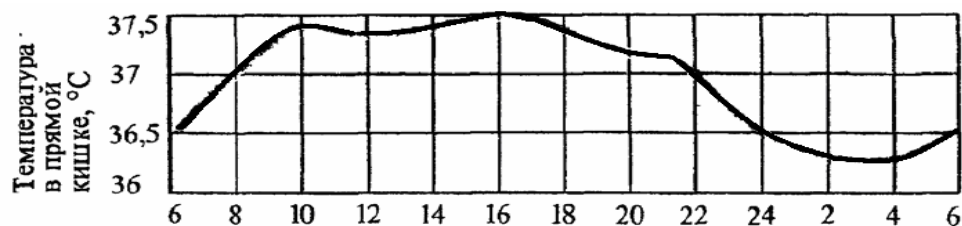


Рис. 15.3. Суточные колебания внутренней температуры тела человека

С целью поддержания нормальной температуры тела гомойотермные организмы имеют специальный механизм, управляющий химической и физической терморегуляцией, т.е. скоростью теплопродукции и теплоотдачи.

Как правило, температура кожи зависит от уровня образования тепла в организме, температуры среды и ее охлаждающей силы (движения воздуха, теплового излучения, влажности) и от особенностей кровообращения в коже. Последнее в значительной мере определяет распределение температуры кожи – ее топографию. В качестве общей схемы можно принять, что температура кожи является функцией величины теплоотдачи и при прочих равных условиях будет всегда тем ниже, чем выше потеря тепла. Изучение температуры кожи представляет огромный интерес для понимания реакций терморегуляции, так как изменения этой температуры определяют раздражение терморцепторов и в зависимости от интенсивности этого раздражения-реакцию общего обмена веществ (теплопродукции) или отдельных механизмов теплоотдачи. Так, например, при стимуляции холодových рецепторов наблюдается рефлекторная реакция сохранения тепла.

Кровеносные сосуды кожи суживаются, волосы поднимаются. Сужение сосудов у человека может уменьшить потери тепла на 1/6-1/3. Известный градиент температура кожи является, таким обра-

зом, важнейшей физиологической константой, характеризующей напряжение (стресс) терморегуляционных механизмов.

Продукция тепла в покое у гомойотермных организмов в значительной степени зависит от температуры внешней среды. Способность к повышению теплообразования в ответ на охлаждение тела или отдельных его частей свойственна всем без исключения гомойотермным организмам.

При очень интенсивном охлаждении тела (погружение в ледяную воду) практически все без исключения гомойотермные организмы обнаруживают резкое повышение обмена – так называемое верхнее предельное повышение обмена. Из рис. 15.4 видно, что при очень низких температурах обмен начинает снижаться; это сопровождается падением температуры тела и характеризует гипотермию. При очень высоких температурах обмен повышается, что характеризует тепловое напряжение (стресс) терморегуляции. Наиболее низкий уровень газообмена наблюдается при температуре воздуха более низкой, чем температура тела. С понижением температуры воздуха или воды теплоизолирующие механизмы (включая вазомоторные реакции) поддерживают температуру тела вплоть до достижения температуры критической точки. При температуре тела ниже критической точки теплопродукция должна возрасти. При температуре выше зоны термической нейтральности охлаждающие механизмы теряют свою эффективность и потребление кислорода возрастает. Возросшая теплопродукция наряду с неадекватным рассеиванием тепла усиливает воздействие высокой температуры, и организм перегревается.

Под критической точкой понимают температуру среды, при которой наблюдается самый низкий уровень обмена веществ, а механизмы теплоотдачи оказываются практически выключенными; под зоной термической нейтральности – более широкую температурную зону, где этот низкий обмен веществ поддерживается на постоянном уровне.

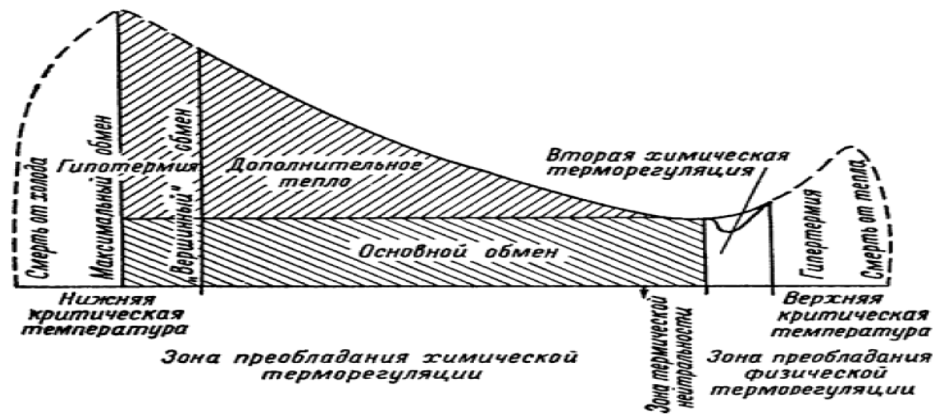


Рис. 15.4. Схема химической терморегуляции у гомойотермных организмов

Важным критерием для оценки химической терморегуляции является ее интенсивность, обычно выражаемая в процентах изменений обмена веществ на один градус изменений температуры внешней среды. Интенсивность химической терморегуляции изменяется как в связи с уровнем филогенетического развития терморегуляции (с более совершенным развитием физической терморегуляции химическая становится менее интенсивной), так и в соответствии с морфологическими особенностями организмов. Высокая теплоизоляция снижает интенсивность изменений газообмена при смене температуры среды, низкая-увеличивает.

С физической точки зрения можно различать три способа отдачи тепла телом: проведением (конвекцией), испарением и излучением. Все они используются организмом и его регулируемыми системами в соответствии с метеорологическими условиями среды. Эти физические процессы регулируются организмом высших животных благодаря изменениям распределения крови между кожей и более глубокими частями тела, дыхания и потоотделения, формы (положения) тела и поведения.

Определенной степени раздражения этих рецепторов соответствует постоянная величина теплоотдачи проведением за счет нагревания непосредственно прилегающих (и движущихся) к поверхности кожи слоев воздуха. Известно, что сужение сосудов у человека может уменьшить потери тепла на 20–35 %.

Реакции сосудов на охлаждение изучаются обычно либо методом объемного изучения органа (методом плетизмографии), либо путем изучения топографии кожной температуры. Последний применяется наиболее часто и позволяет судить о роли сосудистой регуляции тепла в общем тепловом балансе организма у разных жи-

вотных. Характерной реакцией организма при охлаждении является понижение температуры кожи на конечностях. На туловище и на голове температура кожи может оставаться практически постоянной, несмотря на значительное охлаждение тела. При очень высокой температуре среды топографические отличия температуры кожи сглаживаются и она начинает приближаться к температуре окружающего воздуха. Теплоотдача конвекцией (проведением) становится практически невозможной и начинает осуществляться за счет скрытой теплоты испарения. Увеличенное испарение воды организмом может происходить либо за счет повышенной влажности кожи (пропотевание воды через кожу) путем простой диффузии или потоотделением, либо испарением воды со слизистой оболочки полости рта, языка и дыхательных путей. Первый путь связан с изменениями кровообращения в коже и с увеличением доставки воды к поверхности тела, второй – с увеличенным легочным дыханием, сопровождающимся увеличением общего кровообращения.

Потоотделение лучше всего выражено у человека, обезьян и лошади; оно имеет существенное значение и в поддержании температуры тела у жвачных и, по-видимому, у всех копытных.

Потоотделительная реакция (в отличие от простого испарения воды кожей) проявляется сначала в градуальном нарастании отдачи воды с поверхности кожи при повышении температуры среды, а затем в виде интенсивного выбрасывания пота. Особенно ярко это толчкообразное выбрасывание проявляется при интенсивной мышечной работе или при значительном эмоциональном возбуждении.

Учащение дыхания в связи с повышением температуры среды и температуры тела является общей реакцией для всех гомойотермных и пойкилотермных организмов, связанной с повышением температуры крови и непосредственным нагреванием ткани мозга. Это термическое тахипноэ, однако, не достигает значительных величин, а главное, сопровождается учащением и углублением дыхания. Термическое терморегулирование полипноэ отличается тем, что оно возникает при крайне ничтожном повышении температуры внутренней среды (крови и тканей) и сопровождается значительным уменьшением глубины дыхания.

Терморцепция появилась уже на ранних этапах филогенеза животного мира. До настоящего времени сущность процесса тер-

морцепции не раскрыта и единой точки зрения пока не сформулировано. Главным образом это связано с трудностями регистрации рецепторного потенциала терморцептора. Дело в том, что терморцепция осуществляется свободными окончаниями тонких сенсорных волокон типа (дельта)-С, не связанных с какими-либо специализированными образованиями. Поэтому найти такое окончание в ткани кожи, проникнуть в него микроэлектродом и зарегистрировать рецепторный потенциал в ответ на стандартные температурные стимулы пока никто из исследователей не смог. Так что основным методом изучения терморцепции остается регистрация импульсов, отводимых от афферентных волокон кожного нерва. Исследования показали, что терморцепторы представлены в оболочке тела: коже, подкожных тканях, в том числе кожных и подкожных сосудах (это периферические рецепторы), и в ЦНС: наибольшая плотность их обнаружена в медиальной преоптической области гипоталамуса – это центральные нейроны (термосенсоры). У высших млекопитающих, в том числе и у человека, установлено существование специфических терморцепторов, крайне мало чувствительных к нетемпературным стимулам. Эти терморцепторы подразделяются на две популяции: холодовые и тепловые рецепторы. Характерным для обеих популяций является то, что при постоянной температуре кожи они разряжаются тонически с частотой, зависящей от температуры (так называемая статическая активность терморцепторов). Средние частоты разрядов для обеих популяций обладают своими максимумами (рис. 15.5). Для холодовых терморцепторов максимальная частота разрядов обнаружена в пределах 20–33 °С (средняя 26 °С), для тепловых – в пределах 40–46 °С (средняя).

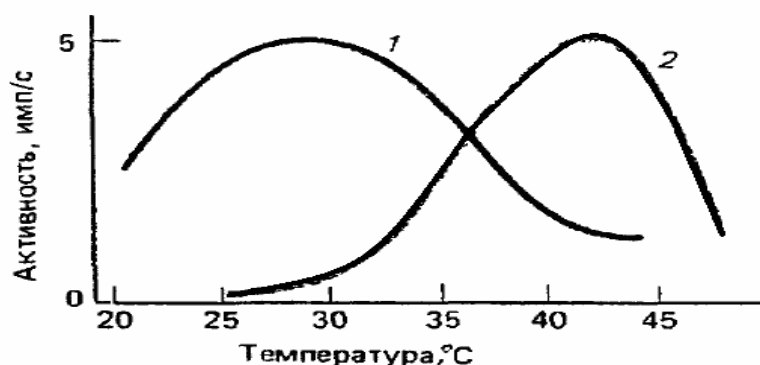


Рис. 15.5. Активность холодовых (1) и тепловых (2) терморцепторов

Температура, °С

при постоянной температуре кожи

Следует заметить, что ощущение горячего (жжение), возникающее при температуре свыше $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, воспринимается другими рецепторами – горячевыми (или рецепторами жжения). Эти рецепторы относятся к категории полимодальных ноцицепторов и являются промежуточной популяцией между терморепторами и ноцицепторами.

Холодовые рецепторы реагируют резким кратковременным учащением разрядов на охлаждение и кратковременным прекращением их на нагревание. Тепловые рецепторы, наоборот, повышают активность на резкое нагревание.

Холодовая адаптация заключается в увеличении теплоизолирующих свойств меха и накопления подкожного жира, а также в фоновом повышении тканевого энергообмена (термогенеза) за счет увеличения количества тканевых β -адренорецепторов. В результате увеличения количества β -адренорецепторов в мышцах и их активации норадреналином сократительный акт становится менее экономичным, а потому терморегуляционный тонус и дрожь у адаптированных к холоду животных дают больший выход теплоты. Вероятно, эти же механизмы лежат в основе сезонных перестроек системы терморегуляции.

Порядок выполнения работы

1. Соберите установку, как показано на рис. 15.6.
2. Соедините датчик температуры с разъемами S1 и S2.
3. Подключите установку Кобра-3 к ПК при помощи информационного кабеля.

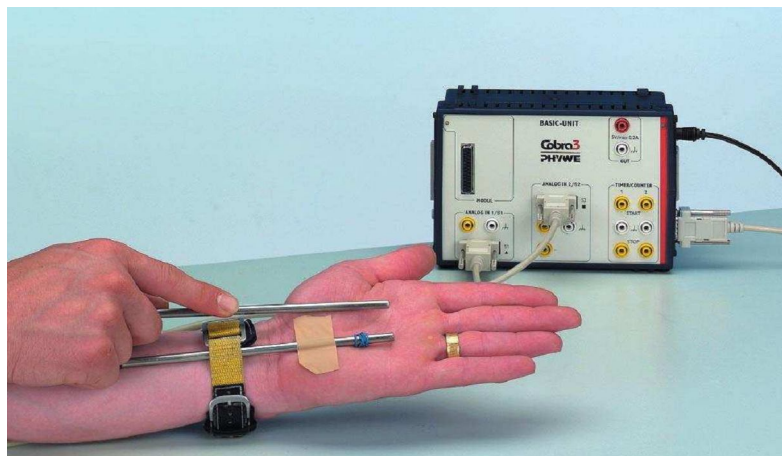


Рис. 15.6. Экспериментальная установка

4. В среде Windows 95 откройте программу Cobra-3 Measure.
5. Установите параметры измерения (рис. 15.7).

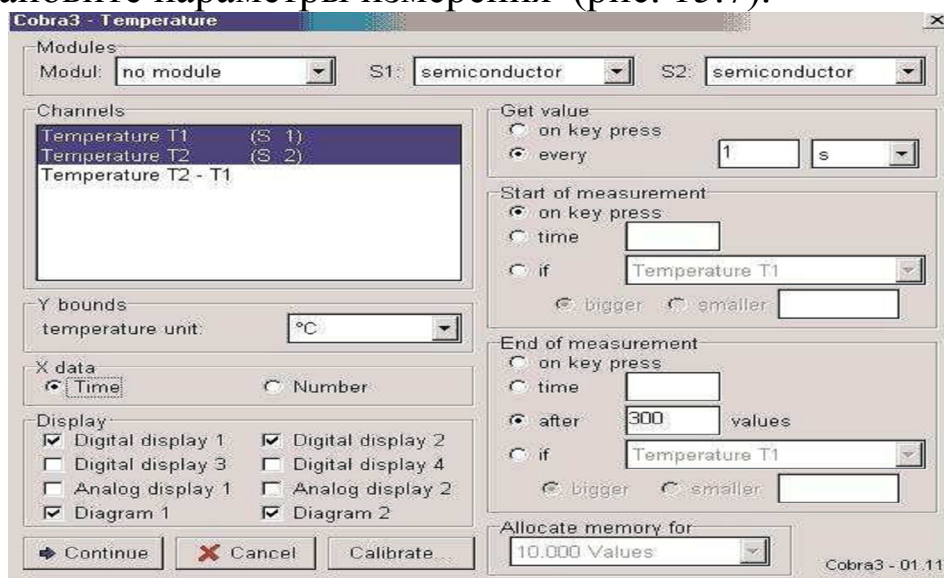


Рис. 15.7. Параметры измерения (базовая установка)

6. Откалибруйте датчики температуры; выберите команду «Откалибровать», для зондов T1 и T2 выберите значение комнатной температуры, щелкните на пункте «Калибровать» и нажмите ОК.

Порядок выполнения эксперимента 1

1. На расстоянии 1–2 см от конца датчика температуры намотайте резиновое кольцо, чтобы при эксперименте конец датчика не касался поверхности ладони.
2. При помощи клейкой ленты закрепите датчик на одной руке, конец датчика должен находиться над серединой ладони. Не касайтесь датчика рукой.
3. Испытуемый должен находиться на расстоянии 30 см от вентилятора. Второй датчик расположите параллельно ладони, но так, чтобы он не касался ее поверхности.
4. Перед началом эксперимента убедитесь, что конец датчика, обмотанного резинкой, не касается поверхности ладони.
5. Начните измерение.
6. По прошествии 2 мин включите вентилятор.
7. Еще через 2 мин остановите измерение и снимите датчик с резинкой.

Порядок выполнения эксперимента 2

1. Прикрепите датчик с резинкой на руку (не касаясь его конца) и быстро натяните перчатку на датчик; второй датчик расположите параллельно руке. Испытуемый должен находиться напротив вентилятора.
2. Начните измерение.
3. По прошествии 2 минут включите вентилятор.
4. Еще через 2 минуты снимите перчатку, остановите измерение и снимите датчик с резинкой.

Порядок выполнения эксперимента 3

1. Снимите резиновое кольцо с датчика и положите датчик на ладонь.
2. Другой датчик держите параллельно руке, испытуемый должен находиться на расстоянии 30 см от вентилятора.
3. Начните измерение.
4. По прошествии 2 мин включите вентилятор.
5. Еще через 2 мин остановите измерение.

Результаты и расчет

Эксперимент 1. Температура над ладонью постоянно растет, пока включен вентилятор. Затем температура резко уменьшается (рис. 15.8.) Вследствие тепла, излучаемого телом, температура над поверхностью ладони увеличивалась. При включении вентилятора происходит охлаждение или испарение. Для испарения необходима тепловая энергия, поэтому наблюдается стойкое охлаждающее действие.

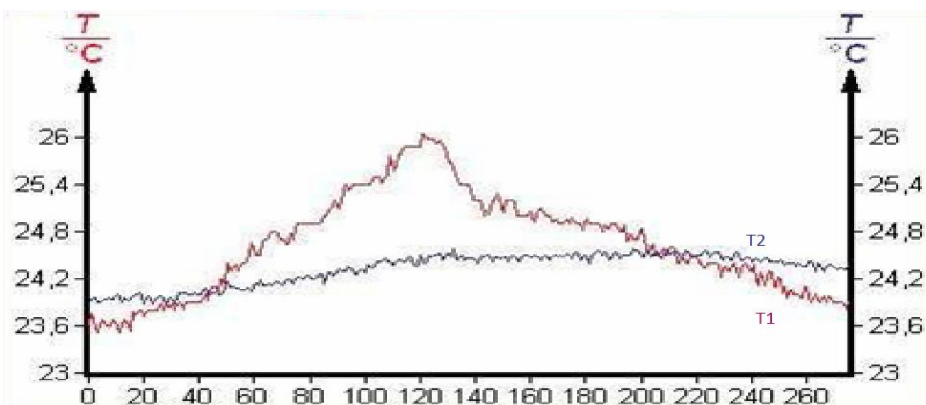


Рис. 15.8. Результат измерения в эксперименте 1: T_1 – температура, которую будет показывать датчик №1; T_2 – температура,

которую будет показывать датчик №2

Эксперимент 2. Температура над ладонью неуклонно растет даже после включения вентилятора (рис. 15.9). Из-за резиновой перчатки не происходит потери тепла при включении вентилятора, тепло накапливается.

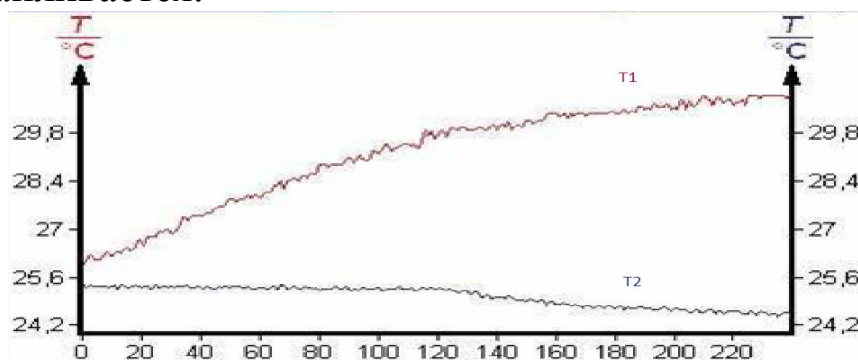


Рис. 15.9. Результат измерения в эксперименте 2: T_1 – температура, которую будет показывать датчик № 1; T_2 – температура, которую будет показывать датчик № 2

Эксперимент 3. Температура над ладонью неуклонно растет до тех пор, пока включен вентилятор (рис. 15.10). Температурный датчик медленно нагревается до температуры тела.

Когда вентилятор включен, возникает охлаждение. Однако температура тела поддерживается на одном уровне.

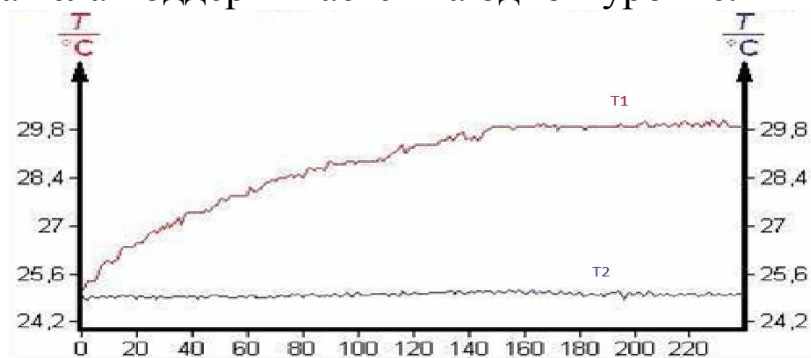


Рис. 15.10. Результат измерения в эксперименте 3: T_1 – температура, которую будет показывать датчик № 1; T_2 – температура, которую будет показывать датчик № 2

- Постройте кривые, демонстрирующие регулирование температуры тела.
- Проанализируйте различные кривые, характер которых зависит от условий на руке испытуемого.

Контрольные вопросы и задания

1. Изобразите простейшую схему системы терморегуляции человека.
2. Дайте определение ядра.
3. Что является важным критерием для оценки химической терморегуляции?
4. Назовите два типа потовых желез.
5. В результате чего изменяется интенсивность химической терморегуляции?
6. Что такое температурная адаптация?
7. Изобразите графически активность холодовых и тепловых терморцепторов при постоянной температуре кожи.
8. Приведите пример периферических рецепторов.
9. От чего зависит температура кожи?
10. Каким законом выражается зависимость скорости химических реакций? В чем он заключается?

Рекомендуемая литература

1. Биофизика: учебник для студентов вузов / В.Ф. Антонов [и др.]. М., 2006.
2. Биофизика / В.В. Ревин [и др.]. Саранск, 2002.
3. Биофизика для инженеров: в 2 т. / Е.В. Бигдай [и др.]. М., 2008. Т. 1, 2.
4. Медицинская и биологическая физика А.Н. Ремизов. 2-е изд. М., 2007.
5. Физика и биофизика: практикум / В.Ф. Антонов. М., 2009.
6. Практикум по биофизике: учеб. пособие для студентов / В.Ф. Антонов [и др.]. М., 2001.
7. Глазные болезни и травмы / Е.Е. Сомов. [и др.]. СПб., 2002.
8. Лабораторный практикум по оптике / Л.Ф. Добро [и др.]. Краснодар, 2004. Ч. 1.
9. Анатомия и физиология человека / С. Гальперин. [и др.]. М., 2001.
10. Мир света / У. Брэгг. . [и др.]. М., 2000.
11. Удивительные свойства света / С. Толанский. . [и др.]. М., 2003.
12. Как мы видим то, что видим / В. Демидов. . [и др.]. М., 2002.
13. Фармакотерапия глазных болезней / В.И. Морозов [и др.]. М., 2001.
14. Современная офтальмология / под ред. В.Ф. Даниличева. СПб., 2000.
15. Диодный лазер в офтальмологической операционной / З.В. Бойко. . [и др.]. СПб., 2000.
16. Физиология терморегуляции / К.П. Иванов [и др.]. М., 2003.
17. Анатомия и физиология нервной системы: учеб. пособие для вузов. М., 2003.
18. Эволюция терморегуляции / А.Д. Слоним. . [и др.]. М., 1999.
19. Зудбинов Ю.И. Азбука ЭКГ. Ростов н/Д, 2003.

Содержание

Предисловие.....	3
Лабораторная работа № 9.	
Определение поля зрения человека.....	4
Лабораторная работа № 10. Времяразрешающая способность человеческого глаза.....	14
Лабораторная работа № 11. Проверка реакционной способности человека.....	24
Лабораторная работа № 12. Электроокулография.....	31
Лабораторная работа № 13. Измерение частоты дыхания.....	42
Лабораторная работа № 14. Ионная проницаемость клеточной мембраны.....	50
Лабораторная работа № 15. Регулирование температуры тела человека.....	65
Рекомендуемая литература.....	79

Учебное издание

Д О Б Р О
Людмила Федоровна

Б О Г А Т О В
Николай Маркович

Б И О Ф И З И К А

Лабораторный практикум

Часть 2

Подписано в печать 18.06.10. Формат 60 x 84 1/16.
Печать цифровая. Уч.–изд. л. 5, Тираж 100 экз. Заказ №

Кубанский государственный университет
350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149.
Издательско–полиграфический центр КубГУ
350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149.