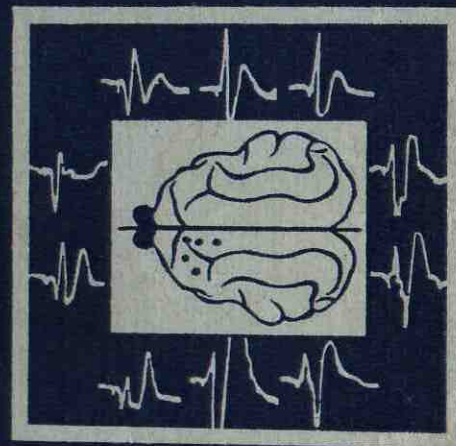


90 коп.

ПРАКТИКУМ ПО НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

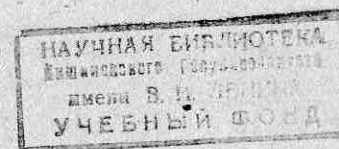
ПРАКТИКУМ ПО НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ



ПРАКТИКУМ ПО НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ ПРОФ. Н. А. АГАДЖАНИНА
И ПРОФ. А. В. КОРОБКОВА

Допущено
Министерством высшего и среднего специального
образования СССР в качестве учебного пособия
для студентов медицинских специальностей вузов



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1983

А. В. Коробков, А. А. Башкиров, К. Т. Ветчинкина, Н. А. Агаджанян,
И. Г. Власова, Л. П. Дорина, В. А. Карягин, Ю. Л. Кислицын,
К. М. Куланда, Е. И. Лебединская, И. И. Лизунова, С. А. Чеснокова,
Л. К. Щельцын, А. И. Елфимов, В. В. Коржова, М. А. Куликов,
П. Г. Шамров, С. А. Шастун, О. Б. Шаханова

Рецензенты:

кафедра нормальной физиологии медико-биологического факультета
2-го Московского государственного медицинского института
имени Н. И. Пирогова
(зав. кафедрой д-р мед. наук, проф. В. В. Дергачев);
кафедра физиологии и биохимии медицинского факультета Вильнюсского
государственного университета имени В. Капсукаса
(зав. кафедрой проф. Д. Микалаускайте)

Практикум по нормальной физиологии: Учеб. пособие для
П69 мед. вузов / А. В. Коробков, А. А. Башкиров, К. Т. Ветчин-
кина и др.; Под ред. Н. А. Агаджаняна и А. В. Коробкова. —
М.: Высш. шк., 1983. — 328 с., ил.
В пер.: 90 к.

Практикум объединяет лабораторные работы, составленные в соответствии с курсом «Нормальная физиология». Объектом исследования преимущественно служит организм человека. Первая глава практикума знакомит с аппаратурой и методами исследования физиологических функций. Последующие разделы практикума посвящены изучению физиологии крови, сердца, сосудистой системы, дыхания, обмена веществ и энергии, пищеварения, выделения, терморегуляции, мышц и нервов, центральной нервной системы, анализаторов, психических функций. Приведены методы статистической обработки результатов и контрольные вопросы по всему курсу.

П 2007020000—306 91—83
001(01)—83

ББК 28.903
5А2.2

© Издательство «Высшая школа», 1983

ПРЕДИСЛОВИЕ

Физиология — экспериментальная наука, и ее изучение в высшем учебном заведении должно обязательно сопровождаться выполнением студентами лабораторных работ, в ходе которых они получают непосредственное подтверждение теоретическим положениям, излагаемым в лекциях, приобретают навыки в постановке и проведении различных экспериментов, в «работе руками».

В основу настоящего практикума положен «Практикум по физиологии», изданный сотрудниками кафедры нормальной физиологии медицинского факультета Университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы в 1970 г.

Техническое оснащение физиологического практикума с каждым годом совершенствуется. Благодаря общему развитию науки медицинская промышленность выпускает новые приборы, расширяющие возможности исследования функций организма. В связи с этим периодически возникает необходимость в обновлении, а иногда и в коренной переработке имеющихся практических руководств по физиологии.

В отличие от существующих практикумов в предлагаемом практикуме объектом исследования преимущественно служит организм человека, что соответствует уровню современной физиологии и отвечает требованиям медицинской практики.

Основная тенденция рекомендуемых практических задач — изучение функций не в статике, а в динамике, для чего в работы введены специальные функциональные нагрузки.

Практикум построен в соответствии с новой программой по нормальной физиологии. Первую главу составляет описание принципов устройства и работы современных приборов, позволяющих исследовать физиологические функции. В последующих главах излагаются методики постановки экспериментов и исследований, применяемых для характеристики деятельности различных функциональных систем организма. Наряду с современными методиками, основанными на использовании электронной аппаратуры, в практикуме оставлены необходимые классические физиологические работы на различных лабораторных животных, наиболее удачно демонстрирующие некоторые закономерности деятельности организма. В ходе повествования текст сопровождается рисунками, способствующими лучшему усвоению материала.

Практикум рассчитан не только на индивидуальное, но и на групповое использование студентами в ходе лабораторных занятий. Ряд работ предназначен для демонстрации эксперимента преподавателем.

Выполнение рекомендуемых задач в сочетании с лекционным

курсом должно, как нам кажется, обеспечить подготовку студентов к изучению проблем общей патологии и клинических дисциплин.

Распределение труда между авторами следующее: А. В. Коробков написал часть главы XI; А. А. Башкиров — части глав XI, XII и XV; К. Т. Ветчинкина — главу VI, часть раздела «Приложения» и «Контрольные вопросы и задания»; И. Г. Власова — главу IV; Л. П. Дорина — главу V; В. А. Карягин — главу III; Ю. Л. Кислицын — главу XIII; К. М. Кулланда — части глав I, XI и XII; Е. И. Лебединская — часть главы XIV; И. И. Лизунова — часть главы XIV и работу 6 главы XV; С. А. Чеснокова — работы 1—5 и 8—15 главы II и часть главы X; Л. К. Шельцын — главы VII, VIII, IX и часть главы I; А. И. Елфимов — часть главы XV; В. В. Коржова — часть главы X; М. А. Куликов — часть главы XVI; П. Г. Шамров — работу 22 главы XIV; С. А. Шастун — часть главы XVI; О. Б. Шаханова — работы 6, 7 и 16 главы II.

Коллектив авторов будет благодарен за рекомендации и замечания, способствующие улучшению содержания практикума.

Профессор Н. А. Агаджанян

ГЛАВА I

АППАРАТУРА И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Успехи современной физиологии в изучении функций целого организма, его систем, органов, тканей и клеток во многом обусловлены широким внедрением в практику физиологического эксперимента электронной техники, анализирующих устройств и электронных вычислительных машин, а также биохимических и фармакологических методов исследований. В последние годы в физиологии качественные методы заменяют количественными, что позволяет определять изучаемые параметры различных функций в соответствующих единицах измерения. Совместно с физиологами в разработке новых методических принципов участвуют физики, радиоэлектроники, математики и другие специалисты.

Быстрое совершенствование в последние десятилетия электронной техники открыло новые пути для проникновения в сущность многих физиологических процессов, что ранее было принципиально невозможно. В качестве примера можно привести успешные исследования нервной системы в целом, механизмов возбуждения, синаптической передачи, изучение многих вопросов, связанных с деятельностью отдельных клеток, мембран и т. п.

Наряду с этим совершенствование измерительной и регистрирующей аппаратуры, а также создание разнообразных систем, преобразующих неэлектрические процессы в электрические, позволили разработать новые, отличающиеся высокой точностью методы объективной регистрации физиологических функций, что в значительной мере расширило возможности эксперимента.

Развитие электроники и радиотехники позволило создать комплекс специальной аппаратуры, на основе которого сложился новый метод исследования — биотелеметрия физиологических функций, т. е. неконтактная передача информации о физиологических процессах, протекающих в объекте исследования, с помощью радио.

В наши дни все больше различной электронной аппаратуры из стен лабораторий переходит в клинику. Клинические методы исследования, отличаясь от экспериментальных, ассимилируют перспективные идеи и методы, возникающие и развивающиеся в экспериментальной физиологии. Среди используемой аппаратуры много специальных приборов, предназначенных для воздействия на организм с лечебными целями электрическим током, ультразвуком и т. п. К этому следует добавить возрастающую роль электронных

вычислительных машин для обработки экспериментальных данных, результатов медицинского обследования населения, диагностики заболеваний и т. д.

Современному врачу необходимо знать теоретические основы радиоэлектроники и иметь практические навыки работы с новой медицинской техникой. Он должен иметь представление о: 1) принципах конструкции и работы основных типов электронных приборов; 2) важнейших характеристиках приборов и правилах техники безопасности (для врача и пациента) при работе с ними; 3) правилах пользования отдельными специальными приборами и методах обработки и оценки полученных кривых (или показаний приборов).

СХЕМЫ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПРИБОРАМИ И ОБЪЕКТОМ ИССЛЕДОВАНИЯ

При исследовании физиологических функций с использованием различной аппаратуры в эксперименте и клинике формируются своеобразные системы. Их можно разделить на две группы: 1) системы для регистрации различных проявлений жизнедеятельности и анализа полученных данных и 2) системы для воздействия на организм или его структурно-функциональные единицы.

Для того чтобы наглядно представить взаимодействие отдельных элементов систем, необходимо рассмотреть их в виде блок-схем. Такими блок-схемами и их символами удобно пользоваться студентам для иллюстрации протоколов экспериментов во время практических занятий. По нашему мнению, подобная схематическая форма изображения хотя бы части условий эксперимента значительно сократит его описание и будет способствовать пониманию схем устройств и приборов.

Блок-схемы, отражающие основные формы взаимодействия между объектом исследования и приборами.

Рис. 1. Блок-схемы регистрирующих систем (пояснение в тексте):

1 — объект исследования, 2 — отводящие электроды, 3 — датчик, 4 — усилитель, 5 — регистратор, 6 — блок питания, 7 — усилитель с передатчиком, 8 — приемник с усилителем

различными устройствами для регистрации функций, представленные на рис. 1, А—Д.

Многие функции организма можно исследовать без электронной аппаратуры и регистрировать процессы либо непосредственно, либо после некоторых преобразований (рис. 1, А, Б). Примерами

могут служить измерение температуры ртутным термометром, регистрация сердечных сокращений с помощью пишущего рычажка и кимографа, регистрация дыхания с использованием капсулы Марэ (рис. 2, А), плетизмография с применением водяного плетизмографа, определение пульса и т. д. Реальные схемы установок для плетизмографии, регистрации моторики желудка и записи дыхания приведены на рис. 3, А—В.

Блок-схема системы, позволяющей регистрировать биоэлектри-

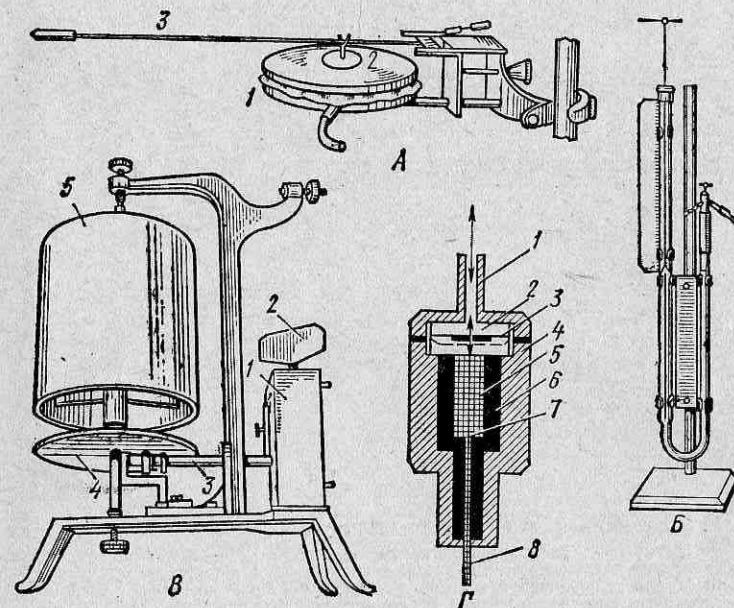


Рис. 2. Приборы и системы для механической регистрации физиологических процессов:

А — капсула Марэ: 1 — корпус капсулы, 2 — резиновая мембрана, 3 — рычаг с писчиком; Б — ртутный манометр; В — кимограф: 1 — часовой механизм, 2 — ветряк, 3 — муфта фрикционной передачи, 4 — диск, 5 — барабан; Г — емкостный датчик к электронному измерителю давления: 1 — штуцер для подсоединения пневматической системы, 2 — металлический диск на мембране, 3 — эластическая мембрана, 4 — корпус датчика, 5 — сердечник, 6 — слой диэлектрика, 7 — место подсоединения коаксиального кабеля, 8 — кабель, связывающий датчик с генератором

ческие процессы в организме, показана на рис. 1, В. Она состоит из объекта исследования, отводящих электродов, усилителя, регистратора и блока питания. Регистрирующие системы такого рода используют для электрокардиографии, электроэнцефалографии, электрогастрографии, электромиографии и др.

При исследовании и регистрации с помощью электронной аппаратуры целого ряда неэлектрических процессов необходимо их предварительно преобразовать в электрические сигналы. Для этого используются различные датчики. Одни датчики сами способны генерировать электрические сигналы и не нуждаются в питании

от источника тока, другим датчикам это питание необходимо (показано пунктиром; см. рис. 1, Г). Величина сигналов датчика обычно невелика, поэтому для регистрации их необходимо предварительно усилить. Системы с применением датчиков используют для баллистокардиографии, плетизмографии, сфигмографии, регистрации двигательной активности, кровяного давления, дыхания, определения газов в крови и выдыхаемом воздухе и т. д.

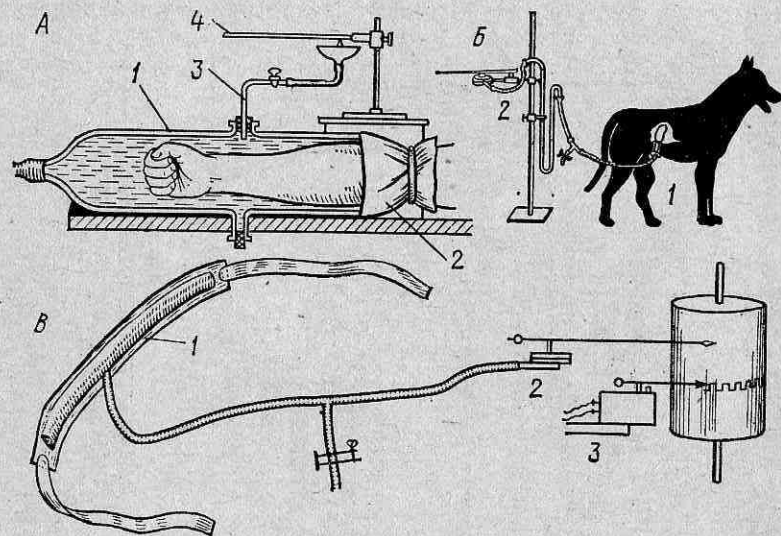


Рис. 3. Устройства для регистрации некоторых физиологических функций: А — водяной плетизмограф: 1 — цилиндр, заполненный водой, 2 — герметизирующая манжетка, 3, 4 — регистрирующая система; Б — система для регистрации моторики желудка собаки: 1 — резиновый баллон, введенный в полость желудка, 2 — водно-воздушная регистрирующая система; В — система для регистрации дыхания человека: 1 — пневмотахчик, 2 — капсула Марэ, 3 — отметчик времени

Если системы дополнить и согласовать с работой радиопередатчика (см. рис. 1, Д), то становится возможным передавать и регистрировать физиологические функции на значительном расстоянии от объекта исследования. Этот метод получил название биотелеметрии. Биотелеметрия, развитие которой определяется внедрением микроминиатюризации в радиотехнику, принадлежит большое будущее. Она позволяет исследовать физиологические функции не только в лабораторных условиях, но и в условиях свободного поведения, во время трудовой и спортивной деятельности, независимо от расстояния между объектом исследования и исследователем.

Системы, предназначенные для воздействия на организм или его структурно-функциональные единицы, могут оказывать различные влияния — пусковое, стимулирующее и тормозящее. Методы и варианты воздействий могут быть самыми разнообразными, некоторые из них в виде блок-схем приведены на рис. 4, А—Е.

При исследовании дистантных анализаторов стимулирующий импульс может восприниматься на расстоянии, в этих случаях стимулирующие электроды не нужны (рис. 4, А). Так, например, можно воздействовать светом на зрительный анализатор, звуком на слуховой и различными запахами на обонятельный.

В физиологических экспериментах в качестве раздражителя часто используют электрический ток, в связи с чем широкое распространение получили электронные импульсные стимуляторы и стимулирующие электроды. Их взаимодействие с объектом исследования иллюстрирует блок-схема, представленная на рис. 4, Б. Электрическую стимуляцию применяют для раздражения рецепторов, клеток, мышц, нервных волокон, нервов, нервных центров и т. д. При необходимости может быть применена биотелеметрическая стимуляция (рис. 4, В). Воздействия на организм могут быть как локальными (рис. 4, Г), так и общими (рис. 4, Д).

Исследования физиологических функций проводятся не только в состоянии покоя, но и при различных физических нагрузках (рис. 4, Е). Они могут создаваться либо выполнением определенных упражнений (приседания, бег и т. д.), либо с помощью различных устройств (велозргомметр, бегущая дорожка и др.), дающих возможность точно дозировать нагрузку.

Регистрирующие и стимулирующие системы часто используют одновременно, что значительно расширяет возможности физиологических экспериментов. Эти системы могут комбинироваться в различных вариантах.

Поскольку в объеме этой книги невозможно дать описание всего арсенала устройств, приборов и приспособлений, используемых в физиологическом практикуме, кратко остановимся на общих принципах, схемных и конструктивных особенностях основных устройств — электродов, датчиков, усилителей, регистраторов и стимуляторов. По нашему мнению, усвоение принципов их действия поможет разобраться в работе многих приборов. Описания конкретных приборов и подробные указания по их применению в том или ином опыте кажутся нам нецелесообразными, поскольку кафедры физиологии в разных университетах и институтах могут быть оснащены различной аппаратурой. Например, практические занятия

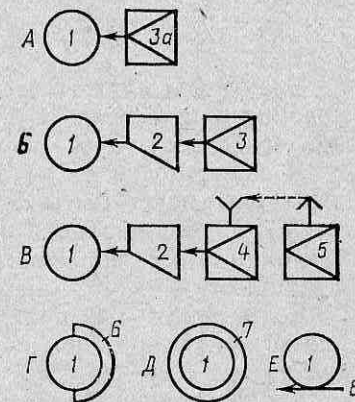


Рис. 4. Блок-схемы различных систем, воздействующих на объект исследования (пояснение в тексте):

1 — объект исследования, 2 — стимулирующие электроды, 3 — электронный импульсный стимулятор, 3а — фотофотостимулятор, 4 — приемник со стимулятором, 5 — стимулятор с передатчиком, 6 — устройство с локальным воздействием, 7 — устройства с общим воздействием, 8 — устройства, создающие физическую нагрузку

по электрокардиографии можно проводить с различными типами электрокардиографов; можно пользоваться также комплектом приборов, которые обеспечивают необходимое усиление и полосу пропускания частот, но предназначены для других целей. В зависимости от технических возможностей одни и те же работы можно проводить с различными типами и комплектами приборов, а правила их эксплуатации необходимо изучать по прилагаемым инструкциям.

ЭЛЕКТРОДЫ

Электроды служат связующим звеном между объектом исследования и приборами. Существует много различных форм электродов, особенности которых определяются их назначением.

В зависимости от роли, выполняемой в данном эксперименте, электроды могут быть *стимулирующими* и *отводящими* (рис. 5, А—Н). Принципиальной разницы между теми и другими нет, так как один и тот же электрод может выполнять и ту, и другую функцию.

Если электроды предназначены для поляризации ткани, т. е. для воздействия на нее постоянным током, то их называют *поляризующими*.

По конструкции, рассчитанной на определенный способ отведения (или раздражения), различают *биполярные* (рис. 5, А, Д—Л) и *униполярные* (рис. 5, Б, В, М) электроды.

При униполярном методе отведения потенциалов, стимуляции и поляризации тканей различают *активный* электрод (дифферентный) и *пассивный* (индифферентный). Активный электрод располагают в зоне отведения потенциалов или на том участке ткани, который необходимо подвергнуть воздействию. Пассивный электрод помещают в некотором удалении от активного, обычно на участке ткани, имеющем низкий и относительно постоянный потенциал, либо на умерщвленном участке ткани, либо в окружающую объект жидкую электропроводную среду. При этом в ряде случаев необходимо, чтобы площадь поверхности, контактирующей с объектом, у пассивного электрода была в несколько раз больше, чем у активного. Индифферентные электроды часто бывают выполнены в виде пластинки из серебра или олова. (рис. 5, Н).

Если электроды предназначены для расположения на поверхности объекта (на поверхности мышцы, мозга и т. п.), они называются *поверхностными* (рис. 5, А, В, Г). Такие электроды используют и в тех случаях, когда исследуемый объект может быть выделен из окружающих тканей (например, участок нервного ствола) или когда оперативным путем открывается доступ к его поверхности.

Для работы с объектами, расположенными в глубине тканей, применяют *погружные* электроды (рис. 5, Б, Д—М). Конструктивная особенность этих электродов состоит в том, что их токопроводящая система (металлические проводники или электролит) защи-

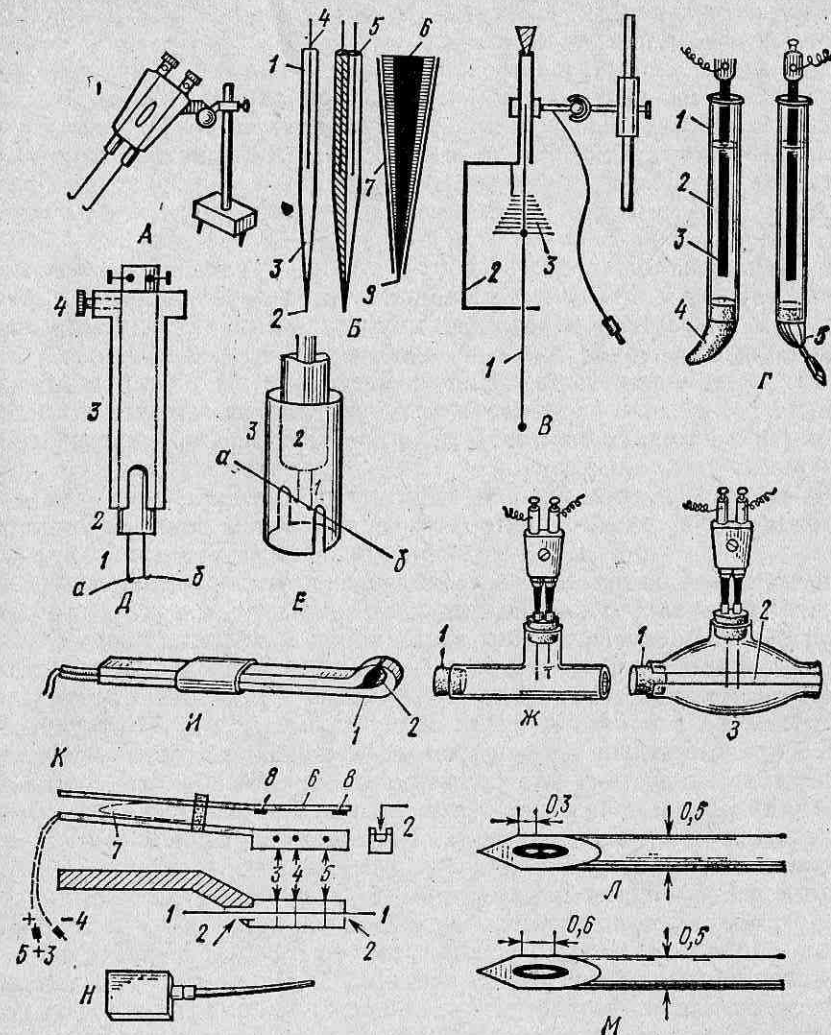


Рис. 5. Внешний вид и схемы различных типов электродов (пояснение в тексте)

щена от соприкосновения с окружающими тканями, не являющимися объектом исследования.

Часто при физиологических исследованиях возникает необходимость применять *неполяризующиеся* электроды.

Существует ряд общих требований, предъявляемых ко всем электродам. Они не должны: 1) оказывать на объект вредного влияния, 2) менять свои свойства при прохождении через них тока и 3) становиться сами источником потенциалов. Последнее особенно важно при электрофизиологических исследованиях, когда отводи-

мые потенциалы малы и могут быть значительно искажены поляризационными потенциалами.

Как известно, импульсные или переменные токи дают незначительный эффект поляризации, поэтому при работе с ними можно пользоваться металлическими электродами, не реагирующими с электролитами тканей объекта и не выделяющими ионов, изменяющих состояние объекта. Такими свойствами обладают благородные металлы (золото, серебро, платина), а также нержавеющая сталь, никель, хром и др.

В противоположность этому постоянный ток, проходя через электроды и ткани объекта, вызывает ряд электрохимических процессов. В результате между электродами возникает разность потенциалов, противоположная по знаку воздействию или отводимому потенциалу. Поэтому при воздействии на объект постоянным током, а также при отведении медленно изменяющихся или постоянных потенциалов необходимо применять неполяризующиеся электроды.

Чаще всего в этих случаях используют серебряные электроды, поверхность которых электрохимическим путем покрыта тонким слоем хлорида серебра. Для их приготовления в сосуд с 0,9%-ным раствором NaCl погружают серебряные и угольный электроды. К серебряным электродам подключают анод (+), а к угольному — катод (—) любого источника постоянного тока (например, батарея, аккумулятор) напряжением 3—6 В. Затем пропускают постоянный ток плотностью от 0,1 до 10 А/м² до тех пор, пока серебряные электроды не покроются сплошным слоем хлористого серебра. При соприкосновении хлорированных электродов с объектом создается система Ag — AgCl — электролиты тканей объекта, дающая слабый поляризационный ток, которым можно пренебречь. Неполяризующиеся электроды другого типа представляют собой (рис. 5, Г) стеклянные трубки 1, заполненные насыщенным раствором ZnSO₄. В раствор 2 помещают цинковую амальгмированную пластинку 3, которую получают погружением цинковой пластинки на несколько минут в 10%-ный раствор H₂SO₄, а затем в ртуть. Нижний конец стеклянной трубки закрывают каолином, замешанным на растворе Рингера 4. Наружной части каолиновой пробки придают форму, удобную для контакта с объектом. Иногда пробку делают из гипса и вставляют в нее мягкую волосную кисточку 5.

Когда объектом исследования являются микроструктуры (например, одиночные нервные клетки или мышечные волокна), на смену обычным макроэлектродам приходят микроэлектроды. Они применяются для отведения потенциалов от одиночных клеток или от групп клеток. Потенциалы отводят как внеклеточно, подводя электрод близко к телу клетки, так и внутриклеточно, вводя электрод внутрь клетки.

Для внутриклеточного отведения обычно используют стеклянные микроэлектроды. Они представляют собой стеклянный капилляр (рис. 5, Б, 1) с диаметром 1,5—3 мм. Конец капилляра оттягивают (при нагревании) так, чтобы диаметр кончика 2 составлял доли

микрометра (обычно меньше 0,5 мкм). Полость капилляра 3 заполняют 3М раствором KCl и в него погружают серебряную проволоку 4, конец которой соединяют непосредственно с переходным устройством (катодный повторитель) и затем со входом усилителя.

Стеклянные микроэлектроды могут служить и для внутриклеточной стимуляции. Если при этом необходимо одновременно отводить потенциалы, то применяют спаренные двухканальные электроды (рис. 5, Б, 5). Они представляют собой два спаянных капилляра с оттянутыми концами, полости которых изолированы друг от друга. Один канал такого электрода служит для униполярного отведения, другой — для униполярного воздействия на клетку (например, анодом или катодом постоянного тока).

Стеклянные микроэлектроды с диаметром кончика больше 1 мкм применяют для и внеклеточных отведений. Внеклеточные потенциалы можно отводить металлическими микроэлектродами. Последние представляют собой стальную иглу (рис. 5, Б, 6), один конец которой затачивают (чаще всего электролитически) так, чтобы диаметр кончика 8 составлял 5—15 мкм. Снаружи такую иглу покрывают изолирующим лаком 7, чтобы свободным от изоляции оставался только кончик.

Электроды для стимуляции и отведения могут применяться как в остром, так и в хроническом эксперименте. В последнем случае их иногда вживляют в ткани объекта. Такие электроды называют *живленными*.

Некоторые конструктивные особенности электродов могут быть обусловлены стремлением приспособить их к специфике объекта исследования или расширить возможности их использования. Так, для отведения потенциалов от поверхности коры больших полушарий или мозжечка удобен «навесной» электрод (рис. 5, В). Благодаря тому что его отводящий стержень из серебра 1 подвешен к рамке из диэлектрика 2 на пружинящем волоске от часового баланса 3, электрод не давит на поверхность коры и не травмирует ее даже в случае значительной пульсации мозга.

Погружные электроды (рис. 5, Л, М), выполненные в виде тонких игл (диаметр 0,5 мм), предназначены для отведения биотоков от мышц или от подкорковых структур мозга.

Электроды в стеклянном изолирующем корпусе для стимуляции нервов теплокровных животных представлены на рис. 5, Ж, З. Один из них, Ж, предназначен для раздражения пересеченного нерва. Нерв вводят внутрь трубки за привязанную к его концу лигатуру. Фиксацию нерва достигают прижатием лигатуры пробкой 1. После этого электроды погружают в ткани, что препятствует охлаждению нервов.

Другие электроды, З, могут служить для работы с непересеченными нервами. Для этого пробку 1 вынимают, а нерв вводят внутрь корпуса через боковую прорезь 2, проходящую с одной стороны трубки по всей ее длине. Для непересеченных нервов предназначены также погружные электроды, представленные на рис. 5, И, К. Проводники тока у электродов И проходят по желобкам в пластинке 1

из диэлектрика. В загнутой ее части они выступают и соприкасаются с нервом 2. В электродах *K* нерв 1—1' проходит через прорезы в корпусе 2 и контактирует с тремя серебряными проводниками 3, 4, 5. Два из них, 3 и 5, соединены вместе и подключаются к аноду, а центральный проводник 4 подсоединяется к катоду. Это позволяет уменьшить распространение петель тока (внеполюсное распространение тока). После того, как нерв помещен на электроды, полость корпуса сверху закрывают крышкой 6, прижимаемой пружиной 7. При этом выступы на крышке 8 несколько опускают нерв, что обеспечивает его лучшее прилегание к электродам.

Электроды *D* и *E* (рис. 5) позволяют работать как на пересеченных, так и на целых нервах. Их можно использовать и как поверхностные *D*, и как погружные *E*. В последнем случае электроды 1 с помещенным на них нервом *a—b* втягивают внутрь корпуса 3 так, чтобы нерв проходил через имеющиеся в нем прорезы. После того как корпус 3 сместится вдоль стержня 2, его положение фиксируют винтом.

Электроды, используемые для электроэнцефалографии, электрокардиографии, миографии, хронаксиметрии и других электрофизиологических целей, имеют самую разнообразную конфигурацию и конструкцию. Они обычно входят в комплект соответствующих приборов с указанием способов их использования.

ДАТЧИКИ

Преобразование неэлектрических процессов в электрические можно осуществлять с помощью различных устройств, получивших название датчиков.

В сочетании с определенными электрическими схемами эти приборы позволяют преобразовывать различные физические величины в эквивалентные электрические сигналы и затем записывать их с помощью регистраторов.

В эксперименте и клинике чаще всего используют датчики, преобразующие в электрические сигналы механические процессы, изменения интенсивности света и звука, колебания температуры и других факторов среды и т.п. Благодаря этому стало возможным регистрировать такие функциональные показатели, как сокращение мышц, смещение центра тяжести тела вследствие перераспределения крови, давление крови и степень насыщения ее кислородом, кровенаполнение сосудов, пульс, тоны и шумы сердца, температуру, pH среды и др. При этом о динамике изучаемого процесса нередко судят по связанным с ним вторичным изменениям электрических свойств тканей, например, их электропроводности, сопротивления. Именно на этом основана методика реографии (исследование кровоснабжения органов).

Фотоэлектрические датчики, или фотоэлементы. Это устройства, изменяющие свои параметры при воздействии световой энергии. Различают три типа фотоэлементов: 1) фотоэлементы с внешним фотоэффектом; 2) фотоэлементы с запирающим слоем (фотодио-

ды); 3) фотоэлементы с внутренним фотоэффектом (фоторезисторы).

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом представляют собой вакуумные или наполненные газом баллоны. В баллоне расположены два электрода: катод, покрытый слоем металла (цезий, сурьма), способного под действием света испускать электроны (внешний фотоэффект), и анод. Фотоэлементы этого типа требуют дополнительного источника питания для создания внутри элемента электрического поля, их включают в сеть постоянного тока. Под действием света катод испускает электроны, которые устремляются к аноду. Возникающий таким путем ток служит показателем интенсивности светового потока. Газонаполненные фотоэлементы более чувствительны, так как в них фототок усиливается за счет ионизации электронами наполняющего газа, но по сравнению с вакуумными они более инерционны.

Фотоэлементы с запирающим слоем используют в ряде медицинских приборов (например, в пульсотомах, оксигеметрах и др.). Фотоэлемент этого типа (рис. 6, А) представляет собой железную или стальную пластинку 1, на которую нанесен слой полупроводника 2. Поверхность полупроводникового слоя покрыта тонкой металлической пленкой 4. Одним из электродов является пла-

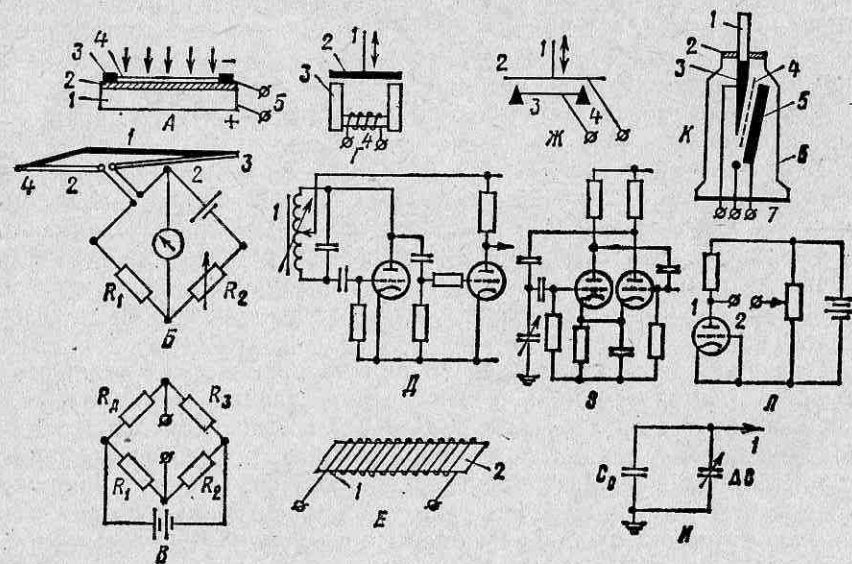


Рис. 6. Принцип устройства некоторых датчиков и включения их в электрические схемы. А — селеновый фотоэлемент с запирающим слоем; Б — включение термопары в измерительную схему; В — схема измерительного моста, применяемая для включения датчиков; Г — индуктивный датчик и принцип его включения (Д); Е — пьезоэлектрический датчик; Ж — емкостный датчик и принцип его включения (З); И — эквивалентная электрическая схема емкостного датчика; К — механоэлектронный датчик (механотрон) и принцип его включения (Л);

R_1, R_2 — сопротивления, R_d — датчики (подробнее в тексте)

стинка, а другим — металлическая пленка на полупроводнике 5. По периметру для лучшего контакта пленка уплотнена более толстым слоем металла 3. При изготовлении фотодиода запирающий слой формируется или между полупроводником и пластинкой, или между полупроводником и пленкой.

При освещении фотодиода кванты света выбивают из полупроводника электроны, которые проходят через запирающий слой и заряжают один электрод отрицательно; сам полупроводник и другой электрод приобретают положительный заряд. Следовательно, фотодиод при его освещении становится генератором электрической энергии, величина которой зависит от интенсивности светового потока. Фототок у фотодиодов можно значительно увеличить, если к электродам фотодиода приложить напряжение от внешнего источника постоянного тока.

Фоторезисторы обладают свойством менять свое активное сопротивление под влиянием падающего на них светового потока. Они имеют высокую чувствительность в широком диапазоне излучения от инфракрасного до рентгеновского. Их чувствительность зависит от величины напряжения, питающего измерительную схему. Фоторезисторы включают в цепь измерительного моста, который питается от источника постоянного тока (рис. 6, В). Изменение сопротивления фоторезистора под действием света нарушает балансировку моста, что приводит к изменению величины тока, текущего через измерительную диагональ моста. Внешний вид датчика с фотоэлементом показан на рис. 7, Б.

Фотодиоды менее чувствительны, чем фоторезисторы, но и менее инерционны.

Термоэлектрические датчики. К этому виду датчиков относят термопары и терморезисторы, которые преобразуют изменение температуры в электроток или изменяют под ее влиянием течение тока в цепи. Термоэлектрические датчики широко используют для измерения температур, для определения различных параметров газовой среды — скорости потока, процентного содержания газов и т. д.

Термопара представляет собой два проводника из различных металлов (например, медь — константан, платина — иридий), соединенных друг с другом (рис. 6, Б, 1 и 2). Если места соединения проводников 3, 4 находятся в разных температурных условиях, то в проводниках возникает электродвижущая сила, пропорциональная разности температур. На рис. 6, Б приведен один из возможных вариантов включения термопары в измерительную электрическую схему.

Терморезисторы — это полупроводниковые резисторы, способные уменьшать свое сопротивление по мере повышения температуры. Существуют резисторы, сопротивление которых с повышением температуры увеличивается, их называют позисторы. Терморезисторы выпускаются в самом разнообразном конструктивном оформлении. Терморезисторы следует включать в цепь измерительного моста постоянного тока (рис. 6, Б, В).

Механоэлектрические датчики. Датчики этого вида преобразуют механические величины (например, давление, смещение и пр.) в электрические сигналы. Подобное преобразование может осуществляться на основе различных принципов: пьезоэлектрического эффекта, изменения сопротивления, индуктивности или емкости.

Пьезоэлектрический датчик представляет собой кристалл, на который с помощью механической системы передается исследуемый механический сигнал. При сжатии некоторых кристаллических материалов (например, сегнетовой соли, титаната бария) на их поверхности возникают электрические заряды, появляется напряжение, пропорциональное давлению.

Тензометрические датчики (рис. 6, Е) представляют собой многовитковую спираль 1 из тонкой проволоки с большим сопротивлением, намотанную на основу из эластичного материала 2. Если такая спираль подвергается механическому напряжению (например, с помощью пелота, см. рис. 7, В, 3), то вследствие увеличения общей длины проводника и уменьшения площади его поперечного сечения сопротивление возрастает. Обычно тензометры включают в цепь моста постоянного тока (рис. 6, В).

Индуктивные датчики в конструктивном отношении отличаются большим разнообразием, но работа их основана на одном и том же принципе трансформации механических перемещений в изменения индуктивности. На рис. 6, Г представлена принципиальная схема устройства индуктивного преобразователя. Если механическую силу, связанную с исследуемым процессом (давление крови, дыхание и пр.), приложить к штанге 1, то это вызовет перемещение якоря 2, входящего в незамкнутую магнитную цепь катушки 4 с сердечником 3. При механическом перемещении отдельных элементов магнитной цепи индуктивность катушки изменяется. Характеристики индуктивных датчиков нелинейны, однако если диапазон перемещений якоря незначителен, то сигнал, получаемый на выходе системы, будет иметь линейную зависимость от амплитуды отклонения якоря.

Емкостные датчики (рис. 6, Ж) преобразуют механические сигналы 1 в перемещения подвижной пластины 2 конденсатора относительно неподвижной оси пластины 3, укрепленной в диэлектрике 4. Естественно, что емкость конденсаторов при этом меняется, а следовательно, меняется и напряжение переменного тока в цепи, куда включен конденсатор (рис. 6, 3). На рис. 7, А приведена схема емкости датчика для регистрации пульса. Под влиянием деятельности сердца в период систолы и диастолы меняется кровенаполнение сосудов пальца. Это вызывает то сближение, то удаление друг от друга пластин конденсатора 1, заключенных в эластичный диэлектрик 2. На рис. 7, Г показан внешний вид емкостного датчика, предназначенного для измерения артериального давления.

Емкостные и индуктивные датчики имеют много общего: те и другие имеют линейные характеристики лишь в определенном диапазоне перемещений подвижного элемента; их можно использовать с мостовыми схемами, питаемыми переменным током. Одна-

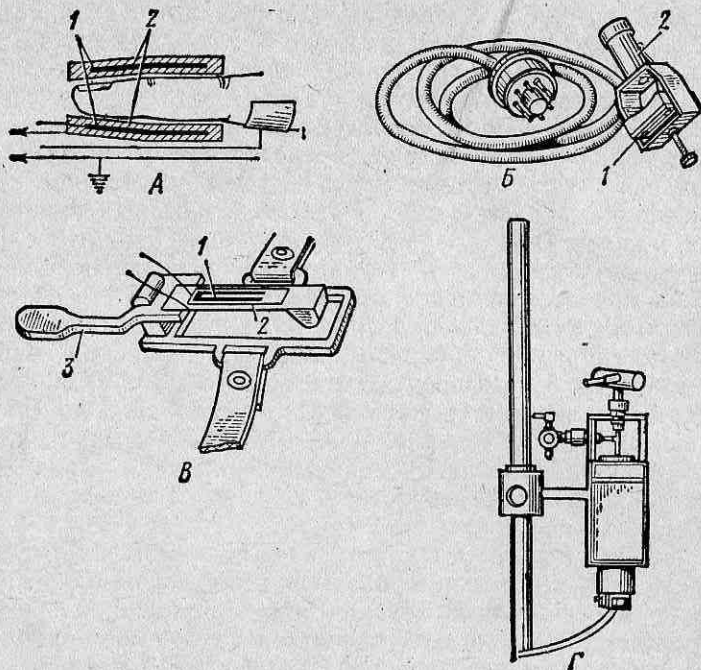


Рис. 7. Некоторые типы датчиков:

А — емкостный датчик для регистрации пульса: 1 — пластины конденсатора, 2 — диэлектрик; Б — фотоэлектрический пальцевой датчик для регистрации пульса: 1 — фотоэлемент, 2 — осветитель; В — тензометрический датчик для регистрации пульса: 1 — многовитковая спираль (тензометр), 2 — эластичная мембрана, 3 — пелот, передающий на мембрану колебания стенки сосуда; Г — емкостный датчик для регистрации артериального давления

ко наиболее удобно применять их со специальными схемами, получившими в настоящее время широкое распространение. Принципиальной особенностью этих схем является то, что переменный элемент включается в колебательный контур высокочастотного генератора и модулирует его частоту (определяющую характер выходного сигнала) в соответствии с параметрами входного механического сигнала.

Разберем это на примере емкостного датчика, который можно представить в виде постоянной емкости C_0 и переменной емкости C , являющейся функцией исследуемого процесса (см. рис. 6, И). Емкость датчика включают в колебательный контур высокочастотного генератора (см. рис. 6, З), работающего на частоте 5 МГц. Сигнал, модулированный по частоте, поступает затем на усилитель и демодулятор, выполненный по схеме частотного дискриминатора (на схеме не показаны). Частотный дискриминатор преобразует изменения частоты в изменения напряжения, после чего сигнал усиливается и подается на измерительную систему. Пример включения в принципиально сходную схему индуктивного датчика показан на рис. 6, Д.

Механоэлектронные датчики — механотроны. Механотрон (см. рис. 6, К) представляет собой маленький триод (25—30 мм) в металлическом корпусе 6. Верхняя часть механотрона закрыта гибкой металлической диафрагмой 2, сквозь которую наружу выведен стержень 1, соединенный с анодом 3. Механические усилия, приложенные к наружной части стержня 1, передаются подвижному аноду; расстояние между ним, сеткой 4 и катодом 5 меняется, а следовательно, меняются внутреннее сопротивление и величина анодного тока лампы. На рис. 6, Л приведен один из вариантов включения механотрона в электрическую схему (1 — механотрон, 2 — клеммы выходного сигнала).

Преобразование неэлектрических процессов в электрические представляет широкие возможности для их регистрации. Это объясняется не только чисто техническими преимуществами, но и точностью измерения регистрируемых величин, удобством сопоставления данных различных опытов и возможностью их обработки с помощью вычислительных машин. Важно, что этот метод позволяет в одних и тех же временных координатах вести синхронную запись электрических и неэлектрических процессов, сопоставлять их, выявлять существующие между ними причинно-следственные отношения и т. д., что дает новые возможности изучения механизмов физиологических процессов.

УСИЛИТЕЛИ

Электрическая активность биологических объектов и электрические параметры многих датчиков, преобразующих неэлектрические процессы в электрические, характеризуются относительно малыми величинами: сила тока — микро- и миллиамперами, а напряжение — микро- и милливольтами, поэтому регистрировать их без предварительного усиления чрезвычайно трудно или вообще невозможно. Для предварительного усиления электрических сигналов малой величины используют усилители. Они необходимы для многих измерительных схем и конструируются с использованием электронных ламп или полупроводниковых приборов.

Кратко рассмотрим принцип работы триода и усилителя, сконструированного на основе этой лампы (рис. 8, А—Е). Если в цепь накала триода включить источник питания, то катод нагревается и испускает электроны, т. е. возникает электронная эмиссия катода Б. При дополнительном включении источника постоянного тока между анодом и катодом электроны, испускаемые разогретым катодом, будут перемещаться к аноду, что вызовет появление тока определенной силы В. Силой этого тока можно управлять, прикладывая напряжение к сетке триода. Если к сетке триода прикладывается положительный потенциал, то поток электронов, летящих от катода к аноду, и ток, проходящий через лампу (анодный ток), увеличиваются (Г), а при отрицательном потенциале на сетке поток электронов и ток уменьшаются (Д).

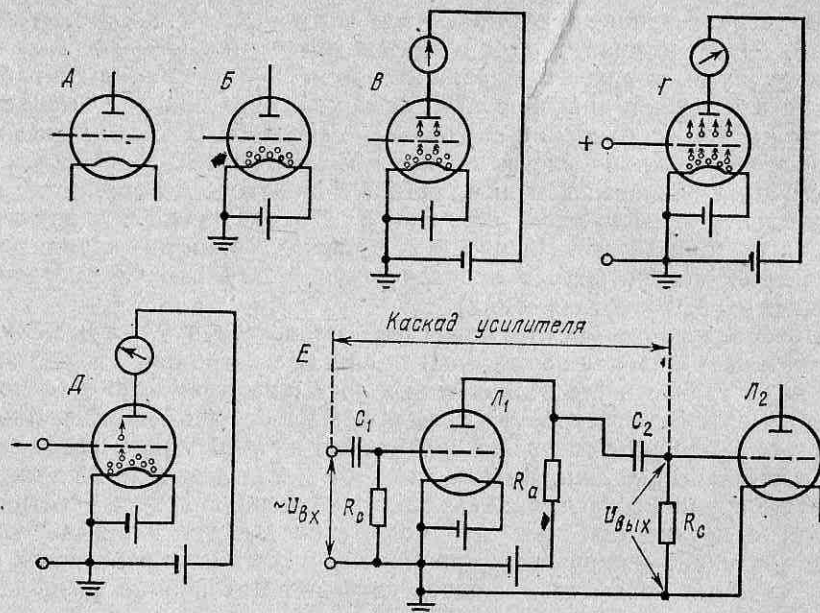


Рис. 8. Схемы, поясняющие принципы работы триода и усилителя. А — триод; В — испускание электронов нагретым катодом; В — поток электронов и анодный ток при включении между анодом и катодом источника питания; Г и Д — изменения потока электронов и анодного тока соответственно при положительном и отрицательном потенциале сетки; Е — усилитель: R_b — сеточное сопротивление, L_1 и L_2 — триоды (пояснение в тексте)

Чтобы зафиксировать изменения тока, проходящего через триод, и преобразовать его в изменяющееся напряжение, в анодную цепь включают сопротивление $R_a(E)$, величина которого существенно влияет на свойства усилительного каскада. Допустим, что на вход усилителя подается переменное напряжение $U_{вх}$, равное 1 В, которое вызывает изменение анодного тока на 0,001 А, а сопротивление анодной цепи составляет 10 кОм, тогда перепад напряжений на этом сопротивлении $U_{вых}$ будет равен 10 В. При увеличении анодного сопротивления до 100 кОм и прочих равных условиях перепад напряжений составит 100 В. Следовательно, в первом случае входное напряжение усиливается в 10, а во втором — в 100 раз, т. е. коэффициент усиления соответственно будет равен 10 и 100. В тех случаях, когда один усилительный каскад не дает нужного усиления, используют усилители с несколькими каскадами. Связь между каскадами в усилителях переменного тока осуществляется через разделительные конденсаторы C_1 и C_2 , с помощью которых переменная составляющая анодного напряжения от предшествующего каскада передается на вход следующего. В усилителях постоянного тока разделительных конденсаторов нет. Коэффициент усиления всего усилителя зависит от коэффициента усиления от-

дельных каскадов и их количества и определяется произведением коэффициентов усиления всех каскадов усилителя.

Усилители выполняют роль промежуточного звена между объектом исследования (а также электродами, датчиками) и регистраторами, т. е. представляют собой канал связи. Они не должны искажать характер исследуемого процесса. Поэтому, прежде чем

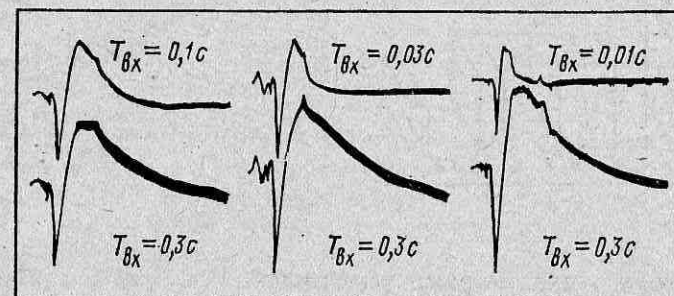


Рис. 9. Изменения амплитудно-временных характеристик вызванных потенциалов при регистрации их с различной постоянной времени входа усилителя ($T_{вх}$)

обращаться к техническим характеристикам усилителя, необходимо знать электрические свойства сигнала (биопотенциала) живого объекта или датчика, а также учитывать внутреннее сопротивление источника сигнала.

Достаточно полную характеристику сигнала дает формула, определяющая объем сигнала: $V = TFH$, где V — объем сигнала (биопотенциала), T — длительность сигнала, F — ширина частотного спектра сигнала и H — превышение амплитуды сигнала над шумом. Канал связи, т. е. усилитель, находящийся между объектом исследования и регистратором, также можно охарактеризовать тремя величинами: T_k — время, в течение которого канал выполняет свои функции, F_k — полоса частот, которую канал способен пропустить, и H_k — полоса уровней, зависящая от допустимых пределов нагрузок, т. е. минимальная чувствительность и предельная амплитуда сигнала, подаваемого на вход усилителя. Произведение этих величин называется емкостью канала $V_k = T_k F_k H_k$. Передача сигнала по каналу связи (через усилитель) возможна лишь в том случае, когда основные характеристики сигнала не выходят за соответствующие границы характеристик канала связи. Если же параметры сигнала превышают характеристики канала связи, то передача сигнала по этому каналу без потери информации невозможна.

Некоторые влияния усилителя на амплитудно-временные характеристики сигнала иллюстрирует рис. 9. Верхний и нижний потенциалы на каждом рисунке регистрировались одновременно от одного электрода с помощью двух одинаковых усилителей, у которых были установлены разные постоянные времени входа. Параметры

вызванных потенциалов и характеристики усилителей представлены в таблице, геометрические эквиваленты этих же потенциалов — на рис. 10. Несмотря на то что в каждом кадре регистрировался один и тот же потенциал, амплитудно-временные характеристики полученных записей заметно отличаются друг от друга, что опре-

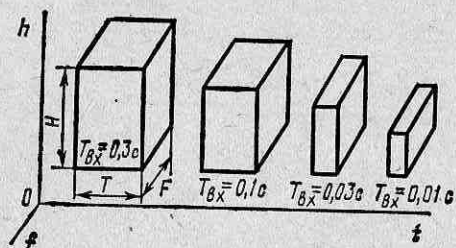


Рис. 10. Геометрические эквиваленты вызванных потенциалов, зарегистрированных с различной постоянной времени входа усилителя:

H и T — суммарная амплитуда и суммарная длительность положительной и отрицательной фаз потенциала, F — постоянная величина, t , h , t , 0 — обозначения системы координат

деляется только параметрами усилителей. Усилитель, с помощью которого регистрировались нижние записи, имел параметры, превышающие характеристики сигнала, поэтому вызванные потенциалы записаны без искажений. Усилитель, с помощью которого регистрировались верхние записи, имел разные параметры, но во всех трех случаях не превышающие характеристики сигнала, поэтому вызванные потенциалы искажены (потеря информации).

Таблица. Амплитудно-временные характеристики отдельных фаз вызванных потенциалов, зарегистрированных с различной постоянной времени входа ($T_{вх}$) усилителя

Параметры вызванных потенциалов	$T_{вх}$ усилителя, с		
	0,1/0,3	0,03/0,3	0,01/0,3
Амплитуда положительной фазы, мкВ	340/400	280/380	190/380
Амплитуда отрицательной фазы, мкВ	260/320	180/300	100/300
Длительность положительной фазы, мс	48/54	43/52	32/52
Длительность отрицательной фазы, мс	300/425	150/415	100/415

Примечание. В числителе указаны значения фаз при изменении $T_{вх}$ усилителя от 0,01 до 0,1 с, в знаменателе — значения этих же фаз при $T_{вх} = 0,3$ с. В электрофизиологии принято считать положительной ту фазу, которая от изоэлектрической линии направлена вниз, а отрицательной — вверх.

Значение внутреннего сопротивления источника сигнала, зависящего не только от свойств объекта исследования, но и от свойств входных цепей (например, размеров, формы и сопротивления электродов, коммутирующих проводов и т. п.), можно показать на следующем примере. Если внутреннее сопротивление источника сигнала больше или равно входному сопротивлению усилителя, то сигнал или вообще не будет регистрироваться, или его амплитуда будет значительно уменьшена. Поэтому иногда возникает необхо-

димость значительно увеличить входное сопротивление усилителя. В этих случаях используют усилители с катодным повторителем, а в транзисторных схемах — с эмиттерным повторителем, выполненным на полевых транзисторах.

В физиологических лабораториях наиболее часто применяют два типа усилителей: усилители переменного тока и усилители постоянного тока.

Усилители переменного тока. Они состоят из нескольких усилительных каскадов, соединенных друг с другом с помощью разделительных конденсаторов. Такие усилители используют для усиления переменных составляющих сигнала благодаря их способности пропускать частоты от 0,1 Гц до 10–15 кГц. Они, как правило, имеют большой коэффициент усиления и могут усиливать входной сигнал в миллионы раз, что позволяет отчетливо регистрировать сигналы с исходной амплитудой в несколько микровольт. Усиление и полоса пропускания частот обычно регулируются. Примерами усилителей отечественного производства могут быть УБП-1-01, УБП-1-02, УБП-1-03 и УБФ-4-03. Эти усилители могут применяться для усиления биопотенциалов мозга и сердца, а также сигналов, генерируемых различными датчиками. По выходным характеристикам они легко согласуются с большинством отечественных регистраторов.

Усилители постоянного тока. Эти усилители не имеют разделительных конденсаторов. У них между отдельными каскадами существует гальваническая связь, поэтому нижняя граница пропускаемых ими частот доходит до нуля. Следовательно, они могут усиливать сколь угодно медленные колебания. По сравнению с усилителями переменного тока они имеют значительно меньший коэффициент усиления. Например, УБП-1-02 имеет коэффициент усиления по переменному току $2,5 \times 10^6$, а по постоянному — 8×10^3 . Это связано с тем, что у усилителей постоянного тока с увеличением коэффициента усиления уменьшается стабильность работы, появляется дрейф нуля. Поэтому они применяются для усиления сигналов, величина которых превышает 1 мВ (например, мембранный потенциал нейронов, мышечных и нервных волокон и т. п.).

РЕГИСТРИРУЮЩИЕ ПРИБОРЫ (РЕГИСТРАТОРЫ) ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Регистрирующие приборы предназначены для трансформации электрических сигналов, поступающих к ним от преобразователей и усилителей, в процессы, воспринимаемые нашими органами чувств. Основная масса регистрирующих приборов делает измеряемую величину или исследуемый процесс доступными зрительному или слуховому восприятию. Это может выражаться в различных формах: в отклонении стрелки измерительного устройства, в графической или цифровой регистрации процесса на бумаге с помощью различных пишущих устройств, в отклонении луча на экране осциллографа, в виде световых или звуковых сигналов и пр.

Регистрируемая величина или процесс могут быть записаны в виде электрических сигналов (например, на магнитную ленту). Однако такая информация для ее качественного и количественного анализа нуждается в дальнейшем преобразовании в форму, доступную восприятию.

В последнее время все большее значение приобретает анализ физиологических данных с помощью электронных вычислительных машин. Для этого информацию вводят в машину после некоторой предварительной обработки или непосредственно с помощью переходных устройств. В первом случае после анализа результатов, полученных в эксперименте или при обследовании больного, отбирают нужную или требующую дальнейшей обработки информацию; данные кодируют (например, в двоичной системе), наносят с помощью специального устройства (перфоратора) на перфокарту или перфоленту и в таком виде вводят в машину, которая проводит дальнейшую обработку информации в соответствии с заданной ей программой.

Во втором случае физиологическая информация в виде электрических сигналов или в форме кривых, записанных на бумаге или киноплёнке, вводится в переходное устройство. Последнее автоматически, по заданной программе обрабатывает информацию, кодирует ее и вводит в вычислительную машину.

Из большого числа регистрирующих аппаратов может быть выделена группа приборов общего назначения. Эти приборы до известной степени универсальные, т. е. не приспособлены специально для регистрации какой-либо определенной функции или процесса. Такие приборы могут включаться в качестве регистраторов в разные схемы, предназначенные для исследования различных процессов. Современные регистрирующие приборы сложны по устройству, многие из них приспособлены для одновременной регистрации нескольких процессов. В большинстве случаев они имеют собственные усилители, калибраторы времени и усиления, механические системы для протягивания бумажной ленты или киноплёнки, оптические системы для фотографирования и т. д. Однако все перечисленные части (узлы, блоки системы) выполняют в регистраторе обслуживающую функцию. Свойства и конструктивные особенности регистраторов определяются главным — характером выходного регистрирующего устройства. Наибольшее распространение в медицинской аппаратуре получили три вида выходных регистрирующих устройств, основанных на использовании трех различных принципов.

Использование силы, действующей на проводник с током или на ферромагнетик в магнитном поле. Этот принцип лежит в основе конструкции различных систем гальванометров, применяемых как в качестве самостоятельных регистрирующих приборов, так и в качестве выходных устройств в шлейфных и чернильно-пишущих осциллографах.

Использование отклонения потока электронов (электронного луча) в электрическом поле. На этом принципе основано устрой-

ство электронно-лучевых трубок, являющихся основной частью электронных (катодных) осциллографов.

Использование свойства ферромагнитных материалов намагничиваться под влиянием магнитного поля и сохранять это состояние. На данном принципе основана магнитная запись электрических сигналов, применяемая в различных магнитных регистраторах (магнитные самописцы).

Гальванометры. Гальванометры позволяют преобразовывать электрические процессы в механические. Существуют гальванометры магнитоэлектрической и электромагнитной систем.

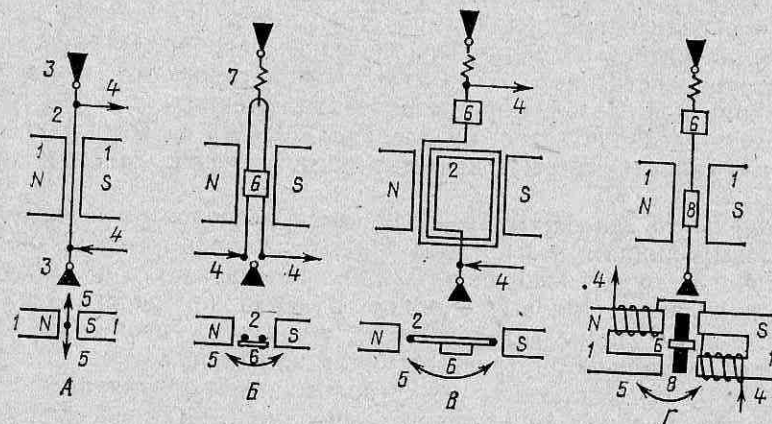


Рис. 11. Устройство основных типов гальванометров (А—Г):

1 — полюсы магнита, 2 — проводник, несущий ток, 3 — фиксирующее устройство, 4 — путь тока, 5 — направление перемещения проводника, 6 — зеркальце, 7 — пружина, 8 — якорь

В гальванометрах магнитоэлектрической системы механический эффект достигается за счет движения проводника в постоянном магнитном поле. Проводник может быть выполнен в виде тонкой струны (рис. 11, А, 2), петли (рис. 11, Б, 2) или многовитковой рамки (рис. 11, В, 2).

В гальванометрах электромагнитной системы (рис. 11, Г) в поле постоянного магнита 1 помещается якорь из ферромагнетика 8. С помощью тока, проходящего по специальной обмотке 4, на поле постоянного магнита накладывается управляющее переменное поле. Взаимодействие этих магнитных полей создает вращающий момент, под влиянием которого якорь приходит в движение (показано стрелкой 5).

Струнный гальванометр. Магнитное поле в этих приборах создается сильным электромагнитом. Струна в магнитном поле перемещается прямолинейно в плоскости, перпендикулярной направлению силовых линий поля. В зависимости от направления исследуемого тока струна отклоняется то в одну, то в другую сторону, а сила тока определяет величину отклонения. Следовательно, галь-

ванометр позволяет судить об изменениях во времени как силы, так и направления тока.

С помощью оптической системы тень от колеблющейся струны можно проецировать на экран, а для записи — на движущуюся фотোগрафическую бумагу или пленку.

Частотная характеристика струнных гальванометров (т. е. количество колебаний, которое прибор способен воспроизвести в секунду) определяется как конструктивными особенностями, так и свойствами материала (например, упругостью), из которого сделана струна. Совершенные модели способны воспроизводить частоты до 1000 Гц. Чувствительность приборов также в значительной степени определяется свойствами струны: чем она тоньше и чем сильнее магнитное поле, тем чувствительнее прибор. Обычно диаметр струны составляет 2—5 мкм. Чувствительность струнных гальванометров позволяет регистрировать потенциалы живых тканей без их предварительного усиления. Однако в настоящее время струнные гальванометры в качестве регистраторов используются редко.

Зеркальный гальванометр. Если виток расположен параллельно силовым линиям магнитного поля, то при пропускании через него тока он будет поворачиваться, стремясь занять положение, перпендикулярное силовым линиям. Эта закономерность использована в зеркальном гальванометре, у которого проводник тока выполнен в виде петли (рис. 11, Б, 2) или многовитковой рамки (рис. 11, В, 2). Петлю или рамку подвешивают между полюсами постоянного магнита 1 на пружине или тонкой металлической ленте 7. На петле или рамке укрепляют легкое зеркальце 6. Когда по проводнику течет ток (на рисунке его путь указан стрелками 4), петля или рамка приходят во вращательное движение (указано стрелкой 5), а вместе с ними вращается и зеркальце. Направление движения зависит от направления тока, а угол поворота — от его силы. Возвращающая сила создается пружинным подвесом или упругостью нитей самой петли. Если с помощью осветителя на зеркальце направить луч света, а «зайчик» спроецировать на полупрозрачный экран, то по шкале экрана можно судить о движении отраженного луча. Зеркальные гальванометры используют как самостоятельные регистрирующие приборы.

Зеркальные гальванометры широко используют в качестве выходных регистрирующих устройств. Прибор общего назначения, в котором для регистрации применяются шлейфные зеркальные гальванометры, назван шлейфным осциллографом. Гальванометры для таких приборов выпускают в виде цилиндров небольшого диаметра, удобных для конструирования многоканальных осциллографов (8, 14, 24 канала и более). В последние годы для шлейфных осциллографов (и других приборов) стали широко применять рамочные гальванометры. Они уступают шлейфным по частотным характеристикам (у рамочных диапазон частот до 500, а у шлейфных — до 10 000 Гц), но превосходят их по чувствительности. С развитием усилительной техники отпала необходимость прямой

регистрации биопотенциалов с помощью гальванометров. Поэтому в современных приборах гальванометры подключают к выходным каскадам усилителей. При подключении различных приборов к шлейфному осциллографу, не имеющему собственных усилителей, необходимо обращать внимание на характеристики выходного сигнала прибора и чувствительность гальванометра, так как последний при перегрузках по току выходит из строя.

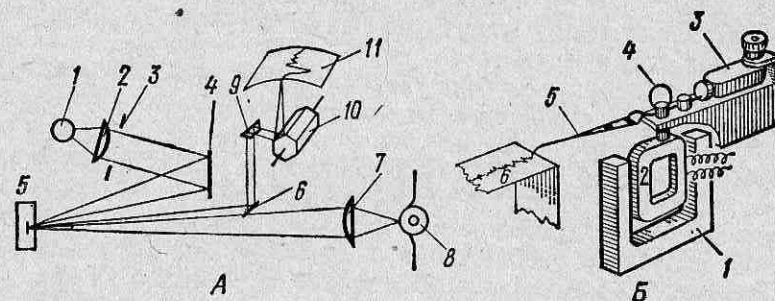


Рис. 12. Регистрирующие устройства. А — схема оптической системы шлейфного осциллографа; Б — рамочный магнитоэлектрический гальванометр для чернильной записи (пояснение в тексте)

Более удобными для согласования с усилителями являются электромагнитные гальванометры. Поскольку несущая ток петля (или рамка) у них заменена неподвижной обмоткой, создается возможность значительно увеличить число витков и таким образом не только повысить чувствительность гальванометра к току, но и увеличить его сопротивление. Электромагнитные зеркальные гальванометры используются в электрокардиографах и других приборах.

Для одновременного наблюдения и записи исследуемого процесса в шлейфных осциллографах применена особая оптическая система (рис. 12, А). Луч света от лампы осветителя 1 через линзу 2 и диафрагму 3 с помощью зеркала 4 направляется на зеркальце гальванометра 5. Отраженный луч при помощи отсекающей линзы 6 делится на два пучка. Один с помощью линзы 7 фокусируется на поверхности движущейся фотопленки, которая может протягиваться с различной скоростью лентопротяжным механизмом 8. Второй пучок с помощью цилиндрической линзы — призмы 9 направляется на вращающийся многогранный зеркальный барабан 10 и, отражаясь от него, падает на матовый экран 11. За счет вращения зеркального барабана запись процесса на экране разворачивается для визуального наблюдения.

Регистрирующие приборы с непосредственно видимой записью. Применение фотозаписи, особенно в условиях клиники, сопряжено с рядом неудобств: необходимость специальных фотолaborаторий, обслуживающего персонала для обработки фотоматериалов и т. д.

Это привело к созданию регистрирующих приборов, дающих непосредственно видимую запись процесса. Так, используя особую фотобумагу, чувствительную к ультрафиолетовому свету и мало чувствительную к видимой области спектра, можно получить изображение непосредственно, без проявления.

В ряде медицинских приборов применяется струйная запись. При этом методе в гальванометр вместо зеркальца помещают капилляр диаметром в несколько микрометров, через который на движущуюся бумажную ленту под значительным давлением выбрасывается струя чернил.

В других аппаратах рамка гальванометра приводит в движение особое пишущее устройство. Им может быть электрод, который за счет приложенного к нему напряжения или трения изменяет электрические свойства специального состава, покрывающего бумагу. В результате на такой электрографической бумаге возникает видимое электростатическое изображение. Существуют методы получения подобного изображения и под влиянием светового луча.

Предложены методы тепловой записи, основанной на появлении изображения на специальной бумаге под влиянием нагрева ее пишущим устройством, записи через копировальную бумагу с помощью электрического разряда (электронскровая запись) и др.

Однако все описанные методы не могут пока конкурировать по широте применения с перьевой чернильной записью.

Чернильно-пишущие перьевые осциллографы. Наибольшее распространение благодаря простоте, удобству и надежности в работе получили перьевые гальванометры.

Перьевой гальванометр может быть как электромагнитной, так и магнитоэлектрической (рис. 12, Б) системы. Перо 5 укреплено на рамке 2, помещенной в поле магнита 1, и соединено трубкой 4 с резервуаром для чернил 3. Исследуемый процесс записывается на движущейся бумажной ленте 6. Естественно, что большая по сравнению с массой зеркальца масса пера и необходимость преодолеть силу трения приводит к увеличению размеров гальванометра и его мощности. Перьевые гальванометры нашли применение в качестве выходных пишущих устройств в электрокардиографах, электроэнцефалографах, электрогастрографах и др.

Перьевые гальванометры стали также основой различных типов регистрирующих приборов общего назначения: многоканальных универсальных чернильно-пишущих перьевых самописцев и регистраторов.

Все перьевые гальванометры имеют ряд существенных недостатков, главный из которых — их инерционность, не позволяющая вести регистрацию в области частот, превышающих 150 Гц. Следовательно, эти гальванометры неприменимы для регистрации быстрых процессов, таких, как биотоки нервов, нервных клеток и т. п. Другой недостаток — радиальные искажения записи, обусловленные дугообразным движением конца пера. К недостаткам относится и сравнительно небольшая скорость записи, которая в лучшем случае не превышает 100—150 мм/с, тогда как для раз-

вертывания во времени быстрых процессов требуются скорости записи в 10 раз большие.

Электронные (катодные) осциллографы. Катодный осциллограф является универсальным прибором, в котором безынерционное регистрирующее устройство позволяет исследовать как медленные, так и быстрые процессы. Регистрирующим выходным устройством в катодном осциллографе служит электронно-лучевая трубка. Существуют три типа трубок: электростатические, магнитные и смешанной конструкции. В осциллографах общего назначения наибольшее распространение получили электростатические трубки. Электронно-лучевая трубка представляет собой стеклянный баллон, внутри которого в высоком вакууме расположены источник электронов, направляющая и фокусирующая системы и система отклонения электронного луча.

Источником электронов служит металлический катод (рис. 13, 2), подогреваемый нитью накала 1. Нагретый катод испускает электроны, которые концентрируются в пучок с помощью управляющего цилиндрического электрода-сетки 3. Сетка имеет отрицательное напряжение относительно катода. Затем электроны устремляются к первому аноду 4, имеющему относительно катода положительный заряд. Первый анод имеет вид диска с небольшим отверстием в центре. Выходящий из этого отверстия узкий пучок электронов проходит через два цилиндра, представляющих собой второй 5 и третий 6 аноды. Система трех анодов образует электростатическую линзу, с помощью которой осуществляется фокусировка электронного луча. Обычно на сетку подается небольшой отрицательный потенциал, меняя который (с помощью потенциометра 10) можно регулировать плотность потока электронов и таким образом изменять яркость луча на экране трубки. Первый и третий аноды имеют общую цепь, и на них подается постоянный потенциал порядка нескольких киловольт. На второй анод подается потенциал в несколько сотен вольт. Его изменение потенциометром 11 позволяет регулировать фокусировку луча.

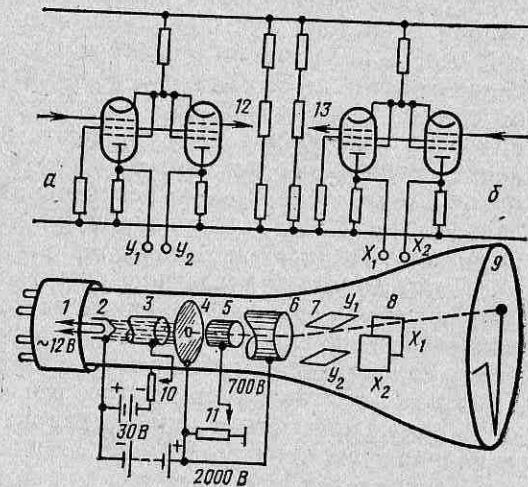


Рис. 13. Схема электростатической и электронно-лучевой (катодной) трубки:
а — сигнал с предшествующих каскадов собственного усилителя; б — сигнал с предшествующих каскадов генератора развертки (пояснение в тексте)

Пройдя систему фокусирующих электродов, поток электронов устремляется к широкой части трубки — ее экрану 9. Экран трубки покрыт люминофором, обладающим свойством светиться под ударами электронов. На пути к экрану электронный луч проходит между отклоняющими пластинками 7, 8 — вертикальными и горизонтальными. Исследуемое напряжение a через предварительный усилитель и ряд каскадов собственного усилителя осциллографа подается на вертикальные пластинки 7 (ось y). В зависимости от направления тока луч смещается вверх или вниз от горизонтальной оси, а величина отклонения пропорциональна амплитудным характеристикам сигнала. На горизонтальные пластины 8 (ось x) от специального генератора подаются электрические импульсы б пилообразной формы. Они смещают луч в горизонтальной плоскости, обеспечивая тем самым развертку процесса. Изменяя режим работы генератора, можно регулировать скорость развертки, т. е. скорость пробега луча по экрану осциллографа, подбирая ее в зависимости от частотных характеристик регистрируемого сигнала.

Таким образом, положение светящейся точки на экране осциллографа в каждый момент определяется тремя факторами: заданной экспериментатором скоростью перемещения луча по горизонтали, направлением исследуемого тока и амплитудой потенциала. Поскольку луч движется быстро, след его на экране воспринимается как непрерывная кривая, характеризующая динамику силы и направления тока во времени. Запись сигналов с экрана катодного осциллографа осуществляется фотографированием.

Магниторегистраторы. Магнитная запись удобна как для хранения информации, так и для ее дальнейшей обработки. Данные, записанные в эксперименте на магнитной ленте, в последующем можно обрабатывать с помощью электронных вычислительных машин или анализировать, подавая электрические сигналы на катодный осциллограф. Существуют специальные универсальные приборы для магнитной записи биологической информации, позволяющие без искажения регистрировать и быстрые, и медленные процессы (от 0 до 1000 и даже 5000 Гц).

В некоторых случаях (например, во время лабораторных занятий) запись биоэлектрических процессов (потенциалы действия нервов, вызванные потенциалы коры мозга, электромиограмма и др.) может производиться на бытовых магнитофонах. Однако следует помнить, что обычно бытовые магнитофоны имеют частотную характеристику в диапазоне от 70 до 15 000 Гц. Таким образом, их можно использовать только для записи быстрых процессов, поскольку медленные они регистрируют с большими искажениями. Одновременно на них может быть записан и сопровождающий дикторский текст. Если процесс представляет собой повторение одиночных циклов возбуждения, то одновременно на вход магниторегистратора от стимулятора поступают синхронизирующие импульсы необходимой частоты. В дальнейшем эти импульсы будут синхронизировать записанный сигнал с разверткой осциллографа, работающего в ждущем режиме.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В отличие от приборов общего назначения диапазон возможного использования аппаратов этой группы ограничен. Они специально предназначены для регистрации какой-либо одной функции или процесса. Необходимость создания такого рода приборов диктуется потребностями клиники, поскольку специализированная аппаратура более удобна и проста в эксплуатации, а при серийном выпуске стоимость ее значительно снижается. Зная принципы работы и основные характеристики приборов общего назначения, можно без особых затруднений разобраться в большинстве специальных приборов. Объясняется это тем, что специальные приборы, как правило, представляют собой сочетание в одном аппарате ряда блоков, принципиально тождественных отдельным приборам общего назначения. Например, электрокардиограф, электрогастрограф и электроэнцефалограф являются сочетанием некоторого количества каналов, каждый из которых состоит из усилителя и регистратора. Причем усилители и регистраторы в каждом приборе по своим параметрам приспособлены для регистрации определенного процесса. Примерами специальных приборов являются пульсотонометры, оксигеметры, плетизмографы и другие аппараты, представляющие собой сочетание специального датчика с соответствующей ему схемой преобразования и усиления сигнала.

ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯТОРЫ

Для электрической стимуляции биологических объектов вплоть до середины текущего столетия применяли индукционные катушки, которые в настоящее время полностью заменены электростимуляторами. Электростимулятор — один из самых распространенных и необходимых приборов. Он обеспечивает оптимальные условия раздражения тканей с наименьшим их травмированием при длительной стимуляции и удобен в работе.

Для исследовательских целей целесообразно использовать стимулятор, который, в зависимости от условий эксперимента, может служить либо генератором тока, либо генератором напряжения. Внутреннее сопротивление выходного устройства такого стимулятора можно изменять в соответствии с целями эксперимента. Оно должно быть или в 30—40 раз больше сопротивления объекта исследования (при работе в режиме «генератор тока»), или во столько же раз меньше (в режиме «генератор напряжения»). Однако подобные универсальные стимуляторы сложны и громоздки, поэтому в условиях физиологического практикума лучше пользоваться более простыми приборами.

Стимулятор состоит из нескольких блоков (каскадов), принципиальное назначение которых одинаково независимо от типа стимулятора. Рассмотрим назначение отдельных каскадов стимулятора и связанных с ними органов управления на примере стиму-

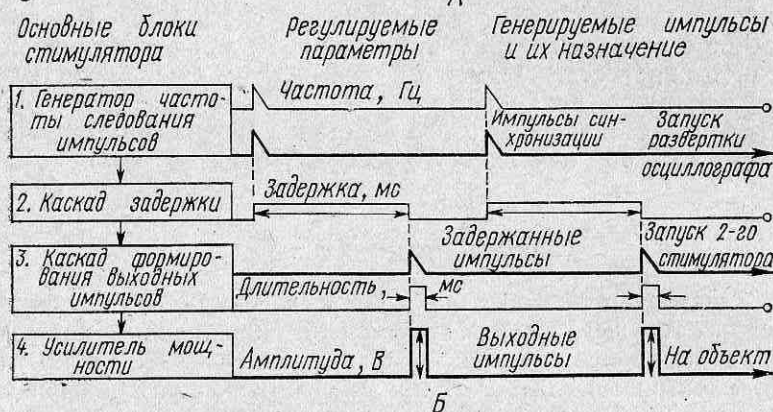
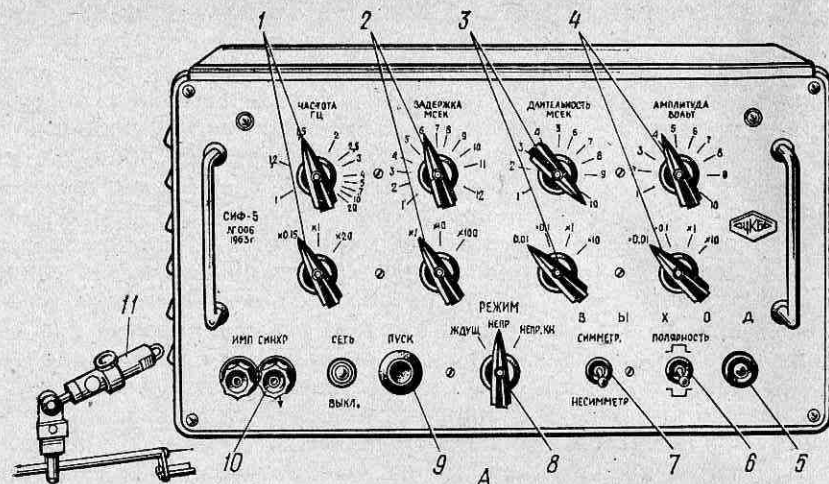


Рис. 14. Стимулятор импульсный физиологический, СИФ-5. А — передняя панель стимулятора и стимулирующий электрод (11); Б — блок-схема стимулятора, объясняющая назначение его каскадов (пояснение в тексте)

лятора импульсного физиологического (СИФ-5, рис. 14). Генератор частоты следования импульсов (задающий генератор) часто выполняется по схеме мультивибратора и может работать в ждущем и непрерывном режимах. При работе в ждущем режиме задающий генератор генерирует импульсы или при нажатии кнопки «пуск» 9, или при подаче на вход мультивибратора запускающих сигналов от другого источника импульсов. В первом случае генерируется только один импульс, во втором — частота импульсов будет соответствовать частоте запускающих сигналов. При непрерывном режиме работы 8 задающий генератор стимулятора генерирует импульсы непрерывно, их частоту можно изменять от долей герца до нескольких сотен герц 1. Импульсы от задающего генератора могут быть использованы для запуска развертки осциллографа

(импульс синхронизации, 10) и подаются на следующий каскад стимулятора — каскад задержки. В каскаде задержки 2 импульс задающего генератора может задерживаться на 1—1200 мс. Каскад задержки позволяет (например, при исследовании вызванных потенциалов) независимо от скорости развертки осциллографа установить потенциал в удобном для регистрации месте экрана осциллографа. От каскада задержки подаются импульсы для запуска других стимуляторов, если в эксперименте используется несколько стимуляторов и их работу нужно синхронизировать. Кроме того, от каскада задержки подаются импульсы на вход каскада формирования выходных сигналов. В этом каскаде формируются импульсы прямоугольной (или другой) формы с определенной длительностью 3, затем они передаются на усилитель мощности, который позволяет регулировать их амплитуду 4. С выхода стимулятора 5 посредством соединительных проводов и стимулирующих электродов импульсы необходимой формы, длительности и амплитуды передаются на объект исследования. Полярность выходных импульсов 6 может изменяться. Для уменьшения артефакта раздражения некоторые типы стимуляторов имеют изолирующие трансформаторы 7, другие — высокочастотные выходные устройства.

Как для учебных, так и для исследовательских целей можно использовать стимуляторы других типов, например ИСЭ-01, ЭСТ-10А, ИС-01 и др.

Кроме импульсных стимуляторов в физиологических экспериментах используют фото- и фоностимуляторы. Их устройство во многом принципиально сходно с устройством импульсного стимулятора. Они отличаются в основном структурой выходного блока. Выходной блок фотостимулятора формирует световые сигналы, а фоностимулятора — звуковые.

ЭРГОМЕТРЫ

Для создания функциональной нагрузки на отдельные органы, системы и организм в целом широко применяют эргометры различных типов. Они позволяют создавать или локальную, или общую функциональную нагрузку, дозировать и определять ее величину. Наиболее распространенными приборами этого типа являются пальцевый эргограф, велоэргометры и бегущая дорожка. Существуют бегущие дорожки (третбаны) и для животных.

КАМЕРЫ

Камеры различного назначения широко используют при создании определенных условий для объекта исследования. Существуют сурдокамеры, термокамеры, барокамеры с повышенным и пониженным давлением, камеры с лучевыми и звуковыми установ-

ками и т. д. В настоящее время сконструированы камеры, позволяющие создавать искусственный микроклимат и изучать реакции объекта исследования на разнообразные воздействия.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Помимо общих правил обращения с аппаратурой, необходимо в каждом отдельном случае вначале ознакомиться с правилами эксплуатации незнакомого прибора и лишь затем приступать к работе с ним. Это приобретает особое значение в условиях клиники, поскольку некоторые приборы при неумелом обращении представляют опасность для пациента (прибор для исследования возбудимости нервов и мышц — электроимпульсатор и ряд других). Основные правила состоят в следующем.

До включения прибора в сеть необходимо: 1) убедиться, что напряжение сети соответствует тому напряжению, на которое рассчитан прибор или на которое переключен в данный момент его силовой трансформатор; 2) заземлить прибор, т. е. соединить клемму (или гнездо «земля») с шиной контура заземления или водопроводной сетью (ни в коем случае нельзя заземлять приборы на элементы проводки газа); 3) проверить все провода сетевого тока (исправность изоляции и наличие вилок), категорически запрещается включать в розетки питания оголенные концы проводов; 4) проверить провода, предназначенные для коммутации приборов и составления рабочей схемы (они не должны иметь лишенных изоляции мест); 5) проверить у всех приборов тумблеры и другие переключатели сети — они должны находиться в положении «выкл».

Включение приборов в сеть должно проводиться переключателями, расположенными на приборах.

После включения приборов следует: 1) проверить по световым индикаторам, все ли приборы получили питание (если индикатор не горит, необходимо обратиться к преподавателю и совместно установить причину неисправности; чаще всего это бывает связано с перегоранием предохранителя прибора или лампочки светового индикатора); 2) ламповые электронные приборы начинают стабильно работать только после предварительного прогрева в течение 15—30 мин; для большинства транзисторных приборов этот срок сокращается до 2—5 мин.

ГЛАВА II ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

Кровь характеризуется рядом свойств и показателей, определение и измерение которых необходимы в клинике для диагностики различных заболеваний. Выполнение работ по изучению физио-

логии крови включает в себя некоторые общие правила и приемы, с которыми необходимо предварительно ознакомиться.

Основные требования при взятии крови из пальца у человека. Исследование крови рекомендуется проводить в стандартных условиях. Перед исследованием необходимо исключить значительную физическую нагрузку и эмоции. Анализ крови делают утром натощак или после легкого завтрака.

Четвертый палец левой руки протирают ватой, смоченной спиртом, а затем ватой, смоченной эфиром. Палец после обработки спиртом и эфиром должен достаточно обсохнуть, иначе выступившая после укола капля крови будет растекаться по коже и насыщаться в капилляр с пузырьками воздуха. Палец сдавливают у основания третьей, или ногтевой, фаланги. Предварительно прокипяченным в стерилизаторе скарификатором (срок кипячения не менее 45 мин) наносят укол¹. Укол в палец должен быть достаточно глубоким, чтобы кровь выступила на его поверхности без надавливания. Надавливание на ткани приводит к смешиванию крови с лимфой, из-за чего результаты анализа окажутся недостоверными. Первую каплю крови для исследования не используют, так как она содержит случайные примеси и лимфу. Для исследования берут вторую или третью каплю.

Взятие крови у крысы. Если для работы нужно 1—3 мл крови, можно взять кровь у крысы. Для этого крысу помещают под стеклянный колпак, куда кладут вату, смоченную эфиром. Когда наркоз подействует, крысе острыми ножницами отсекают голову и держат за хвост так, чтобы кровь стекала в стеклянный стакан, в который предварительно наливают 0,5 мл 5%-ного раствора цитрата Na.

РАБОТА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО СООТНОШЕНИЯ ПЛАЗМЫ И ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В некоторых случаях в организме человека наблюдается физиологическое или патологическое обезвоживание (сгущение крови) или, наоборот, разжижение крови. В обоих случаях в единице объема крови соответственно увеличивается или уменьшается содержание форменных элементов. Степень сгущения или разжижения крови можно выявить с помощью микроцентрифуги.

Для работы необходимы: микроцентрифуга, стерильный скарификатор, пинцет, спирт, йод, эфир, вата, кристаллы цитрата Na. Объект исследования — человек.

Микроцентрифуга состоит из корпуса со съемной стеклянной крышкой. В центре под крышкой находится насадка для закрепления капилляра. Чтобы укрепить гематокрит (капилляр), вынимают фиксирующую скобку, разжимая пружинящую рамку. После заполнения капилляра кровью его вставляют обратно в рамку и фиксируют скобкой (рис. 15).

¹ Все инструменты, используемые при взятии крови, должны быть стерилизованы.

Проведение работы. Прокалывают палец, как это описано выше. В выступившую каплю крови вносят пинцетом два-три кристаллика цитрата Na. Кровь набирают в капилляр центрифуги и укрепляют в насадке. В капилляр не должны попадать пузырьки воздуха. К месту прокола на палец прикладывают смоченный иодом ватный тампон.

Капилляр помещают в микроцентрифугу, закрывают крышку и начинают центрифугирование вращением ручки. Ручку центрифуги

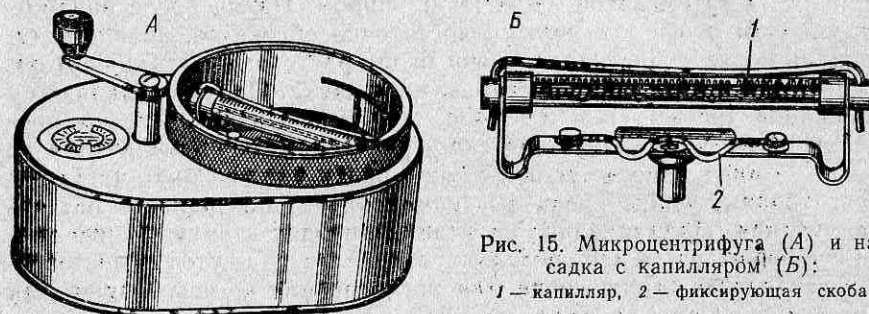


Рис. 15. Микроцентрифуга (А) и насадка с капилляром (Б):
1 — капилляр, 2 — фиксирующая скоба

ги вращают со скоростью 60—70 оборотов в минуту, насадка при этом вращается со скоростью 7000 об/мин. Кровь центрифугируют в течение 1 мин, затем снимают крышку и насадку. Форменные элементы располагаются в периферических концах капилляра, а плазма — в центре. По делениям капилляра вычисляют соотношение между объемами плазмы и форменных элементов.

Результаты работы и их оформление. Результаты необходимо выразить процентным соотношением плазмы и форменных элементов. В выводе следует сравнить полученные данные с нормальным соотношением объемов плазмы и форменных элементов (55% : 45%).

РАБОТА 2. ПОДСЧЕТ ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ

Подсчет форменных элементов — необходимый и существенный компонент клинического анализа крови.

Для подсчета форменных элементов взятую из пальца кровь разбавляют в специальных смесителях, чтобы создать нужную концентрацию клеток, удобную для подсчета. Разбавленной кровью заполняют специальную счетную камеру и подсчитывают под микроскопом число форменных элементов. Зная объем камеры и разбавление крови, вычисляют число кровяных телец в 1 мм³ цельной крови.

Для подсчета форменных элементов используют камеру Горяева. Счетная камера Горяева представляет собой толстое предметное стекло, в средней части которого находятся четыре желоба. Между ними имеются три узкие площадки. Средняя площадка

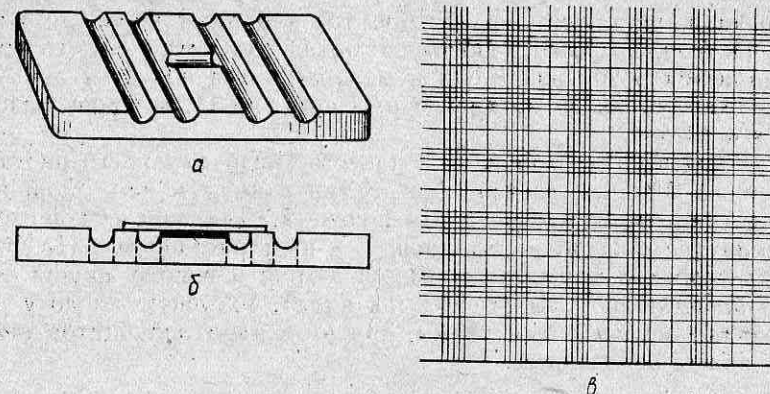


Рис. 16. Счетная камера Горяева:
а — вид сверху, б — вид сбоку, в — сетка Горяева

ниже боковых на 0,1 мм и разделена пополам поперечным желобком (рис. 16). По обе стороны от этого желобка расположены сетки, нанесенные на стекло. Сетка Горяева состоит из 225 больших квадратов, в их число входят квадраты, разделенные дополнительно на 16 маленьких квадратиков. Таких больших квадратов, содержащих по 16 маленьких, в камере 25. Единицей отсчета является маленький квадрат. Его сторона равна 1/20 мм, площадь — $1/20 \times 1/20 = 1/400$ мм². Объем крови, помещающийся над маленьким квадратом, равен $1/400$ мм² \times 1/10 мм = $1/4000$ мм³ (1/10 мм — высота слоя крови).

Перед работой необходимо рассмотреть под микроскопом сетку. Для разбавления крови используют меланжеры, или смесители (рис. 17). Смеситель представляет собой капилляр с расширением в средней части. В расширенном участке находится стеклянная бузинка для размешивания разведенной крови. На капиллярах нанесена градуировка — метки 0,5 и 1,0. Третья метка в смесителе для подсчета эритроцитов — 101, а для лейкоцитов — 11.

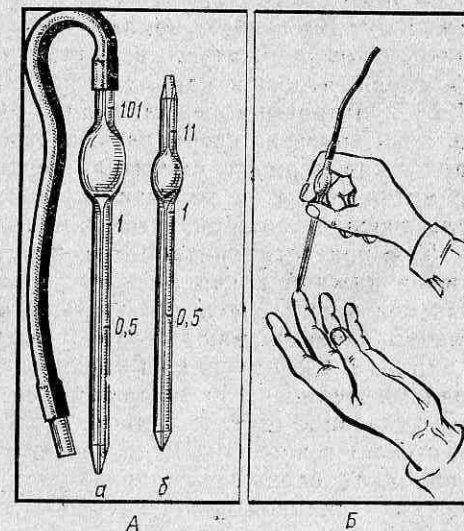


Рис. 17. Меланжеры для подсчета форменных элементов крови (А) и взятие крови в меланжер (Б):
а — меланжер для подсчета эритроцитов, б — то же, для лейкоцитов

Когда в меланжер для эритроцитов набирают кровь до метки 0,5 и раствор, которым разбавляют кровь, до метки 101, то кровь разбавляется в 200 раз. Если в меланжер для подсчета лейкоцитов набрать кровь до метки 1, а раствор — до 11, то кровь разбавляется в 10 раз.

Для подсчета эритроцитов в качестве разбавляющего раствора применяют 3%-ный раствор NaCl. Эритроциты в нем сморщиваются и становятся заметнее для подсчета. Для подсчета лейкоцитов необходимо разбавлять кровь 5%-ным раствором CH_3COOH . В этих условиях эритроциты разрушаются, и в поле зрения остаются только лейкоциты (точнее, их ядра). Уксусную кислоту подкрашивают метиленовым синим, при этом ядра лейкоцитов становятся видны отчетливее.

Задача 1. Подсчет эритроцитов

В норме в 1 мм^3 крови содержится 4,5—5 млн. эритроцитов.

Для работы необходимы: микроскоп, камера Горяева, смеситель для подсчета эритроцитов, стерильный скарификатор, чашка для разбавления раствора, фильтровальная бумага, 3%-ный раствор NaCl, вата, спирт, йод, эфир. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Камеру помещают под микроскоп и рассматривают сетку вначале при малом, а затем при большом увеличении. Накрывают камеру покровным стеклом, притирая его края к стеклу камеры до появления радужных колец. Оставив камеру под микроскопом, прокалывают палец.

Первую выступившую из пальца каплю крови стирают ватным тампоном. Во вторую каплю погружают кончик смесителя для эритроцитов, держат его вертикально и набирают кровь до метки 0,5, следя, чтобы в капилляр не попали пузырьки воздуха (рис. 17, Б). Обтирают конец капилляра фильтровальной бумагой и быстро, пока кровь не свернулась, переносят его в чашку с раствором, продолжая держать смеситель вертикально. Насасывают раствор до метки 101, т. е. разводят кровь в 200 раз, после чего смеситель переводят в горизонтальное положение и кладут на стол.

Для подсчета эритроцитов берут заполненный смеситель, зажимая нижний конец пальцем, снимают резиновую трубку и, зажав оба конца смесителя третьим и первым пальцами, в течение минуты перемешивают кровь. Выдувают из смесителя на вату 3 капли, а 4-ю наносят на среднюю площадку камеры у края покровного стекла. Капиллярными силами капля сама растягивается под покровное стекло и заполняет камеру. Излишек раствора крови стекает в желобок. Если на сетку попал воздух или на боковых площадках оказался излишек раствора, камеру следует промыть дистиллированной водой, насухо вытереть марлей и заполнить снова. Заполненную камеру ставят под микроскоп и, если форменные элементы расположены равномерно (что является показателем хорошего перемешивания крови), приступают к подсчету. Считать эритроциты лучше при малом объективе ($\times 8$), но использовать при этом окуляр $\times 15$.

Для того чтобы получить наиболее точные данные, необходимо подсчитать число эритроцитов в 5 больших квадратах, расположенных в различных местах сетки, например, по диагонали. Рекомендуется на листе бумаги нарисовать 5 больших квадратов, разделив каждый из них на 16 маленьких, в каждый маленький квадрат вписывают найденное число эритроцитов. Во избежание двукратного подсчета клеток, лежащих на границе между малыми квадратами, пользуются следующим правилом: «Относящимися к данному квадрату считаются эритроциты, лежащие как внутри квадрата, так и на его левой и верхней границе; эритроциты, лежащие на правой и нижней границе, в данном квадрате не считаются». Подсчитав таким образом сумму эритроцитов в 5 больших квадратах (что составляет 80 маленьких), находят среднее арифметическое число эритроцитов в одном маленьком квадрате. Зная, что объем пространства камеры над одним маленьким квадратом равен $1/4000 \text{ мм}^3$ разведенной крови, умножают найденное число на 4000.

Получают число эритроцитов в 1 мм^3 разведенной крови. Умножив на величину разведения (200), получают количество эритроцитов в 1 мм^3 цельной крови. Таким образом, формула для вычисления количества эритроцитов следующая: $x = (\Sigma \times 4000 \times 200) / 80$, где x — искомое число эритроцитов в 1 мм^3 цельной крови, Σ — сумма эритроцитов в 80 маленьких квадратах.

Результаты работы и их оформление. Запишите, сколько эритроцитов содержится в 1 мм^3 исследованной крови. Сравните полученные данные с нормой.

Задача 2. Подсчет ретикулоцитов

К молодым формам эритроцитов относятся ретикулоциты, имеющие в цитоплазме сетевидные включения. Появление их в периферической крови свидетельствует об усиленном эритропоэзе.

Для работы необходимы: микроскоп, предметное и покровное стекла, стерильный скарификатор, 1%-ный раствор бриллиант-крезилового синего, вата, спирт, йод, эфир. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Для подсчета ретикулоцитов на предметное стекло наносят каплю 1%-ного раствора бриллиант-крезилового синего. После прокола пальца к появившейся капле крови прикасаются покровным стеклом для получения капли крови маленького размера. Плотнo прижав покровное стекло к предметному, распределяют кровь между стеклами очень тонким слоем. Зернистое содержимое ретикулоцитов окрашивается в синий цвет. Препарат рассматривают под микроскопом с иммерсионным увеличением и ограниченным полем зрения. Подсчитывают количество эритроцитов и отмечают найденные среди них ретикулоциты. Результат выражают в процентах.

Результаты работы и их оформление. Вычисляют количество ретикулоцитов в процентах по отношению к общему количеству эритроцитов. В выводе следует указать, соответствуют ли полученные

данные норме (в норме в крови содержится от 6 до 15 ретикулоцитов на 1000 эритроцитов).

Задача 3. Подсчет лейкоцитов

Лейкоциты — белые кровяные тельца. Основная их функция — защитная (фагоцитоз, а также выработка антител). В норме в 1 мм³ крови содержится 6000—8000 лейкоцитов.

Для работы необходимы: микроскоп, счетная камера Горяева, смеситель для подсчета лейкоцитов, стерильный скарификатор, чашка для разбавляющего раствора, фильтровальная бумага, 5%-ный раствор CH₃COOH, подкрашенный метиленовым синим, вата, спирт, иод, эфир. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Последовательность процедур та же, что и при подсчете эритроцитов. После прокола пальца кровь набирают в меланжер для подсчета лейкоцитов до метки 0,5 и уксусную кислоту до метки 11. Перемешивают встряхиванием, затем заполняют счетную камеру, соблюдая те же предосторожности, что и при подсчете эритроцитов. Лейкоциты считают в 25 больших квадратах, что составляет 400 малых. Формула для вычисления количества лейкоцитов: $x = (Л \times 4000 \times 20) / 400$, где x — искомое число лейкоцитов в 1 мм³ цельной крови, $Л$ — сумма лейкоцитов в 400 маленьких квадратах.

Результаты работы и их оформление. Запишите, сколько лейкоцитов содержится в 1 мм³ исследованной крови. Сравните полученные результаты с нормой.

Задача 4. Дифференцированный подсчет абсолютного количества лейкоцитов по номограмме

Для определения абсолютного числа различных видов лейкоцитов используют специальную номограмму. Она включает в себя три шкалы: общее количество лейкоцитов a , абсолютное количество лейкоцитов различных видов b , процентное содержание различных видов лейкоцитов $в$ (рис. 18).

Проведение работы. На шкалах a и $в$ находят точки, соответствующие данным, полученным при проведении предыдущих работ, и соединяют их прямой. Точка пересечения шкалы b и прямой отражает величину абсолютного количества определяемого вида лейкоцитов.

На рис. 18 представлены примеры определения абсолютного количества моноцитов 1 и нейтрофилов 2. Общее количество лейкоцитов — 10 000, процентное содержание моноцитов — 5%. Соединяют точки на шкале a и $в$, соответствующие данным величинам, прямой 1. Пересечение ее со шкалой b отражает абсолютное количество моноцитов — 500.

Общее количество лейкоцитов 8000, процентное содержание нейтрофилов 55%. Соединяют прямой 2 найденные на шкалах a и $в$ точки, соответствующие этим значениям. На шкале b получают точку, отражающую абсолютное количество нейтрофилов — 4250. Сравните полученные результаты с нормой.

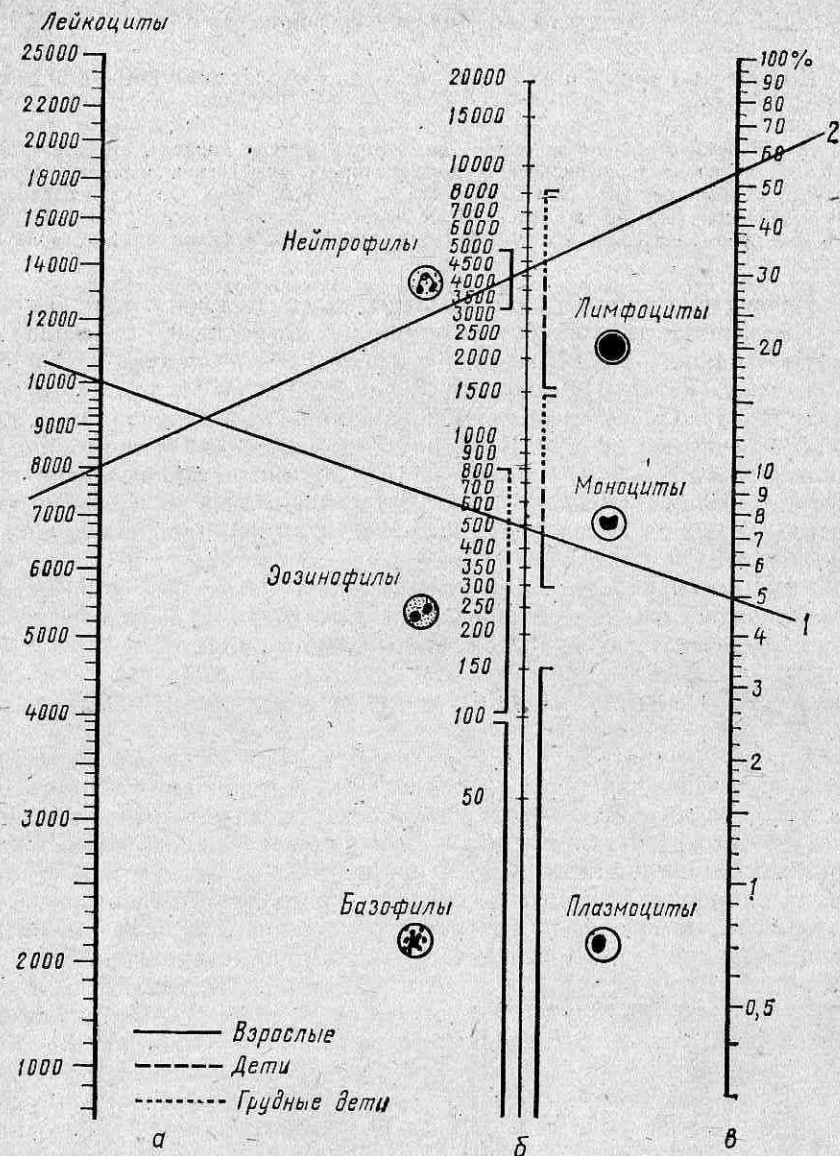


Рис. 18. Номограмма для определения абсолютного количества лейкоцитов:

a — шкала общего количества лейкоцитов, $б$ — шкала абсолютного количества лейкоцитов различных видов, $в$ — шкала процентного содержания различных видов лейкоцитов; 1 и 2 — примеры пользования номограммой

Задача 5. Подсчет тромбоцитов

Количество тромбоцитов у человека составляет 200—400 тыс. в 1 мм^3 крови.

Для работы необходимы: микроскоп, счетная камера Горяева, смеситель для подсчета лейкоцитов, стерильный скарификатор, чашка Петри, жидкость Реес-Эккера, 5%-ный раствор CH_3COOH , вата, спирт, иод, эфир. Объект исследования — человек. (Состав жидкости Реес-Эккера: 5%-ный цитрат Na — 3,8 г, 40%-ный формальдегид — 0,2 мл, бриллиант-крезиловый синий — 0,1 г, вода — до 100 мл).

Проведение работы. Прокалывают палец, получают каплю крови. Смесителем для лейкоцитов набирают до метки 0,5 консервирующую жидкость Реес-Эккера, до метки 1,0 — исследуемую кровь, а затем до метки 11 — раствор 5%-ной CH_3COOH для гемолиза эритроцитов. Смесь тщательно перемешивают встряхиванием. Заполняют счетную камеру. В связи с тем, что оседание тромбоцитов происходит медленно, камеру на 15—20 мин оставляют в чашке Петри, а затем производят подсчет тромбоцитов в 80 малых квадратах. Результат подсчета, умноженный на 1000, дает общее число тромбоцитов.

Результаты работы и их оформление. Отметьте количество тромбоцитов, полученное в результате подсчета. В выводе следует указать, соответствуют ли полученные данные норме.

РАБОТА 3. АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОДСЧЕТ ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Для ускорения подсчета форменных элементов крови используют специальные приборы — целлоскопы. Эти приборы состоят из датчика, усилителя и обычно двух регистраторов — осциллоскопа и цифрового регистратора. Датчиком осциллоскопа является жидкостный потенциометр (рис. 19). Он состоит из ртутного манометра 1, вакуумной системы 2, стеклянной трубки 3 с электродом 4, которая герметически соединяется с пробиркой 5, имеющей маленькое калиброванное отверстие — апертуру 6, стаканчика 7, в который помещают разбавленную пробу крови и второй электрод 8, крана 9, соединяющего ртутный манометр с вакуумной системой, и источника питания 10.

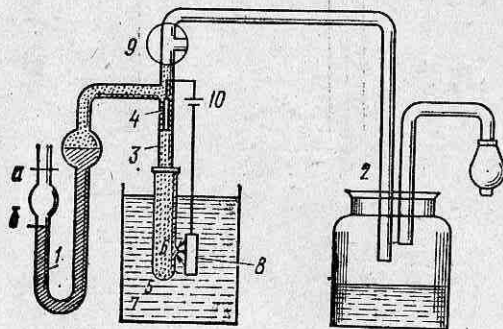


Рис. 19. Принципиальная схема целлоскопа (пояснение в тексте)

электрический сигнал, который усиливается и подается на регистратор.

Подготовку прибора к работе, его эксплуатацию и приготовление растворов, необходимых для подсчета форменных элементов крови, осуществляют в соответствии с прилагаемой к прибору инструкцией. Растворы готовят заранее и обязательно фильтруют, так как если в них будут находиться взвешенные частицы, то прибор будет считать последние вместе с клетками крови. Приготовленные растворы обозначают цифрами, например I, II, III.

Для работы необходимы: электронный прибор для автоматического подсчета форменных элементов крови (целлоскоп), стерильный скарификатор, заранее приготовленные растворы для разбавления крови, фильтровальная бумага, вата, спирт, иод, эфир. Объект исследования — человек.

Задача 1. Подсчет эритроцитов

Перед подсчетом эритроцитов заполняют датчик электролитом (одним из приготовленных растворов), который замыкает цепь между электродами (4 и 8; рис. 19), и устанавливают чувствительность прибора для подсчета частиц, соответствующих диаметру эритроцитов. При этом частицы меньшего диаметра (например, тромбоциты) целлоскопом не подсчитываются. С помощью крана 9 соединяют ртутный манометр с вакуумной системой 2 и перемещают ртуть в манометре 1 ниже отметки «б».

Кровь берут из пальца обычным способом при помощи специального капилляра, имеющегося в комплекте целлоскопа. Капилляр наполняют до метки «кровь» и смешивают это количество крови с предварительно налитыми в пробирку 4 мл раствора I. Тщательно перемешав смесь, берут из нее 0,55 мл и вливают в стакан с 20 мл раствора II. Стакан с пробой крови помещают в прибор.

Краном 9 отсоединяют манометр от вакуумной системы. Под действием силы тяжести ртуть в манометре начинает перемещаться и засасывает пробу разбавленной крови через апертуру. При прохождении эритроцитов через апертуру изменяется сопротивление датчика и формируются электрические сигналы, наблюдаемые на экране осциллоскопа. Когда ртуть в манометре доходит до уровня «б», она замыкает контакты, и тогда автоматически включается цифровой регистратор. Цифровой регистратор считает эритроциты в строго определенном объеме пробы крови, ограниченном уровнями «а» и «б». При достижении ртутью уровня «а» счетчик выключается. Для определения числа эритроцитов в 1 мм^3 цельной крови обычно показания цифрового регистратора увеличивают в соответствующее число раз, что зависит от разбавления крови.

Задача 2. Подсчет лейкоцитов

Для подсчета лейкоцитов в пробирку, содержащую кровь, разбавленную в 4 мл раствора I, добавляют 0,1 мл раствора III, который гемолизует эритроциты. Через 1—2 мин туда же добавляют 12 мл раствора II. В результате получается разведенная проба

крови с гемолизированными эритроцитами. Стакан с пробой помещают в целлоскоп и производят подсчет лейкоцитов так же, как и эритроцитов. Чувствительность прибора устанавливают так, чтобы он не учитывал частицы с диаметром, меньшим, чем средний диаметр лейкоцитов. Для большей точности подсчета лейкоцитов из полученного значения вычитают число частиц, обнаруженных при исследовании контроля, состав которого — 4 мл раствора I, 12 мл раствора II и 0,1 мл раствора III.

РАБОТА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГЕМОГЛОБИНА В КРОВИ ПО МЕТОДУ САЛИ

Гемоглобин — сложный белок, хромопротеид — содержится в эритроцитах. Функция гемоглобина — перенос кислорода от легких к тканям и отчасти перенос CO_2 в обратном направлении. Определение содержания гемоглобина обязательно проводится в ходе анализа крови. В крови содержится в среднем 14 г% гемоглобина (у женщин — 12,1—13,8 г%, у мужчин — 13,3—15,6 г%).

Определение гемоглобина производят колориметрическим способом, основанным на следующем принципе: если исследуемый раствор путем разбавления довести до окраски, одинаковой со стандартным раствором, то концентрация растворенных веществ в обоих растворах будет одинакова, а количества веществ будут соотноситься как их объемы. Зная количества веществ в стандартном растворе (16,7 г%, что принято за 100% гемоглобина), легко вычислить его содержание в исследуемом растворе в относительных процентах.

Для работы необходимы: гемометр Сали, стерильный скарификатор, 0,1N раствор HCl, фильтровальная бумага, вата, спирт, эфир, иод, дистиллированная вода. Объект исследования — человек.

Гемометр Сали (рис. 20) представляет собой штатив, задняя стенка которого сделана из матового стекла. В штатив вставлены три пробирки одинакового диаметра. Две крайние *a* сверху запаяны и содержат раствор солянокислого гематина, средняя *б* градуирована и открыта. Она предназначена для исследуемой крови. К прибору приложены капилляр (с меткой 20 мм³), стеклянная палочка и пипетка.

Проведение работы. В среднюю пробирку гемометра наливают 0,1 N раствор HCl до нижней кольцевой метки. Затем из пальца обычным способом набирают кровь в капилляр до метки, удаляя излишек путем прикладывания фильтровальной бумаги к кончику капилляра. Выдувают кровь на дно средней пробирки так, чтобы верхний слой соляной кислоты оставался неокрашенным. Не вынимая пипетки, ополаскивают ее соляной кислотой из верхнего слоя. После этого содержимое пробирки перемешивают, ударяя пальцем по ее дну, и оставляют стоять 5—10 мин. Это время необходимо для полного превращения гемоглобина в солянокислый гематин. Затем к раствору прибавляют по каплям дистиллированную воду до тех пор, пока цвет полученного раствора не будет

одинаков с цветом стандартного (добавляя воду, раствор перемешивают стеклянной палочкой).

Цифра, стоящая на уровне нижнего мениска полученного раствора, показывает содержание гемоглобина в исследуемой крови в грамм-процентах. Можно вычислить относительное содержание гемоглобина в исследуемой крови.

Результаты работы и их оформление. Запишите, каково содержание гемоглобина в данной крови. Вычислите относительное процентное содержание гемоглобина в исследуемой крови следующим образом. Допустим, в крови 14 г% гемоглобина, тогда:

$$16,7 \text{ г\%} = 100\%$$

$$14,0 \text{ г\%} = x \quad x = (100 \cdot 14,0) / 16,7 \quad (\text{относительное содержание гемоглобина}).$$

Сравните полученную цифру с нормой.

РАБОТА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГЕМОГЛОБИНА В КРОВИ С ПОМОЩЬЮ ФОТОЭЛЕКТРОКОЛОРИМЕТРА

При наличии фотоэлектроколориметра содержание гемоглобина в крови можно определить экспресс-методом. Принцип действия прибора состоит в следующем: если раствор, содержащий гемоглобин, поместить между источником света и фотоэлементом, то степень освещенности фотоэлемента будет зависеть от количества гемоглобина в растворе. Таким образом, чем больше в растворе гемоглобина, тем меньшее количество световых лучей определенной длины будет попадать на фотоэлемент и тем меньший фототок будет в нем возбуждаться.

Фотоэлектроколориметр (рис. 21) состоит из стабилизатора напряжения, стрелочного гальванометра, кюветы для проб с разбавленной и гемолизированной кровью и потенциометра для калировки прибора. Прибор сконструирован таким образом, что возникающий в фотоэлементе ток отклоняет стрелку чувствительного гальванометра, градуировка шкалы которого позволяет непосредственно определить в процентах относительное содержание гемоглобина в крови.

Для работы необходимы: фотоэлектроколориметр, стерильный скарификатор, фильтровальная бумага, специальные растворы для разведения крови (те же, что и при работе с целлоскопом), вата, спирт, эфир, иод. Объект исследования — человек.

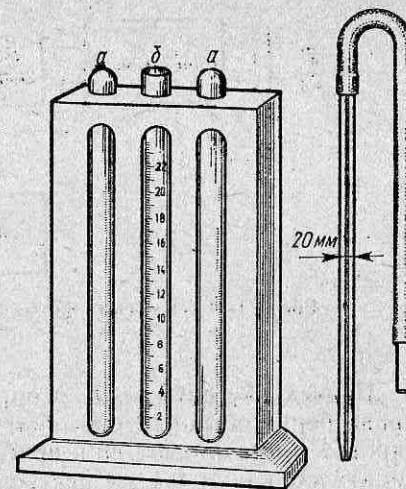


Рис. 20. Гемометр Сали и капилляр (пояснение в тексте)

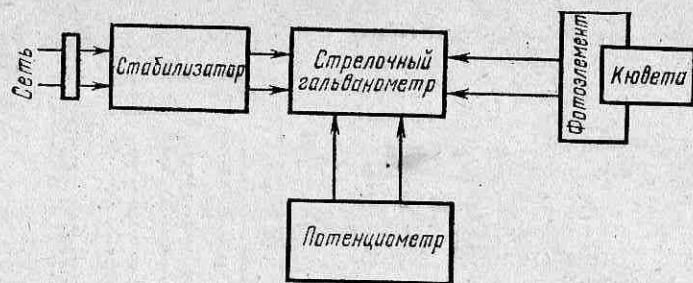


Рис. 21. Блок-схема фотоэлектроколориметра (пояснение в тексте)

Проведение работы. Для определения содержания гемоглобина кровь берут обычным способом из пальца до метки капилляра «кровь» и смешивают ее в пробирке с 4 мл раствора I. В эту пробирку добавляют 0,1 мл раствора III. Смесь переливают в кювету. Через 1—2 мин наблюдается гемолиз. Гальванометр соединяют со стабилизатором, последний включают в сеть. Далее проводят определение гемоглобина, управляя ручками на панели прибора в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Отмечают положение стрелки гальванометра, которая показывает относительное содержание гемоглобина в цельной крови в процентах. На основании полученных данных рассчитывают абсолютное содержание гемоглобина в крови. Вся процедура анализа (не считая времени взятия крови) занимает 1—2 мин.

Результаты работы и их оформление. Запишите, каково содержание гемоглобина в исследуемой крови. Охарактеризуйте преимущество данного метода.

РАБОТА 6. ВЫЧИСЛЕНИЕ ЦВЕТНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КРОВИ

При некоторых заболеваниях крови человека нарушается соотношение между содержанием гемоглобина и количеством эритроцитов. Насыщенность эритроцитов гемоглобином изменяется. Для того чтобы судить, нормально ли насыщен гемоглобином каждый эритроцит, используют условную величину — так называемый цветной показатель крови.

Для его вычисления количество гемоглобина в крови, выраженное в относительных процентах (по отношению к стандарту, принимаемому за 100%), делят на три первых цифры числа эритроцитов и полученное значение умножают на 5. Такой способ вычисления рассчитан на то, что в идеальных условиях (при содержании гемоглобина = 100% и эритроцитов — 5 млн. в 1 мм³ крови) цветной показатель соответственно равен $(100 : 500) \times 5 = 1$.

Если цветной показатель меньше единицы, то такое явление называется *гипохромазией*, больше единицы — *гиперхромазией*.

Для расчета величины цветного показателя крови ЦП необходимо использовать цифры, полученные в предшествующих работах: процентное содержание гемоглобина Γ в крови и количество эри-

троцитов \mathcal{E} в 1 мм³ крови, из которого используют первые три цифры.

Данные проставляют в формулу $ЦП = (\Gamma \times 5) : \mathcal{E}$.

Дайте оценку полученного цветного показателя по сравнению с нормой.

РАБОТА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПО НОМОГРАММЕ

Определение цветного показателя возможно с помощью специальной номограммы. Номограмма (рис. 22) включает три шкалы: величина цветного показателя a , гемоглобин в процентах по Сали b , количество эритроцитов в миллионах v .

Проведение работы. На шкале v и b определяют точки, соответствующие данным, полученным в предыдущих работах, и соединяют их прямой. Точка пересечения шкалы цветного показателя и прямой отражает величину цветного показателя при данных значениях количества эритроцитов и гемоглобина. На рис. 22 приведен пример определения величины цветного показателя при количестве эритроцитов 3,5 млн. и содержании гемоглобина по Сали 70%. Находят точки, соответствующие этим значениям на шкалах b и v , и соединяют их прямой. Прямую продолжают до пересечения со шкалой a . Точка пересечения отражает величину цветного показателя, в данном случае он составляет 1,0.

Сравните цветной показатель, вычисленный по номограмме, с цветным показателем, который высчитан на основании определенного вами процента гемоглобина и числа эритроцитов.

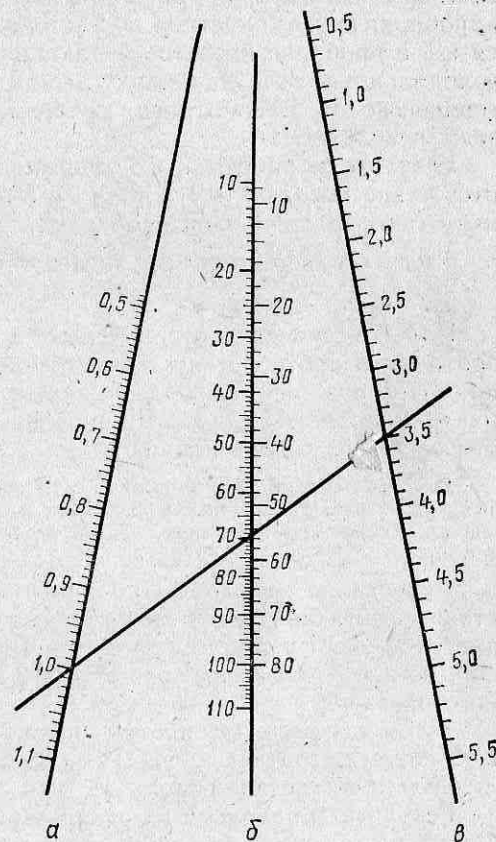


Рис. 22. Номограмма для определения величины цветного показателя:
а — шкала величин цветного показателя, б — шкала процентного содержания гемоглобина по Сали, в — число эритроцитов в 1 мм³

РАБОТА 8. ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГЕМОЛИЗА

Гемолизом называется разрушение эритроцитов с выходом гемоглобина в плазму крови. Гемолизированная кровь прозрачна и называется «лаковой». Под микроскопом в ней не видно эритроцитов, так как они разрушены. Не выполняя своей основной дыхательной функции, гемолизированная кровь оказывает вредное воздействие на организм.

Для работы необходимы: штатив с пятью пробирками, пипетки, физиологический раствор, дистиллированная вода, 0,1%-ный раствор HCl, 5%-ный раствор аммиака, 5 мл цитратной крови любого животного (в пробирке).

Проведение работы. В штатив ставят 4 пробирки, в каждую из которых наливают по 3 мл соответственно физиологического раствора, дистиллированной воды, 0,1%-ного раствора HCl и 5%-ного раствора аммиака; в 5-й пробирке — цитратная кровь. Во все 4 пробирки вносят пипеткой по 2 капли из 5-й пробирки. Оставшуюся в 5-й пробирке кровь помещают на 1 ч в морозильную камеру холодильника. Затем пробирку вынимают и оттаивают в стакане с горячей водой. Рассматривая содержимое всех 5 пробирок, сравнивают результаты.

Результаты работы и их оформление. Определите наличие или отсутствие гемолиза в 1, 2, 3, 4 и 5-й пробирках. Опишите механизм гемолиза в каждой пробирке.

РАБОТА 9. ИЗУЧЕНИЕ ОСМОТИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ

Под осмотической резистентностью подразумевают способность эритроцита противостоять понижающемуся осмотическому давлению. При различных заболеваниях крови резистентность эритроцитов может меняться, поэтому определение ее границ имеет диагностическое значение в клинике.

Для работы необходимы: штатив с 18 пробирками, растворы NaCl убывающей концентрации (0,9%-ный, 0,85, 0,8 и т. д. до 0,1%-ного), пробирка с цитратной кровью любого животного, взятой не более чем за 3 ч до опыта, 2 пипетки.

Проведение работы. Пробирки последовательно нумеруют и ставят в штатив. Пипеткой наливают в каждую пробирку по 3 мл раствора NaCl в таком порядке: в 1-ю пробирку — 0,9%-ный раствор, во 2-ю — 0,85%-ный раствор, в 3-ю — 0,8%-ный и т. д. до 0,1%-ного раствора.

Затем с помощью пипетки в каждую из пробирок добавляют по 2 капли цитратной крови. Через 5 мин смотрят результаты — наличие или отсутствие гемолиза.

Результаты работы и их оформление. Запишите в какой из пробирок и при какой концентрации раствора NaCl отмечаются первые признаки гемолиза. Отметьте, при какой концентрации кровь полностью гемолизирована (стала «лаковой»). Определите верхнюю и нижнюю границы резистентности эритроцитов и сравните данные с нормой.

РАБОТА 10. СКОРОСТЬ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ (СОЭ)

Стабилизированная цитратом Na кровь при отстаивании разделяется на верхний светлый слой плазмы и нижний красный слой форменных элементов, среди которых значительно преобладают эритроциты. Оседание эритроцитов связано с изменением их электростатических свойств, и скорость оседания в основном зависит от свойств плазмы. При изменениях состава или электрического заряда белков плазмы СОЭ может возрастать. В норме СОЭ у мужчин 3—7 мм/ч, у женщин 7—12 мм/ч.

Для работы необходимы: прибор Панченкова, стерильный скарификатор, часовое стекло, 5%-ный раствор цитрата Na, вага, спирт, йод. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Капилляром из прибора Панченкова (рис. 23) набирают из флакона 5%-ный раствор цитрата Na до метки 50 (P) и выпускают раствор на часовое стекло. Прокалывают палец (прокол должен быть достаточно глубоким). Погружают в каплю крови кончик капилляра и, наклоняя капилляр, набирают в него (без пузырьков) кровь до метки 0 (K). Затем содержимое выпускают в раствор цитрата Na на часовое стекло. Тотчас второй раз набирают из пальца кровь до метки 0 (K) и эту порцию тоже выпускают на часовое стекло. Быстро перемешивают кровь на часовом стекле. Наклоняя капилляр, набирают в него смесь до метки 0 (K) и закрывают пальцем верхний конец капилляра, чтобы раствор крови не вытек. Упирают нижний конец капилляра в нижнее резиновое кольцо прибора Панченкова и затем вставляют верхний конец в резиновое кольцо сверху. Отмечают время и ровно через 1 ч смотрят, какова высота столбика прозрачной плазмы, т. е., на сколько миллиметров за 1 ч осели эритроциты.

Результаты работы и их оформление. Напишите, чему равна СОЭ в мм за 1 ч. Сравните полученные результаты с нормой.

РАБОТА 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРОВИ

В эритроцитах крови человека содержатся специфические антигены, называемые агглютиногенами. Различают агглютиногены

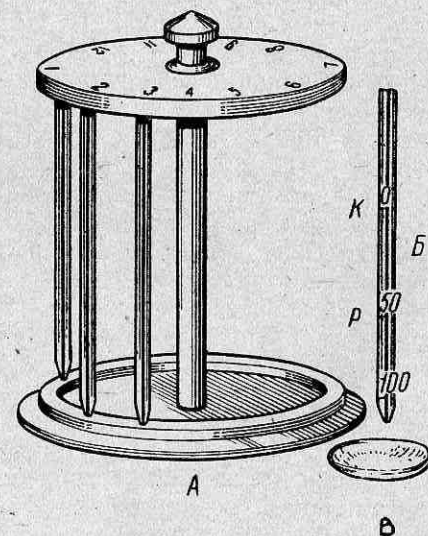


Рис. 23. Прибор Панченкова для определения СОЭ. А — общий вид; Б — капилляр; В — часовое стекло

А и В. В плазме находятся антитела, называемые агглютинидами α и β . В крови одного человека никогда не сочетаются А и α или В и β , так называемые «одноименные» тела. Сочетание одноименных тел может наблюдаться лишь при переливании крови. При этом могут возникнуть опасные осложнения вследствие реакции агглютинации крови (склеивание эритроцитов одноименными агглютинидами плазмы). Для предотвращения несовместимых сочетаний при переливании необходимо предварительно определять группу крови.

Для работы необходимы: стерильный скарификатор, две стеклянные палочки, стандартные сыворотки групп I, II, III; кафельная белая плитка, вата, спирт, эфир, иод. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Группы крови определяют по свойствам эритроцитов, устанавливаемым с помощью стандартных сывороток, содержащих известные агглютинины.

На кафельную плитку наносят, не смешивая, по одной капле стандартных сывороток I, II, III групп, содержащих соответственно агглютинины: I — α , β , II — β и III — α . Затем, получив каплю крови из пальца, первой стеклянной палочкой переносят небольшое количество ее в каплю сыворотки I группы, вторым чистым концом этой же палочки такое же количество крови переносят в сыворотку II группы. При помощи второй стеклянной палочки третью каплю исследуемой крови переносят в сыворотку III группы. Каждый раз кровь тщательно размешивают в капле сыворотки; пока смесь не станет равномерно розового цвета. Реакция агглютинации наступает через 1—5 мин. При наличии агглютинации капля становится прозрачной, а эритроциты склеиваются в виде комочков. Группа крови устанавливается в зависимости от наличия или отсутствия агглютинации.

1. Если агглютинации нет во всех трех каплях, это свидетельствует об отсутствии агглютиногенов в эритроцитах исследуемой крови и, следовательно, она принадлежит I (0) группе.

2. Если агглютинация произошла с сыворотками I и III групп, содержащими соответственно агглютинины α , β и α , то эритроциты исследуемой крови содержат агглютиногены А и эта кровь принадлежит ко II (А) группе.

3. Если агглютинация произошла с сыворотками I и II групп, содержащими агглютинины α , β и β , то эритроциты исследуемой крови содержат агглютиноген В и она принадлежит к III (В) группе.

4. Если агглютинация произошла с сыворотками I, II, III групп, содержащими соответственно агглютинины α , β , β и α , то эритроциты исследуемой крови содержат как агглютиноген А, так и агглютиноген В. Следовательно, исследуемая кровь принадлежит к IV (AB) группе.

Результаты работы и их оформление. Запишите, к какой группе крови принадлежит ваша кровь. Определите: 1) реципиентам с какими группами крови можно переливать вашу кровь, 2) кровь какой группы можно переливать вам.

РАБОТА 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ КРОВИ С ПОМОЩЬЮ МИКРОЦЕНТРИФУГИ ШКЛЯРА

Совместимость крови — понятие относительное. Обычно, говоря о совместимости двух групп крови, принимают во внимание лишь эритроциты донора и плазму реципиента, так как плазма вводится в малом количестве и, разбавляясь в крови реципиента, теряет свои агглютинирующие свойства. Однако при переливании значительного количества крови учитывают и агглютинины плазмы донора.

Для работы необходимы: микроцентрифуга, стерильный скарификатор, две глазные пипетки, предметное стекло, две стеклянные палочки, 5%-ный раствор цитрата Na, вата, спирт, эфир, иод. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Испытуемых должно быть двое: у первого должна быть кровь I группы, у второго — любой другой группы. У обоих испытуемых прокалывают палец левой руки достаточно глубоко, чтобы получить по 2—3 капли крови. В две микропробирки вводят при помощи пипеток по капле 5%-ного раствора цитрата Na. Теми же пипетками раздельно набирают по 2 капли крови из проколотых пальцев двух участников опыта. Кровь вносят в две разные пробирки и перемешивают с цитратом Na путем осторожного встряхивания. На пробирках восковым карандашом отмечают группы крови. Помещают пробирки в центрифугу и центрифугируют кровь 10—15 мин (скорость вращения ручки 60 об/мин). После центрифугирования ставят две пробы на двух предметных стеклах. На первое наносят каплю эритроцитов из пробирки с кровью I группы (α , β), смешивая с каплей плазмы, взятой из второй пробирки другой пипеткой. Каплю перемешивают стеклянной палочкой. На второе стекло наносят каплю сыворотки, взятой из пробирки с кровью I группы, и совмещают ее с каплей эритроцитов, взятых из второй пробирки. Перемешивают каплю чистой стеклянной палочкой. Наблюдают, есть ли агглютинация на первом и втором стеклах.

Результаты работы и их оформление. Отметьте наличие или отсутствие агглютинации. Сделайте заключение о совместимости различных групп крови при условии, что кровь I и любой другой группы смешивается в равных соотношениях.

РАБОТА 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗУС-ФАКТОРА (Rh-ФАКТОРА)

В эритроцитах кроме агглютиногенов А и В может содержаться агглютиноген резус-фактор. Кровь, в которой имеется Rh-фактор, называется резус-положительной. В крови людей не бывает готовых антител по отношению к Rh-фактору. Они вырабатываются лишь при введении Rh-отрицательным реципиентам Rh-положительной крови. Rh-антитела сохраняются в организме, и поэтому при повторном введении Rh-положительной крови возникает реакция агглютинации, сопровождаемая развитием патологического состояния. К Rh-положительным относится 85% людей. Определе-

ние *Rh*-фактора так же необходимо, как и определение группы крови людей.

Наиболее удобным способом определения *Rh*-фактора является методика с использованием специфической антирезусной сыворотки.

Для работы необходимы: стерильный скарификатор, белая кафельная плитка, стеклянная палочка, антирезусная и контрольная сыворотки, пипетки, вата, спирт, иод. Объект исследования — человек.

Проведение работы. На кафельную плитку пипеткой наносят раздельно по капле антирезусной и контрольной сыворотки. Прокалывают палец и стеклянной палочкой вносят в обе капли кровь испытуемого. Через 5 мин наблюдают результат.

Результаты работы и их оформление. Отметьте, в какой капле происходит агглютинация. На основании результата эксперимента сделайте вывод о том, является данная кровь *Rh*-положительной или *Rh*-отрицательной.

РАБОТА 14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ СВЕРТЫВАНИЯ КРОВИ¹

Свертывание крови — важнейшая ферментативная многофазная реакция, с помощью которой организм борется с потерей крови при травме. Скорость свертывания крови зависит от взаимодействия свертывающей, противосвертывающей и фибринолитической систем. Существует много методик, позволяющих определять состояние различных компонентов этих систем. Некоторые методики характеризуют скорость процесса свертывания крови в целом. Такова и излагаемая модифицированная нами методика. При пользовании ею время свертывания крови в норме составляет около 3—5 мин.

Для работы необходимы: парафинированное часовое стекло, стеклянный крючок, песочные часы, стерильный скарификатор, вата, спирт, иод. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Прокалывают палец глубоко, чтобы на поверхности выступила большая капля крови. Стеклянной палочкой переносят каплю на парафинированное часовое стекло. Используя песочные часы, каждые полминуты проводят по капле стеклянным крючком. Отмечают время, через которое за крючком начинают тянуться нити фибрина. Интервал времени между нанесением капли на стекло и появлением фибриновых нитей принимается за время свертывания крови.

Результаты работы и их оформление. Запишите, сколько времени прошло с момента взятия крови до ее свертывания. Сравните полученную цифру с нормой.

РАБОТА 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ КРОВОТЕЧЕНИЯ

От момента ранения до момента остановки кровотечения проходит определенное время, которое зависит от многих факторов — состояния свертывающей и противосвертывающей систем, состоя-

¹ В настоящей работе достоверные результаты могут быть получены лишь при температуре воздуха от 18 до 25°C.

ния сосудистой стенки, числа тромбоцитов и их способности к агрегации и адгезии.

Для работы необходимы: стерильный скарификатор, фильтровальная бумага, разграфленная на 16 секторов, песочные часы, вата, спирт, иод. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Обычным способом прокалывают палец. Выступившую каплю крови стирают ватой и затем через каждые 30 с кровоточащую точку пальца последовательно прикладывают к очередному сектору фильтровальной бумаги так, чтобы в каждом секторе был отпечаток только одной капли.

Результаты работы и их оформление. Отметьте, сколько секторов имеют следы крови. Учтя, что интервал между отдельными пробами составляет 30 с, определите длительность кровотечения и сравните ее с нормой (около 4 мин).

РАБОТА 16. ТРОМБОЭЛАСТОГРАФИЯ

Для определения эластичности кровяного сгустка служит прибор тромбоэластограф (рис. 24, А). Принцип действия аппарата основан на том, что выпадающие в осадок фибриновые тяжи изменяют угол наклона стального стержня, и его колебания передаются оптическим путем на фотобумагу.

В кювету 1 помещают исследуемую кровь. Стальной стержень 2, укрепленный на тонкой струне 3, погружают в кювету с исследуемой кровью. В приборе имеется специальное устройство 4, поворачивающее кювету через определенные промежутки времени вправо и влево на 4'45". В условиях жидкой среды (до начала образования фибриновых нитей) эти колебания не передаются стальной струне и поэтому не фиксируются на бумаге 5. Как только начинают появляться фибрино-

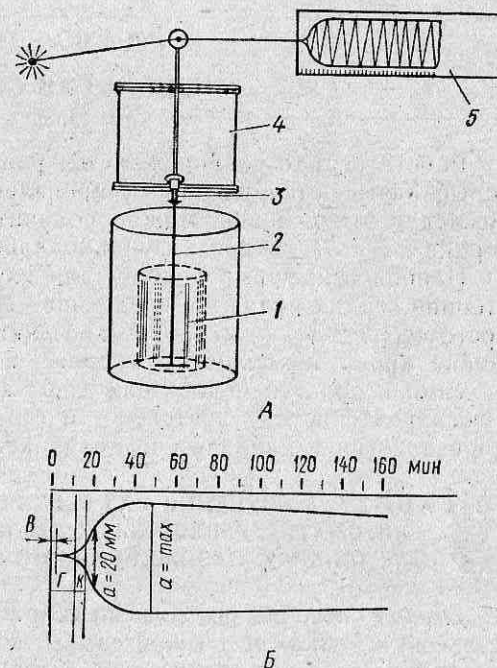


Рис. 24. Тромбоэластография. А — схема устройства тромбоэластографа; Б — тромбоэластограмма.

1 — кювета с исследуемой кровью, 2 — стальной стержень, 3 — проволока для крепления стержня, 4 — устройство, поворачивающее стержень в процессе образования фибриновых нитей, 5 — регистрирующая лента; В — начало реакции; К — время образования сгустка; а — величина, определяющая эластичность сгустка в норме, а_{max} — максимальная эластичность сгустка

вые нити, они охватывают стальной стержень и его дальнейшее движение зависит от эластичности образующегося сгустка. В этих условиях колебания стержня через зеркало передаются на фотобумагу.

Для работы необходимы: тромбоэластограф, стерильный скарификатор, специальный капилляр, вата, спирт, иод. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Исследуемую кровь в количестве 0,025 мм³ помещают в кювету тромбоэластографа. Включают прибор и производят запись тромбоэластограммы. На полученной кривой вычисляют время реакции Γ , время образования сгустка K , максимальную эластичность сгустка (a_{\max}) (рис. 24, Б).

Результаты работы и их оформление. Запишите полученные результаты кривой тромбоэластограммы. Отметьте, соответствуют ли полученные показатели нормальным величинам (нормальная кривая приведена на рис. 24, Б).

ГЛАВА III ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЦА

Работа сердца сопровождается рядом физических явлений, которые называются внешними проявлениями деятельности сердца. Исследуя эти явления, можно получить информацию о состоянии сердца и о его отдельных функциональных особенностях.

Наиболее информативными для изучения функционального состояния сердца являются следующие внешние проявления деятельности сердца: тоны, механические движения при сокращении, движение крови по полостям сердца и сосудам, биоэлектрические явления и др. Эти показатели дают качественную и количественную характеристику деятельности сердца и широко используются в физиологии и клинической практике.

РАБОТА 1. ИЗУЧЕНИЕ ФАЗ СЕРДЕЧНОГО ЦИКЛА И СТЕПЕНИ АВТОМАТИИ РАЗЛИЧНЫХ ОТДЕЛОВ СЕРДЦА ЛЯГУШКИ (ОПЫТ С НАЛОЖЕНИЕМ ЛИГАТУР СТАННИУСА)

Сердце способно ритмически сокращаться под воздействием импульсов, возникающих в нем самом. Это свойство называется *автоматией* и связано с атипической мускулатурой сердца — его проводящей системой.

Атипическая мускулатура располагается в разных отделах сердца и обладает разной степенью автоматии. У лягушки различают следующие отделы: узел Ремака, находящийся между венозным синусом и предсердиями (обладает наибольшей автоматией и является водителем ритма); узел Биддера — в межпредсердной перегородке на границе с желудочком, от него отходят волокна

атипической мускулатуры (волокна Пуркинье); узлы Догеля, расположенные ниже предыдущего узла, на отходящих от него нервных стволиках (их роль в автоматии сердца изучена недостаточно).

Для изучения роли каждого узла и функциональных связей между ними прибегают к наложению лигатур.

Для работы необходимы: препаровальная досочка, препаровальный набор, универсальный штатив, рычажок Энгельмана, кимограф, электрометроном с электромагнитным отметчиком времени, раствор Рингера, лигатуры. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Собирают установку по схеме (рис. 25). Обездвиживают лягушку путем разрушения головного и спинного

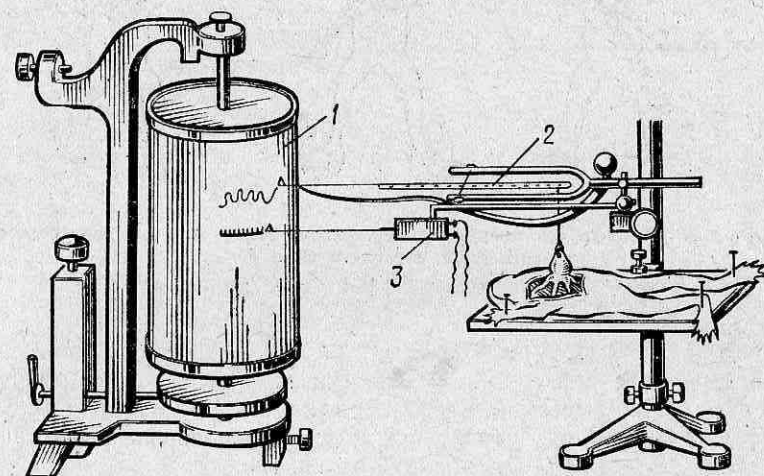


Рис. 25. Установка для графической регистрации сокращений сердца лягушки:
1 — кимограф, 2 — рычажок Энгельмана, 3 — электромагнитный отметчик времени

мозга (рис. 26, 1—3). Кладут лягушку на досочку брюшной поверхностью вверх и фиксируют за лапки булавками. Захватывают пинцетом мечевидный отросток грудины, ниже его ножницами делают разрез кожи и вырезают над областью сердца переднюю поверхность грудной стенки. Осторожно, чтобы не повредить сердце, срезают перикард (рис. 26, 4—7). Укрепляют досочку с лягушкой в штативе, устанавливая рычажок в горизонтальное положение. Зажимают серфином верхушку желудочка сердца, при этом сердце вытягивается из грудной полости. На задней его поверхности отыскивают и перерезают уздечку, которая может ограничивать движение рычажка. Прижимают писчик рычажка Энгельмана и отметчика времени к бумаге кимографа. Включают кимограф, электрометроном и проводят запись сокращений сердца

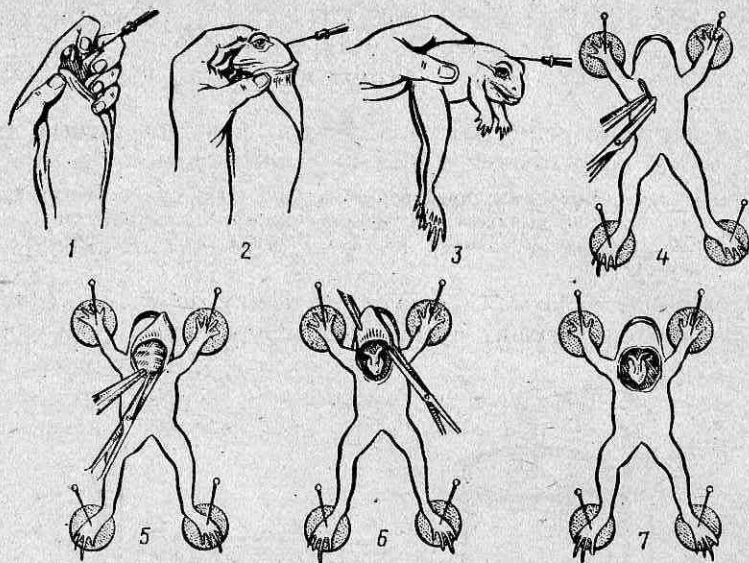


Рис. 26. Подготовка препарата сердца лягушки для графической регистрации его сокращений:
1, 2, 3 — этапы обездвиживания лягушки, 4—7 — последовательные этапы препаровки сердца

одновременно с регистрацией отметки времени. Чтобы предохранить сердце от высыхания, его периодически орошают раствором Рингера. Убедившись, что регистрация кардиограммы идет четко, производят ее запись на быстрой развертке.

После исходной регистрации сокращений сердца приступают к выполнению второй части опыта — изучению степени автоматии различных отделов сердца. Для этого при помощи тонкого пинцета продевают лигатуру (рис. 27) между дугами аорты и полыми

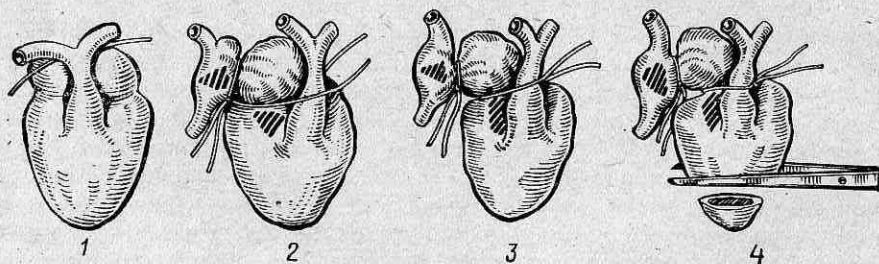


Рис. 27. Изучение степени автоматии различных отделов сердца с помощью лигатур Станниуса:

1 — подведение первой лигатуры для перевязки венозного синуса, 2 — подведение второй лигатуры для отделения предсердий от желудочков, 3 — вид сердца после наложения первой и второй лигатур, 4 — отсечение верхушки сердца

венами, слегка завязывают ее, располагая по синоаурикулярной борозде. Такую же свободную лигатуру располагают над бороздой, расположенной между предсердиями и желудочком. Включают кимограф и во время записи сокращений сердца затягивают первую лигатуру, отделяя этим венозный синус от предсердий. При этом венозный синус продолжает сокращаться, а предсердия и желудочек останавливаются. Продолжая запись, затягивают вторую лигатуру между предсердиями и желудочком. Часто после этого спустя несколько секунд желудочек начинает сокращаться в более редком ритме и его сокращения удается зарегистрировать на бумаге кимографа (рис. 28). Затем накладывают третью лигатуру на желудочек, ближе к его верхушке. Обычно после этого верхушка не сокращается. Для того чтобы убедиться, что верхушка сердца сохранила способность сокращаться, ее отрезают (см. рис. 27, 4), помещают на предметное стекло с каплей раствора Рингера и, раздражая острием препаровальной иглы, отмечают реакцию.

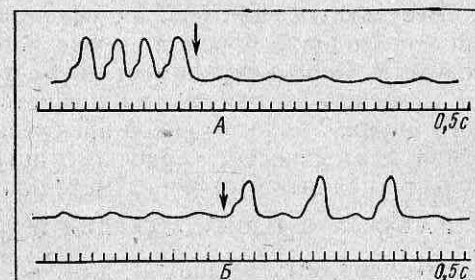


Рис. 28. Графическая регистрация сокращений сердца лягушки после наложения первой (А) и второй (Б) лигатур по Станниусу. Стрелкой обозначены моменты наложения лигатур

Результаты работы и их оформление. В протоколе зарисуйте схему установки для регистрации сокращений сердца лягушки и анатомическую схему сердца, на которой отметьте места наложения лигатур по Станниусу. Вырежьте и вклейте в протокол полученную кардиограмму. Обозначьте фазы сердечного цикла. По отметке времени рассчитайте длительность сердечного цикла и его фаз. Определите частоту сокращений области венозного синуса, предсердий и желудочка до и после наложения лигатур. По полученным данным составьте таблицу изменения частоты сокращений различных отделов сердца после наложения лигатур. Опишите наблюдения за верхушкой сердца после того, как она была отсечена и подвергнута механическому раздражению. Определите, какие фазы сердечного цикла зарегистрированы в опыте, какова продолжительность сердечного цикла и его фаз, какое значение имеют узлы проводящей системы сердца, каким структурам сердца свойственна автоматия.

РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО ЦИКЛА У ЧЕЛОВЕКА ПО ПУЛЬСУ

Для работы необходим секундомер. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Нашупывают пульс лучевой артерии у себя или у коллеги. Подсчитывают число пульсовых ударов за 5 с не-

сколько раз в течение 3 мин. 5 делят на каждое найденное число, определяя тем самым продолжительность одного сердечного цикла. Рассчитывают среднюю продолжительность сердечного цикла в каждые 5 с подсчета. Затем определяют число пульсовых ударов за 1 мин. 60 делят на найденное число и находят среднюю продолжительность сердечного цикла.

Результаты работы и их оформление. Отметьте, есть ли разница в продолжительности сердечного цикла при разных способах подсчета. Определите, имеет ли место аритмия деятельности сердца и насколько при этом изменяется продолжительность сердечного цикла. Укажите, какое преимущество имеет методика определения длительности сердечного цикла путем дробного подсчета пульса (каждые 5 с) перед методикой подсчета в течение 1 мин.

РАБОТА 3. БЛОКАДА СЕРДЦА И ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯЦИЯ

Необходимым условием для координации сокращений предсердий и желудочков является нормальное проведение возбуждения от предсердий к желудочкам.

При нарушении проведения возбуждения по сердцу не все импульсы, идущие от предсердий, достигают атриовентрикулярного узла и происходит выпадение отдельных систол желудочков. Такое нарушение проведения возбуждения называют неполной атриовентрикулярной блокадой. Может наблюдаться и полная атриовентрикулярная блокада, т. е. полное нарушение проведения возбуждения от предсердий к желудочкам, и тогда последние сокращаются за счет собственной автоматии в индивидуальном (не связанном с предсердиями) ритме.

Для работы необходимы: препаровальный набор, рычажок Энгельмана с чернильно-пишущим приспособлением, универсальный штатив, кимограф, стимулятор, раствор Рингера, вата. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Обездвиживают лягушку и подготавливают ее для кардиографии (см. работу 1). Посредством тонкой гибкой проволоочки серфин, укрепленный на рычажке Энгельмана, соединяют с одной из клемм выхода стимулятора, вторую клемму выхода соединяют с плоским электродом, подложенным под лягушку. После записи исходной кардиограммы между предсердиями и желудочком (рис. 29, А) накладывают лигатуру, которая будет препятствовать прохождению импульсов от синусового узла к желудочку. После наложения лигатуры желудочек обычно начинает сокращаться реже, чем предсердия (рис. 29, Б). Регистрируют сокращения сердца в этих условиях. Подсчитывают число сокращений предсердий в минуту. Переключают диапазон частоты стимулятора на цифру, соответствующую числу сокращений предсердий, и подбирают пороговую силу тока. Включают стимулятор и производят запись сокращений сердца в период электрокардиостимуляции.

Результаты работы и их оформление. Нарисуйте анатомическую схему сердца лягушки, отметьте место наложения лигатуры для

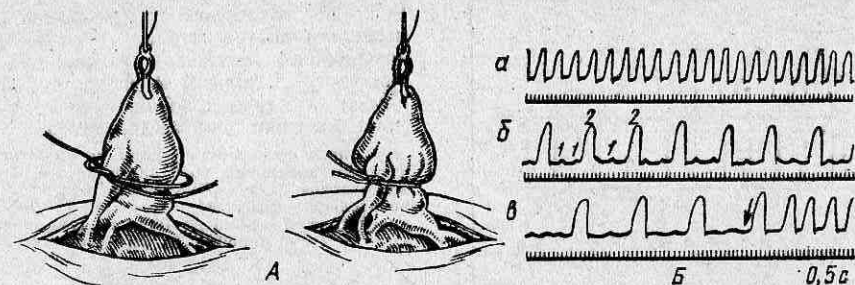


Рис. 29. Блокада сердца лягушки и электрокардиостимуляция. А — схема наложения лигатуры с целью получения блокады сердца; Б — кардиограмма: а — в норме, б — после искусственной поперечной блокады сердца, в — восстановление нормального сердечного цикла при электрокардиостимуляции; 1 — сокращение предсердий; 2 — сокращение желудочка; стрелкой обозначено начало стимуляции

получения поперечной блокады. Вырежьте и вклейте в протокол опыта кардиограмму, полученную до наложения лигатуры, после ее наложения и в период электрокардиостимуляции. На основании анализа кардиограммы определите степень синхронности сокращений предсердий и желудочка и обсудите причину диссоциации в их работе после наложения лигатуры. Опишите различие между второй лигатурой Станниуса и блокирующей лигатурой, использованной в данном опыте. Сделайте вывод о механизме возникновения блокады сердца.

РАБОТА 4. ОСОБЕННОСТИ ВОЗБУДИМОСТИ СЕРДЦА, ЭКСТРАСИСТОЛА И РЕАКЦИЯ НА РИТМИЧЕСКИЕ РАЗДРАЖЕНИЯ

Во время сокращений в мышце сердца наблюдаются фазовые изменения возбудимости. Сразу после начала сокращения сердечная мышца теряет возбудимость (абсолютная рефрактерная фаза). Вслед за этой фазой наступает относительная рефрактерная фаза, во время которой возбудимость остается ниже нормальной. Потом следует кратковременная фаза повышенной возбудимости мышцы сердца, а затем ее возбудимость возвращается к исходному уровню.

Если нанести внеочередное раздражение достаточной силы в период относительной рефрактерной фазы, мышца сердца может ответить внеочередным сокращением, которое принято называть *экстрасистолой*. После экстрасистолы желудочка удлиняется время наступления следующего сердечного цикла (компенсаторная пауза) (рис. 30). Механизм формирования компенсаторной паузы заключается в том, что очередной импульс возникает в синусовом узле в абсолютную рефрактерную фазу экстрасистолы и поэтому не вызывает сокращения сердца.

Для работы необходимы: препаровальный набор, кимограф, универсальный штатив, рычажок Энгельмана, препаровальная доска, стимулятор, электроды, раствор Рингера, пипетка, вата. Объект исследования — лягушка.

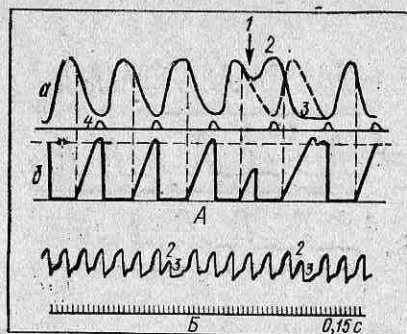


Рис. 30. Возбудимость сердечной мышцы и экстрасистола. А — схема, поясняющая механизм возникновения экстрасистолы и компенсаторной паузы; Б — кривая сокращения сердца лягушки при экстрасистоле:

а — кривая сокращения сердца, б — кривая фазовых изменений возбудимости; 1 — искусственное раздражение, наносимое в относительную рефрактерную фазу, 2 — экстрасистола, 3 — компенсаторная пауза, 4 — импульсы, исходящие из синусового узла

Проведение работы. Обездвиживают лягушку и подготавливают ее для кардиографии. С помощью тонкой гибкой проволоки присоединяют одну из клемм стимулятора к серфину, вторую клемму соединяют проводом с плоским электродом, подложенным под лягушку. Записывают исходные сокращения сердца. Подбирают оптимальное для электростимуляции напряжение тока. Во время записи сокращений сердца наносят одиночные раздражения в следующие фазы сердечного цикла: в начале и в середине сокращения желудочка, на высоте сокращения желудочка, в середине его расслабления и в период диастолы. Устанавливают на стимуляторе режим «ритмическое раздражение» и регистрируют сокращения сердца при разной частоте его стимуляции.

Результаты работы и их оформление. В протоколе опыта нарисуйте схему установки. Полученные кардиограммы вырежьте и вклейте в протокол. Отметьте на кардиограмме моменты нанесения раздражения, экстрасистолы, компенсаторные паузы и реакции сердца на частые ритмические раздражения. На основании анализа полученной кардиограммы объясните, почему в ответ на одни раздражения экстрасистола не возникает, а на другие — возникает и сопровождается компенсаторной паузой.

РАБОТА 5. ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ

Электрокардиография — метод регистрации электрических явлений, возникающих в сердце во время сердечного цикла. Электрический потенциал, генерируемый сердечной мышцей, можно зарегистрировать на поверхности тела.

Электрокардиограмма (ЭКГ) обычно состоит из трех направленных вверх положительных зубцов Р, R и T и двух направленных вниз отрицательных зубцов Q и S (рис. 31). Зубец Р — предсердный комплекс ЭКГ; он является алгебраической суммой потенциалов, возникающих в правом и левом предсердиях при их возбуждении, причем потенциалы правого предсердия положительные, левого — отрицательны. QRST — желудочковые потенциалы, они отражают процессы возбуждения желудочков.

Продолжительность и амплитуда отдельных зубцов, интервалов и комплексов ЭКГ характеризуют два основных физиологи-

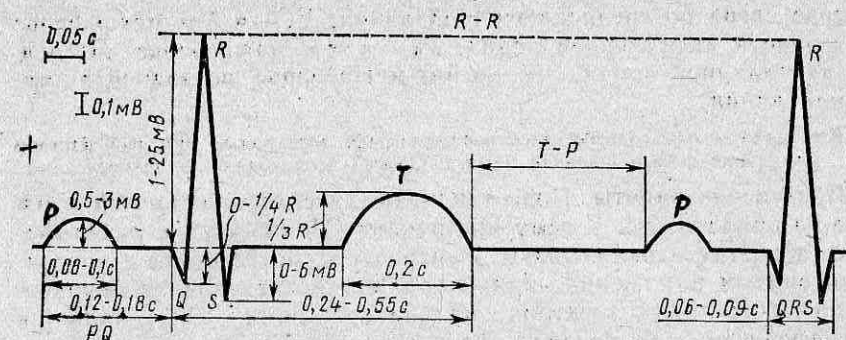


Рис. 31. Схема электрокардиограммы (пояснение в тексте)

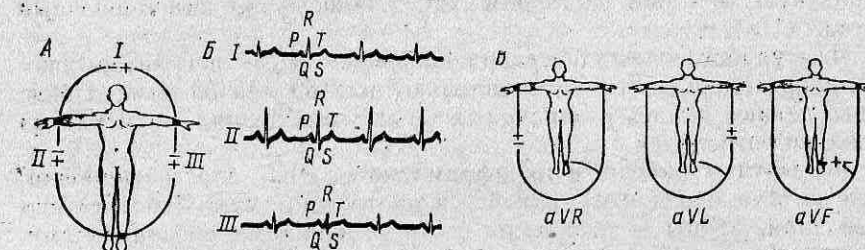


Рис. 32. Схема отведений при электрокардиографии и характер полученных при этом кривых. А — стандартные отведения; Б — запись ЭКГ в 3 стандартных отведениях; В — усиленные однополюсные отведения по Вильсону

ческих свойства сердца: возбудимость и проводимость. При электрокардиографии используется метод как биполярных, так и униполярных отведений.

Наиболее распространены следующие отведения:

1. Три стандартных биполярных отведения, при которых регистрируется разность потенциалов между конечностями — от правой и левой руки (I отведение), правой и левой ноги (II отведение), левой руки и левой ноги (III отведение) (рис. 32, А).

2. Три униполярных отведения от конечностей. При этих отведениях регистрируется разность потенциалов между одной из конечностей, на которой находится активный электрод, и индифферентным электродом. ЭКГ, отводимая от правой руки, обозначается буквами aVR , от левой — aVL , от левой ноги — aVF (рис. 32, Б).

3. Семь униполярных околосердечных отведений, при которых регистрируется разность потенциалов между определенными точками на грудной клетке и нулевым потенциалом.

Обычно для грудных отведений активный электрод помещают в точки, обозначаемых буквами: V_1 — 1 см от края грудины в 4-м межреберье справа; V_2 — 1 см от края грудины в 4-м межреберье слева; V_3 — посередине между V_2 и V_4 ; V_4 — в 5-м меж-

реберье слева по среднеключичной линии; V_5 — в 5-м межреберье по передней аксиллярной линии; V_6 — в 5-м межреберье по средней аксиллярной линии; V_7 — в 5-м межреберье по задней аксиллярной линии.

Для работы необходимы: электрокардиограф, электроды, 10%-ный раствор NaCl, марля или фильтровальная бумага. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Подготавливают электрокардиограф к работе по прилагаемой к нему инструкции. Испытуемого укладывают на кушетку. Накладывают электроды в соответствии с описанными видами наложения при биполярных отведениях и одновременно укрепляют электрод на правой ноге. Он является индифферентным и предназначен для заземления испытуемого. Чтобы обеспечить хороший электрический контакт, между электродами и кожей помещают марлю или фильтровальную бумагу, смоченную 10%-ным раствором NaCl. Записывают калибровочный сигнал (1 мВ = 1 см).

Для удобства и точности расшифровки ЭКГ регулятор скорости протяжки ленты устанавливают на 100 или 50 мм/с. После этого делают запись в описанных выше отведениях, отмечая на ленте вид отведения.

Результаты работы и их оформление. ЭКГ, зарегистрированную во всех отведениях, вклейте в протокол опыта. Отметьте вид отведений, зубцы и интервалы соответствующими обозначениями. Определите по ЭКГ положение электрической оси сердца, продолжительность сердечного цикла и частоту сердечных сокращений. Опишите форму и амплитуду зубцов: P , Q , R , S и T . Измерьте интервалы $P-Q$, QRS , QT . На основании проведенного анализа ЭКГ охарактеризуйте функциональное состояние сердца испытуемого и отклонения, если они имеются. (Типичную ЭКГ см. на рис. 32, Б.)

РАБОТА 6. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЕРДЦА ПО ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ

При скрытых поражениях сердца и нарушениях периферического кровообращения физическая нагрузка усиливает или провоцирует появление на ЭКГ изменений, которые выявляются при сравнении ЭКГ, снятой в покое и после нагрузки.

При хорошем функциональном состоянии сердца ЭКГ после пробы характеризуется незначительными изменениями: 1) на 50—60% по сравнению с исходной увеличивается частота сердечных сокращений и сохраняется синусовый ритм; 2) положение электрической оси не изменяется или несколько смещается вправо, изредка влево; 3) интервал $P-Q$ не изменяется или незначительно укорачивается; 4) длительность комплекса QRS не изменяется или укорачивается незначительно; 5) сегмент $S-T$ остается на уровне изоэлектрической линии или смещается книзу не более чем на 0,5 мм; 6) наблюдается уплощение зубца P в I отведении и увеличение его во II отведении не более чем до 3 мм; 7) несколь-

ко увеличивается амплитуда зубца T во II, III и V_2 -отведениях; 8) зубцы Q и S существенно не изменяются или слегка углубляются в I, V_4 - и V_6 -отведениях; 9) восстановление всех исходных показателей заканчивается на 5-й мин отдыха. Проба может быть также использована для оценки генеза удлинения $P-Q$, атрио-вентрикулярного ритма, экстрасистолической аритмии и других нарушений ритма. Иногда удлинение $P-Q$ является следствием повышения тонуса блуждающего нерва. В этом случае после нагрузки длительность $P-Q$ нормализуется. Удлинение $P-Q$ после физической нагрузки указывает на органическую природу удлинения предсердно-желудочковой проводимости.

Для работы необходимы: электрокардиограф, электроды, 10%-ный раствор NaCl, марля или фильтровальная бумага. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Для сравнения результатов исследования в динамике используют одну из общепринятых функциональных проб, которую выбирают в зависимости от состояния испытуемого.

Наибольшее распространение имеют следующие пробы: 1) 20 приседаний; 2) 10—20-кратное вставание на платформу высотой в 50 см; 3) быстрый 15 или 20-секундный бег на месте.

Для проведения указанных проб необходимо в состоянии покоя при обычном дыхании зарегистрировать ЭКГ в стандартных отведениях и в отведениях V_2 , V_4 , V_6 . Затем записывают ЭКГ непосредственно после дозированной нагрузки, на 3-й и 6-й мин восстановительного периода.

Результаты работы и их оформление. Электрокардиограммы, зарегистрированные до и после функциональной пробы, вклейте в протокол опыта, обозначьте зубцы и интервалы. Измерьте зубцы и интервалы ЭКГ и сделайте их сравнительный анализ. По полученным данным сделайте вывод об изменениях в ЭКГ, возникших в результате функциональной пробы, и о динамике их восстановления.

РАБОТА 7. ТЕЛЕЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ

Дистанционное наблюдение за функцией сердца используют для постоянного контроля за тяжелоатлетами, для изучения реакции на физические нагрузки в спорте, для контроля за оператором (летчики, космонавты). Этот метод позволяет также вести наблюдение за физиологическими функциями человека и животных, находящихся в естественных условиях, в период разнообразной деятельности. Принцип телеэлектрокардиографии состоит в том, что биоэлектрические потенциалы сердца усиливаются до 100—200 мВ портативным усилителем, укрепленным на испытуемом, модулируются по частоте и амплитуде и излучаются передающей антенной. Устройство, настроенное на частоту передающей антенны, принимает сигналы, выделяет нужную частоту (13 Гц), усиливает сигналы и подает их на гальванометр. Показания гальванометра регистрируются на движущейся бумаге (рис. 33).

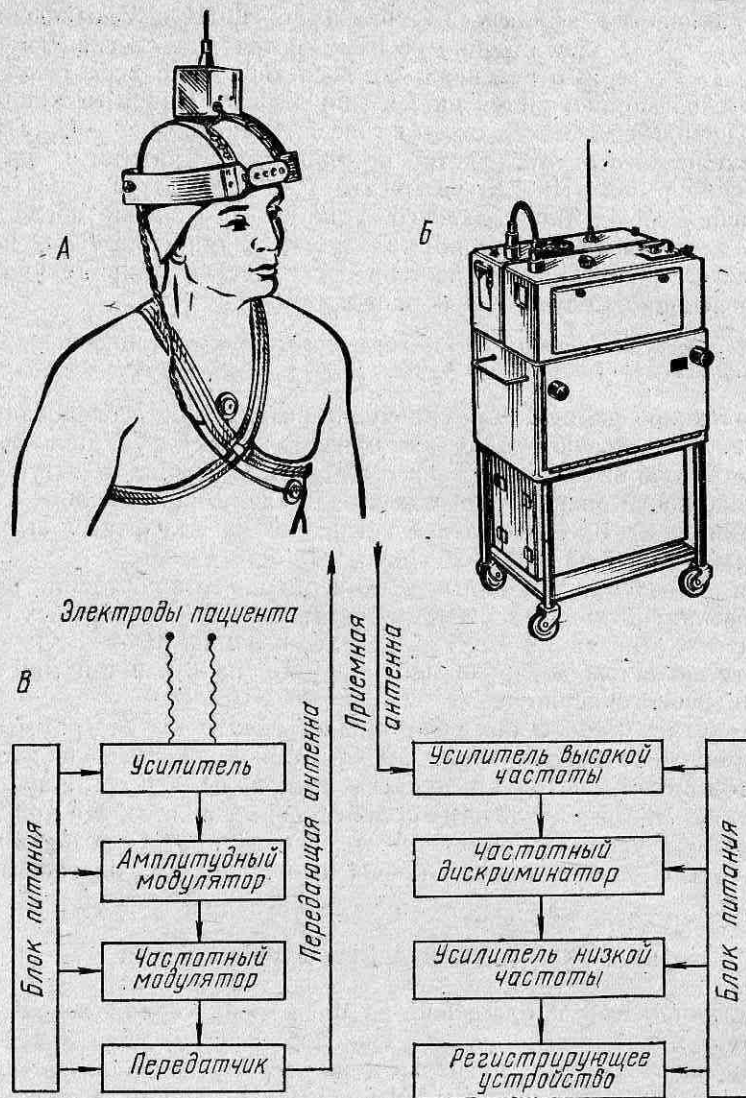


Рис. 33. Телеэлектрокардиография. А — передающее устройство; Б — приемо-регистрирующее устройство; В — блок-схема телеэлектрокардиографа

Для работы необходимы: телеэлектрокардиограф типа ТЭК-1 или другой марки, электрокардиографическая паста, клеол или лейкопластырь. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Подготавливают аппаратуру к работе, руководствуясь прилагаемым к прибору описанием. Укрепляют

передающее устройство на испытуемом. Для качественной записи телеэлектрокардиограммы (теле-ЭКГ) используют двухполюсные грудные отведения. Для этого один электрод укрепляют на грудной клетке испытуемого в области верхушки сердца, другой — в области основания сердца. Места наложения электродов и сами электроды протирают эфиром и смазывают электрокардиографической пастой. Электроды на грудную клетку испытуемого наклеивают клеолом или лейкопластырем. Проверяют настройку принимающего устройства и приступают к регистрации теле-ЭКГ в покое и при физической нагрузке (бег, приседания и т. д.).

Результаты работы и их оформление. Теле-ЭКГ, зарегистрированную в покое и при физической нагрузке в условиях свободного передвижения испытуемого, вклейте в протокол опыта. Обозначьте зубцы и интервалы, отметьте артефакты, которые нередко могут наблюдаться в теле-ЭКГ. Проведите анализ особенностей изменения теле-ЭКГ при различных состояниях в условиях свободного перемещения испытуемого. По полученным данным сделайте выводы о преимуществах и недостатках теле-ЭКГ.

РАБОТА 8. ФОНОКАРДИОГРАФИЯ

Деятельность сердца сопровождается звуковыми явлениями, которые называются *тонами сердца*. Первый тон почти совпадает с зубцом R ЭКГ (рис. 34).

Он возникает в результате колебания атриовентрикулярных клапанов, натяжения и вибрации сухожильных нитей и напряжения мышцы желудочков. Второй тон возникает при захлопывании створок полулунных клапанов и почти совпадает с зубцом T ЭКГ. У здорового человека тоны и паузы сердца при 75 сокращениях в мин имеют следующую продолжительность: первый тон — 0,11 с; первая пауза — 0,2 с; второй тон — 0,07 с; вторая пауза — 0,42 с.

Фонокардиография позволяет исследовать звуки сердца, подвергать их количественному и качественному анализу и объективно фиксировать их изменения (появление дополнительных шумов, звуков и т. п.).

Важное значение имеет интервал от начала желудочкового комплекса ЭКГ до начала первого тона (в норме он равен 0,06 с), поэтому в клиническом исследовании обычно фонокардиограмма (ФКГ) регистрируется одновременно с ЭКГ.

Для работы необходимы: фонокардиографическая приставка, специальный микрофон (рис. 35), электрокардиограф или один из видов электрофонокардиографов. Объект исследования — человек.

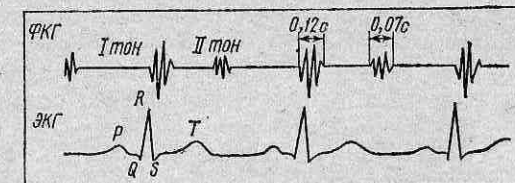


Рис. 34. Фонокардиография. Схема ФКГ и ЭКГ (пояснение в тексте)

Для работы необходимы: фонокардиографическая приставка, специальный микрофон (рис. 35), электрокардиограф или один из видов электрофонокардиографов. Объект исследования — человек.

Звуковые явления, возникающие в сердце человека, с помощью микрофона и фонокардиографической приставки преобразуются в электрические колебания, которые регистрируются электрокардиографом.

Проведение работы. Для одновременной регистрации ФКГ и ЭКГ пользуются двухканальным электрокардиографом и фонокардиографом.

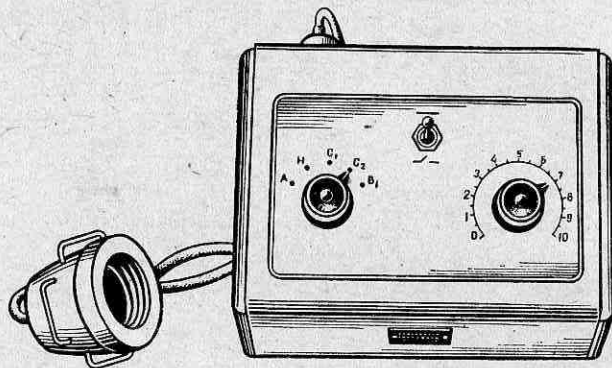


Рис. 35. Фонокардиографическая приставка и микрофон для записи ФКГ

диографической приставкой в соответствии с приложенной к приборам инструкцией по эксплуатации.

Укрепляют резиновой лентой микрофон над областью сердца испытуемого и накладывают электроды для регистрации ЭКГ во II стандартном отведении. Производят запись ФКГ и ЭКГ при скорости движения лентопротяжного механизма электрокардиографа 50 мм/с.

Результаты работы и их оформление. ФКГ и ЭКГ вклейте в протокол опыта. Отметьте I и II тоны на фонограмме и зубцы на ЭКГ соответствующими обозначениями. Определите продолжительность I тона и I паузы, II тона и II паузы сердца. На основании полученных данных сделайте выводы о продолжительности I и II тонов сердца и наличии дополнительных звуковых явлений.

РАБОТА 9. БАЛЛИСТОКАРДИОГРАФИЯ

Баллистокардиография — регистрация слабых смещений тела человека, обусловленных сердечными сокращениями и движением крови в крупных сосудах. Этот метод позволяет оценивать сократительную функцию миокарда. Различают три группы волн баллистокардиограммы (БКГ): пресистолические, систолические и диастолические (рис. 36). Пресистолические волны непостоянны. Предполагают, что они связаны с систолой предсердий. Систолические волны обозначают буквами *H*, *I*, *J* и *K*. Появление волны *H* связано с перемещением атриовентрикулярной перегородки вверх в изометрической фазе систолы желудочков. Волна *I* являет-

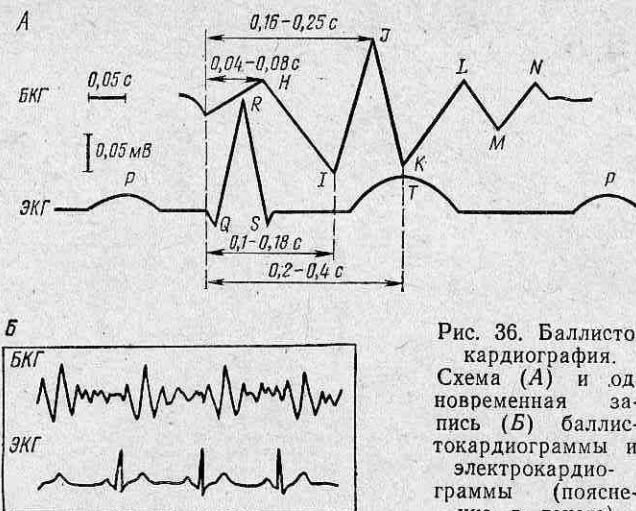


Рис. 36. Баллистокардиография. Схема (А) и одновременная запись (Б) баллистокардиограммы и электрокардиограммы (пояснение в тексте)

ся результатом «отдачи» при изгнании крови из желудочков сердца. Волна *J* соответствует моменту удара крови о дугу аорты и бифуркацию легочной артерии. Волна *K* связана с замедлением кровотока в нисходящей аорте под влиянием периферического сосудистого сопротивления. Диастолические волны обозначают буквами *L*, *M*, *N*, *O*. Происхождение их изучено недостаточно. При анализе БКГ следует иметь в виду, что прямая зависимость между силой сердечных сокращений и элементами БКГ не всегда четко выражена. В клинической практике обычно проводят качественный анализ БКГ, который состоит в изучении БКГ в целом или отдельных ее комплексов и зубцов. Количественный анализ БКГ сводится к сравнению амплитудных и временных характеристик комплексов или определению каких-либо специальных эмпирически установленных показателей, имеющих клиническое значение. Одной из характеристик нормальной БКГ является отсутствие допустимых изменений в ней при вдохе и выдохе (амплитуды волн достаточные, нормальное соотношение высоты и продолжительности сегментов и т. д.), т. е. отсутствие заметных дыхательных вариаций.

Для работы необходимы: баллистокардиографическая приставка, электрокардиограф, кушетка или специальный металлический стол. Объект исследования — человек.

Баллистокардиографическая приставка состоит из магнита и индукционной катушки (рис. 37, А). Магнит, укрепленный на голени испытуемого и вставленный внутрь катушки, при малейших колебаниях тела создает в обмотке катушки электродвижущую силу, регистрация которой отражает характер смещения (колебания) тела испытуемого.

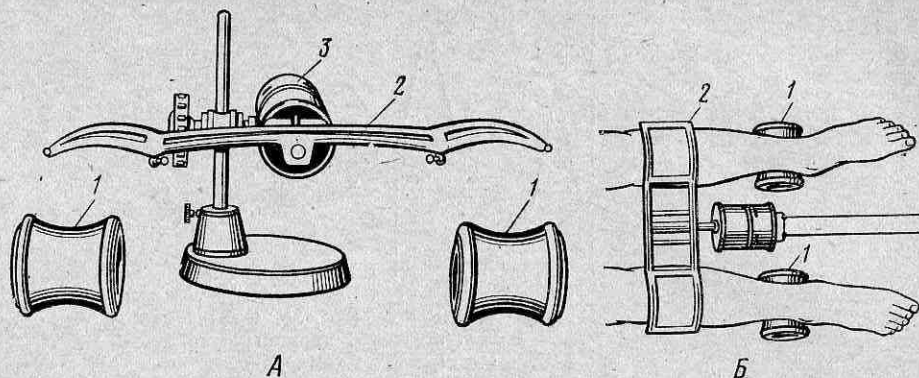


Рис. 37. Баллистокardiографическая приставка. А — схема приставки; Б — схема расположения катков и планки с магнитом:
1 — катки, 2 — планка с магнитом, 3 — индукционная катушка

Проведение работы. Испытуемого укладывают на твердую кушетку. Устанавливают под нижние трети голеней специальные катки (рис. 37, Б). В области верхней трети голени укрепляют планку с магнитом. Устанавливают положение индукционной катушки так, чтобы магнит входил в центр канала катушки и не касался его краев. При подключении баллистокardiографической приставки к двухканальному электрокардиографу можно одновременно зарегистрировать БКГ и ЭКГ во II стандартном отведении, руководствуясь прилагаемыми к приборам описаниями.

Результаты работы и их оформление. Синхронно зарегистрированные БКГ и ЭКГ вклейте в протокол опыта. (Типичную БКГ и ЭКГ см. на рис. 36). Отметьте колебания на БКГ и зубцы на ЭКГ соответствующими обозначениями. Проведите сравнительный анализ изменений БКГ, зарегистрированных при вдохе и выдохе. Используя данные сравнительного анализа изменений волн БКГ при вдохе и выдохе, сделайте выводы о характере этих изменений и возможном их механизме.

РАБОТА 10. НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА

Деятельность сердца постоянно приспособляется к изменениям внешней и внутренней среды. Импульсы, регистрирующие деятельность сердца, поступают к нему по симпатическим и парасимпатическим нервам. Тонус нервных центров, от которых отходят сердечные нервы, поддерживается импульсами, непрерывно поступающими по афферентным волокнам от рецепторов самой сердечно-сосудистой системы, а также от различных рецепторных зон организма.

Задача 1. Влияние раздражения смешанного вагосимпатического нерва на деятельность сердца лягушки

Для работы необходимы: набор препаровальных инструментов, универсальный штатив, рычажок Энгельмана с чернильно-пишущим приспособлением, кимограф, электростимулятор, электроды, раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Обездвиживают лягушку путем разрушения головного и спинного мозга. Прикалывают ее к препаровальному столу брюшком вверх и обычным путем обнажают сердце (мето-

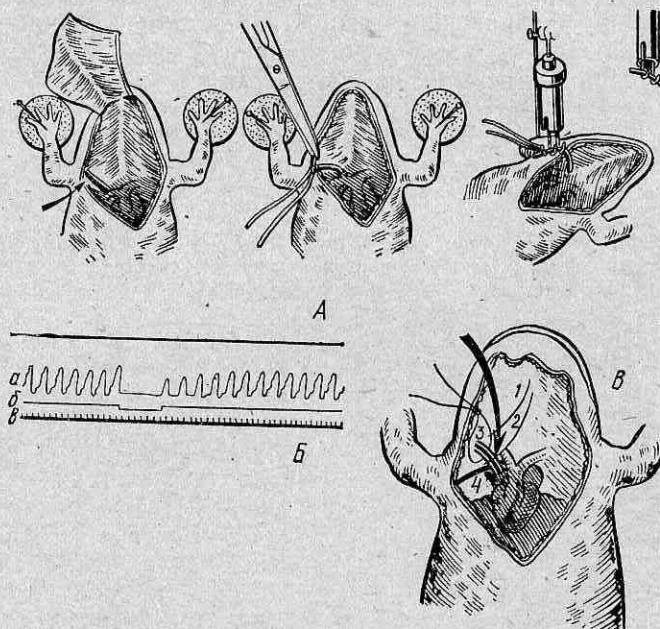


Рис. 38. Влияние раздражения вагосимпатического нерва на деятельность сердца лягушки. А — этапы препаровки вагосимпатического нервного ствола; Б — запись сокращений сердца; В — топография вагосимпатического нерва лягушки: а — кардиограмма, б — отметка раздражения n. vagus, г — отметка времени; 1 — n. glossopharyngeus, 2 — n. hypoglossus, 3 — вагосимпатический ствол, 4 — n. brachialis

дика описана в работе 1). Справа и слева ниже угла нижней челюсти отпрепаровывают сосудисто-нервный пучок, содержащий кровеносные сосуды и вагосимпатический нерв (на рис. 38 указан стрелкой). Препаровальной стеклянной иглой выделяют ствол вагосимпатического нерва, перевязывают его ниткой и перерезают как можно дальше от сердца. После этого на расположенный ближе к сердцу конец перерезанного нерва накладывают электроды, соединенные со стимулятором (рис. 38, А). Верхушку сердца присоединяют серфином к рычажку Энгельмана, писчик подводят к барабану кимографа. Устанавливают отметчик времени. Делают

исходную запись сокращений сердца, затем, раздражая вагосимпатический ствол в течение 5—10 с импульсами различной интенсивности, производят запись сокращений сердца одновременно с регистрацией времени.

Результаты работы и их оформление. Полученные записи вырежьте и вклейте в протокол опыта. Проведите анализ характера изменений кардиограммы при стимуляции электроимпульсами различной интенсивности, предварительно отметив на кардиограмме начало и конец раздражения нерва (типичную кривую см. на рис. 38, Б). Объясните, почему характер кардиограммы меняется в зависимости от интенсивности раздражения и почему иногда после прекращения раздражения можно наблюдать усиление деятельности сердца. Сделайте выводы о том, какой эффект вы наблюдали при стимуляции вагосимпатического нерва.

Задача 2. Влияние раздражения блуждающих и соматических нервов на деятельность сердца кошки

Для работы необходимы: электрокардиограф, электростимулятор, стимулирующие электроды для нервов, набор хирургических инструментов и материалов, шприц, 20%-ный раствор уретана. Объект исследования — кошка (кролик).

Проведение работы. Кошку наркотируют (внутрибрюшинно вводят 20%-ный раствор уретана из расчета 400 мг на 1 кг массы)

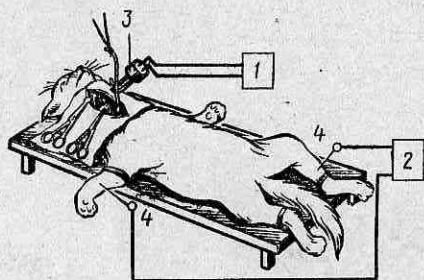


Рис. 39. Схема опыта для изучения влияния раздражения блуждающего нерва на деятельность сердца кошки: 1 — стимулятор, 2 — электрокардиограф, 3 — раздражающие электроды, 4 — электроды для электрокардиографии

и привязывают к операционному столу. Обнажают оба блуждающих нерва на шее и подводят под них лигатуру (рис. 39). Приподняв заднюю лапку и слегка согнув ее в колене, вдоль щели между двуглавой и полусухожильной мышцами бедра делают кожный разрез. Указанные мышцы раздвигают тупым путем. В глубине раны отпрепаровывают седалищный нерв, под который подводят две лигатуры, завязывают их и рассекают нерв между ними. Под центральный конец нерва подводят стимулирующие элект-

роды. Присоединяют посредством инъекционных игл электроды для электрокардиографии. Записывают ЭКГ, в процессе записи с помощью электростимулятора раздражают центральный конец седалищного нерва (током пороговой силы). Переносят стимулирующие электроды на один из блуждающих нервов и на фоне его стимуляции производят запись ЭКГ. Затем электроды переносят на второй блуждающий нерв и также на фоне его стимуляции

производят запись. После этого перерезают оба блуждающих нерва ниже электродов и повторяют запись ЭКГ до и после стимуляции седалищного нерва.

Результаты работы и их оформление. В протокол опыта вклейте полученные ЭКГ, на которых сделайте отметки моментов: а) стимуляции седалищного нерва, б) стимуляции правого блуждающего нерва, в) стимуляции левого блуждающего нерва, г) перерезки обоих блуждающих нервов, д) стимуляции седалищного нерва после перерезки обоих блуждающих нервов. Проанализируйте полученные ЭКГ, обратите внимание на их изменения при стимуляции правого и левого блуждающих нервов, седалищного нерва (до и после перерезки блуждающих нервов). Сделайте выводы о характере влияния парасимпатических и соматических нервов на деятельность сердца.

Задача 3. Влияние раздражения ядер блуждающего нерва на деятельность сердца (опыт И. М. Сеченова)

В предыдущей задаче было показано, что раздражение периферического конца блуждающего нерва электрическим током может вызвать замедление деятельности сердца вплоть до его остановки. Аналогичный результат наблюдал впервые И. М. Сеченов, раздражая ядра блуждающих нервов лягушки кристалликом поваренной соли.

Для работы необходимы: препаровальный набор, глазная пипетка, секундомер, кристаллическая поваренная соль, раствор Рингера, вата. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Одну браншу ножниц вставляют в рот лягушки и отсекают часть головы позади глаз. Фиксируют лягушку булавками на препаровальном столике спинкой вверх. Тонкими ножницами срезают дорзальную часть костей черепа, обнажают оставшуюся часть головного мозга (рис. 40) и покрывают ее ватой, смоченной раствором Рингера. Переворачивают лягушку, вскрывают грудную полость и обнажают сердце. Подсчитывают число сердечных сокращений. Снимают с мозга вату и вместо нее на ромбовидную ямку помещают кристалл поваренной соли. Прикрывают мозг сухой ватой, чтобы кристалл соли не выпал. Подсчитывают число сердечных сокращений. После получения отчетливого эффекта на сердце от раздражения ядер блуждающего нерва кристалл соли удаляют и промывают из пипетки поверхность мозга раствором Рингера. Подсчитывают число сердечных сокращений после отмывания мозга (каждую минуту до полного восстано-

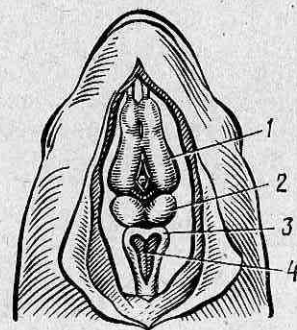


Рис. 40. Головной мозг лягушки: 1 — большие полушария мозга, 2 — зрительные бугры, 3 — мозжечок, 4 — ромбовидная ямка

ления исходного уровня частоты сердечных сокращений).

Результаты работы и их оформление. Нарисуйте в протоколе опыта схему строения мозга лягушки и укажите предполагаемое место нанесения раздражения с помощью кристалла соли. Составьте таблицу (график) изменения деятельности сердца до и после воздействия на область дна IV желудочка (ядро блуждающего нерва) кристаллом поваренной соли. Объясните механизм, обуславливающий изменения деятельности сердца при раздражении дна IV желудочка мозга. Сделайте вывод о предполагаемом влиянии на деятельность сердца ядер блуждающего нерва и структур, расположенных на уровне ствола мозга.

Задача 4. Экзогенные рефлексы на сердце

Раздражением различных рефлексогенных зон (рецепторов, афферентных волокон) можно вызвать рефлекторное замедление или учащение деятельности сердца.

Задача 4а. Опыт Гольца

Рефлекторное замедление деятельности сердца или даже его остановку можно вызвать механическим раздражением рецепторов и чувствительных волокон блуждающих нервов, расположенных в брюшной полости. В этом случае рефлекторная дуга будет состоять из афферентных волокон блуждающего нерва, нейронов продолговатого мозга и эфферентных волокон блуждающего нерва.

Для работы необходимы: препаровальный набор, металлический шпатель или пинцет. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. У лягушки удаляют часть головного мозга путем отсечения головы позади глаз, прикалывают ее за лапки брюшком вверх на препаровальном столике. Обычным способом обнажают сердце, подсчитывают количество сердечных сокращений. Затем шпателем или пинцетом наносят 2—3 удара по брюшной стенке лягушки и снова подсчитывают число сокращений сердца. При этом сердце будет сокращаться реже или остановится. Опыт следует повторить несколько раз.

Результаты работы и их оформление. Отметьте в протоколе опытов частоту сердечных сокращений до и после раздражения органов брюшной полости (по результатам нескольких опытов). Нарисуйте в тетради схему рефлекторной дуги наблюдаемого рефлекса. Объясните механизм возникновения рефлекса и сделайте выводы о его практической значимости.

Задача 4б. Опыт Данини-Ашнера

У человека при надавливании на глазные яблоки частота сердечных сокращений обычно замедляется. Это явление объясняется рефлекторным возбуждением ядер блуждающего нерва. Рефлекторная дуга этого рефлекса состоит из афферентных волокон глазодвигательного нерва, нейронов продолговатого мозга и блуждающих

нервов, которые при возбуждении оказывают тормозящее действие на сердце.

Для работы необходимы: секундомер, стерильные салфетки. Объект исследования — человек.

Проведение работы. У испытуемого определяют (по пульсу) частоту сердечных сокращений. Экспериментатор через стерильные марлевые салфетки большими пальцами рук в течение 10 с медленно надавливает на оба глаза (не сильно!). Сразу после надавливания на глазные яблоки вновь подсчитывают частоту сердечных сокращений. Обычно в этих условиях пульс становится реже в среднем на 10 ударов.

Результаты работы и их оформление. Отметьте в протоколе частоту пульса у испытуемого до и после надавливания на глазные яблоки. Нарисуйте схему рефлекторной дуги наблюдаемого рефлекса. Объясните механизм возникновения глазо-сердечного рефлекса и сделайте выводы о возможности его использования в лечебно-диагностических целях.

РАБОТА 11. ВЛИЯНИЕ ГОРМОНОВ И ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА РАБОТУ ИЗОЛИРОВАННОГО (ПО ШТРАУБУ) СЕРДЦА ЛЯГУШКИ

Деятельность сердца регулируется не только нервной системой, но и гуморально — различными веществами, находящимися в крови. Наиболее выраженным влиянием на деятельность сердца обладает адреналин. Его действие подобно тому, которое наблюдается при раздражении симпатической нервной системы. Существенное влияние на деятельность сердца оказывают и некоторые электролиты. Так, избыток ионов калия в крови угнетает сердечную деятельность, а при значительном их избытке сердце останавливается в диастоле. Избыток ионов кальция действует в противоположном направлении, т. е. вызывает положительный хронотропный, инотропный, дромотропный и батмотропный эффекты, но при значительном избытке кальция в крови сердце останавливается в систоле.

Для работы необходимы: набор препаровальных инструментов, универсальный штатив, рычажок Энгельмана с чернильно-пишущим приспособлением, кимограф, канюля Штрауба, лигатуры, раствор Рингера, 0,1%-ный раствор адреналина (в ампулах), 1%-ный раствор CaCl_2 , 1%-ный раствор KCl , пипетка. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Обездвиживают лягушку путем разрушения головного и спинного мозга. Прикалывают ее к дощечке брюшком вверх и обнажают сердце. Перевязывают обе дуги аорты (этапы операции представлены на рис. 41, 1—5). Делают из нитки небольшую петлю и накладывают ее на поверхность левого предсердия под левой дугой аорты 1. Захватив и приподняв пинцетом стенку предсердия в середине пространства, ограниченного петлей, надрезают предсердие тонкими ножницами 2. Через отверстие в предсердии продвигают конец канюли в желудочек 3. Затянув петлю, наложенную на предсердие, фиксируют сердце на канюле 4, 5.

После этого быстро заполняют канюлю раствором Рингера. При-

подняв канюлю, а вместе с ней и сердце, перерезают обе дуги аорты и затем вторым разрезом, проходящим ниже полых вен, вырезают сердце из тела лягушки (не повредите синус!). Чтобы сердце не соскользнуло, концы ниток обматывают вокруг канюли. В канюле меняют раствор до тех пор, пока он не станет прозрачным. Если

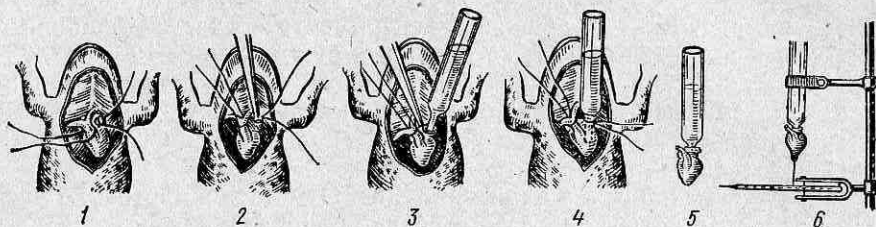


Рис. 41. Этапы приготовления «изолированного сердца лягушки» (пояснение в тексте)

сердце изолировано правильно, то при каждом сокращении желудочка раствор выбрасывается в канюлю, а во время диастолы поступает обратно в сердце, т. е. уровень жидкости в канюле колеблется синхронно с сокращениями сердца.

Канюлю укрепляют в штативе (рис. 41, 6). Верхушку сердца захватывают серфином, соединенным с рычажком Энгельмана. Записывают исходную кривую сокращений изолированного сердца, питаемого раствором Рингера. Затем исследуют влияние CaCl_2 на деятельность сердца. Для этого добавляют в канюлю к раствору Рингера несколько капель раствора CaCl_2 . Происходит усиление деятельности сердца, затем его остановка в систоле. Записав эффект, отмывают сердце раствором Рингера до восстановления исходного характера сокращений. Затем исследуют влияния KCl на сердце, для чего добавляют к раствору Рингера одну каплю раствора KCl . Деятельность сердца постепенно ослабевает, а затем оно останавливается к диастоле. Снова восстанавливают сокращения сердца, промывая его раствором Рингера. Добавляют пипеткой по каплям раствор адреналина и регистрируют изменения в работе сердца.

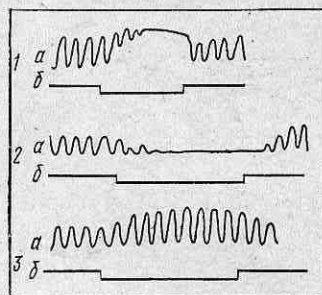


Рис. 42. Воздействие гуморальных агентов на работу изолированного сердца лягушки:

1 — влияние CaCl_2 , 2 — влияние KCl , 3 — влияние адреналина; а — кардиограмма, б — отметка введения в канюлю вещества

Результаты работы и их оформление. Вырежьте и вклейте в протокол опыта полученные кривые. Опишите характер изменения сердечных сокращений под действием CaCl_2 , KCl и адреналина (типичную кривую см. рис. 42). Объясните механизм, обус-

ловливающий изменение деятельности сердца при избытке ионов кальция и калия в омывающей жидкости. Обсудите, какое имеет значение адреналин в адаптации работы сердца к различным условиям внешней среды. Сделайте выводы о значении гомеостаза для поддержания нормальной деятельности сердца.

РАБОТА 12. ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА ПО ДАННЫМ СИНХРОННО ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ, ФОНОКАРДИОГРАММЫ И СФИГМОГРАММЫ СОННОЙ АРТЕРИИ

Одновременная регистрация различных физиологических процессов, связанных с деятельностью сердца, позволяет путем сравне-

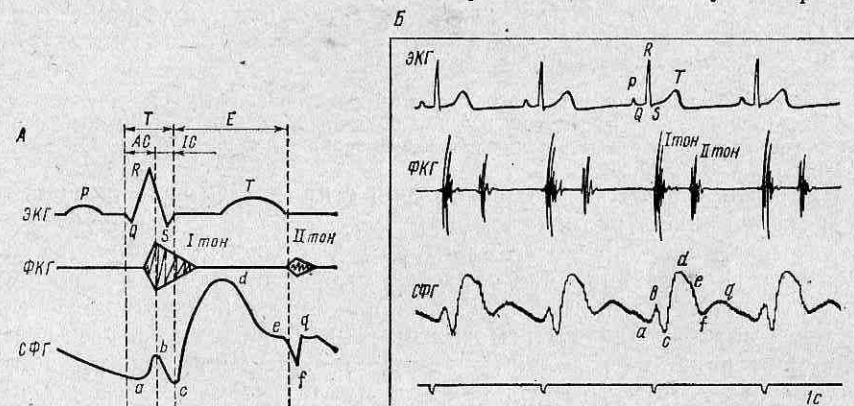


Рис. 43. Фазовый анализ деятельности сердца. Схема одновременной регистрации (А) и запись (Б) ЭКГ, ФКГ и СФГ (пояснение в тексте)

ния изучить происхождение отдельных элементов регистрируемых кривых. Наряду с этим с помощью оценки и сравнения продолжительности определенных интервалов полиграммы можно определить длительность основных фаз сердечного цикла и величину межфазовых промежутков.

Для фазового анализа сердечного цикла по полиграмме определяют длительность следующих интервалов (рис. 43, А): 1) $R-R$ (по ЭКГ); 2) $I-II$ тон (по ФКГ); 3) $c-e$ (по сфигмограмме, СФГ); 4) $e-f$ (по СФГ); 5) $Q-I$ тон (по ЭКГ и ФКГ).

С помощью этих данных можно рассчитать длительность некоторых фаз сердечного цикла и величину межфазовых показателей по нижеприведенным формулам:

1. Длительность сердечного цикла (C) = $R - R$.
2. Частота сердечных сокращений в минуту ($ЧСС$) = $60/C$.
3. Длительность фазы асинхронного сокращения (AC) = $Q-I$ тон (допустимые пределы колебаний длительности 0,04—0,07 с).
4. Длительность фазы изометрического сокращения (IC) = $(I-II \text{ тон}) - (c - e)$ (допустимые пределы колебаний 0,02—0,05 с).

5. Длительность периода напряжения $(T) = AC + IC$ (допустимые пределы колебаний 0,06—0,11 с).

6. Длительность периода изгнания $(E) = c - e$ (допустимые пределы колебаний 0,21—0,3 с).

7. Длительность механической систолы $(S_m) = IC + E$ (допустимые пределы колебаний 0,23—0,34 с).

8. Длительность общей систолы $(S_0) = T + E$ (допустимые пределы колебаний 0,24—0,35 с).

9. Длительность диастолы желудочков $D = C - S_0$ (допустимые пределы колебаний 0,35—0,7 с).

10. Длительность протодиастолы $(P) = e - f$ (допустимые пределы колебаний 0,02—0,05 с).

11. Время изгнания минутного объема $(ВИМО) = E \cdot ЧСС$ (допустимые пределы колебаний 15—21 с).

Для работы необходимы: многоканальный электрокардиограф, фонокардиографическая приставка, сфигмографическая приставка, электроды, 10%-ный раствор NaCl, марлевые салфетки. Объект исследования — человек.

Проведение работы. В соответствии с прилагаемой к приборам инструкцией подготавливают аппаратуру к работе. Испытуемому накладывают на конечности электроды для электрокардиографии (лучше во II отведении), над областью сердца укрепляют микрофон для фонокардиографии и в области проекции сонной артерии фиксируют датчик для сфигмографии (см. работу 6, гл. IV). Включают приборы и делают пробную запись. Для точности анализа фазовой структуры сердечного цикла необходимо на ЭКГ получить четкую запись зубца Q, на ФКГ отчетливое начало высокочастотных колебаний I тона (что достигается лучше при среднечастотных характеристиках) и на СФГ четкое прописывание ее высокочастотных компонентов — c, e, f . Запись полиграммы должна производиться при скорости движения лентопотяжного механизма 100 мм/с.

Результаты работы и их оформление. Полученную полиграмму вклейте в протокол опыта (типичную запись см. на рис. 43, Б). Сделайте обозначения зубцов и интервалов кривых. По формулам, описанным во вводной части работы, произведите расчет длительности фаз сердечного цикла. Обсудите преимущества синхронной записи различных показателей деятельности сердца перед отдельной их регистрацией.

ГЛАВА IV

ФИЗИОЛОГИЯ СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Методы исследования функций сосудистой системы многообразны и позволяют наглядно представить ее сложную координированную деятельность.

РАБОТА 1. ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ У ЧЕЛОВЕКА

Уровень артериального давления определяется рядом факторов, среди которых работа сердца и тонус сосудов являются основными. Артериальное давление колеблется в зависимости от фаз сердечного цикла. В период систолы оно повышается (систолическое, или максимальное, давление), в период диастолы — снижается (диастолическое, или минимальное, давление). Разность между величиной систолического и диастолического давления составляет пульсовое давление.

У здорового человека в возрасте от 20 до 40 лет уровень систолического давления при измерении в плечевой артерии колеблется в пределах 110—120 мм рт. ст., диастолического — 70—80 мм рт. ст., пульсовое давление составляет 30—40 мм рт. ст. Повышение артериального давления называется *гипертонией*, понижение — *гипотонией*.

В клинике широкое распространение получил метод определения артериального давления с помощью ртутного сфигмоманометра или мембранного тонометра. Существует два способа измерения артериального давления: аускультативный (метод Н.С. Короткова) и пальпаторный (метод Рива-Роччи).

Для работы необходимы: тонометр или сфигмоманометр, фонендоскоп. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Аускультативным методом Н. С. Короткова можно измерить как систолическое, так и диастолическое давление. Сидя на стуле, испытуемый кладет расслабленную руку на стол, на обнаженное плечо ему накладывают манжетку так, чтобы она плотно охватывала плечо, но не сдавливала ткани. Нижний край манжетки должен отстоять от локтевого сгиба не меньше чем на 1—1,5 см. В локтевой ямке находят пульсирующую плечевую артерию, на которую ставят фонендоскоп (рис. 44). Нагнетанием воздуха в манжетку в ней создают давление выше максимального, пульс исчезает. Поворачивают винтовой клапан и, выпуская воздух из манжетки, выслушивают сосудистые тоны в плечевой артерии. Момент появления тонов соответствует систолическому давлению. Продолжают снижать давление в манжетке и слушают нарастающую силу тонов, которые затем ослабевают и исчезают. Момент исчезновения тонов соответствует диастолическому, или минимальному, давлению. Не снимая манжетки, повторяют 2—3 раза измерения систолического и диастолического давлений.

Пальпаторный метод Рива-Роччи позволяет определить только максимальное давление. Исследование проводится также с помощью манжетки, накладываемой на плечо. В манжетке создается давление, превышающее уровень максимального давления в лучевой артерии. При этом пульсация ее прекращается. Снижая давление в манжетке, отмечают показания манометра в момент появления пульса. Эти показания соответствуют максимальному (систолическому) давлению в лучевой артерии.

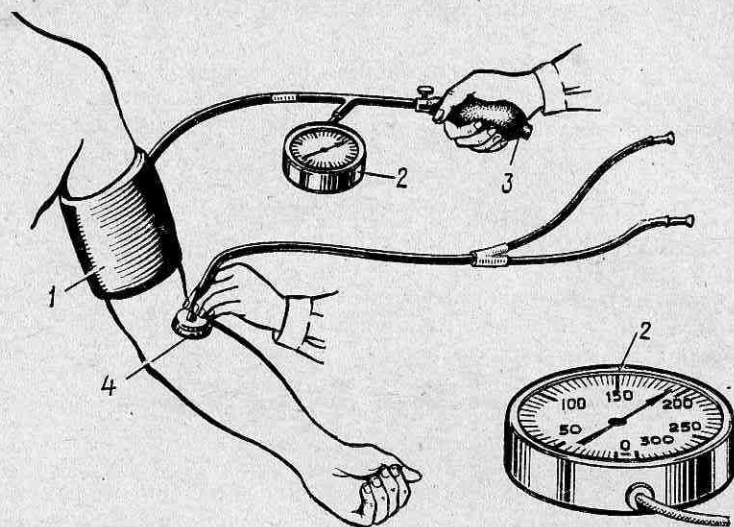


Рис. 44. Измерение кровяного давления у человека по способу Короткова:

1 — резиновая манжетка, 2 — тонометр, 3 — груша, 4 — фонендоскоп

Результаты работы и их оформление. Сравните показатели максимального давления, полученные в результате его измерения методами Рива-Роччи и Короткова. Зная систолическое давление и диастолическое давление, вычислите пульсовое. Сравните полученный вами уровень артериального давления с нормой.

РАБОТА 2. ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ У ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ТОНОМЕТРА

Для непрерывного и длительного измерения артериального давления во время операций, в послеоперационный период интенсивного наблюдения, при изучении влияния на сердечно-сосудистую систему физической нагрузки и лекарственных препаратов используют автоматический тонометр (например, марки АVM-2/А).

Для работы необходимы: автоматический тонометр, велоэргометр. Объект исследования — человек.

Работа автоматического тонометра основана на принципе измерения артериального давления по способу Рива-Роччи — Короткова.

Прибор может работать в двух режимах: одноразового измерения артериального давления и многократного (автоматически повторяющегося через 2,5; 5; 10 и 20 мин).

При установке прибора для одноразового измерения артериального давления в манжетку, наложенную на плечо испытуемого, компрессор нагнетает воздух до появления тонов Короткова. Этот момент отмечается прибором как уровень минимального, диастолического давления. Одновременно прекращается нагнетание

воздуха в манжетку для того, чтобы прибор по частоте пульса отдифференцировал тон Короткова от случайных звуковых помех. Затем давление в манжетке вновь автоматически увеличивается до момента прекращения тонов Короткова и регистрируется величина максимального, систолического давления. После этого компрессор автоматически выключается и воздух выпускается из манжетки. Измеренные значения диастолического и систолического давления сохраняются на шкале прибора до следующего измерения.

При установке прибора для многократного измерения артериального давления описанный процесс автоматически повторяется через заданные промежутки времени.

Проведение работы. Манжетку с датчиком-микрофоном укрепляют на правом плече испытуемого так, чтобы датчик находился на 5—7 см выше локтевой ямки над пульсирующей плечевой артерией. Включают прибор.

После измерения систолического и диастолического давления в спокойном состоянии, не снимая манжетки, предлагают испытуемому нагрузку на велоэргометре величиной в 60 Вт в течение 3 мин. Измеряют артериальное давление сразу после физической нагрузки и еще два-три раза в течение 3—5 мин.

Результаты работы и их оформление. Измерив величину систолического и диастолического давления в спокойном состоянии, вычислите пульсовое давление. Отметьте, как изменился уровень систолического, диастолического и пульсового давления после физической нагрузки и за какое время произошло восстановление исследуемых показателей до исходных значений. По полученным результатам дайте оценку состояния сердечно-сосудистой системы испытуемого.

РАБОТА 3. ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В ОСТРОМ ОПЫТЕ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ДАВЛЕНИЯ

Помимо непрямого «бескровного» метода измерения кровяного давления, применяемого преимущественно на человеке, существует также прямой «кровеный» метод, который используется в опытах на животных.

На кривой записи давления в остром эксперименте различают волны трех порядков. Волны первого порядка, или пульсовые, отражают колебания давления в результате деятельности сердца. Волны второго порядка, или дыхательные, связаны с увеличением притока крови в системе малого круга кровообращения во время вдоха и уменьшением давления в большом круге. Во время выдоха происходят обратные явления. Волны третьего порядка могут возникать при недостаточном кровоснабжении сосудодвигательного центра и изменениях его возбудимости.

Для работы необходимы: электронный измеритель давления с датчиком для регистрации кровяного давления, осциллограф, электрокардиограф, станок для фиксации животного, набор хирургических инструментов и материалов, шприцы на 20 и 5 мл, артериальная канюля, зажим Дифенбаха, лигатуры, 5%-ный

раствор цитрата Na, гепарин, 20%-ный раствор уретана. Объект исследования — кролик или кошка.

Проведение работы. Коммутируют установку, в состав которой входят электронный измеритель давления, осциллограф и чернильно-пишущий регистратор (можно использовать электрокардиограф, лучше с замедленной протяжкой бумажной ленты). В различных типах электронных измерителей давления применяются емкостные или тензометрические датчики. Установка включается в сеть и прогревается.

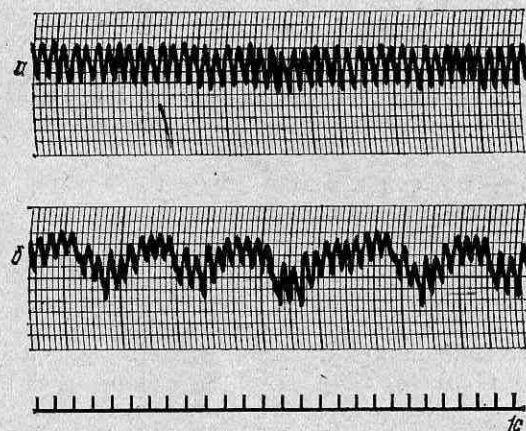


Рис. 45. Запись кровяного давления у кролика с помощью электронного измерителя давления ЭИД-1:

а — волны I порядка — пульсовые, б — волны II порядка — дыхательные

На кошке, то ей вводят внутривенно 10 мл 20%-ного раствора уретана. Укрепляют животное в станке в положении на спине. Шерсть в области шеи выстригают. Скальпелем разрезают кожу по средней линии шеи. С одной стороны от трахеи находят сонную артерию, отпрепаровывают и подводят под нее две лигатуры. Перевязывают артерию ближе к голове и накладывают на нее артериальный зажим ближе к сердцу. Приподнимают артерию за лигатуру, делают на ней небольшой надрез острыми ножницами, вводят канюлю, заполненную гепарином. Соединяют канюлю с датчиком электронного измерителя давления. Проверяют работу установки, при необходимости дополнительно производят регулировку режимов ее работы и производят регистрацию артериального давления. За артериальным давлением наблюдают по стрелочному индикатору электронного измерителя давления (у некоторых типов приборов по цифровому), а также на экране катодного осциллографа, и записывают чернильно-пишущим регистратором.

Результаты работы и их оформление. Запишите абсолютные

цифры максимального, среднего и минимального давления крови. Вклейте в тетрадь отрезок кривой давления, указав зарегистрированные в данном эксперименте волны (типичную кривую см. на рис. 45). Объясните, какие механизмы лежат в основе происхождения каждого типа волн.

РАБОТА 4. НАБЛЮДЕНИЕ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ПЛАВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕПОНКЕ ЛЯГУШКИ

Для работы необходимы: микроскоп с окуляр-микрометром, секундомер, дощечка с отверстиями для фиксации лягушки, булавки, миорелаксант (0,1%-ный раствор дитилина), раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

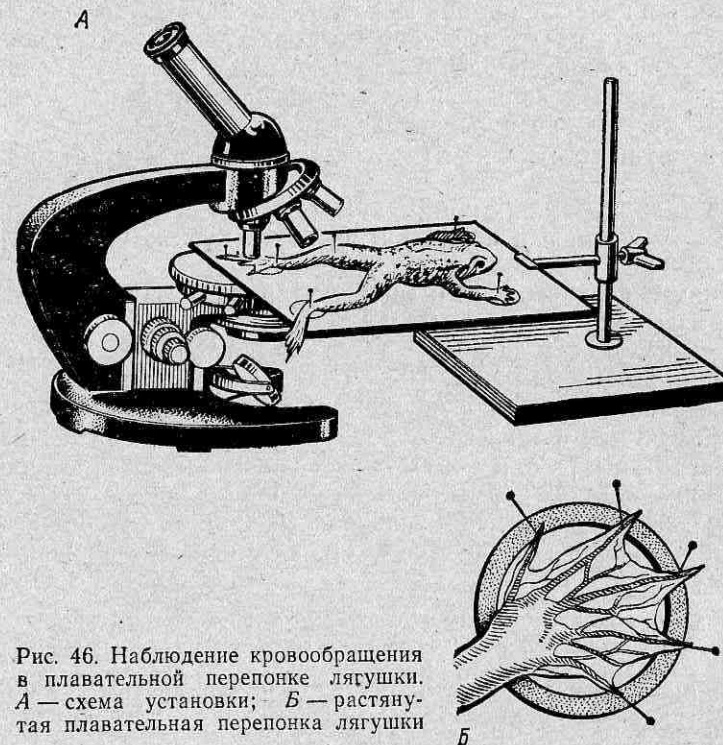


Рис. 46. Наблюдение кровообращения в плавательной перепонке лягушки. А — схема установки; Б — растянутая плавательная перепонка лягушки

Проведение работы. Обездвиживают лягушку подкожным введением 0,5—1,0 мл 0,1%-ного раствора дитилина, прикалывают ее спинкой вверх к пробковой дощечке с отверстиями (рис. 46). Над отверстием дощечки осторожно растягивают плавательную перепонку задней конечности. Во время эксперимента лягушку смачивают водой, а ее плавательную перепонку — раствором Рингера.

Вначале сосуды плавательной перепонки рассматривают при малом увеличении микроскопа и отмечают различную скорость и направление движения крови в артериолах и венах; находят артериовенозные анастомозы. Затем при большом увеличении рас-

смаатривают капилляры плавательной перепонки, отмечая замедленное движение форменных элементов крови. Заменяют обычный окуляр микроскопа на окуляр-микрометр. С его помощью измеряют длину и диаметр просматриваемого в поле зрения капилляра. Зафиксировав визуально один эритроцит, проходящий через просвет данного капилляра, с помощью секундомера определяют время прохождения им измеренного участка капилляра, т. е. линейную скорость кровотока в капилляре.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте в тетради картину сосудистого русла, наблюдаемую под микроскопом, отметив стрелками направление кровотока. Укажите, какие типы сосудов находились в поле зрения при малом и большом увеличении микроскопа. Отметьте различную скорость кровотока в артериолах, венах и капиллярах. Подсчитайте линейную скорость кровотока на данном участке капилляра. Отметив различное направление и скорость течения крови в рассматриваемых сосудах, сделайте заключение о типе сосуда.

РАБОТА 5. ДЛИТЕЛЬНАЯ НЕПРЕРЫВНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ЧАСТОТЫ ПУЛЬСА С ПОМОЩЬЮ ПУЛЬСОТАХОМЕТРА

Ритмические колебания стенки артерии, связанные с работой сердца, называются *артериальным пульсом*.

Частота пульса у здорового человека средних лет в спокойном состоянии колеблется между 70—80 ударами в мин. Она может меняться в зависимости от функционального состояния сердечно-сосудистой системы и зависит от пола, возраста, физической нагрузки, температуры тела и окружающей среды. Урежение частоты пульса ниже средней нормы называется *брадикардией*, учащение — *тахикардией*. В клинических условиях (операции, функциональные пробы и т. д.) иногда требуется длительное непрерывное измерение частоты пульса.

Для работы необходимы: пульсотохметр с фотоэлектрическим датчиком, электрокардиограф. Объект исследования — человек.

Принцип работы пульсотохметра основан на том, что с каждым поступлением порции крови в исследуемый орган во время систолы количество света, проходящего через данный орган, уменьшается, и это приводит к колебаниям фототока в фотоэлектрическом датчике. Пальцевой датчик состоит из осветительной лампочки и фотосопротивления, между которыми помещают палец испытуемого.

Некоторые типы пульсотохметров имеют выходное устройство, позволяющее соединять его с регистратором (например, с электрокардиографом). Это дает возможность не только визуально наблюдать колебания частоты пульса по стрелочному индикатору пульсотохметра, но и непрерывно регистрировать показания прибора.

Проведение работы. Заземленный пульсотохметр включают в сеть и прогревают в течение 3 мин. Устанавливают на нем необхо-

димое усиление, шкалу пределов измерения пульса и производят балансировку.

Рука испытуемого лежит неподвижно на столе ниже уровня сердца. Пальцевой датчик укрепляют на ногтевой фаланге испытуемого так, чтобы ноготь был обращен к лампочке, а подушечка пальца — к фотосопротивлению. Производят измерение частоты пульса в спокойном состоянии испытуемого. Просят испытуемого сделать глубокий вдох и выдох, отмечая при этом изменения частоты пульса во время вдоха и выдоха. Далее испытуемый делает 20 приседаний с вытянутыми руками в течение 30 с. Измеряют частоту пульса сразу после физической нагрузки и каждые 30 с после нее в течение 3—5 мин.

Результаты работы и их оформление. Подсчитайте частоту пульса в спокойном состоянии. Сравните полученные показатели с частотой пульса во время глубокого вдоха и глубокого выдоха. Сравните частоту пульса в спокойном состоянии и после физической нагрузки. Отметьте время восстановления частоты пульса после физической нагрузки. На небольшом отрезке записанной кривой обозначьте, какой фазе сердечного цикла соответствует подъем пульсовой кривой, а какой — ее спуск.

РАБОТА 6. ЗАПИСЬ ПУЛЬСА НА СОННОЙ АРТЕРИИ (СФИГМОГРАФИЯ)

Регистрация артериального пульса, или сфигмография, дает представление о форме пульсовой волны, создаваемой деятельностью сердца. Различают СФГ центрального пульса, т. е. запись пульсации сосудов, расположенных близко к сердцу (аорта, сонная артерия и т. д.) и периферического пульса (лучевая и бедренная артерии).

На кривой артериального пульса различают крутой подъем — *анакроту*, зависящую от систолического объема крови, величины артериального давления и сопротивления сосудистой стенки. В конце систолы желудочков на кривой пульса регистрируется выемка, за которой следует небольшой зубец, или *дикротический подъем*, совпадающий с моментом закрытия полулунных клапанов и обратным током крови. В периферических сосудах дикротический зубец является результатом интерференции центральных и периферических волн, которые возникают в местах разветвления ствола крупных артерий на более мелкие веточки. За дикротическим зубцом следует нисходящая часть кривой — *катакрота*, совпадающая с диастолой сердца.

Для работы необходимы: плетизмограф, электрокардиограф, накожный датчик. Объект исследования — человек.

Плетизмограф (рис. 47) — высокочувствительный прибор с емкостным датчиком, регистрирующий изменения давления в закрытой системе. Накожный датчик, сделанный из плексигласа, имеет форму усеченной пирамиды (рис. 47, 1) и соединяется резиновой трубкой с плетизмографом. Он предназначен для создания замкнутой системы между участком тела, где исследуется пульс, и емкост-

ным датчиком плетизмографа. Колебания давления воздуха в замкнутой системе вызываются пульсацией стенки сонной артерии. Эти колебания трансформируются емкостным датчиком в электрические сигналы, усиливаются и подаются на регистратор. В качестве регистратора используют электрокардиограф.

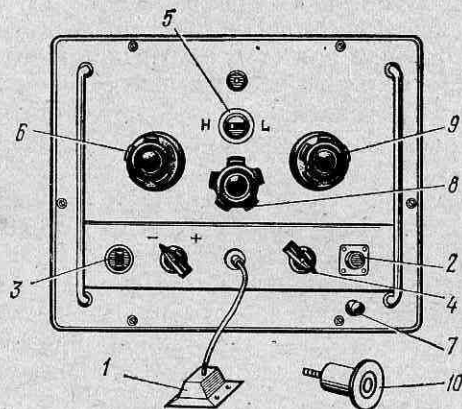


Рис. 47. Передняя панель плетизмографа с пальцевым и прямоугольным датчиками:

1 — прямоугольный онкометрический датчик, 2 — выход прибора, 3 — выключатель сети, 4 — кран, перекрывающий вход пневматической системы, 5 — грубая регулировка чувствительности, 6 — плавная регулировка чувствительности, 7 — клемма заземления, 8 — регулировка установки нуля, 9 — смещение изолинии, 10 — пальцевой датчик

Проведение работы. Коммутируют установку, состоящую из плетизмографа и электрокардиографа или другого регистратора. Установку заземляют, включают в сеть и прогревают в течение 3 мин. Затем устанавливают необходимое усиление и производят балансировку плетизмографа. Укрепляют накожный датчик в области сонной артерии и фиксируют его. Включают лентопотяжный механизм регистратора и регистрируют СФГ. Запись производят при скорости движения лентопотяжного механизма 50 мм/с.

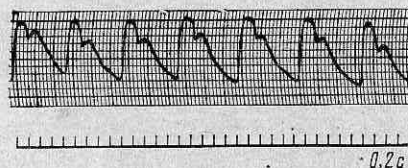


Рис. 48. Запись пульса на сонной артерии

Результаты работы и их оформление. Зная скорость движения лентопотяжного механизма, на небольшом участке полученной СФГ подсчитайте частоту пульса в 1 мин. На этом же участке вырезанной кривой (типичную картину см. на рис. 48) отметьте отдельные компоненты пульсовой волны и рассчитайте: а) длительность систолического подъема — интервал между началом анакроды и самой высокой точки СФГ, б) длительность периода изгнания — интервал между началом анакроды и выемкой, в) продолжительность диастолического спуска — интервал между выемкой и окончанием катакроды. На основании формы полученной СФГ и длительности ее отдельных интервалов сделайте заключение о продолжительности фаз сердечного цикла и состоянии полулунных клапанов.

РАБОТА 7. ПЛЕТИЗМОГРАФИЯ. ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Колебания кровенаполнения органа находятся в тесной зависимости от деятельности сердца и происходят синхронно с сердечными сокращениями. Пульсовые изменения кровенаполнения органа называются *объемным пульсом*, который регистрируется с помощью метода плетизмографии.

На плетизмограмме различают волны трех типов: волны первого порядка, или пульсовые, отражающие деятельность сердца; волны второго порядка, или дыхательные, соответствующие колебаниям артериального давления во время вдоха и выдоха; волны третьего порядка не имеют строгой периодичности, они отражают изменения периферического кровообращения в процессе взаимодействия организма с постоянно меняющимися условиями окружающей среды. Волны третьего порядка регистрируются при температурных воздействиях, физической работе, ориентировочном, оборонительном и других рефlekсах, эмоциях различного характера и умственном напряжении.

Метод плетизмографии позволяет изучить перераспределительные реакции сосудистой системы в каждом конкретном органе или части тела под влиянием различного рода воздействий и, в частности, повышенного или пониженного барометрического давления.

Для работы необходимы: плетизмограф, регистратор с усилителем постоянного тока, цилиндрический пальцевой датчик, барокамера активной гиперемии В. А. Кравченко, компрессорная установка, пузырь со льдом, грелка с горячей водой. Объект исследования — человек.

Принцип работы плетизмографа рассмотрен в работе 6. Принцип действия барокамеры основан на создании в конечности, помещенной в камеру, активной гиперемии (расширение периферических сосудов и увеличение их кровенаполнения) за счет снижения барометрического давления в камере. Снижение давления в камере осуществляется при помощи компрессорной установки, откачивающей из камеры воздух.

Проведение работы. Подготовку плетизмографа к работе производят по правилам, указанным в работе 6. Указательный или любой другой палец руки помещают в цилиндрический датчик (см. рис. 47, 10), соединенный с помощью резиновой трубки с входом плетизмографа. Регистрируют плетизмограмму при скорости движения лентопотяжного механизма электрокардиографа 25 мм/с.

Записав нормальную плетизмограмму пальца, на внутреннюю поверхность предплечья той же конечности накладывают пузырь со льдом. Регистрируют изменения плетизмограммы и ее восстановление после прекращения холодового воздействия. Прикладывают грелку с горячей водой на внутреннюю поверхность предплечья и вновь записывают плетизмограмму.

Для изучения перераспределительных реакций сосудистой системы регистрируют плетизмограмму пальца левой руки при воз-

действии отрицательного барометрического давления на правую руку. Правую руку до верхней трети плеча помещают в барокамеру активной гиперемии на специально устроенную опору 1 (рис. 49, А). Камеру герметизируют, нагнетая воздух в фиксирующую манжетку 2 с помощью резиновой груши 3. Компрессорную установку (рис. 49, Б) заземляют и включают в сеть. Ручку переключателя

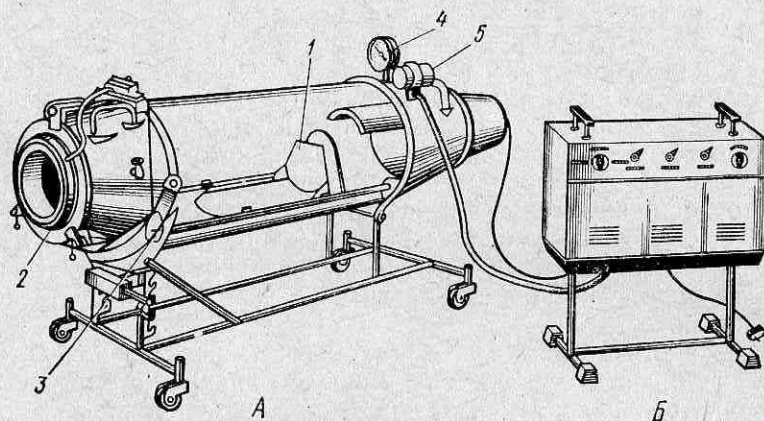


Рис. 49. Установка для воздействия барометрическим давлением. А — барокамера активной гиперемии В. А. Кравченко; Б — компрессорная установка (пояснение в тексте)

давлений ставят в положение «вакуум», включают насос. Из камеры выкачивают воздух, наблюдая за показаниями манометра 4. Воздействуют на предплечье и кисть правой руки декомпрессией величиной 50 мм рт. ст. в течение 10 мин.

Запись плетизмограммы пальца левой руки проводят одновременно с воздействием локального отрицательного давления на правую руку. Наблюдают за изменениями плетизмограммы. После декомпрессии выключают насос и выпускают из манжеты воздух. Трехходовой кран 5 ставят в положение «атмосфера». Плетизмограмму левой руки продолжают записывать и после окончания воздействия декомпрессии на правую руку.

Результаты работы и их оформление. Вырежьте и вклейте в тетрадь небольшой отрезок плетизмограммы. Сравните нормальную плетизмограмму с плетизмограммой при воздействии холода и тепла, обращая внимание на изменение амплитуды каждого зубца и изолинии записи. На плетизмограмме пальца левой руки, записанной во время воздействия локального отрицательного давления на правую руку, подсчитайте латентный период — время от начала воздействия декомпрессии до возникновения видимых изменений плетизмограммы: амплитуды зубцов и уровня изолинии (типичную кривую см. на рис. 50). Отметьте зависимость кровенаполнения ор-

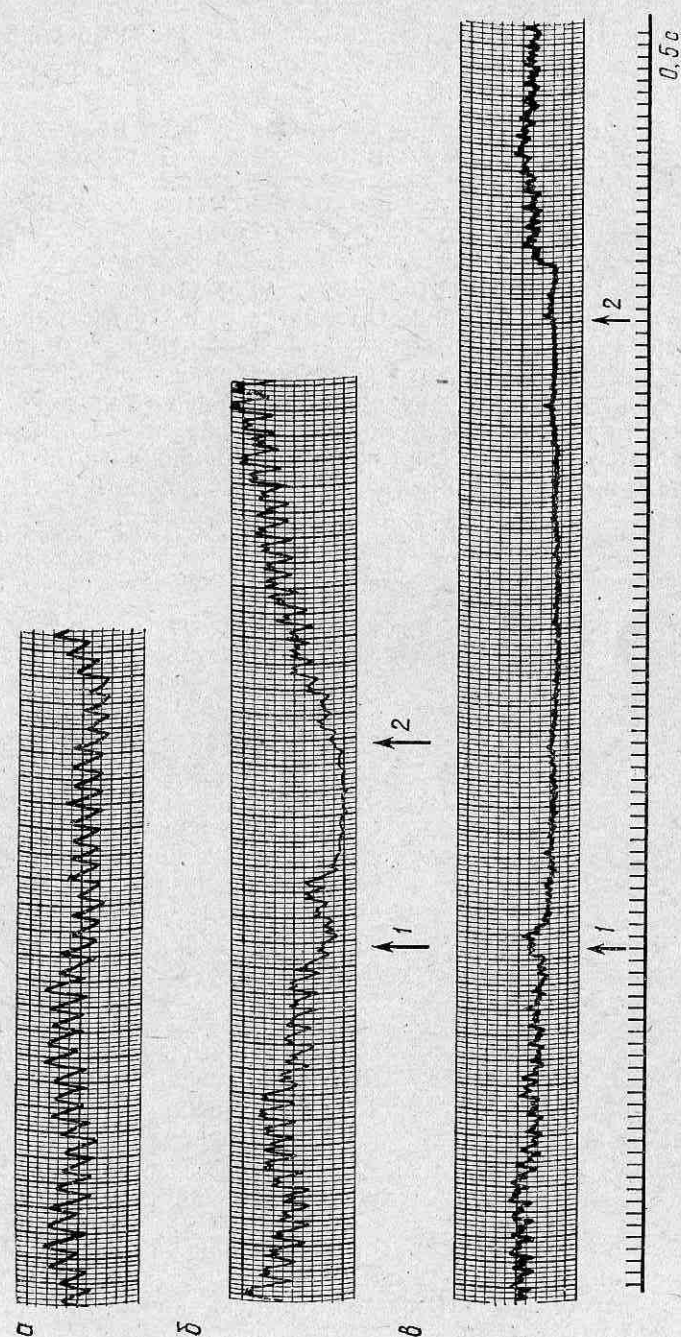


Рис. 50. Запись объемного пульса (плетизмограмма):

а — нормальная плетизмограмма, б — плетизмограмма при воздействии холода, в — плетизмограмма пальца левой руки при воздействии отрицательного барометрического давления на правую руку; 1 и 2 — начало и конец воздействия соответственно

гана от температурных факторов. Объясните механизм перераспределительных реакций сосудистой системы при воздействии локального отрицательного давления.

РАБОТА 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ СКОРОСТИ КРОВОТОКА С ПОМОЩЬЮ ОККЛЮЗИОННОЙ ПЛЕТИЗМОГРАФИИ

Объемная скорость кровотока — это количество крови, проходящее через поперечное сечение сосуда за единицу времени. Для определения объемной скорости кровотока в исследуемом органе в клинических и экспериментальных условиях применяют метод окклюзионной плетизмографии. Объемный пульс регистрируют в процессе пережатия сосудов конечности или отдельного пальца пневматической манжеткой, что позволяет полностью прекратить венозный отток крови при сохранении артериального притока. Увеличение объема крови исследуемой конечности после пережатия проксимального участка ее вен прямо пропорционально величине артериального притока, а значит, и объемной скорости кровотока.

Для работы необходимы: плетизмограф, пальцевый датчик, регистратор с усилителем постоянного тока, тонометр, секундомер, мерный сосуд с водой. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Измеряют объем исследуемого пальца руки, помещая его в мерный сосуд с водой. По объему вытесненной жидкости определяют исходный объем пальца в см^3 . Измеряют кровяное давление в плечевой артерии по методу Короткова.

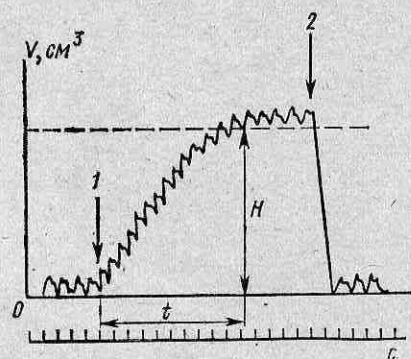


Рис. 51. Схема определения объемной скорости кровотока с помощью окклюзионной плетизмографии у человека (по В. В. Орлову):

1 и 2 — начало и конец окклюзии соответственно (пояснение в тексте)

Затем в манжетке от тонометра создают давление, равное диастолическому, при этом прекращается венозный отток крови, а артериальный приток сохраняется — увеличивается объем конечности и исследуемого пальца, что приводит к смещению изоэлектрического уровня плетизмограммы. Повышенное давление в манжетке сохраняется на время 4—5 сердечных циклов. Замечают время от начала окклюзии до восстановления исходного уровня плетизмограммы.

Результаты работы и их

оформление. По полученной кривой (схему кривой см. на рис. 51), отражающей как нормальную плетизмограмму, так и ее изменения после окклюзии, рассчитывают объемную скорость кровотока, руководствуясь формулами:

$$R_v = \Delta V \cdot 60 \cdot 100 / Vt; \quad \Delta V = H \cdot 100 / CV_0.$$

R_v — объемная скорость кровотока ($\text{см}^3/100 \text{ см}^3$ ткани), ΔV — прирост объема органа (см^3), V_0 — исходный объем органа (см^3), t — время, в течение которого измеряется прирост объема органа после окклюзии вен (с), H — смещение уровня записи (см), 60 и 100 — коэффициенты, необходимые для подсчета объемной скорости кровотока ($\text{см}^3/100 \text{ см}^3$ ткани/мин), C — коэффициент чувствительности прибора.

РАБОТА 9. РЕОГРАФИЯ

Реография — метод исследования функций сердечно-сосудистой системы, основанный на регистрации изменений электрического сопротивления тканей человеческого тела проходящему через него электрическому току. Эти изменения возникают в результате деятельности сердца и колебания кровенаполнения органов и тканей.

Сразу же после систолы сердца электрическое сопротивление конечностей уменьшается, что связано с наполнением кровью периферических артерий, а во время диастолы увеличивается.

В зависимости от места наложения электродов можно исследовать черепную реограмму, реограмму конечностей, пальцевую, печени и т. д. Особенно важна реограмма, записанная в области сердца, — реокардиограмма.

Для работы необходимы: реограф, электрокардиограф, электроды, 10%-ный раствор NaCl, марлевые салфетки. Объект исследования — человек.

Реограф — это прибор, состоящий из генератора высокочастотного электрического тока, измерительного моста, усилителя и калибратора. С помощью электродов через исследуемый участок тела пропускают высокочастотный электрический ток от генератора. Одновременно исследуемый участок тела включают в схему измерительного моста. Так как сопротивление исследуемого участка тела изменяется в зависимости от кровенаполнения, то синхронно изменяется ток, проходящий через измерительную диагональ моста. Изменения тока в измерительной диагонали моста (после предварительного усиления) записываются регистратором в виде реограммы.

Проведение работы. Коммутируют установку из реографа и электрокардиографа (можно использовать и другой регистратор). Заземляют ее, включают в сеть и производят необходимую настройку.

Укладывают испытуемого за 15 мин до начала исследования. Для регистрации грудной реограммы (реограммы в области сердца) один электрод ($100 \times 80 \text{ мм}$) накладывают на область верхушки сердца, другой ($120 \times 100 \text{ мм}$) — на область правой лопатки. Между электродами и телом пациента помещают марлевые салфетки, смоченные 10%-ным раствором NaCl. Электроды укрепляют резиновым бинтом, наложенным вокруг грудной клетки.

Для записи черепной реограммы используют круглые электроды диаметром 30 мм. Один электрод укрепляют на область лобного бугра, другой — на той же стороне черепа на сосцевидном от-

ростке; такие же электроды накладывают на другую половину черепа. Запись реограммы производят последовательно с обеих половин головы.

Для регистрации реограммы конечностей используют прямоугольные электроды (70 × 50 мм). Их накладывают на плечо и предплечье или на бедро и голень.

После настройки установки и наложения электродов записывают реограмму, а затем калибровочный сигнал в 0,1 Ом, нажимая

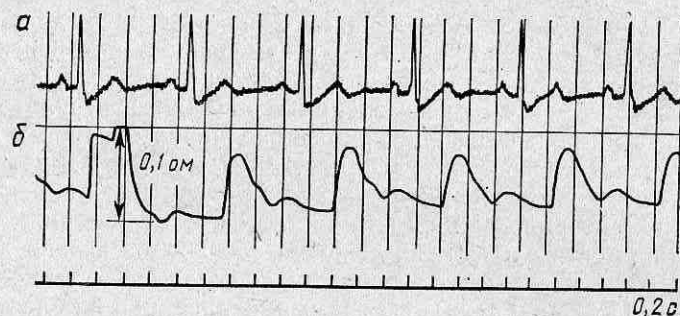


Рис. 52. Одновременная запись ЭКГ во II отведении (а) и реограммы нижней конечности (б)

кнопку калибратора. Одновременно с реограммой регистрируют электрокардиограмму (II отведение). Скорость движения бумаги регистратора — 25 или 50 мм/с.

Результаты работы и их оформление. Вырежьте небольшой участок полученной кривой и вклейте в тетрадь (типичную кривую см. на рис. 52). Укажите, каким зубцам ЭКГ соответствуют зубцы реограммы. Для определения времени распространения пульсовой волны подсчитайте интервал времени между зубцом Q ЭКГ и началом анакротической волны реограммы. Определите амплитуду реограммы по калибровочному сигналу. Вычислите величину систолического притока по реографическому индексу J или по отношению амплитуды H реограммы (мм) к высоте калибровочного сигнала E (мм). $J = H/E$ (у здоровых людей J колеблется от 1 до 3).

РАБОТА 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВЕНОЗНОГО ТОНУСА С ПОМОЩЬЮ НАКЛОННО-ПОВОРОТНОГО СТОЛА

Основная функция венозного или «емкостного» отдела сосудистой системы — возврат крови к сердцу. Емкость венозного русла значительно превышает емкость артериального русла и может вместить 70—80% всей крови. Венозное давление намного ниже артериального и измеряется в мм водяного столба. Так, давление в локтевой вене у людей среднего возраста равно 50—150 мм вод. ст. В венах, расположенных близко к сердцу, давление отрицательное. Венозное давление зависит от тонуса венозных сосудов и емкости венозного русла. В отличие от артериального венозное давление

резко меняется при изменении положения тела в пространстве. Косвенное представление о тоне венозных сосудов можно получить, измеряя артериальное давление при изменении положения тела в пространстве с помощью наклонно-поворотного стола.

Для работы необходимы: наклонно-поворотный стол (рис. 53), тонометр, фонендоскоп. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Испытуемого укладывают спиной вниз на доску наклонно-поворотного стола, укрепляя его в горизонтальном положении с помощью крепежных ремней 1 и специальной подставки-упора для ног 2. Измеряют артериальное давление (систолическое и диастолическое) по методу Короткова. Не снимая манжетки с плеча испытуемого, быстро переводят его из горизонтального положения в вертикальное и снова измеряют артериальное давление. Полученные цифры записывают.

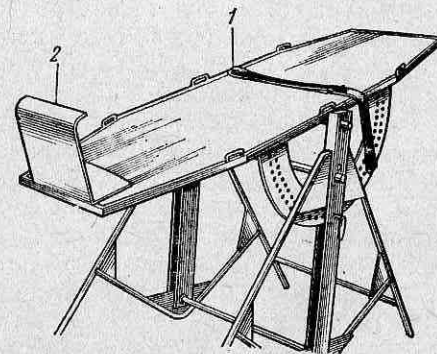


Рис. 53. Наклонно-поворотный стол (пояснение в тексте)

Результаты работы и их оформление. Определите, насколько изменился уровень артериального давления при переводе испытуемого из горизонтального в вертикальное положение, и сравните полученные показатели с нормальными. Сделайте заключение о состоянии венозного тонуса, учитывая, что при нормальном тоне уровень артериального давления при переходе из горизонтального положения в вертикальное изменяется в пределах 5—10 мм рт. ст. для систолического и 3—5 мм рт. ст. для диастолического. Если венозный тонус понижен, то резко падает систолическое давление, которое зависит от венозного притока к сердцу, в то время как диастолическое давление остается на прежнем уровне или несколько повышается; пульсовое давление становится ниже 20 мм рт. ст.

РАБОТА 11. СОСУДОСУЖИВАЮЩИЕ НЕРВЫ УХА КРОЛИКА (ОПЫТ КЛОДА БЕРНАРА)

Симпатический нерв является главным вазоконстриктором, которому из центральной нервной системы постоянно идут импульсы, поддерживающие кровеносные сосуды в состоянии тонуса (некоторого изначального напряжения сосудистой стенки).

Если перерезать симпатический нерв, то сосуды резко расширяются вследствие падения тонуса. Раздражение симпатического нерва вызывает увеличение тонуса мускулатуры сосудов и сужение их просвета.

Для работы необходимы: станок для фиксации кролика, импульсный стимулятор, два медицинских электрических термометра, раздражающие электроды, набор препаровальных инструментов, 20%-ный раствор уретана. Объект исследования — кролик (лучше альбинос).

Принцип работы медицинского электрического термометра основан на способности терморезистора изменять свое сопротивление при изменении температуры окружающей среды, что приводит к колебаниям электрического потенциала, регистрируемого гальванометром.

Проведение работы. Кролика укрепляют в станке брюшком вверх и наркотизируют внутривенным введением 5 мл 20%-ного раствора уретана. После того как кролик уснет, выстригают шерсть в области шеи и проводят продольный разрез кожи по средней линии. Тупым способом раздвигают мышцы и фасции и с одной стороны от трахеи находят сосудисто-нервный пучок, в котором проходят сонная артерия, блуждающий, симпатический и депрессорный нервы. Выделяют тонкий серовато-белого цвета симпатический нерв, берут его на лигатуру и перерезают, оставляя на лигатуре периферический конец нерва. Затем нерв укладывают обратно между мышцами и рану зашивают, оставляя снаружи только кончик лигатуры. Рану смазывают иодом и кролика сажают обратно в клетку.

Через 30—60 мин сравнивают окраску и температуру кожи обоих ушей кролика и отмечают, что на стороне перерезки симпатического нерва ухо стало ярко-красным и его кровеносные сосуды резко расширились. Пользуясь электрическими термометрами согласно инструкции по эксплуатации, измеряют температуру одного и другого уха одновременно. Температура уха кролика, на стороне которого перерезан симпатический нерв, оказывается на 8—10° выше температуры уха, нерв которого не перерезан. Слегка подтягивают симпатический нерв за лигатуру, накладывают на него электроды и раздражают ритмическими импульсами с помощью импульсного стимулятора. При раздражении нерва электрическим током (частота 10—20 имп/с, сила тока 20—30 В) наблюдают сужение сосудов уха на соответствующей стороне (ухо бледнеет).

Результаты работы и их оформление. Отметьте разницу в состоянии сосудов уха кролика на десимпатизированной стороне и контрольной. Измерьте и запишите температуру десимпатизированного и контрольного уха. Отметьте и объясните вазодилататорный эффект десимпатизации и вазоконстрикторный эффект после раздражения периферического конца перерезанного симпатического нерва.

РАБОТА 12. НЕПРОГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ КРОВЯНОГО ДАВЛЕНИЯ

Рефлекторная регуляция гемодинамики обеспечивает реакции сердечно-сосудистой системы в ответ на изменяющиеся условия внешней среды. Этот рефлекторный механизм регуляции осуществ-

ляется за счет «собственных» и «сопряженных» рефлексов сосудистой системы.

Начальное звено собственных сосудистых рефлексов расположено в стенке самих сосудов в виде барорецепторов, реагирующих на колебания кровяного давления. Сопряженные рефлексы берут свое начало в любом органе, имеющем механорецепторы, раздражение которых вызывает соответствующую реакцию сосудистой системы. Рефлекторные влияния, изменяющие уровень кровяного давления, исходят из трех основных рефлексогенных зон: аортальной, синокаротидной и зоны, расположенной в устье полых вен. Кроме этих главных зон во всех отделах сосудистого русла имеются барорецепторы и хеморецепторы, реагирующие на изменения химического состава крови.

Гуморальная регуляция сосудистого тонуса осуществляется за счет тех химических агентов, которые циркулируют в кровеносном русле и изменяют просвет сосудов. Существует целый ряд гормонов и медиаторов, действующих на сосудистый тонус. Так, гормон мозгового слоя надпочечников — адреналин — в больших дозах оказывает констрикторный эффект, что приводит к повышению артериального давления, в малых дозах — расширяет сосуды сердца, скелетных мышц и мозга. Ацетилхолин — медиатор, образующийся в окончаниях парасимпатических волокон и некоторых постганглионарных волокон симпатической системы (сердце, скелетная мускулатура, потовые железы), расширяет артерии и вены, оказывает также ваготропный тормозной эффект на сердце, резко понижая артериальное давление.

Для работы необходимы: электрокардиограф, стимулятор с раздражающими электродами, осциллоскоп, ртутный манометр, кимограф с удлинителем, станок для фиксации кролика, электронный измеритель давлений, набор хирургических инструментов и материалов, артериальная канюля, стеклянный тройник, зажим Диффенбаха, нитки, два шприца на 2 и 10 мл с иглами, гепарин, 20%-ный раствор уретана, 5%-ный раствор цитрата Na, адреналин (1:1000), ацетилхолин (1:100 000), раствор Рингера. Объект исследования — кролик.

Проведение работы. Перед опытом манометр заливают на несколько часов раствором хромпика (осторожно, вызывает ожоги!), после чего тщательно (5—6 раз) промывают водопроводной и дистиллированной водой. Затем просушивают его в сушильном шкафу и наливают ртуть. В левое колено опускают поплавков с тонким металлическим стержнем, заканчивающимся писчиком. Для синхронной регистрации давления с помощью ртутного манометра и электронного измерителя давления используют стеклянный тройник, который соединяют резиновыми трубками с ртутным манометром, датчиком электронного измерителя давления и канюлей, введенной в сонную артерию. После этого одно колено манометра, тройник и резиновые трубки заполняют 5%-ным раствором цитрата Na. Нужно строго следить, чтобы в систему не попали пузырьки воздуха. Электронный измеритель давления подготавливают к работе (как указано выше). Кролика укрепляют в станке брюхом вверх, наркотизируют 4—5 мл 20%-ного раствора уретана, введен-

ного в ушную вену. Шерсть в области шеи выстригают. Делают разрез по средней линии шеи, тупым путем раздвигают мышцы и фасции шеи, находят с одной стороны от трахеи сосудисто-нервный пучок. Отпрепаровывают сонную артерию, подводят под нее две лигатуры и возможно ближе к голове перевязывают. На конец артерии, расположенной ближе к сердцу, накладывают зажим Диффенбаха. Делают клиновидный надрез сонной артерии, в который вводят канюлю, заполненную заранее гепарином. Снимают зажимы с резиновой трубки и сонной артерии и регистрируют колебания кровяного давления одновременно на кимографе и электрокардиографе с помощью электронного измерителя давления. Визуально наблюдают колебания давления на экране осциллоскопа.

Отпрепаровывают блуждающий нерв (самый толстый нерв сосудисто-нервного пучка шеи), подводят под него лигатуру, перевязывают ближе к голове и перерезают, оставляя на лигатуре его периферический конец. Осторожно подводят лигатуру под депрессорный нерв (самый тонкий нерв), лежащий рядом с сонной артерией, перевязывают его как можно ближе к сердцу и перерезают. Чтобы нервы не подсыхали, их кладут на мышцы и прикрывают ватой, смоченной в теплом растворе Рингера. Записывают нормальную кривую кровяного давления (перед записью давления пистиком на бумаге кимографа прочеркивается нулевая линия). Подводят под депрессорный нерв электроды и, пользуясь импульсным стимулятором, раздражают его в течение 10—15 с ритмическими импульсами частотой 40—50 имп/с, силой тока 60—80 В. Отмечают постепенное падение кровяного давления, которое восстанавливается до исходного уровня после прекращения раздражения.

Подводят электроды под периферический конец блуждающего нерва и раздражают его ритмическими импульсами такой же амплитуды и частоты, как и при стимуляции депрессорного нерва. Наблюдают резкое падение кровяного давления и быстрое его восстановление.

Вводят в ушную вену 1 мл адреналина, отмечают учащение сердечных сокращений и постепенный подъем артериального давления. Через несколько минут давление возвращается к исходному уровню вследствие быстрого разрушения адреналина и прекращения его действия.

В конце эксперимента в ушную вену вводят 2 мл ацетилхолина, наблюдают резкое замедление сердечных сокращений и падение кровяного давления. Передозировка ацетилхолина может привести к гибели животного.

Результаты работы и их оформление. Вклейте небольшой отрезок полученной на кимографе или электрокардиографе кривой кровяного давления, отметив на ней типы волн. Вырежьте отрезок кривой с падением давления после раздражения блуждающего и депрессорного нерва (типичные кривые см. на рис. 54, 55). На кривых измерьте длительность латентного периода, т. е. время от момента раздражения до начала падения артериального давления. На вырезанном отрезке кривой определите различия в ха-

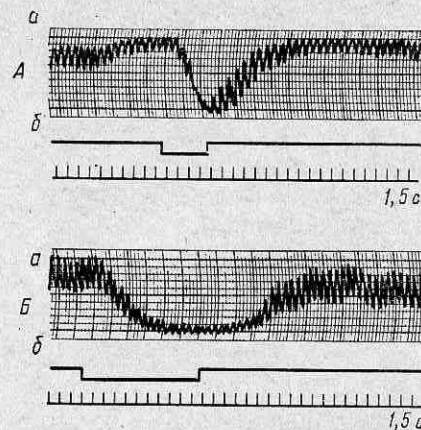


Рис. 54. Запись кровяного давления с помощью ЭИД-1 и влияние на него раздражения блуждающего (А) и депрессорного (Б) нервов у кролика: а — запись кровяного давления, б — отметка раздражения

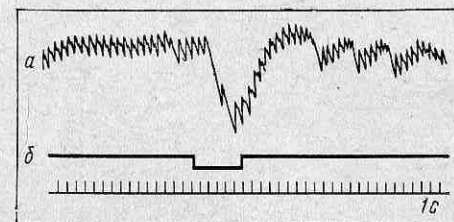


Рис. 55. Запись кровяного давления у кролика с помощью ртутного манометра при раздражении блуждающего нерва: а — запись кровяного давления, б — отметка раздражения

рактере и длительности действия введенных внутривенно адреналина и ацетилхолина. Анализируя полученные кривые, отметьте различия в характере падения давления при раздражении блуждающего и депрессорного нерва более резкое падение давления и быстрое его восстановление в 1-м случае, медленное падение и постепенное восстановление во 2-м случае). Объясните механизмы падения давления в обоих случаях. Обсудите эффект повышения давления при введении адреналина и падения давления под действием ацетилхолина.

РАБОТА 13. ВЛИЯНИЕ АДРЕНАЛИНА НА КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ ЛЯГУШКИ

Все химические вещества, изменяющие состояние сосудистого тонуса, можно разделить на три группы. 1-я группа — истинные гормоны, образующиеся в железах внутренней секреции. К ним относятся адреналин, вазопрессин и ряд других гормонов. Адреналин и вазопрессин обладают сосудосуживающим действием и вызывают повышение артериального давления. 2-я группа — так называемые местные гормоны, образующиеся в нервных окончаниях и определенных клеточных элементах. К ним относятся гистамин, серотонин, ацетилхолин, брадикинин, оказывающие в основном сосудорасширяющий эффект. К 3-й группе вазоактивных веществ относятся продукты метаболизма, постоянно присутствующие в ткани, окружающей сосуд, диоксид углерода, молочная и пировиноградная кислоты, ионы калия, оказывающие местное сосудорасширяющее действие.

Для работы необходимы: аппарат для перфузии, штатив с зажимом, песочные часы или секундомер, набор препаровальных инструментов, шприц с тонкой иглой, стакан, нитки, булавки, две тонкие канюли, раствор Рингера, раствор адреналина (1 : 1000). Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. В качестве аппарата для перфузии используют стеклянный сосуд емкостью до 1000 мл, имеющий два отвер-

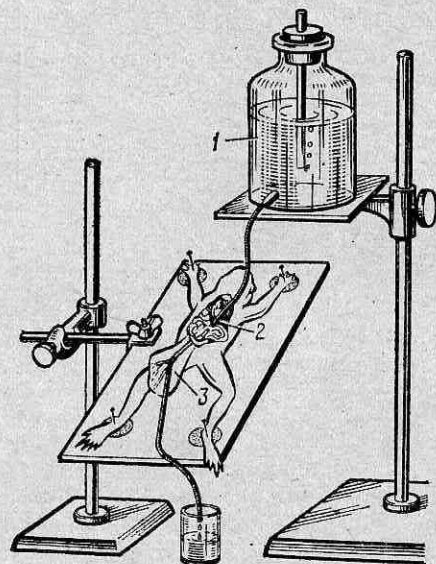


Рис. 56. Установка для исследования влияния адреналина на сосуды лягушки (пояснение в тексте)

стия (сверху и снизу), закрытых пробками, в которые вставлены стеклянные трубочки (рис. 56). Трубка, вставленная в верхнее отверстие, должна быть погружена в раствор Рингера, налитый в этот сосуд 1. Нижняя короткая стеклянная трубка соединена длинной резиновой трубкой с канюлей. До проведения опыта на резиновую трубку перфузионного аппарата накладывают зажим. Сосуд с перфузионной жидкостью должен находиться на 1 м выше поверхности стола.

У лягушки разрушают спинной и головной мозг и прикалывают ее булавками к дощечке брюшком вверх. Делают П-образный разрез брюшной стенки, и вырезанный лоскут вместе с брюшной веной отгибают. Ясно видны брюшная аорта и симпатиче-

ские цепочки, идущие вдоль нее справа и слева. Отступая на 1 см от места деления аорты на подвздошные артерии, подводят под нее две лигатуры на расстоянии 5 мм друг от друга; лигатуры не завязывают. Далее лягушку поворачивают головой к себе, приподнимают аорту за верхнюю лигатуру, делают на ней клиновидный надрез маленькими ножницами и быстро вводят в открывшееся отверстие тонкую канюлю 2, наполненную раствором Рингера. Канюлю завязывают нижней лигатурой. В зияющее отверстие брюшной вены вводят тонкую канюлю 3, которую также укрепляют лигатурой.

Дощечку с лягушкой укрепляют в штативе в наклонном положении так, чтобы голова животного была выше ног. Снимают зажим с резиновой трубки перфузионного аппарата и промывают сосудистый препарат раствором Рингера до полного исчезновения примеси крови в жидкости, вытекающей из канюли, введенной в брюшную вену. Показателем того, что раствор Рингера проходит через сосуды, являются пузырьки воздуха, выходящие в раствор из

трубки, вставленной в верхнее отверстие сосуда. Производят подсчет капель, вытекающих из брюшной вены в подставленный стаканчик за каждую минуту в течение 3—4 мин. После этого непосредственно в резиновую трубку, соединяющую сосуд с брюшной аортой, тонкой иглой шприца вводят 1 мл раствора адреналина. Через 2 мин после введения вновь производят подсчет вытекающих капель за минуту (также в течение 3—4 мин). Число капель после введения адреналина резко уменьшается (в 3—4 раза), что свидетельствует о сужении сосудов. В конце опыта обычно отмечается отек задних лапок лягушки; они увеличиваются в объеме в результате усиленного притока перфузионной жидкости. Это указывает на значительное изменение функционального состояния стенок сосудов, особенно капилляров.

Результаты работы и их оформление. Подсчитайте количество капель раствора Рингера, вытекающих из брюшной вены за 1 мин, до и после введения адреналина. Определите количество капель, вытекающих в 1, 2, 3, 4-ю мин после введения адреналина. Объясните причины резкого уменьшения количества вытекающей из сосуда жидкости.

ГЛАВА V ДЫХАНИЕ

Сущность процесса дыхания заключается в обеспечении организма кислородом, необходимым для окислительных процессов, и выделении из организма диоксида углерода, образующегося в результате обмена веществ.

Для изучения внешнего дыхания (вентиляция легких), газообмена в легких и тканях, а также транспорта газов кровью используют различные методы, позволяющие оценивать дыхательную функцию в состоянии покоя, при физической нагрузке и различных воздействиях на организм.

РАБОТА 1. ПНЕВМОГРАФИЯ

Пневмография — это регистрация дыхательных движений. Она позволяет определить частоту и глубину дыхания, а также соотношение продолжительности вдоха и выдоха. У взрослого человека число дыхательных движений составляет 12—18 раз/мин, у детей дыхание более частое. При мышечной работе изменяется и частота, и глубина дыхания. Изменение ритма дыхания и его глубины наблюдаются во время глотания, разговора, после задержки дыхания и т. п.

В зависимости от применяемых датчиков пневмографию можно осуществлять различными способами. Наиболее простым и доступным для регистрации дыхательных движений является пневмодатчик с капсулой Марэ. Для пневмографии можно применять реостатные, тензометрические и емкостные датчики, но в этом случае

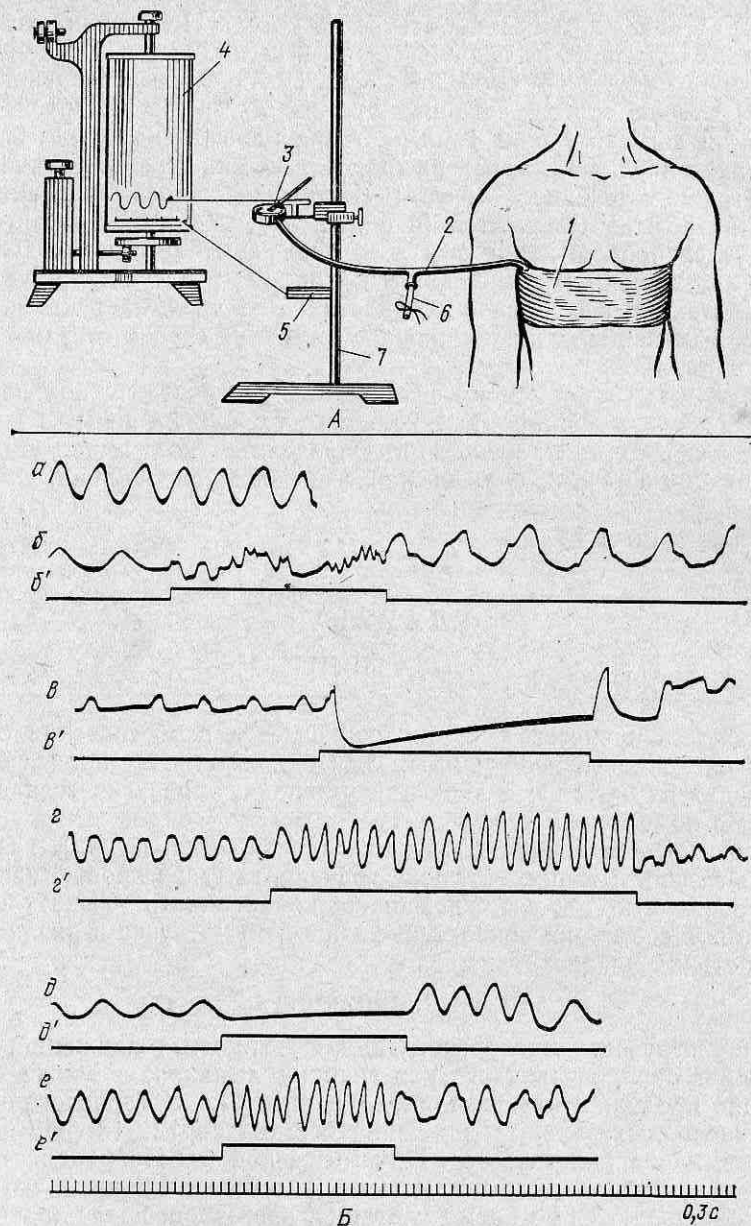


Рис. 57. Пневмография. А — графическая регистрация дыхания с помощью капсулы Марэ; Б — пневмограммы, записанные при действии различных факторов, вызывающих изменение дыхания:

1 — широкая манжетка, 2 — резиновая трубка, 3 — капсула Марэ, 4 — кимограф, 5 — отметчик времени, 6 — тройник, 7 — универсальный штатив; а — спокойное дыхание, б — при вдыхании паров аммиака, в — во время разговора, г — после гипервентиляции, д — после произвольной задержки дыхания, е — при физической нагрузке; б'—е' — отметки применяемого воздействия

необходимы электронные усилительные и регистрирующие устройства.

Для работы необходимы: кимограф, манжетка от сфигмоманометра, капсула Марэ, штатив, тройник, резиновые трубки, отметчик времени, раствор аммиака. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Собирают установку для регистрации дыхательных движений, как показано на рис. 57, А. Манжетку от сфигмоманометра укрепляют на груди испытуемого и соединяют ее с помощью тройника и резиновых трубок с капсулой Марэ. Через тройник в регистрирующую систему вводят небольшое количество воздуха. Включают кимограф и отметчик времени.

Регистрируют дыхание: а) в покое; б) при максимальном вдохе и выдохе (жизненная емкость легких); в) во время разговора; г) при глотании; д) при вдыхании паров аммиака (к носу испытуемого подносят вату, смоченную раствором аммиака); е) после произвольной задержки дыхания; ж) после гипервентиляции легких; з) при физической нагрузке. Некоторые пневмограммы представлены на рис. 57, Б.

Результаты работы и их оформление. Полученные пневмограммы наклейте в тетрадь. Рассчитайте количество дыхательных движений в 1 мин при разных условиях регистрации пневмограммы. Определите, в какую фазу дыхания осуществляется глотание и речь. Сравните характер изменения дыхания под влиянием различных факторов воздействия.

РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНУТНОГО ОБЪЕМА ДЫХАНИЯ В ПОКОЕ И ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Минутный объем дыхания (МОД) — это количество вдыхаемого (или выдыхаемого) воздуха за 1 мин. У взрослого человека в покое МОД составляет 6—8 л, при физической нагрузке может достигать 120—140 л. МОД — величина, позволяющая оценивать легочную вентиляцию.

Для работы необходимы: мешок Дугласа на 40 и 80 л, газовый счетчик, клапанное устройство с загубником (рис. 58), велоэргометр, трехходовой кран, гофрированные трубки, носовой зажим. Объект исследования — человек.

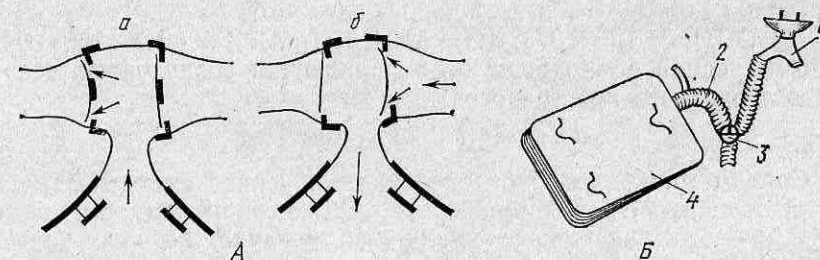


Рис. 58. Приборы для измерения объема легочной вентиляции. А — схема клапанного устройства; Б — устройство для сбора выдыхаемого воздуха:

а — выдох, б — вдох; стрелками показано направление движения воздуха; 1 — мундштук, 2 — гофрированные трубки, 3 — трехходовой кран, 4 — мешок Дугласа

Проведение работы. Собирают систему для измерения легочной вентиляции. Испытуемый берет дезинфицированный загубник в рот и в течение всего опыта дышит ртом через клапанное устройство. Нос испытуемого зажимают специальным зажимом.

В начале опыта, пока испытуемый не привыкнет к дыханию через загубник, на 1—2 мин трехходовой кран ставят в положение, при котором выдох производится в атмосферу. После этого трехходовой кран переводят в такое положение, чтобы выдыхаемый воздух поступал в мешок Дугласа емкостью 40 л. Выдыхаемый воздух собирают в мешок в течение 3 мин и подсчитывают за это время число дыханий. Затем трехходовой кран закрывают, соединяют мешок Дугласа с газовым счетчиком и пропускают через него находящийся в мешке воздух, чтобы определить его объем. (При проведении практических занятий со студентами в качестве газового счетчика можно с успехом использовать сухой спирометр, который с помощью резиновой трубки соединяется с системой для сбора выдыхаемого воздуха).

Заменяют 40-литровый мешок Дугласа на 80-литровый и закрепляют его на спине испытуемого. Предлагают испытуемому выполнить физическую работу на велоэргометре в течение 3 мин, выдыхая воздух в мешок. Подсчитывают частоту дыхания во время нагрузки. По окончании ее определяют объем выдохнутого воздуха с помощью газового счетчика.

Результаты работы и их оформление. По полученным за 3 мин результатам опыта — объему выдохнутого воздуха (ОВ) и частоте дыхания (ЧД) рассчитайте: МОД, ЧД в 1 мин (ЧД₁), дыхательный объем воздуха (ДО), альвеолярную вентиляцию легких (АВЛ) и запишите их в таблицу.

Условия опыта	Результаты опыта за 3 мин		Расчетные данные			
	ОВ	ЧД	МОД	ЧД ₁	ДО	АВЛ
Покой						
Работа						

Расчет производится следующим образом:

$МОД = ОВ/3$; $ЧД_1 = ЧД/3$; $ДО = МОД/ЧД_1$; $АВЛ = (ДО - 150) \cdot ЧД_1$; (150 — средний объем воздуха, заполняющий воздухоносные пути (объем вредного пространства)).

РАБОТА 3. СПИРОМЕТРИЯ

Спирометрия — метод определения жизненной емкости легких и составляющих ее объемов воздуха. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) — это наибольшее количество воздуха, которое человек может выдохнуть после максимального вдоха. На рис. 59 показаны легочные объемы и емкости, характеризующие функциональное состояние легких, а также пневмограмма, поясняющая связь объемов и емкостей легких с дыхательными движениями. Функ-

циональное состояние легких зависит от возраста, роста, пола, физического развития и ряда других факторов. Для оценки функции дыхания у данного лица измеренные у него легочные объемы следует сравнивать с должными¹ величинами. Должные величины рассчитывают по формулам или определяют по номограммам (рис. 60), отклонения на $\pm 15\%$ расцениваются как незначительные. Для измерения ЖЕЛ и составляющих ее объемов используют водяной или сухой спирометр (рис. 61).

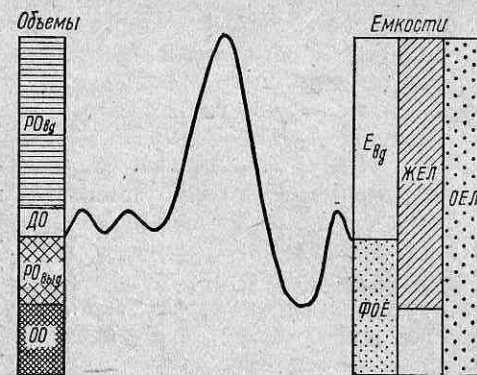


Рис. 59. Легочные объемы:

$PO_{вд}$ — резервный объем вдоха, DO — дыхательный объем, $PO_{выд}$ — резервный объем выдоха, OO — остаточный объем, $E_{вд}$ — емкость вдоха, $ФОЕ$ — функциональная остаточная емкость, $ЖЕЛ$ — жизненная емкость легких, $ОЕЛ$ — общая емкость легких

Для работы необходимы: водяной или сухой спирометр, носовой зажим, клапанное устройство, загубник, трехходовой кран, спирт, вата. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Мундштук спирометра протирают ватой, смоченной спиртом. Испытуемый после максимального вдоха делает максимально глубокий выдох в спирометр. По шкале спирометра определяют ЖЕЛ. Точность результатов повышается, если измерение ЖЕЛ производят несколько раз и вычисляют среднюю величину. При многократных измерениях необходимо каждый раз устанавливать исходное положение шкалы спирометра. Для этого у водяного спирометра из внутреннего цилиндра извлекают пробку и цилиндр опускается, а у сухого спирометра поворачивают измерительную шкалу и нулевое деление шкалы совмещают со стрелкой.

ЖЕЛ определяют в положении испытуемого стоя и лежа, а также после физической нагрузки. Отмечают разницу в результатах измерений.

Для измерения легочных объемов, составляющих ЖЕЛ, целесообразно соединить спирометр через трехходовой кран с клапанным устройством и загубником. Испытуемый, у которого нос зажат носовым зажимом, дышит через загубник и клапанное устройство. Вначале трехходовой кран устанавливают так, чтобы выдыхаемый воздух поступал в атмосферу. Когда испытуемый привыкнет дышать через загубник, трехходовой кран устанавливают в такое положение, чтобы выдыхаемый воздух поступал в спиро-

¹ Термин «должные» величины наиболее точен и наиболее распространен, хотя в литературе можно встретить и другие термины — «стандартные», «истинные» и др.

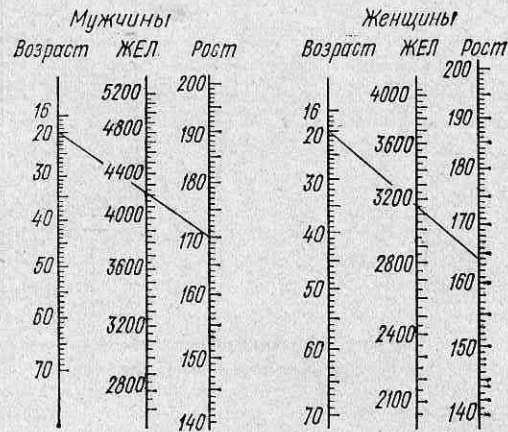


Рис. 60. Номограмма для определения должной величины ЖЕЛ

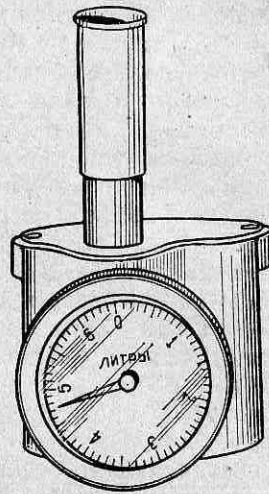


Рис. 61. Сухой спирометр

метр. Подсчитывают количество дыхательных движений. Разделив показания спирометра на число выдохов, сделанных в спирометр, определяют *дыхательный объем* воздуха.

Для определения *резервного объема выдоха* испытуемого просят сделать после очередного спокойного выдоха максимальный выдох в спирометр. По шкале спирометра определяют резервный объем выдоха. Повторяют измерения несколько раз и вычисляют среднюю величину.

Резервный объем вдоха можно определить двумя способами: вычислить и измерить спирометром. Для его вычисления необходимо из величины ЖЕЛ вычесть сумму дыхательного и резервного объемов воздуха. При измерении резервного объема вдоха спирометром в него набирают определенный объем воздуха и испытуемый после спокойного вдоха делает максимальный вдох из спирометра. Разность между первоначальным объемом воздуха в спирометре и объемом, оставшимся там после глубокого вдоха, соответствует резервному объему вдоха.

Для определения *остаточного объема* воздуха пока не существует прямых методов, поэтому используют косвенные. Они могут быть основаны на разных принципах. Для этих целей применяют, например, плетизмографию, оксигемометрию и измерение концентрации индикаторных газов (гелий, азот). Считают, что в норме остаточный объем составляет 25—30% от величины ЖЕЛ.

Результаты работы и их оформление. Полученные данные запишите в тетрадь. Сравните величину ЖЕЛ, измеренную спирометром, с должной ЖЕЛ, найденной по номограмме. Рассчитайте остаточный объем, а также емкости легких: общую емкость легких, емкость вдоха и функциональную остаточную емкость.

Спирография, т. е. запись дыхательных объемов воздуха, производится с применением специальных приборов — спирографов. Они позволяют регистрировать и рассчитывать ЖЕЛ и составляющие ее объемы, частоту, глубину и минутный объем дыхания, а также величину поглощения кислорода.

Основными элементами спирографа являются один или два, обычно водяных спирометра (вместе с трубопроводами, кранами, вентиляторами и поглотителями влаги и диоксида углерода они образуют замкнутую воздушную систему) и электрический кимограф (регистратор).

Некоторые типы спирографов имеют электронные устройства для определения процентного содержания O_2 и CO_2 в выдыхаемом воздухе, что значительно расширяет возможности их применения для исследования респираторной системы.

Для работы необходимы: спирограф, маска, баллон с кислородом, велоэргометр. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Подготавливают спирограф к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Испытуемый садится на велоэргометр, надевает маску и дышит воздухом, находящимся в замкнутой системе спирографа. Включают кимограф и регистрируют частоту и глубину дыхания; резервный объем выдоха, вдоха и ЖЕЛ сначала в покое, а затем во время работы на велоэргометре. По полученной кривой — спирограмме рассчитывают параметры дыхания. Для этого необходимо знать скорость движения бумаги (отмечается на оси абсцисс) и величину смещения спирограммы вверх (отмечается на оси ординат). Смещение спирограммы вверх обусловлено уменьшением объема воздуха в замкнутой системе спирографа, что происходит из-за потребления кислорода испытуемым. В инструкции по эксплуатации спирографа указано, какому отрезку оси ординат соответствует потребление 1 л кислорода.

Спирографию при физической нагрузке, когда значительно увеличивается минутный объем дыхания и потребление кислорода, целесообразно проводить спирографом с двумя спирометрами. При этом один спирометр заполняют атмосферным воздухом, а другой — чистым кислородом.

Испытуемый, работая на велоэргометре, дышит из спирометра, заполненного атмосферным воздухом. По мере поглощения кислорода из этого спирометра в него поступает соответствующее количество чистого кислорода из другого спирометра. При этом регистрируются две записи. Одна отражает частоту и глубину дыхания, а другая — количество поглощенного кислорода.

Результаты работы и их оформление. Полученную спирограмму вклейте в тетрадь. Определите ЖЕЛ и ее объемы, МОД и количество потребленного кислорода. Сравните данные, полученные в покое и во время работы на велоэргометре.

РАБОТА 5. ПНЕВМОТАХОМЕТРИЯ

Этот метод применяют для определения максимальной скорости воздушного потока при форсированном вдохе или выдохе. Полученные при пневмотахометрии показатели принято называть мощностью вдоха или выдоха. Количественные значения этих показателей колеблются в широких пределах, что зависит как от индивидуальных особенностей дыхательной системы, так и от типа пневмотахометра, поэтому их оценка при однократном исследовании затруднительна. Ценность этого метода значительно повышается при сравнении результатов повторных исследований у одного и того же испытуемого.

Для работы необходимы: пневмотахометр, спирт, вата. Объект исследования — человек.

Пневмотахометр (рис. 62) представляет собой дифференциальный пневмоманометр, по шкале которого можно определить скорость воздушного потока в м/с.

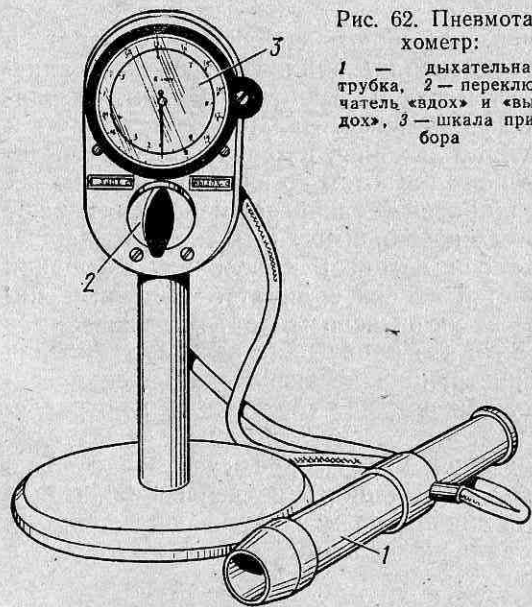


Рис. 62. Пневмотахометр:
1 — дыхательная трубка, 2 — переключатель «вдох» и «выдох», 3 — шкала прибора

Проведение работы.

Исследования выполняют при положении испытуемого стоя. Для измерения мощности вдоха испытуемый после полного выдоха делает форсированный вдох через датчик пневмотахометра. При измерении мощности выдоха испытуемый из положения максимального вдоха делает форсированный выдох через датчик пневмотахометра. Каждую операцию повторяют 5 раз. Мощность вдоха и выдоха определяют по максимальным показателям пневмотахометра.

Результаты работы и их оформление. Результаты пневмотахометрии запишите в тетрадь. Сравните результаты пневмотахометрии у разных испытуемых.

РАБОТА 6. ВЗЯТИЕ ПРОБЫ АЛЬВЕОЛЯРНОГО ВОЗДУХА ДЛЯ АНАЛИЗА

При выдохе альвеолярный воздух смешивается с воздухом вредного пространства, поэтому получить его для анализа в чистом

виде достаточно трудно. Для того чтобы взять пробу воздуха, наиболее близкую по составу к альвеолярному, используют трубку длиной 1—1,5 м и диаметром 2,5 см с отводом на одном конце (трубка Пристли).

Для работы необходимы: трубка Пристли, штатив, газоприемник, напорный сосуд, загубник, вата, спирт, подкрашенная дистиллированная вода. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Собирают установку, как показано на рис. 63. Заполняют газоприемник дистиллированной водой, закрывают верхний кран газоприемника и напорный сосуд опускают на уровень нижнего крана. Испытуемый делает глубокий выдох через загубник в трубку. В конце выдоха открывают верхний кран газоприемника. Вода из газоприемника вытекает в напорный сосуд, а газоприемник заполняется воздухом из трубки. После заполнения газоприемника альвеолярным воздухом его краны закрывают. Пробу воздуха используют для определения содержания O_2 и CO_2 .

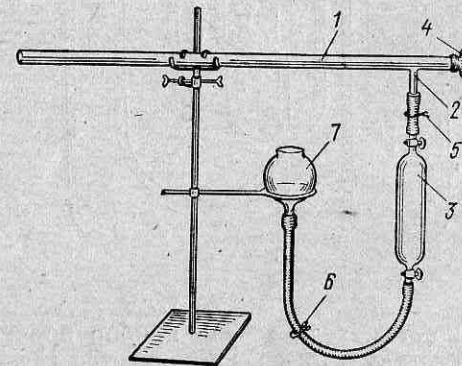


Рис. 63. Система для взятия пробы альвеолярного воздуха:

1 — дыхательная трубка, 2 — переходная трубка, 3 — сосуд для взятия пробы воздуха, 4 — загубник, 5—6 — зажимы, 7 — напорный сосуд

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте установку для взятия пробы альвеолярного воздуха.

РАБОТА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОЗДУХА

Для определения химического состава воздуха используют разные типы газоанализаторов с различными принципами действия. Наиболее простыми являются газоанализаторы Орса и Холдена (рис. 64). Принцип действия этих аппаратов основан на способности концентрированных растворов щелочей (KOH и NaOH) вступать в химическую реакцию с диоксидом углерода и связывать его, а также на способности пирогаллоловой кислоты (аппарат Холдена) и аммиачного раствора оксида меди (аппарат Орса) поглощать кислород.

Работа электронных газоанализаторов (например, спиролит П, универсальный спирограф ПТ-400) основана на различной удельной теплоемкости кислорода и диоксида углерода. В газоанализаторах этого типа в качестве датчиков используют термосопротивления (термопары), включенные в цепь измерительного моста. Балансировка измерительного моста газоанализатора, произведенная при пропускании через него атмосферного воздуха, нару-

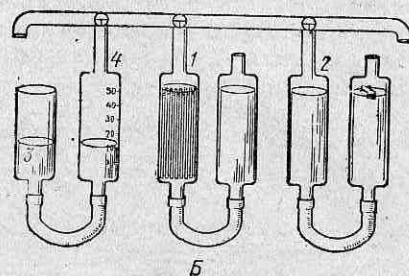
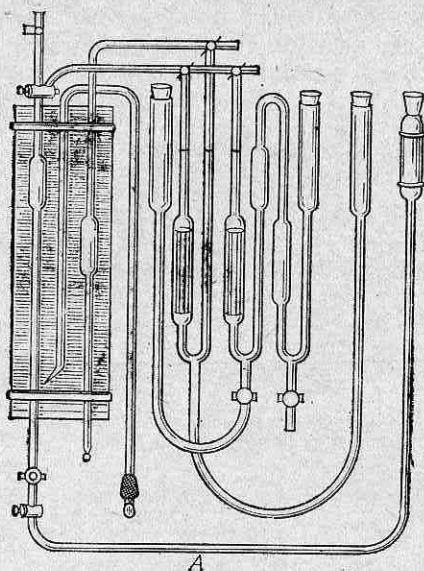


Рис. 64. Газовые анализаторы Холдена (А) и Орса (Б) (пояснение в тексте)

шается, если через прибор пропускать газовую смесь другого состава, что и регистрируется газоанализатором.

Задача 1. Определение химического состава воздуха с помощью аппарата Орса

Для работы необходимы: аппарат Орса, пробы альвеолярного или выдохнутого воздуха.

Проведение работы. Заполняют сосуд аппарата Орса (рис. 64, Б): один (со стеклянными трубками) 30%-ным раствором КОН 1, который является поглотителем диоксида углерода; другой (с медными проволочками, 2) — поглотителем кислорода — смесью, состоящей из равных объемов насыщенного раствора NH_4Cl и 25%-ного раствора аммиака. В напорный сосуд 3, соединенный с измерительной бюреткой 4, наливают дистиллированную воду и подкрашивают ее розаловой кислотой. Розаловая кислота — индикатор; в кислой среде она имеет розовый цвет, а в щелочной — желтый. Если поглотители (при неаккуратной работе) попадают в измерительную бюретку, то розаловая кислота приобретает желтую окраску. Это означает, что аппарат для дальнейшего газового анализа непригоден. Измерительная бюретка помещена в стеклянный цилиндр, который заполняют водой для стабилизации температурных условий при проведении анализа.

По меткам, нанесенным на сосудах, устанавливают уровень поглотителей. Для этого сосуды с помощью кранов последовательно соединяют с измерительной бюреткой и вертикально перемещают напорный сосуд.

Поднимая напорный сосуд, заполняют измерительную бюретку дистиллированной водой с розаловой кислотой и вытесняют из нее имеющийся воздух. Соединяют аппарат с емкостью, в которой находится проба воздуха (мешок Дугласа или газоприемник), и, опуская напорный сосуд, набирают в измерительную бюретку 100 мл исследуемого воздуха. Эту операцию повторяют трижды, причем первую и вторую порции исследуемого воздуха вытесняют в атмосферу, а третью — анализируют.

Анализ пробы начинают с поглощения диоксида углерода. Для этого измерительную бюретку с помощью крана соединяют с поглотителем диоксида углерода. Поднимая и опуская напорный сосуд, пропускают пробу воздуха 3—5 раз через поглотитель. Затем уровень поглотителя доводят до метки и закрывают кран. Совмещают уровни жидкости в напорном сосуде и измерительной бюретке. По шкале бюретки определяют количество поглощенного диоксида углерода. Например, было взято 100 мл воздуха, а после поглощения диоксида углерода осталось 96 мл, следовательно, из пробы воздуха поглотилось 4 мл диоксида углерода, что соответствует 4%.

Определив процентное содержание диоксида углерода, измерительную бюретку с помощью крана соединяют с поглотителем кислорода. Исследуемую пробу воздуха пропускают через этот поглотитель 16—20 раз. Устанавливают уровень поглотителя по метке, закрывают кран и выравнивают уровень жидкости в напорном сосуде и измерительной бюретке. По шкале измерительной бюретки определяют количество поглощенного кислорода и его процентное содержание.

Примечание. При использовании аппарата Холдена (рис. 64, А) порядок работы принципиально подобен описанному. Разница заключается в том, что у аппарата Холдена измерительная бюретка имеет емкость 10 мл, напорный сосуд заполняется ртутью, а поглотителем кислорода является пирогаллоловая кислота.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему газоанализатора. Полученные результаты запишите в тетрадь и сравните их с газовым составом атмосферного воздуха. Объясните разницу.

Задача 2. Определение процентного содержания кислорода и диоксида углерода с помощью спиролита

Для работы необходимы: спиролит, велоэргометр. Объект исследования — человек.

Проведение работы. В соответствии с инструкцией по эксплуатации готовят спиролит к работе. Испытуемый садится на велоэргометр и надевает маску, позволяющую вдыхать атмосферный воздух и направлять выдыхаемый воздух в спиролит.

Регистрацию процентного содержания кислорода и диоксида углерода производят в покое и во время работы на велоэргометре.

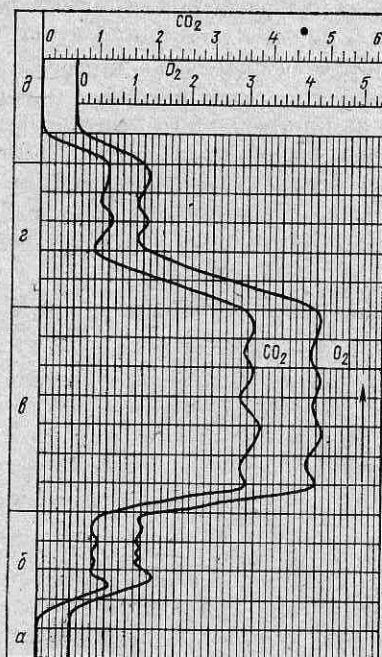


Рис. 65. Кривая поглощенного кислорода и выделенного диоксида углерода (%):
 α — в комнатном воздухе, δ — до работы, ϵ — во время работы, θ — в период восстановления, δ — линейки для расчета поглощенного O_2 и выделенного CO_2 (%)

Типичная запись и порядок определения процентного содержания кислорода и диоксида углерода в выдыхаемом воздухе с помощью спиролита приведены на рис. 65.

Результаты работы и их оформление. Полученные записи вклейте в тетрадь. Определите процентное содержание кислорода и диоксида углерода в выдыхаемом воздухе в покое и во время работы. Объясните полученные различия.

РАБОТА 8. ОКСИГЕМОМЕТРИЯ И ОКСИГЕМОГРАФИЯ

Оксигеметрия и оксигемография позволяют определить процент оксигемоглобина в крови в каждый данный момент времени. Специальные приборы — оксигемометр и оксигемограф — основаны на фотоэлектрическом принципе действия. Интенсивность светового потока, падающего на фотоэлемент датчика, зависит от степени насыщения гемоглобина кислородом. Оксигемометр имеет стрелочный индикатор, его шкала градуирована в процентах содержания оксигемоглобина в крови; оксигемограф — регистратор, записывающий изменения содержания оксигемоглобина в крови на движущейся бумажной ленте.

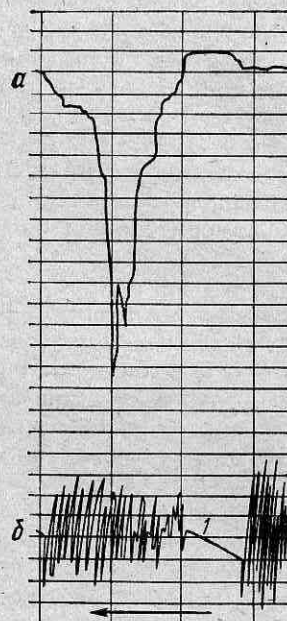


Рис. 66. Параллельная запись оксигеграммы (а) и дыхания (б):
 1 — задержка дыхания; стрелкой указано направление записи

Для работы необходимы: оксигемометр или оксигемограф. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Готовят прибор к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Фотоэлектрический датчик укрепляют на мочке уха. При необходимости проводят калибровку прибора. Определяют процентное содержание оксигемоглобина в крови при гипервентиляции легких и задержке дыхания (рис. 66).

Результаты работы и их оформление. Полученные данные запишите в тетрадь. Объясните причины увеличения и уменьшения процентного содержания оксигемоглобина в крови.

РАБОТА 9. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА РЕГУЛЯЦИЮ ДЫХАНИЯ

В регуляции дыхания участвуют нервные и гуморальные механизмы. Целенаправленно изменяя условия эксперимента, можно выявить роль как нервных, так и гуморальных механизмов в регуляции дыхания.

Для работы необходимы: кимограф, универсальный штатив, пневмодатчик, капсула Марэ, набор хирургических инструментов, трахеотомическая трубка, операционный стол, нембутал, шприц, газовая смесь, содержащая 15% кислорода и 5% диоксида углерода. Объект исследования — кролик.

Проведение работы. Наркотизированного нембуталом (40 мг/кг, внутривенно) кролика фиксируют на операционном столе. От-

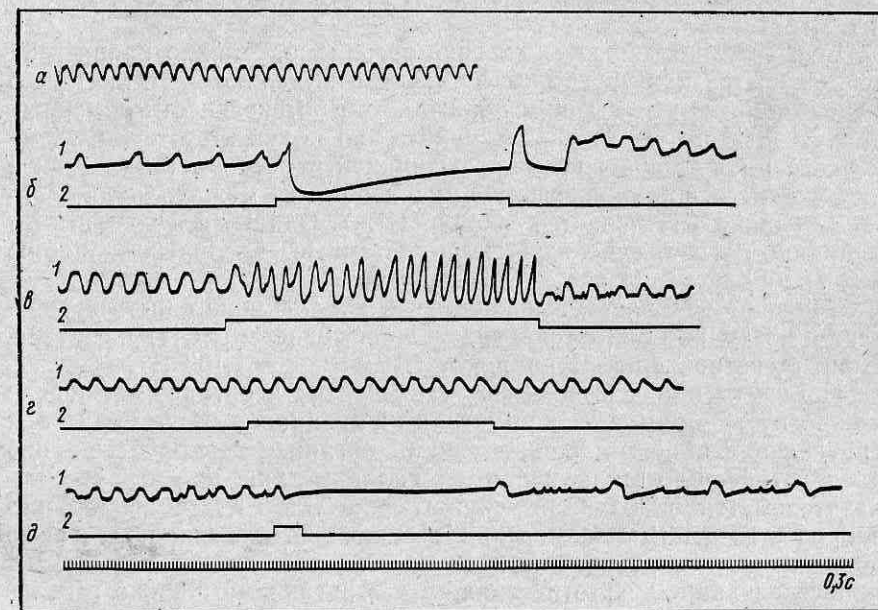


Рис. 67. Влияние некоторых факторов на регуляцию дыхания у экспериментального животного (пояснение в тексте):

1 — кривая дыхания, 2 — длительность воздействия применяемого фактора

препаровывают сонные артерии, блуждающие и депрессорные нервы. Производят трахеотомию и вводят в трахею трахеотомическую трубку. На грудную клетку кролика накладывают пневмодатчик и соединяют его с капсулой Марэ, укрепленной на универсальном штативе. Регистрируют (рис. 67): *a* — исходное дыхание атмосферным воздухом; *b* — дыхание после закрытия отверстия трахеотомической трубки; *c* — дыхание газовой смесью, содержащей 15% кислорода и 5% диоксида углерода; *г* — дыхание газовой смесью после перерезки депрессорных нервов и денервации каротидного гломуса; *d* — дыхание после перерезки блуждающих нервов.

Результаты работы и их оформление. Полученные пневмограммы вклейте в тетрадь. Объясните механизмы изменения дыхания при различных условиях эксперимента.

ГЛАВА VI

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Обмен веществ и энергии между организмом и внешней средой — неотъемлемое свойство живой материи. Энергия, освобождающаяся при диссимиляции, обеспечивает все жизненные процессы организма (кровообращение, дыхание, мышечное сокращение и т. д.).

Всю энергию, образующуюся в организме, можно принять за тепловую, так как другие виды энергии выделяются в ничтожно малых количествах. Таким образом, об интенсивности обменных процессов в организме можно судить по количеству тепла, выделенного им в единицу времени. Единицей измерения тепла (как и любого другого вида энергии) в принятой ныне международной системе единиц СИ является джоуль (Дж). Однако в физиологии и медицине обычно используют внесистемные единицы — калорию или килокалорию (1 ккал = 4,19 кДж).

Тепловая мощность, выраженная в ккал/ч, может быть переведена в ватты (единицы тепловой мощности системы СИ) в соответствии с соотношением $1 \text{ ккал/ч} = 1,163 \text{ Дж/с} = 1,163 \text{ Вт}$.

Измерить количество освобождающейся в организме энергии можно путем прямой калориметрии в специальных камерах для определения общей теплопродукции организма. Более широко распространены методы непрямой калориметрии, при которых показателем теплопродукции служит количество потребленного кислорода. Результаты измерения выделенной энергии, полученные обоими методами, совпадают.

Исследование энергетических затрат организма широко используют в физиологии труда, спортивной медицине и клинике. Интенсивность обмена увеличивается пропорционально нагрузке, поэтому важно знать, сколько энергии тратит организм для выполнения той или иной работы. В клинике обычно определяют *основной об-*

мен, который отражает минимальный уровень расхода энергии для поддержания жизнедеятельности организма. Основной обмен измеряют утром, натощак (не ранее, чем через 12 ч после приема пищи), при температуре комфорта ($+22^\circ\text{C}$), лежа, т. е. в условиях относительного физического и психического покоя.

Условия для измерения основного обмена трудно создать в учебной лаборатории, поэтому здесь обычно измеряют уровень обмена испытуемого в данный момент времени при мышечном покое и при физической нагрузке.

РАБОТА 1. РАСЧЕТ ОСНОВНОГО ОБМЕНА ПО ТАБЛИЦАМ

Специальные таблицы (см. приложение 1,2) дают возможность по росту, возрасту и массе тела испытуемого определить среднестатистический уровень основного обмена человека. При сопоставлении этих среднестатистических величин с результатами, полученными при исследовании рабочего обмена с помощью приборов, можно вычислить затраты энергии для выполнения той или иной нагрузки.

Для работы необходимы: ростомер, весы, таблицы для определения основного обмена. Объект исследования — человек.

Проведение работы. С помощью ростомера и весов измеряют рост испытуемого и взвешивают его. Если взвешивание производилось в одежде, то полученный результат следует уменьшить на 5 кг для мужчин и на 3 кг для женщин. Далее используют таблицы. Таблицы для определения основного обмена мужчин и женщин разные, так как у мужчин уровень основного обмена в среднем на 10% выше, чем у женщин. Таблицами пользуются следующим образом. Если, например, испытуемым является мужчина 25 лет, имеющий рост 168 см и массу 60 кг, то по таблицам для определения основного обмена мужчин (часть А) находят рядом со значением массы испытуемого число 892. В приложении 1 (часть Б) находят по горизонтали возраст (25 лет) и по вертикали рост (168 см), на пересечении граф возраста и роста находится число 672. Сложив оба числа ($892 + 672 = 1564$), получают среднестатистическую величину нормального основного обмена человека мужского пола данного возраста, роста и массы — 1564 ккал.

Результаты работы и их оформление. Сопоставьте величину основного обмена, полученную для данного испытуемого с помощью приборов, с результатом, найденным по таблицам. Сопоставьте найденную в таблице величину основного обмена со значениями, полученными по формуле Риды.

РАБОТА 2. ВЫЧИСЛЕНИЕ ОСНОВНОГО ОБМЕНА ПО ФОРМУЛЕ РИДА

Формула Риды дает возможность вычислить процент отклонения величины основного обмена от нормы. Эта формула основана на существовании взаимосвязи между артериальным давлением, частотой пульса и теплопродукцией организма. Определение основного обмена по формулам всегда дает только приблизительные

результаты, но при ряде заболеваний (например, тиреотоксикоз) они достаточно достоверны и поэтому часто применяются в клинике. Допустимым считается отклонение до 10% от нормы.

Для работы необходимы: сфигмоманометр, фонендоскоп, секундомер или часы с секундной стрелкой. Объект исследования — человек.

Проведение работы. У испытуемого определяют частоту пульса с помощью секундомера и артериальное давление по способу Короткова 3 раза с промежутками в 2 мин при соблюдении условий, необходимых для определения основного обмена. Процент отклонений основного обмена от нормы определяют по формуле Риды: $ПО = 0,75 \cdot (ЧП + ПД \cdot 0,74) - 72$, где $ПО$ — процент отклонения основного обмена от нормы, $ЧП$ — частота пульса, $ПД$ — пульсовое давление, равное разности величин систолического и диастолического давления. Числовые величины частоты пульса и артериального давления берут как среднее арифметическое из трех измерений.

Пример расчета. Пульс 75 ударов/мин, артериальное давление 120/80 мм рт. ст. Процент отклонения $= 0,75 \cdot [75 + (120 - 80) \cdot 0,74] - 72 = 0,75 \cdot [75 + 40 \cdot 0,74] - 72 = 6,45$. Таким образом, основной обмен у данного испытуемого повышен на 6,45%, т. е. находится в пределах нормы.

Для упрощения расчетов по формуле Риды существует специальная номограмма (рис. 68). С ее помощью, соединив линейкой значения частоты пульса и пульсового давления, на средней линии легко определяют величину отклонения основного обмена от нормы.

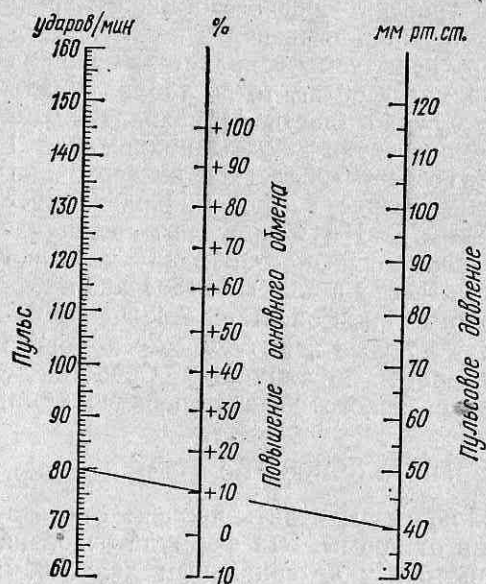


Рис. 68. Номограмма для формулы Риды

Результаты работы и их оформление. Вычислите величину отклонения основного обмена от нормы по формуле Риды. Определите то же по номограмме. Вычислите, сколько ккал (Дж) составляет определенный вами процент отклонения. Поскольку в учебной лаборатории обычно не соблюдаются условия, необходимые для определения основного обмена, то результаты, полученные вами, будут лишь приблизительно отражать уровень рабочего обмена испытуемого. Определите рабочую прибавку теплопродукции, сопоставив ваши результаты с уровнем основного обмена, полученным по таблицам.

РАБОТА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГИИ МЕТОДОМ ПОЛНОГО ГАЗОВОГО АНАЛИЗА

Метод полного газового анализа основан на одновременном определении с помощью какого-либо специального аппарата количества поглощенного в единицу времени кислорода и выделенного диоксида углерода, т. е. в результате опыта определяется дыхательный коэффициент. Зная дыхательный коэффициент, по таблице (см. приложение 3) находят соответствующий ему калорический эквивалент кислорода и затем вычисляют затраты энергии в единицу времени. Примеры расчета приведены в задачах.

Классическим способом определения расхода энергии является способ Дугласа — Холдена, который широко распространен и в настоящее время. Этим методом определяют расход энергии при относительном покое и при нагрузке.

Для работы необходимы: мешок Дугласа, газоанализатор Холдена¹, газовый счетчик, загубник, трехходовой кран с выдыхательным клапаном (или зажимы для мешка Дугласа). Объект исследования — человек.

Задача 1. Определение расхода энергии в состоянии относительного покоя

Проведение работы. Испытуемый, спокойно сидя на стуле, в течение 5 мин выдыхает воздух в мешок Дугласа. Затем мешок закрывают и проводят газовый анализ находящегося в нем воздуха. Измеряют объем выдохнутого воздуха с помощью газового счетчика. По данным газового анализа и объема выдохнутого воздуха производят расчет. (Содержание кислорода в атмосферном воздухе можно принять равным 21%, а содержанием диоксида углерода пренебречь.)

Допустим, что по результатам газового анализа выдохнутого воздуха в нем содержится 17% O_2 и 3,5% CO_2 . Следовательно, из каждых 100 мл воздуха, прошедших через легкие, поглощено организмом 4 мл O_2 и выделено при этом 3,5 мл CO_2 . Рассчитывают потребление кислорода за 1 мин². Определяют дыхательный коэффициент: $ДК = \frac{CO_2 \text{ выделенный}}{O_2 \text{ поглощенный}} = \frac{3,5}{4} = 0,87$.

Испытуемый за 5 мин выдохнул, например, 30 л воздуха. Следовательно, МОД у него равен 6 л или 6000 мл ($30 : 5 = 6$ л). Составляют пропорцию: из 100 мл воздуха потребляется 4 мл O_2 , из 6000 мл воздуха потребляется x мл O_2 ; $x = (6000 \times 4 / 100) = 240$ мл, т. е. испытуемый за 1 мин поглощает 240 мл кислорода. Калорический эквивалент O_2 при данном дыхательном коэффициенте находят по таблице (см. приложение 3), он равен 4,88. Умножая объем погло-

¹ Газоанализатор Холдена может быть заменен аналогичными, но более простыми аппаратами Орса, Ллойда и др., а также современными автоматическими газовыми анализаторами типа спиролита.

² При расчетах расхода энергии на лабораторных занятиях допустимы некоторые упрощения. Объемы вдыхаемого и выдыхаемого воздуха считают равными, хотя в действительности объем выдыхаемого воздуха несколько меньше, так как часть поглощенного кислорода используется на окисление водорода и выделяется в виде воды. Однако разница столь мала, что ею можно пренебречь. Чтобы сравнить данные, полученные при разных условиях, следует приводить объем воздуха к нормальным условиям, т. е. к температуре 0°C и давлению 760 мм рт. ст.

щенного за 1 мин O_2 на калорический эквивалент O_2 , находят расход энергии испытуемого за 1 мин: $0,240 \times 4,88 = 1,77$ ккал. Расход энергии за 1 ч: $1,77 \text{ ккал} \times 60 = 106,2$ ккал, за сутки расход энергии (при сохранении в течение суток относительного покоя) будет равен $106,2 \text{ ккал} \times 24 = 2548,8$ ккал.

Задача 2. Определение расхода энергии при мышечной работе

Это исследование проводят на том же испытуемом, у которого определяли расход энергии в состоянии относительного покоя, чтобы иметь возможность сравнить полученные результаты. Испытуемому предлагают в течение 3—5 мин выполнять какие-либо физические упражнения (например, на велоэргометре; если его нет, то можно предложить приседания, бег на месте и т. д.). При этом испытуемый должен выдыхать воздух в мешок Дугласа. Определение МОД, анализ выдыхаемого воздуха и расчеты проводят так же, как в предыдущей задаче.

Результаты работы и их оформление. Сопоставьте результаты, полученные в 1-й и 2-й задачах. Определите основной обмен испытуемого по таблицам, сравните с полученными вами результатами, определите рабочую прибавку.

РАБОТА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГИИ МЕТОДОМ НЕПОЛНОГО ГАЗОВОГО АНАЛИЗА

Метод неполного газового анализа основан на определении расхода энергии по количеству кислорода, потребленного в единицу времени. Для работы могут быть использованы различные аппараты: спирометаболограф, аппарат Крога, аппарат Бенедикта-Рота, аппарат Книппинга¹, метаболитры разных систем. Все они снабжены поглотителем диоксида углерода, и принципы их конструкции сходны между собой. Ниже описана работа с одним из распространенных приборов — спирометаболографом.

Для работы необходимы: спирометаболограф, загубники, спирт, вата. Объект исследования — человек.

Спирометаболограф (рис. 69) представляет собой замкнутую циркуляционную систему, состоящую из спирометра, поглотителя CO_2 и клапанной коробки с краном включения испытуемого. Колокол спирометра соединен с писчиком. Рабочий объем спирометра 6 л. Спирометр точно реагирует на изменение объема в системе прибора при переходе дыхательного воздуха из системы в легкие и обратно. Перемещения колокола спирометра, соответствующие объему дыхания, записываются писчиком на бумаге.

Выдыхаемый испытуемым воздух через дыхательный клапан направляется в поглотитель CO_2 и водяных паров, затем поступает под колокол спирометра и смешивается с воздухом системы (или O_2 , если система была заранее заполнена кислородом).

Объем циркуляционной системы прибора в процессе исследования уменьшается на объем поглощенного испытуемым кислорода. Это изменение объема регистрируется писчиком в виде нисходящей кривой дыхательных движений.

Проведение работы. Испытуемый спокойно лежит на кушетке с загубником во рту, присоединенным к прибору двумя резиновыми шлангами с клапанами. Нос испытуемого зажимают специальным зажимом. Когда у испытуемого устанавливается спокойное дыхание, начинают исследование — переключают кран на циркуляцию дыхательного воздуха через аппарат и включают лентопотяжный механизм. Запись ведется на миллиметровой бумаге. Для определения расхода энергии дыхательные движения записывают при скорости кимографа 25 мм/мин. На листе записывается кривая потребления кислорода. Опыт продолжается 3—5 мин.

Полученная в опыте кривая (спирограмма) служит для вычисления объема поглощенного кислорода и определения расхода энергии. Потребление кислорода (в 1 мин) определяют по наклону спирограммы. 3 см записи по вертикали соответствуют 1 л поглощенного O_2 , 2,5 см записи по горизонтали соответствуют 1 мин. Определив количество поглощенного за 1 мин O_2 , вычисляют его потребление за 1 ч, а если соблюдены условия для определения основного обмена, то за сутки. Для определения величины расхода энергии объем поглощенного в единицу времени кислорода умножают на калорический эквивалент кислорода (в среднем 4,8 ккал).

Результаты работы и их оформление. Вырежьте спирограмму, наклейте ее в тетрадь. Сравните ваши результаты с величиной основного обмена, определенной по таблицам для данного испытуемого.

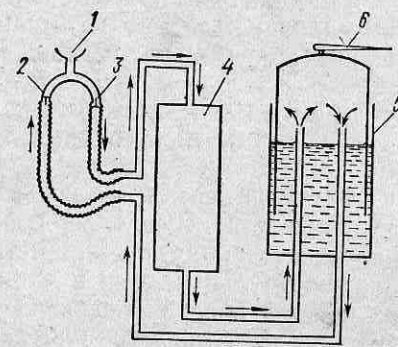


Рис. 69. Схема устройства спиро-метаболога:

1 — загубник, 2 — вдыхательный клапан, 3 — выдыхательный клапан, 4 — поглотитель CO_2 , 5 — спирометр, 6 — писчик

ГЛАВА VII ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

В пищеварительном тракте происходят сложные и разнообразные процессы, связанные с усвоением пищи, необходимой для пополнения энергетических затрат организма и удовлетворения его потребностей в пластических веществах.

¹ Аппарат Книппинга может быть использован также при исследовании расхода энергии методом полного газового анализа.

Пищевые продукты, поступающие в пищеварительный тракт, подвергаются механической и химической обработке, перемещаются, питательные вещества всасываются, а остатки непереваренной пищи выделяются в окружающую среду. Все это происходит за счет секреторной, моторной и всасывательной функций пищеварительной системы. Кроме того, пищеварительной системе присущи инкреторная и экскреторная функции.

Методические приемы, используемые для изучения физиологии пищеварения, весьма многочисленны и разнообразны. Некоторые из них приведены в настоящем разделе практикума.

РАБОТА 1. НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИКИ НАЛОЖЕНИЯ ФИСТУЛ РАЗЛИЧНЫХ ОТДЕЛОВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА

Фистульные методы исследования имеют чрезвычайно важное значение для исследования функций различных отделов пищеварительного аппарата. Эти методы дают возможность: а) получать пищеварительные соки в чистом виде для последующего анализа их состава и переваривающих свойств; б) изучать механизмы регуляции деятельности пищеварительных желез; в) наблюдать за скоростью продвижения пищи в различных отделах пищеварительного тракта и ее химическими превращениями; г) исследовать моторику пищеварительного тракта.

Выбор животного и подготовка к операции. Операции по наложению фистул пищеварительного тракта разработаны для многих видов животных и птиц, но для учебных целей лучше использовать собак. В эксперимент целесообразно брать беспородных молодых собак в возрасте до 2—3 лет, с добрым нравом (ласковых), с гладкой и короткой шерстью. Животные должны быть здоровыми и достаточно упитанными. Для операций по наложению фистул желудка, протока поджелудочной железы и кишечника способом Тири-Велла желателно брать небеременных самок. За сутки до операции животных чистят и моют, а за 10—12 ч прекращают кормить.

Все операции проводят под общим наркозом с соблюдением правил асептики и антисептики. Необходимые хирургические инструменты и шприцы стерилизуют кипячением. Перевязочный материал (тампоны, салфетки, бинты) и хирургическое белье (халаты, колпаки, полотенца, простыни) складывают в биксы и стерилизуют в автоклаве под давлением в 1,5—2 атм в течение 20—40 мин. Шелк кипятят, а затем хранят в 70%-ном спирте. Хирург и его ассистенты тщательно моют руки и обрабатывают их 70%-ным спиртом. Кожу под ногтями смазывают 5%-ным спиртовым раствором иода. Наркотизация собак может быть произведена одним из следующих способов. Собаке под кожу вводят 1%-ный раствор морфия из расчета 1 мл/кг массы. Через 15—20 мин собаку фиксируют на операционном столе и с помощью маски, надетой на морду, дают ингаляционный наркоз (эфир или смесь эфира и хлороформа в соотношении 2:1). В качестве нар-

котических средств могут быть использованы также тиопентал натрия или нембутал, которые вводят внутривенно. Дозы: нембутала — 30—40 мг/кг массы, тиопентала натрия — 20 мг/кг.

ПРОВЕДЕНИЕ ХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Операция 1. Наложение фистулы околоушной слюнной железы

Наркотизированную собаку фиксируют на операционном столе в положении на спине или на боку. На одной щеке выстригают

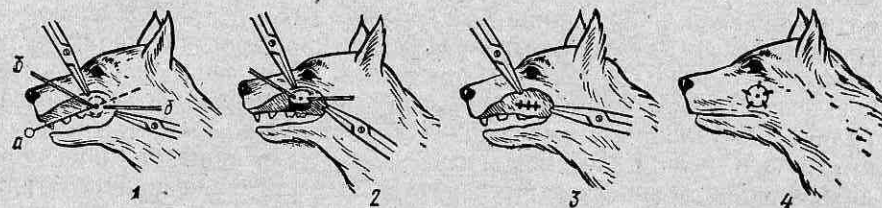


Рис. 70. Этапы операции наложения фистулы околоушной слюнной железы: 1 — введение зонда (а) и наложение лигатуры (б); 2 — разрез слизистой оболочки и препаровка протока, 3 — наложение швов на слизистую оболочку, 4 — участок слизистой оболочки с протоком, подшитым в коже

и выбривают шерсть. Операционное поле дважды дезинфицируют 5%-ным спиртовым раствором иода и изолируют от окружающих участков стерильной салфеткой с разрезом. Широко раскрывают рот животного и отыскивают отверстие протока околоушной слюнной железы, которое обычно находится над третьим коренным зубом (рис. 70). В проток слюнной железы вводят пуговичный зонд диаметром 0,15—0,25 мм на глубину 5—6 см. При введении в проток зонд вначале направляют перпендикулярно слизистой оболочке, а затем параллельно зубному краю верхней челюсти по направлению к уху. На слизистую оболочку спереди и сзади от отверстия протока на расстоянии 0,5 мм накладывают, не завязывая, две лигатуры, которые метят узлами. После этого остроконечными ножницами или скальпелем вокруг протока производят круговой разрез слизистой оболочки (диаметром 1—1,5 см) и аккуратно препарируют проток на расстоянии 2—4 см. Из отпрепарированного протока извлекают зонд и остроконечным скальпелем прокалывают щеку изнутри. Со стороны разрезанной кожи конец скальпеля захватывают гемостатическим пинцетом, концы которого через рану выходят на внутреннюю поверхность щеки. Захватив пинцетом ранее наложенные лигатуры, через разрез щеки выводят отпрепарированную часть протока с участком слизистой оболочки. На поверхности кожи участок слизистой оболочки расправляют так, чтобы передняя лигатура расположилась сзади, а задняя спереди и четырьмя-пятью узловатыми швами подшивают к краям кожной раны. Рану слизистой оболочки ротовой полости зашивают

непрерывным швом. После операции, раздражая слизистую оболочку языка 0,5%-ным раствором HCl, проверяют проходимость выведенного слюнного протока (через него должна выделяться слюна).

Операция 2. Эзофаготомия

Зафиксировав наркотизированную собаку на операционном столе в положении на спине, готовят в области шеи операционное поле. На 1—2 см ниже гортани разрезают кожу и подкожную клетчатку по средней сагиттальной линии. Длина разреза 10—12 см. Слева от трахеи тупым способом отпрепаровывают пищевод. Захватив пищевод двумя пинцетами, производят его продольный разрез длиной 8—10 см. Края разрезанного пищевода подшивают узловатыми швами к краям кожной раны. Если разрез кожи будет несколько больше разреза пищевода, то накладывают необходимое количество узловатых швов на кожу. Эзофаготомию можно осуществить и другим способом. После препаровки пищевода производят его полный поперечный разрез. Концы пищевода подшивают к коже: один в переднем, а другой — в заднем углу кожной раны. Кожную рану ушивают узловатыми швами.

Операция 3. Наложение фистулы желудка

Эта операция была предложена русским хирургом В. А. Басовым в 1842 г. Наркотизированную собаку фиксируют на операционном столе в положении на спине. Операционное поле выбривают, дважды обрабатывают 5%-ным раствором иода и изолируют от окружающих участков стерильной салфеткой с разрезом в центре. На 2—3 см ниже мечевидного отростка послойно разрезают брюшную стенку по белой линии. Длина разреза 6—8 см. Через разрез брюшной стенки извлекают желудок и фиксируют его с помощью марлевых салфеток, смоченных теплым физиологическим раствором, и кишечных жомов. Можно поддерживать желудок с помощью лигатур (рис. 71). Ближе к большой кривизне продольно по отношению к телу желудка накладывают серозно-мышечный кисетный шов. Он должен охватывать участок стенки желудка длиной 3—4 см и шириной 1,5—2 см. После наложения кисетного шва стенку желудка захватывают двумя пинцетами и немного приподнимают. В центре участка, окруженного кисетным швом, разрезают стенку желудка и в разрез вводят фистулу. Введение фистулы значительно облегчается, если на ее кольцо, вводимом в желудок, имеется небольшой вырез. При этом в разрез желудка сначала вводится часть кольца с вырезом. Вырез фиксируют у одного края раны и энергичным вращательным движением погружают фистулу внутрь желудка. Наружное отверстие фистулы должно быть закрыто пробкой. После введения фистулы в желудок затягивают кисетный шов, заправляя края раны вовнутрь. Завязав хирургическим узлом первый кисетный шов, накладывают вокруг фистулы второй кисетный шов. При затягивании второго кисетного шва первый шов погружается под второй. Кисетный шов вокруг фистулы покрывают саль-

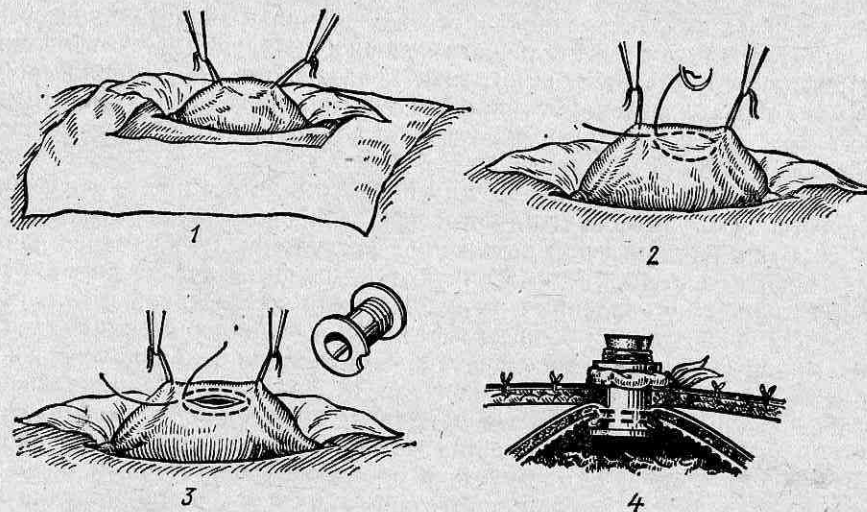


Рис. 71. Этапы операции наложения фистулы желудка по Басову: 1 — фиксация желудка с помощью лигатур, 2 — наложение кисетного шва, 3 — разрез желудка и фистула, 4 — положение наложенной фистулы

ником. Желудок погружают в брюшную полость, а фистулу с помощью оставшихся концов лигатуры от кисетного шва фиксируют в переднем углу раны. Рану брюшной стенки послойно зашивают: сначала непрерывным швом брюшину, затем узловатыми швами апоневрозы брюшных мышц и, наконец, узловатыми швами кожу. Операционное поле обрабатывают 5%-ным спиртовым раствором иода и накладывают на рану коллодиевую повязку. Швы снимают через 6—7 дней.

Операция 4. Изолированный желудочек у собаки (по Павлову)

Методика операции изолированного желудочка, предложенная в 1878 г. Р. Гейденгайном, не учитывала топографию нервов, иннервирующих желудок, поэтому при выкраивании и формировании изолированного желудочка нервы оказывались перерезанными, а желудочек — денервированным (рис. 72, А). В связи с этим секре-

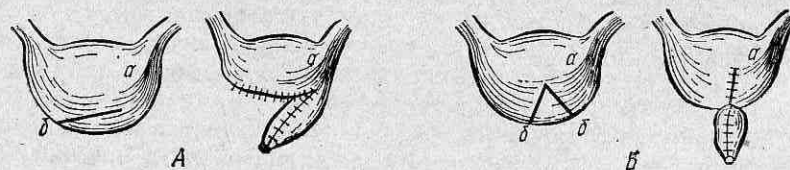


Рис. 72. Иннервация желудка и топография его разреза при формировании изолированного желудочка по И. П. Павлову (А) и Р. Гейденгайну (Б): а — нервные волокна желудка, б — разрезы

торная функция денервированного желудочка в значительной степени отличалась от деятельности основного желудка. И. П. Павлов (1894), учтя недостатки методики Гейденгайна, предложил свой способ операции изолированного желудочка (рис. 72, Б). При этом секрета изолированного желудочка полностью отражает секреторную функцию основного желудка.

Операцию проводят под общим наркозом. Фиксацию животного, подготовку операционного поля и разрез брюшной стенки осуществляют так же, как и при наложении фистулы желудка. Через разрез брюшной стенки на смоченную теплым физиологическим раствором салфетку извлекают желудок вместе с селезенкой и сальником. Намечают линии разреза и размеры изолированного желудочка. Крупные кровеносные сосуды, проходящие по большой кривизне ближе к пилорической части желудка, перевязывают. Параллельно большой кривизне желудка в направлении от пилорической части к кардиальной накладывают два мягких кишечных жома на расстоянии 3—4 см друг от друга и производят между ними разрез стенки желудка. Разрез делают от пилорической части желудка к кардиальной, не достигая края на 5—6 см. Остановив кровотечение и обработав края разреза, изолированный лоскут желудка обертывают марлевой салфеткой и осторожно, стараясь не повредить нервы, разрезают слизистую оболочку той части стенки желудка, которая соединяет желудок с изолированным лоскутом, а затем отпрепаровывают ее в обе стороны на 6—10 см. После этого в области перемычки, соединяющей желудок и его лоскут, с каждой стороны накладывают узловые швы, с помощью которых формируют своды большого желудка и изолированного желудочка, а также мост между ними, через который к изолированному желудочку проходят кровеносные сосуды и нервы. Чтобы сформировать свод, с каждой стороны накладывают по 3—4 шва. При этом иглу вкалывают в мышечный слой у края слизистой оболочки, затем двумя-тремя стежками подхватывают только подслизистую оболочку, после чего шов затягивают и завязывают на краю мышечного слоя. В области перемычки подслизистая оболочка прошивается не полностью, а только наполовину.

Сформировав свод изолированного желудочка, аналогичным образом накладывают швы и формируют свод большого желудка. Мышечную перемычку прошивают 3—4 лигатурами и при их затягивании получается мост, соединяющий большой желудок и изолированный желудочек. После этого лигатуры, формирующие своды и мост, обрезают и приступают к зашиванию полости большого желудка. Сначала прошивают, начиная от свода, слизистую оболочку. При этом следят, чтобы края слизистой оболочки были направлены вовнутрь желудка. Так же, начиная со свода, прошивают слизистую оболочку изолированного желудочка, оставив в нем отверстие диаметром 1—1,5 см. Затем по всей длине разреза накладывают серозно-мышечный шов, по ходу которого подшивают свободный конец сальника. Зашив стенку желудка и сформировав изолированный желудочек, желудок погружают в брюшную полость, а от-

крытый конец изолированного желудочка подшивают четырьмя-пятью узловатыми швами в переднем углу кожной раны, после чего в него вводят дренаж из резиновой трубки.

Рану брюшной стенки зашивают так же, как и при наложении фистулы желудка, на нее накладывают повязку. В изолированный желудочек можно вставить фистулу. При этом его стенку зашивают полностью. Затем на него накладывают кисетный шов, в центре которого делают разрез и вводят фистулу. Зафиксировав фистулу кисетным швом, ее выводят в разрез брюшной стенки, а брюшную стенку зашивают. Введение фистулы в большей степени предохраняет ткани брюшной стенки от воздействия желудочного сока, который секреторирует изолированный желудочек.

Операция 5. Фистула протока поджелудочной железы

После наркотизации, фиксации животного и подготовки операционного поля разрезают брюшную стенку по белой линии. Через разрез выводят двенадцатиперстную кишку и находят проток поджелудочной железы. Тупым путем проток отделяют от окружающих тканей. Вокруг места его впадения в двенадцатиперстную кишку вырезают часть стенки кишки. Разрез стенки двенадцатиперстной кишки делают в форме овала длиной 1 см и шириной 0,5 см. В центре овального лоскута кишечной стенки должно находиться отверстие протока. Лоскут с протоком заворачивают в марлевую салфетку, смоченную теплым физиологическим раствором. Зашивают отверстие в двенадцатиперстной кишке, для чего накладывают серозно-мышечные швы и изнутри троакаром или скальпелем прокалывают брюшную стенку как можно ближе к месту расположения поджелудочной железы. Через прокол с помощью пинцета выводят проток поджелудочной железы с участком кишки, который узловатыми швами подшивают к краям кожной раны. Разрез брюшной стенки зашивают так же, как при наложении фистулы желудка, на рану накладывают коллодиевую повязку.

Операция 6. Наложение фистулы кишечника по способу Тири-Велла

Зафиксировав наркотизированное животное на операционном столе и подготовив операционное поле, производят разрез брюшной стенки по белой линии ниже пупка длиной 6—8 см (рис. 73). Через разрез извлекают часть тонкого кишечника и выбирают участок длиной 25—30 см. На оба конца выбранного участка накладывают по два кишечных жома на расстоянии 2 см друг от друга и перерезают между ними кишку. Изолированный участок кишки обертывают салфеткой, смоченной теплым физиологическим раствором, и приступают к восстановлению проходимости кишечника, для чего перерезанные концы кишечника сшивают или встык, т. е. по типу «конец в конец», или путем наложения бокового соустья — «бок в бок». Восстановив проходимость кишечника, изолированный участок кишки погружают в брюшную полость, концы его фиксируют в углах раны брюшной стенки узловатыми швами,

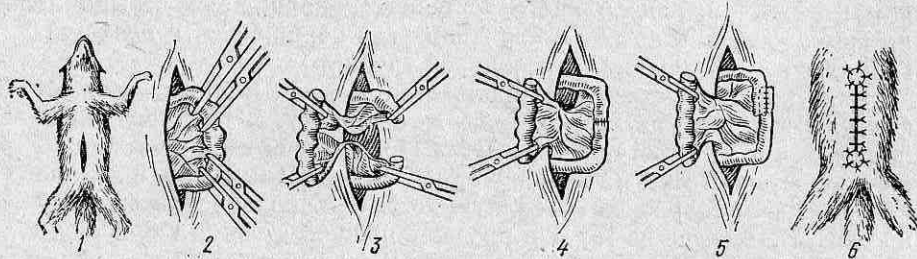


Рис. 73. Этапы операции наложения фистулы кишечника:

1 — разрез брюшной стенки, 2 — часть кишечника с наложенными жомами, 3 — разрез кишечника, восстановление проходимости кишечника, 4 — анастомоз встык по типу «конец в конец», 5 — анастомоз путем наложения бокового соустья по типу «бок в бок», 6 — концы изолированной кишки, подшитые к краям кожной раны

а рану зашивают. Концы изолированного участка кишки можно вывести сбоку от разреза брюшной стенки через сделанные троакар-ом дополнительные отверстия.

РАБОТА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЮНООТДЕЛЕНИЯ У СОБАКИ

Для работы необходимы: станок для фиксации собаки, воронка для соби- рания слюны, мерный цилиндр, пробирки, звонок, миски для кормления, мен- делеевская замазка, 0,5%-ный раствор HCl, мясо, молоко, хлеб, сухарный по- рошок. Объект исследования — собака с фистулой околоушной слюнной железы.

Проведение работы. Собаку с фистулой околоушной слюнной железы и выработанным условным слюноотделительным рефлексом (например, на звонок) помещают в станок (в течение 10—12 ч до опыта собаку желатель-но не кормить!). На коже щеки, где вы- веден проток околоушной железы, с помощью менделеевской замаз- ки фиксируют воронку для сбора слюны. При этом замазка не должна быть слишком горячей, и все манипуляции, связанные с фиксацией фистулы, не должны причинять боль животному, так как это может затормозить слюноотделение. В отдельных мисках приготавливают различную пищу. Для соби- рания слюны к воронке подвешивают пробирку и определяют исходное слюноотделение. Затем исследуют слюноотделение в различных экспериментальных условиях: а) при включении звонка, б) при кормлении мелко из- рубленными кусочками мяса (40 г), в) при кормлении хлебом (40 г), г) сухарным порошком (20 г), д) сухарным порошком (20 г), смоченным 10 мл воды, е) молоком (200 мл) и ж) при 2—3- кратном вливании в рот собаки 0,5%-ного раствора HCl по 0,5 мл.

Результаты работы и их оформление. Результаты исследования запишите в таблицу и проанализируйте их. Объясните влияние различных факторов на слюноотделение.

Условия получения слюны	Время сбора слю- ны, мин	Количество слюны, мл
Исходное слюноотделение	2	
Слюноотделение при включении звонка (условно- рефлексорное)	2	
Кормление мясом (40 г)	2	
Кормление хлебом (40 г)	2	
Кормление сухарным порошком (20 г)	2	
Кормление сухарным порошком (20 г), смочен- ным 10 мл воды	2	
Кормление молоком (200 г)	2	
2—3-кратное вливание в ротовую полость 0,5%- ного раствора HCl (по 0,5 мл)	2	

РАБОТА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЮНООТДЕЛЕНИЯ У ЧЕЛОВЕКА

Для работы необходимы: капсула (Лешли-Красногорского или Ющенко), тонкие резиновые или хлорвиниловые трубки, мерный цилиндр, пробирки, шприц (10 мл), зажим, раствор лимонной кислоты, раствор сахара, вода. Объект ис- следования — человек.

Проведение работы. К чисто вымытой и продезинфицированной капсуле присоединяют две трубки. Одна трубка сообщается с на- ружной камерой капсулы и служит для фиксации капсулы на сли- зистой оболочке ротовой полости, другая — с внутренней камерой, через нее собирается отделяемая слюна. Трубка, которая сообщается с наружной камерой, соединена со шприцем. Испытуемому предлагают открыть рот и, оттянув угол рта вверх и в сторону, на внутренней поверхности щеки (против 2-го верхнего коренного зу- ба) отыскивают проток околоушной железы. К слизистой оболочке прикладывают капсулу так, чтобы проток располагался в центре внутренней камеры, и с помощью шприца откачивают воздух из наружной камеры капсулы. При этом капсула присасывается к слизистой оболочке и фиксируется. Затем на трубку накладывают зажим. Испытуемый закрывает рот, и трубку, сообщающуюся с внутренней камерой капсулы, опускают в пробирку для сбора слю- ны. Сначала в течение 10 мин исследуют исходное слюноотделение, затем определяют слюноотделение при ополаскивании полости рта растворами лимонной кислоты, сахара и водой.

Результаты работы и их оформление. Данные, полученные в опыте, запишите в таблицу.

Условия получения слюны	Время сбора слюны	Количество слюны, мл
Исходное слюноотделение		
Слюноотделение при ополаскивании полости рта водой		
Слюноотделение при ополаскивании полости рта лимонной кислотой		
Слюноотделение при ополаскивании полости рта раствором сахара		

Зарисуйте рефлекторную дугу слюноотделительного рефлекса и объясните, почему изменяется количество отделяемой слюны при различных воздействиях на слизистую оболочку рта.

РАБОТА 4. ПЕРЕВАРИВАНИЕ КРАХМАЛА ФЕРМЕНТАМИ СЛЮНЫ ЧЕЛОВЕКА

В слюне содержатся амилалитические ферменты — амилаза и мальтаза. Оптимум действия амилазы и мальтазы находится в пределах нейтральной реакции среды при нормальной температуре тела (при 37°).

Для работы необходимы: термостат или водяная баня с температурой 37—38°C, спиртовка, штатив с пробирками, пипетки, слюна человека, 1%-ный раствор вареного крахмала, 1%-ный раствор сырого крахмала, раствор иода или раствор Люголя, реактив Фелинга, 0,5%-ный раствор HCl, лакмусовая бумага, стеклогрф, лед или холодильник.

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

Собирают слюну с помощью капсулы или естественным путем, выпуская ее через воронку в пробирку. Для постановки опыта необходимо около 10 мл слюны. Нумеруют пробирки, ставят их в штатив и в каждую пробирку отмеривают по 1 мл слюны. Затем в 1-ю пробирку добавляют 3 мл 1%-ного раствора вареного крахмала; 2-ю пробирку нагревают на спиртовке до кипения, охлаждают и добавляют 3 мл 1%-ного раствора вареного крахмала; в 3-ю пробирку добавляют 0,5%-ный раствор HCl до появления стойкого окрашивания лакмусовой бумаги и 3 мл 1%-ного раствора вареного крахмала; в 4-ю пробирку добавляют 3 мл 1%-ного раствора сырого крахмала; в 5-ю пробирку добавляют 3 мл 1%-ного раствора вареного крахмала. Первые четыре пробирки помещают на 30 мин в термостат или водяную баню при температуре 37—38°C, 5-ю пробирку ставят в холодильник или в стакан со льдом. Через 30 мин содержимое всех пробирок делят на две части (для чего нумеруют еще пять пробирок) и исследуют на наличие крахмала и сахаров. Содержимое пробирок, в которых присутствует крахмал, при добавлении 1—2 капель раствора Люголя приобретает синий цвет. При добавлении к содержимому пробирок реактива Фелинга и нагревании их до кипения определяют наличие простых сахаров, т. е. продуктов расщепления крахмала ферментами слюны. При наличии простых сахаров содержимое пробирки окрашивается в бурокрасный цвет.

Результаты работы и их оформление. Составьте таблицу и внесите в нее результаты эксперимента.

№ пробирок	Содержимое пробирок	Цвет содержимого пробирок после добавления		Результаты опытов
		раствора Люголя	реактива Фелинга	
1	1 мл слюны + 3 мл вареного крахмала			
2	1 мл прокипяченной слюны + 3 мл вареного крахмала			
3	1 мл слюны + 0,5%-ный раствор HCl + 3 мл вареного крахмала			
4	1 мл слюны + 3 мл сырого крахмала			
5	1 мл слюны + 3 мл вареного крахмала			

Проанализировав результаты опыта, объясните, почему содержимое пробирок при добавлении раствора Люголя и реактива Фелинга приобретает различную окраску.

РАБОТА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ ЖЕЛУДОЧНОГО СОКОТДЕЛЕНИЯ

В регуляции секреции желудочного сока участвуют нервные и гуморальные механизмы. С некоторыми механизмами регуляции желудочного сокоотделения можно ознакомиться, наблюдая за отделением желудочного сока у предварительно оперированных собак.

Задача 1. Мнимое кормление

Этот метод был разработан И. П. Павловым и Е. О. Шумовой-Симановской в 1889 г. для доказательства, что регуляция секреции желудочного сока осуществляется нервной системой.

Для работы необходимы: станок для фиксации собаки, воронки, мерный цилиндр, резиновая трубка, кюветы, кормушка, вареное мясо или фарш (100—150 г), лакмусовая бумага, вода (температура 37—38°C). Объект исследования — эзофаготомированная собака с фистулой желудка.

Проведение работы. Эзофаготомированную собаку с фистулой желудка, голодавшую в течение 18—20 ч, ставят в станок. Извлекают пробку из фистулы желудка и с помощью воронки, соединенной с резиновой трубкой, тщательно промывают желудок теплой водой. Фистулу оставляют открытой и после того как из желудка вытечет вода убеждаются с помощью лакмусовой бумаги, что желудочный сок не выделяется. Для сбора желудочного сока под фистулу подвешивают воронку с мерным цилиндром. В течение 3—5 мин собаке показывают кормушку с мясом и наблюдают за секрецией желудочного сока (15—20 мин). При отделении кислого желудочного сока синяя лакмусовая бумага краснеет. После прекращения условнорефлекторного отделения желудочного сока собаку кормят в течение 10—30 мин. Во время мнимого кормления

учитывают начало секреции (латентный период) желудочного сока и количество выделенного сока за каждые 10 мин.

Результаты работы и их оформление.* Запишите результаты опыта. Нарисуйте рефлекторную дугу условнорефлекторной и безусловнорефлекторной секреции желудочного сока. Проанализируйте условно- и безусловнорефлекторные механизмы регуляции секреции желудочного сока.

Задача 2. Наблюдение секреции желудочного сока изолированным (по Павлову) желудочком

В этом эксперименте можно исследовать нервные механизмы регуляции желудочного сокоотделения и определять влияние различной по составу пищи на желудочную секрецию.

Для работы необходимы: станок, дренажная трубка для собирания желудочного сока, мерные цилиндры, лакмусовая бумага, кормушка, хлеб — 200 г. Объект исследования — собака с изолированным желудочком.

Проведение работы. Собаку с изолированным желудочком, го-лодавшую в течение 18—20 ч, ставят в станок. В изолированный желудочек вводят дренажную трубку, через которую вначале выделяется слизь нейтральной или щелочной реакции. Убедившись с помощью лакмусовой бумаги, что изолированный желудочек не секретирует сока, собаку кормят хлебом и наблюдают за секрецией изолированного желудочка. Количество отделяемого сока определяют каждые 15 мин в течение 2—3 ч. В качестве пищевого раздражителя могут быть использованы мясо, молоко или другая пища. Однако при исследовании зависимости характера секреции от свойств пищи в течение суток следует проводить опыт только с одним видом пищи.

Результаты работы и их оформление. Определив количество выделенного желудочного сока в различные временные интервалы, постройте график. Объясните, какие механизмы участвуют в регуляции желудочного сокоотделения при поступлении пищи в желудок.

РАБОТА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ СВОЙСТВ ЖЕЛУДОЧНОГО СОКА

За сутки у человека выделяется 2—2,5 л желудочного сока. Основными компонентами желудочного сока являются: соляная кислота, необходимая для создания оптимального значения pH среды, и протеолитические ферменты (пепсин, гастриксин, ренин). Не менее 95% протеолитической активности желудочного сока обеспечивается пепсином и гастриксином. Кроме этого, в желудочном соке имеется липаза, расщепляющая жиры.

Для работы необходимы: водяная баня или термостат, спиртовка, штатив с пробирками, пинцет, натуральный желудочный сок, фибрин или мышцы лягушки (лучше вареные), 0,5%-ный раствор HCl, 0,5%-ный раствор NaHCO₃, стеклогрaф, лакмусовая бумага.

Проведение работы. Нумеруют 4 пробирки и наливают: в 1-ю пробирку — 2 мл желудочного сока; во 2-ю — 2 мл желудочного сока и кипятят ее на спиртовке; в 3-ю — 2 мл желудочного сока и добавляют раствор соды до получения слабощелочной реакции (до синеватого окрашивания красной лакмусовой бумаги); в 4-ю — 2 мл 0,5%-ного раствора HCl. Во все пробирки кладут одинаковое количество фибрина (0,1—0,3 г) и помещают их на 30—40 мин в водяную баню или термостат при температуре 38°C.

Результаты работы и их оформление. Через 30—40 мин пробирки извлекают из термостата и определяют, как изменились кусочки фибрина во всех пробирках. Результаты опыта занесите в таблицу.

№ пробирок	Содержимое пробирок	Состояние кусочков фибрина	Причины изменения фибрина в пробирках
1	2 мл желудочного сока + фибрин		
2	2 мл кипяченого желудочного сока + фибрин		
3	2 мл желудочного сока + раствор NaHCO ₃ + фибрин		
4	2 мл 0,5%-ного раствора HCl + фибрин		

РАБОТА 7. РЕГИСТРАЦИЯ МОТОРИКИ ЖЕЛУДКА

Мышечные волокна стенки желудка периодически сокращаются и расслабляются. Сокращение и расслабление мышц желудка составляют моторику желудка. Моторика обеспечивает перемещение пищи и ее эвакуацию из желудка в двенадцатиперстную кишку. В период голодания наблюдается усиление двигательной активности желудка и кишечника — голодная перистальтика.

Для работы необходимы: станок для фиксации собаки, резиновый баллон — датчик, резиновые и стеклянные трубки, капсула Марэ или электронный измеритель давления, кимограф или электрокардиограф (самописец), штатив, тройник. Объект исследования — голодная собака с фистулой желудка.

Проведение работы. Голодную собаку с фистулой желудка ставят в станок. Из фистулы извлекают пробку и заменяют ее другой, через которую проходит металлическая трубка. Эту трубку соединяют с одной стороны с резиновым баллоном, который вместе с фистулой вводят в желудок, а с другой — с резиновой трубкой. Резиновую трубку, в зависимости от имеющейся аппаратуры, соединяют либо с капсулой Марэ, либо с емкостным датчиком электронного измерителя давления (рис. 74). Резиновый баллон можно ввести в желудок и не через фистулу, а с помощью желудочного зонда. При этом зонд соединяют с регистрирующей аппаратурой. В систему, состоящую из резинового баллона, находящегося в желудке, резиновых трубок, капсулы Марэ или емкостного датчика, вводят небольшое количество воздуха. Сис-

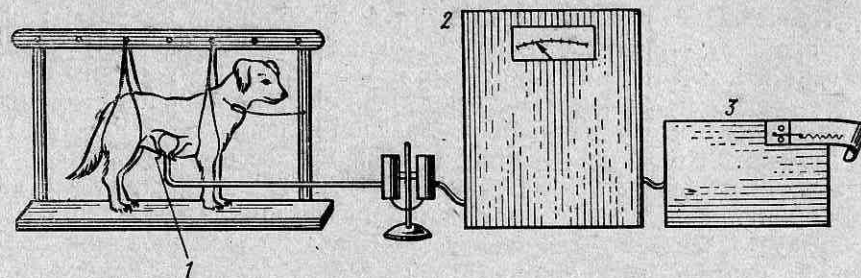


Рис. 74. Регистрация моторики желудка собаки с помощью измерителя давления ЭИД-1:

1 — первичный датчик (резиновый баллон), 2 — ЭИД-1 с емкостным датчиком, 3 — электрокардиограф

тема должна быть герметична. Моторику желудка регистрируют с помощью капсулы Марэ на кимографе, а при использовании электронного измерителя давления — на электрокардиографе или другом самописце, вход которого соединен с выходом электронного измерителя давления. Регистрацию моторики проводят в течение 15—30 мин.

Результаты работы и их оформление. Полученную запись вклейте в тетрадь, зарисуйте схему опыта. Определите продолжительность периода покоя и двигательной активности желудка у голодной собаки. Обсудите, чем обусловлена моторика желудка и каково ее значение для процессов пищеварения.

РАБОТА 8. ЭЛЕКТРОГАСТРОГРАФИЯ (РЕГИСТРАЦИЯ БИОТОКОВ ЖЕЛУДКА У ЧЕЛОВЕКА ПО МЕТОДУ М. А. СОБАКИНА)

Электрогастрография — это метод регистрации с поверхности тела биотоков желудка, возникающих при его сокращении. Электрогастрография позволяет исследовать моторику желудка без введения в его полость каких-либо датчиков. Такое исследование моторики желудка не влияет на его физиологические функции и не нарушает в нем пищеварительных процессов.

Для работы необходимы: электрогастрограф, кушетка, простыня, 10%-ный раствор NaCl, вата, марлевые салфетки, эфир, спирт. Объект исследования — человек.

Электрогастрограф — усилитель переменного тока с узкой полосой пропускания частот (от 0,02 до 0,1 Гц) и чернильной записью. Переносный одноканальный электрогастрограф может быть использован для регистрации моторики желудка как в условиях поликлиник и больниц, так и при обслуживании больных на дому. Прибор питается от сети переменного тока 110, 127, 220 В. Скорость протяжки ленты 10 мм/мин. Элементы управления расположены на передней панели прибора.

Проведение работы. Детально изучают инструкцию по эксплуатации электрогастрографа. Прибор заземляют, устанавливают необходимое напряжение питания и включают в сеть переменного тока. Пока прибор прогревается (15—20 мин), готовят испытуемого к исследованию. Испытуемый ложится на кушетку. У него обнажают область желудка и нижние части голени. Места наложения электродов протирают спиртом и эфиром. Активный электрод-присоску укрепляют по средней линии живота на границе верхней и средней трети расстояния от мечевидного отростка до пупка, над желудком. Индифферентный электрод накладывают на голень правой ноги, а заземляющий — на голень левой. Под электроды подкладывают марлевые салфетки, смоченные 10%-ным раствором NaCl. Электроды с помощью экранированных проводов соединяют с электрогастрографом. Устанавливают необходимое усиление (например, при подаче калибровочного сигнала 0,2 мВ перо должно отклоняться на 10 мм), включают лентопротяжный механизм и записывают электрогастрограмму. Величина биотоков, отводимых с поверхности тела над желудком, у здоровых людей составляет 250—350 мкВ. Примерная электрогастрограмма человека, зарегистрированная через 20 мин после пробного завтрака, приведена на рис. 75.

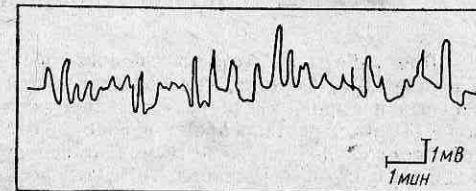


Рис. 75. Электрогастрограмма человека, зарегистрированная через 20 мин после пробного завтрака

Результаты работы и их оформление. Наклейте в тетрадь полученную электрогастрограмму. Определите частоту возникновения биотоков и их амплитуду.

РАБОТА 9. НАБЛЮДЕНИЕ СЕКРЕЦИИ ПОДЖЕЛУДОЧНОГО СОКА

Для работы необходимы: станок, воронки, мерный цилиндр, кормушки, лакмусовая бумага, пища для собаки. Объект исследования — собака с фистулой протока поджелудочной железы.

Проведение работы. Собаку с фистулой протока поджелудочной железы, не кормленную в течение 12—14 ч до опыта, ставят в станок. Под фистулой укрепляют воронку с мерным цилиндром и 10—15 мин наблюдают. У голодной собаки поджелудочный сок не выделяется. Затем собаке скармливают 200—250 г хлеба или другой пищи (например, мяса или молока) и отмечают латентный период секреции, т. е. время от начала кормления до появления первой капли поджелудочного сока. Собирают поджелудочный сок в течение 1—2 ч, измеряя его количество каждые 15 мин. С помощью лакмусовой бумаги определяют реакцию поджелудочного сока. Полученный поджелудочный сок после активации кишеч-

ным соком может быть использован для изучения его ферментативных свойств.

Результаты работы и их оформление. По данным определения количества поджелудочного сока за каждые 15 мин постройте график. Проанализируйте кривую секреции поджелудочного сока и объясните причины возникновения секреции и ее характер.

РАБОТА 10. ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПОДЖЕЛУДОЧНОГО СОКА

Для работы необходимы: водяная баня или термостат, спиртовка, штатив с пробирками, бюретки, сок поджелудочной железы, желчь, фибрин, крахмал — вареный и сырой, масло растительное, фенолфталеин, раствор Люголя, бромная вода (4%-ный раствор брома в воде), 0,01N раствор NaOH, стеклогрф. Вместо сока поджелудочной железы можно использовать панкреатин (1 г растворяют в 250 мл 0,3%-ного раствора NaHCO_3), но активность его ферментов может быть ниже, чем у натурального поджелудочного сока.

Проведение работы. Нумеруют 9 пробирок и в каждую наливают по 2 мл активированного поджелудочного сока (активация поджелудочного сока в лаборатории достигается добавлением к нему кишечного сока или соскоба слизистой оболочки кишечника). Затем в 1-ю пробирку опускают кусочек фибрина; содержимое 2-й пробирки кипятят, охлаждают и опускают в нее кусочек фибрина; в 3-й — подкисляют поджелудочный сок соляной кислотой и добавляют кусочек фибрина; в 4-ю — добавляют 2 мл вареного крахмала; в 5-ю — добавляют щепотку сырого крахмала; поджелудочный сок в 6-й — кипятят, охлаждают и добавляют 2 мл вареного крахмала; в 7-ю — добавляют 0,3 мл желчи и 2 мл растительного масла; в 8-ю — добавляют 2 мл растительного масла; поджелудочный сок в 9-й — кипятят и добавляют 0,3 мл желчи и 2 мл растительного масла. Все пробирки помещают на 30 мин в термостат или водяную баню при температуре 38—40°C.

После прогрева пробирки охлаждают и проводят следующие реакции. К содержимому первых 3 пробирок добавляют бромную воду, которая в присутствии аминокислот (триптофан) дает красновато-фиолетовое окрашивание; отсутствие окрашивания указывает на то, что фибрин не переваривается. В 4, 5 и 6-ю пробирки добавляют по 1—2 капли раствора Люголя и определяют присутствие крахмала. Амилолитические ферменты поджелудочного сока расщепляют и вареный, и сырой крахмал, но сырой крахмал расщепляется медленнее. Это можно установить, если пробирки с поджелудочным соком и крахмалом выдерживать в термостате по 10, 20 и 30 мин. Содержимое 7, 8 и 9-й пробирок титруют 0,01N раствором NaOH в присутствии индикатора фенолфталеина и по количеству раствора, затраченного на титрование каждой пробы, судят о липолитической активности поджелудочного сока.

Результаты работы и их оформление. Составьте таблицу и внесите в нее результаты опыта.

№ пробирок	Содержимое пробирок	Время в термостате, мин	Реактив	Результаты опыта
1	Поджелудочный сок + фибрин	30	Бромная вода	
2	Прокипяченный поджелудочный сок + фибрин	30	» »	
3	Подкисленный поджелудочный сок + фибрин	30	» »	
4	а) поджелудочный сок + вареный крахмал б) то же в) » »	10 20 30	Раствор Люголя » » » »	
5	а) поджелудочный сок + сырой крахмал б) то же в) » »	10 20 30	» » » » » »	
6	Прокипяченный поджелудочный сок + вареный крахмал	30	» »	
7	Поджелудочный сок + желчь + растительное масло	30	Титрование 0,01N раствором NaOH с фенолфталеином	
8	Поджелудочный сок + растительное масло	30	То же	
9	Прокипяченный поджелудочный сок + желчь + растительное масло	30	» »	

Проанализируйте результаты опыта и сделайте выводы: о влиянии поджелудочного сока на белки, жиры и углеводы; о его ферментативной активности в различных экспериментальных условиях.

РАБОТА 11. ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЧИ НА ЖИРЫ

Для работы необходимы: лупа, предметные стекла, штатив, пробирки, воронки, пипетка, свежая желчь, растительное масло, бумажные фильтры, вода.

Проведение работы. Влияние желчи на жиры можно наблюдать двумя способами: 1. На предметное стекло пипеткой наносят каплю воды и каплю желчи. К каждой капле добавляют небольшое количество растительного масла, перемешивают и рассматривают содержимое обеих капель под лупой. 2. Помещают в воронки бумажные фильтры и смачивают один водой, другой — желчью. Устанавливают воронки в стоящие в штативе пробирки и в каждую воронку наливают по 10 мл растительного масла. Через 45 мин определяют количество профильтровавшегося жира в обеих пробирках.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте в тетрадь, как распределяется жир в капле воды и капле желчи. Определите и запишите результаты фильтрации растительного масла через фильтры, смоченные водой и желчью. На основании полученных результатов объясните влияние желчи на жиры.

РАБОТА 12. РЕГИСТРАЦИЯ СОКРАЩЕНИЯ КИШКИ У ЛЯГУШКИ

Для работы необходимы: кимограф, регистрирующий рычажок с серфином, универсальный штатив, набор препаративных инструментов, растворы адреналина и ацетилхолина (1:1000), раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. У лягушки разрушают головной и спинной мозг и укрепляют ее на препаровальной пластинке. Вскрывают полость тела и препарируют заднюю кишку от клоаки до средней кишки. На универсальном штативе зажимом фиксируют препаровальную пластинку. В месте перехода тонкой средней кишки в толстую заднюю накладывают серфин и регистрируют исходное сокращение кишки (барабан кимографа должен вращаться очень медленно). Затем на заднюю кишку наносят 1—2 капли раствора ацетилхолина, который усиливает сокращение кишки. Отмыв ацетилхолин раствором Рингера, регистрируют сокращение кишки при воздействии на нее раствора адреналина.

Результаты работы и их оформление. Результаты регистрации вклейте в тетрадь. Проанализируйте влияние ацетилхолина и адреналина на сокращение задней кишки лягушки и объясните полученные эффекты.

РАБОТА 13. НАБЛЮДЕНИЕ МОТОРИКИ КИШЕЧНИКА И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ РАЗДРАЖЕНИИ БЛУЖДАЮЩЕГО НЕРВА

Для работы необходимы: операционный стол, стимулятор с электродами, набор хирургических инструментов и материалов, шприц, салфетки, нембутал, подогретый раствор Рингера. Объект исследования — кролик.

Проведение работы. Наркотизированного нембуталом (40 мг/кг, внутривенно) кролика фиксируют на операционном столе в положении на спине. Разрезают кожу в области шеи, отыскивают и препарируют блуждающий нерв и подводят под него лигатуру. По белой линии вскрывают брюшную полость, края разреза обкладывают салфетками, смоченными подогретым раствором Рингера, на них помещают участок тонкого кишечника. Наблюдают 10—15 мин за перистальтикой кишечника. Затем на блуждающий нерв (ближе к голове) накладывают лигатуру и перерезают его выше лигатуры. Под периферический конец блуждающего нерва подводят электроды и раздражают его серией электрических импульсов от стимулятора. Раздражение блуждающего нерва усиливает моторику кишечника.

Результаты работы и их оформление. Запишите наблюдаемые эффекты в тетрадь. Сравните моторику кишечника до и после раздражения блуждающего нерва. Объясните влияние блуждающего нерва на моторику кишечника.

РАБОТА 14. РЕГИСТРАЦИЯ СОКРАЩЕНИЙ ИЗОЛИРОВАННОГО ОТРЕЗКА КИШКИ КРОЛИКА

Для работы необходимы: кимограф, регистрирующий рычажок, штатив, стеклянный стакан, стеклянная изогнутая трубка, термометр, резиновая груша или микрокомпрессор, набор хирургических инструментов и материалов, лигатуры, шприц, раствор адреналина 1:1000, раствор ацетилхолина 1:1000, нембутал, раствор Рингера (температура 38—40°C). Объект исследования — кролик.

Проведение работы. У кролика под наркозом вскрывают брюшную полость и вырезают участок тонкой кишки. На один конец кишки накладывают лигатуру и прикрепляют ее к стеклянной изогнутой трубке, другой конец соединяют лигатурой с регистри-

рующим рычажком. Свободный отрезок кишки погружают в стакан с подогретым раствором Рингера, который через изогнутую стеклянную трубку аэрируют с помощью микрокомпрессора или резиновой груши (рис. 76). Температуру раствора контролируют термометром. Регистрируют исходную моторику отрезка кишки, а затем его сокращения при добавлении в раствор Рингера ацетилхолина.

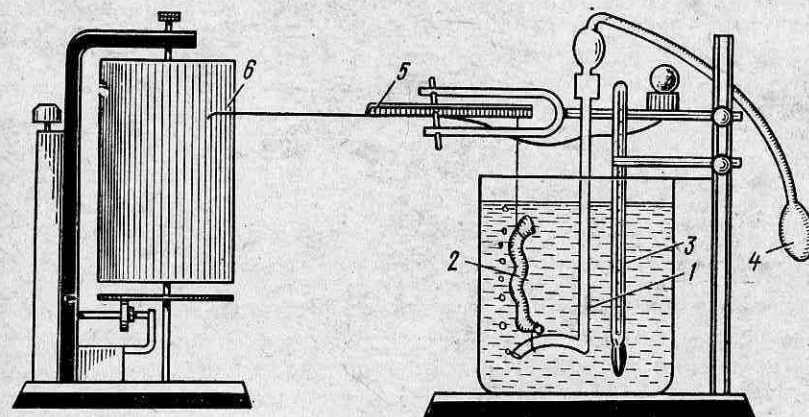


Рис. 76. Установка для наблюдения моторики изолированного отрезка кишки: 1 — стеклянная трубка с крючком для фиксации кишки и аэрации раствора, 2 — отрезок кишки, 3 — термометр, 4 — резиновая трубка с грушей, 5 — регистрирующий рычажок, 6 — кимограф

После регистрации сокращения отрезка кишки под влиянием ацетилхолина раствор Рингера в стакане заменяют на свежий, к нему добавляют пипеткой адреналин и регистрируют сокращение отрезка кишки.

Результаты работы и их оформление. Результаты регистрации вклейте в тетрадь. Проанализируйте влияние ацетилхолина и адреналина на моторику кишечника и объясните полученные эффекты.

РАБОТА 15. ПЕРИСТАЛЬТИКА КИШКИ, ИЗОЛИРОВАННОЙ ПО СПОСОБУ ТИРИ-ВЕЛЛА

Для работы необходимы: станок, стеклянные шарики или горошины, стеклянные палочки. Объект исследования — собака с фистулой кишечника.

Проведение работы. Собаку ставят в станок. В отверстие кишки, которое до операции находилось ближе к желудку, вкладывают 3—5 стеклянных шариков или горошин. Через некоторое время они выпадут из другого отверстия кишки. Вкладывают стеклянные шарики в отверстие кишки, которое до операции находилось дальше от желудка, и с помощью стеклянной палочки продвигают их глубоко в кишку. Через некоторое время шарики выпадут из этого же отверстия.

Результаты работы и их оформление. Запишите наблюдаемые эффекты в тетрадь и объясните их.

РАБОТА 16. ИССЛЕДОВАНИЕ ВСАСЫВАНИЯ РАСТВОРОВ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ТОНКОМ КИШЕЧНИКЕ

Всасывание в кишечнике имеет важнейшее значение для жизнедеятельности организма. Благодаря всасыванию в организм поступают необходимые питательные вещества, вода, витамины и многие биологически активные соединения. Скорость всасывания различных веществ неодинакова; даже одно и то же вещество всасывается с различной скоростью в зависимости от его концентрации и физиологического состояния слизистой оболочки кишечника. Всасывание в живом организме тесно связано с обменом веществ и движением ворсинок слизистой оболочки кишечника. Оно регулируется нервными и гуморальными влияниями. Некоторые закономерности всасывания в тонком отделе кишечника можно наблюдать в остром опыте.

Для работы необходимы: набор хирургических инструментов и материалов, штативы, бюретки, канюли для кишечника, резиновые трубки, зажимы, воронки, часы, нембутал, 0,3%-ный, 0,9%-ный, 5%-ный растворы NaCl, 0,005%-ный раствор NaF. Объект исследования — кролик.

Проведение работы. Наркотизированного нембуталом кролика (40 мг/кг, внутривенно) фиксируют на операционном столе в положении на спине, выстригают шерсть на животе и по белой линии вскрывают брюшную полость. Извлекают петли тонкого кишечника и с помощью лигатур выделяют три участка кишечника длиной по 15—20 см. В каждый участок вводят и фиксируют лигатурой канюлю, которая с помощью резиновой трубки соединена с бюреткой, укрепленной в штативе. Все три изолированные участка кишечника промывают через канюли физиологическим раствором, а затем в каждый участок вводят по 20 мл раствора NaCl различной концентрации: в 1-й—0,3%-ного, во 2-й—0,9%-ного и в 3-й—5%-ного, после чего погружают кишечник в брюшную полость. Через 10—20 мин определяют количество раствора, оставшегося в каждом участке кишечника. Для этого штативы с бюретками опускают ниже уровня операционного стола и снимают зажимы с резиновых трубок, подставив под их концы мерные стаканы. Определяют количество растворов в изолированных отрезках кишечника. Затем промывают их раствором NaF, который вызывает отравление слизистой оболочки. После этого вновь определяют скорость всасывания растворов NaCl.

Результаты работы и их оформление. На основании полученных результатов исследования составьте таблицу.

Концентрация раствора NaCl	Количество всосавшегося раствора, мл	
	до введения раствора NaF	после введения раствора NaF
0,3%-ный		
0,9%-ный		
5%-ный		

Проанализируйте результаты опыта, обсудите физиологические механизмы всасывания в тонком кишечнике. Объясните полученные различия в скорости всасывания гипо-, изо- и гипертонических растворов до и после введения в кишечник фтористого натрия.

ГЛАВА VIII

ВЫДЕЛЕНИЕ

В выделении продуктов метаболизма принимают участие почки, потовые железы, легкие, желудок и кишечник. В результате деятельности органов выделения из организма выводятся: вода, диоксид углерода, конечные продукты белкового обмена (мочевина, мочевая кислота, креатинин и др.), продукты неполного окисления жиров и углеводов (молочная, β -оксимасляная, ацетоуксусная кислоты, ацетон и др.), неорганические соединения (хлориды, фосфаты, нитраты, бикарбонаты) и другие вещества.

Важнейшая роль в процессах выделения принадлежит почкам. Изучение выделительной функции почек проводят в острых и хронических экспериментах на мышах, крысах, кроликах, собаках и других животных. Ценные результаты дают лабораторно-клинические методы исследования функции почек у человека.

РАБОТА 1. ИЗУЧЕНИЕ МОЧЕОТДЕЛЕНИЯ В ОСТРОМ ОПЫТЕ

Процессы мочеобразования в почках и влияние различных факторов на эти процессы можно исследовать, наблюдая за изменениями в скорости мочеобразования. Это позволяет анализировать механизмы фильтрации и реабсорбции в зависимости от состояния организма.

Для работы необходимы: стимулятор, раздражающие электроды для седалищного нерва, набор хирургических инструментов, канюли для мочеточников и бедренной вены, шприцы на 1, 10 и 20 мл, эластичные трубки, шелк, вата, салфетка, нембутал, физиологический раствор, 10%-ный раствор NaCl, 40%-ный раствор мочевины, питуитрин, 1%-ный раствор метиленового синего. Объект исследования — собака, кошка или кролик.

Проведение работы. Собаке вводят раствор нембутала (50 мг/кг, внутривенно) и фиксируют ее на операционном столе. По средней линии живота ниже пупка вскрывают брюшную полость. Отодвигают кишечник и находят мочеточник. Под мочеточник подводят две лигатуры. 1-й лигатурой мочеточник перевязывают и ниже перевязки перерезают. Затем на мочеточнике делают надрез, через который вводят канюлю и фиксируют ее 2-й лигатурой. Так же вводят канюлю во второй мочеточник. На открытые концы канюль

надевают резиновые или другие эластичные трубки, заполненные физиологическим раствором. Концы трубок выводят через разрез брюшной стенки и спускают в стеклянный стакан. В бедренную вену вводят канюлю и накладывают раздражающие электроды на седалищный нерв. После этого начинают опыты.

В качестве подопытных животных при изучении мочеотделения в остром эксперименте можно использовать также кошку или кролика. При использовании кролика канюлю вводят не в мочеточник, а в мочевой пузырь, на который ближе к уретре накладывают две лигатуры и производят между ними разрез.

Задача 1. Определение исходного уровня диуреза

Через полчаса после окончания операционной подготовки у животных определяют количество мочи, выделяемое за 3—5 мин. Это определение производят путем подсчета капель, вытекающих из мочеточников через канюли и трубки. Капли считают визуально или с помощью специальных автоматических счетчиков.

Задача 2. Влияние на диурез гипертонического раствора NaCl

В бедренную вену (через канюлю) вводят 10—15 мл 10%-ного раствора NaCl и через некоторое время определяют количество выделяемой мочи.

Задача 3. Влияние на диурез мочевины

Когда диурез после опыта (задача 2) приблизился к исходному уровню, в бедренную вену инъецируют 5 мл 40%-ного раствора мочевины. При этом вновь наступает увеличение диуреза.

Задача 4. Выделение метиленового синего почками

В бедренную вену вводят 3 мл 1%-ного раствора метиленового синего и через некоторое время (2—3 мин) наблюдают выделение окрашенной мочи.

Задача 5. Влияние раздражения седалищного нерва на диурез

Определив изменение диуреза под влиянием мочевины, наносят раздражение на седалищный нерв. Под влиянием болевого раздражения диурез резко уменьшается (рефлекторная олигурия) или прекращается (рефлекторная анурия).

Задача 6. Влияние питуитрина на диурез

После восстановления исходного диуреза в бедренную вену вводят 0,5—1 мл питуитрина и определяют количество выделяемой мочи. При этом наблюдается уменьшение диуреза, так как питуитрин изменяет проницаемость почечных канальцев.

Результаты работы и их оформление. Полученные в опытах результаты занесите в таблицу и на основании этих данных постройте графики.

Действующие факторы	Количество выделяемой мочи до и после воздействия, в каплях.					
	до воздей- ствия	время после воздействия, мин				
		1—5	5—10	10—15	15—20	20—25
Исходный диурез						
10%-ный раствор NaCl						
40%-ный раствор мочевины						
Раздражение седалищного нерва						
Питуитрин						
1%-ный раствор метиленового синего (указать время изменения цвета мочи)						

Объясните, почему под влиянием исследуемых факторов происходит изменение диуреза.

РАБОТА 2. ИЗУЧЕНИЕ МОЧЕОТДЕЛЕНИЯ В ХРОНИЧЕСКОМ ОПЫТЕ

Исследование мочеотделения в хронических опытах позволяет изучать не только влияние различных факторов, которые в той или иной мере изменяют гомеостаз, но и влияние высших отделов центральной нервной системы.

К проведению работы по изучению мочеотделения в хроническом опыте необходимо подготовиться за 1 месяц. Собаку (лучше самку) оперируют и накладывают желудочную фистулу по Басову и фистулу мочеточников (ход операции по наложению желудочной фистулы описан в разделе «Пищеварение»).

Операция по наложению фистулы мочеточника производится следующим образом. Через разрез, проведенный по средней линии нижней части живота, извлекают мочевой пузырь. На начальную часть уретры накладывают две лигатуры, между которыми делают разрез. Нижний отрезок уретры инвагинируют, а затем на нее накладывают два ряда узловатых швов. Мочевой пузырь прокалывают иглой и выпускают мочу. Производят разрез по всей длине передней стенки и со стороны слизистой оболочки отыскивают устья мочеточников. Вокруг устья каждого мочеточника на расстоянии 1,5—2 см производят круговой разрез стенки мочевого пузыря. Сбоку от разреза брюшной стенки делают два отверстия, через которые с помощью корнцанга выводят наружу мочеточники с оставленными прилегающими участками стенки мочевого пузыря и подшивают их к коже. При выведении и подшивании мочеточников необходимо убедиться в том, что мочеточники не перекручены, не ущемлены и не сильно натянуты. После выведения мочеточников постоянно зашивают рану брюшной стенки. Брюшину зашивают непрерывным швом, а на апоневрозы брюшных мышц и кожу накладывают узловатые швы. Обрабатывают операционное поле.

Задача 6. Условнорефлекторный диурез

Кожу вокруг мочеточников смазывают вазелином. Животное содержат на сухой подстилке (например, опилки). В первые три дня после операции собаку кормят хлебом и молоком, а затем переводят на обычный рацион. Через 7—10 дней после операции собаку приучают к станку, а затем, сочетая действие индифферентного раздражителя (звонка) и вливания через фистулу воды в желудок, вырабатывают условный рефлекс.

Для работы необходимы: станок для фиксации, стимулятор, раздражающие кожные электроды, звонок, воронка для сбора мочи, воронка для введения растворов в желудок, мерный цилиндр, резиновые трубки, пробка для желудочной фистулы со стеклянной трубкой, 20%-ный раствор мочевины, физиологический раствор, вода. Объект исследования — собака с фистулой мочеточника и фистулой желудка (если у собаки имеется только фистула мочеточника, то можно вливание растворов производить или через зонд в желудок, или через прямую кишку).

Проведение работы. Не кормленную с вечера собаку ставят в станок. Пробку желудочной фистулы заменяют на пробку с трубкой, которую соединяют с воронкой. Против отверстия выведенных мочеточников укрепляют воронку с цилиндром для сбора мочи и определяют исходный уровень диуреза. После этого приступают к проведению опытов.

Задача 1. Влияние водной нагрузки на диурез

Через фистулу в желудок собаки вливают подогретую до 20—25°C воду (40 мл/кг) и определяют количество мочи, выделенной в течение каждых 5—10 мин. Сначала диурез увеличивается, а затем снижается и через 2—3 ч достигает исходного уровня.

Задача 2. Влияние физиологического раствора на диурез

В желудок собаки вводят 300 мл физиологического раствора и исследуют диурез. Обычно диурез усиливается незначительно, а через 30—40 мин возвращается к исходному уровню.

Задача 3. Влияние мочевины на диурез

Вводят в желудок собаки 20%-ный раствор мочевины (5 мл/кг). Определяют увеличение диуреза, которое наступает через 10—15 мин и продолжается в течение 30—40 мин. Затем мочеотделение уменьшается.

Задача 4. Влияние эмоционального состояния на диурез

На фоне повышенного диуреза, вызванного введением мочевины, показывают собаке кошку, что вызывает замедление диуреза.

Задача 5. Влияние болевого раздражителя на диурез

На лапу собаки наносят через кожные электроды серию электрических раздражений от стимулятора (болевое раздражение). При этом диурез или уменьшается, или прекращается совсем.

Для выявления участия высших отделов центральной нервной системы в регуляции мочеотделения у собаки вырабатывают условный рефлекс на мочеотделение. Собаку с выработанным условным рефлексом помещают в станок и определяют исходный диурез, затем включают условный раздражитель и наблюдают за изменением диуреза в течение 30—40 мин.

Результаты работы и их оформление. Полученные результаты оформите так же, как и в работе 1. Объясните, почему под влиянием исследованных факторов происходит изменение диуреза и каковы механизмы этих воздействий.

РАБОТА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕГКИХ

Известно, что легкие, наряду с диоксидом углерода и парами воды, способны выделять некоторые летучие вещества (например, алкоголь).

Для работы необходимы: аппарат искусственного дыхания, набор хирургических инструментов и материалов, трахеотомическая трубка, пробирки, нембутал, 6%-ный раствор H_2SO_4 , $KMnO_4$ кристаллический, 30%-ный раствор спирта. Объект исследования — кошка.

Проведение работы. Наркотизированную нембуталом кошку (40—50 мг/кг) фиксируют на операционном столе и производят трахеотомию. Для этого по средней линии нижней поверхности шеи разрезают кожу и подкожную клетчатку, отпрепаровывают трахею и ниже гортани подводят под нее лигатуру. С помощью лигатуры трахею немного приподнимают и надрезают ножницами. В надрез трахеи по направлению к легким вводят трахеотомическую трубку, которую прочно фиксируют лигатурой. Трахеотомическую трубку с помощью резиновых трубок соединяют с аппаратом искусственного дыхания. Затем отпрепаровывают бедренную вену. В 4 пробирки наливают по 4 мл 6%-ного раствора H_2SO_4 и в каждую пробирку добавляют по несколько кристаллов $KMnO_4$ для получения слабоокрашенного раствора. 1-ю пробирку оставляют в качестве контроля. Во 2-ю опускают трубку выдоха от дыхательного аппарата и несколько минут пропускают через нее выдыхаемый воздух. Затем в бедренную вену инъецируют 5 мл 30%-ного спиртового раствора. При этом выдыхаемый воздух пропускают через раствор, находящийся в 3-й пробирке. В 4-ю пробирку добавляют 2—3 капли спиртового раствора.

Эту работу можно провести и при отсутствии дыхательного аппарата, обеспечивающего принудительный вдох и выдох, но при этом трахеотомическая трубка должна иметь входной и выходной клапаны.

Результаты работы и их оформление. Сопоставьте окраску растворов во всех 4 пробирках. Объясните, почему в 1-й и 2-й пробирках цвет раствора не изменяется, а в 3-й и 4-й обесцвечивается.

РАБОТА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ЖЕЛУДКА

Выделительную функцию желудка можно исследовать с применением различных красителей (нейтральный красный, метиленовый синий и др.). Установлено, что секреторная и экскреторная функции желудка имеют тесную взаимосвязь, поэтому метод хромоскопии, т. е. исследование выделения красителей слизистой оболочкой желудка, имеет диагностическое и клиническое применение. Например, по интенсивности выделения красителей в желудке косвенно определяют кислотность желудочного сока.

Для работы необходимы: набор хирургических инструментов и материалов, шприц, канюли, часы, нембутал, 1%-ный раствор нейтрального красного, 0,1%-ный раствор атропина, гепарин, физиологический раствор. Объект исследования — животные (собака, кошка, кролик, крыса).

Проведение работы. Двух животных наркотизируют нембуталом (40 мг/кг) и фиксируют на операционных столах. Каждому в яремную вену вводят канюлю, заполненную физиологическим раствором с гепарином. По белой линии вскрывают брюшную полость и извлекают желудок. Желудок разрезают, обмывают слизистую оболочку физиологическим раствором и края разреза желудка фиксируют к краям кожной раны. Одному животному вводят внутримышечно 0,5—1 мл раствора атропина, а затем (через 10 мин) обоим вводят внутривенно через канюлю 2—10 мл раствора нейтрального красного и наблюдают, когда слизистые оболочки обоих желудков окрасятся в красный цвет.

Результаты работы и их оформление. Зарегистрируйте время выделения красителя слизистыми оболочками желудков обоих животных. Объясните механизм разной скорости выделения красителя у атропинизированного и неатропинизированного животного.

РАБОТА 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТООТДЕЛЕНИЯ

Для работы необходимы: операционный столик, термостат, шприцы, адреналин 1:1000, 1%-ный раствор пилокарпина, 1%-ный раствор атропина, спиртовой раствор иода, кусочки (2×2 см) хлопчатобумажной ткани, пропитанные раствором крахмала, лейкопластырь. Объект исследования — щенок.

Проведение работы. У щенка за 2—3 дня до проведения опытов под общим наркозом в асептических условиях перерезают на одной конечности седалищный нерв, рану зашивают.

Задача 1. Щенка фиксируют на операционном столе, подушечки всех лап смазывают спиртовым раствором иода. Когда спирт испарится, к подушечкам прикладывают сухие кусочки ткани, пропитанные раствором крахмала, и укрепляют их с помощью лейкопластыря. Через 15—20 мин кусочки ткани снимают; при выделении пота ткань, пропитанная раствором крахмала, будет синеть.

Задача 2. На подушечках лап фиксируют пропитанные раствором крахмала кусочки ткани и животное помещают на 15—20 мин в термостат при температуре 40—50°C.

Задача 3. На денервированной конечности отпрепаровывают вену (v. saphena) и внутривенно вводят 0,5 мл адреналина, наблюдая за потоотделением на всех конечностях. На денервированной конечности потоотделение не изменяется, на остальных усиливается.

Задача 4. Исследуют потоотделение на всех конечностях после внутривенного введения 0,5 мл раствора пилокарпина. Потоотделение усиливается на всех конечностях.

Задача 5. Вводят внутривенно 0,4 мл раствора атропина, который блокирует передачу возбуждения в холинэргических синапсах, и наблюдают за потоотделением.

Результаты работы и их оформление. По степени окраски кусочков ткани определите интенсивность потоотделения подушечек лап животного при различных воздействиях. Обсудите, почему на денервированной конечности исходное потоотделение, а также потоотделение при воздействии высокой температуры и введении адреналина меньше, чем на подушечках остальных лап. Объясните, почему при введении пилокарпина потоотделение усиливается на всех лапах.

РАБОТА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТООТДЕЛЕНИЯ У ЧЕЛОВЕКА

Кожа человека содержит около 2—5 млн. акриновых потовых желез. Они распределяются по всей поверхности тела, за исключением губ, головки полового члена, внутренней поверхности крайней плоти и клитора. Распределение потовых желез на поверхности тела неравномерно. Наибольшее их количество находится на ладонях и подошвах, где на 1 см² насчитывается соответственно 424 и 416 потовых желез. Функция потовых желез стимулируется при повышении температуры окружающей среды и увеличении теплопродукции организма.

Для работы необходимы: термокамера, термометры, весы, кусочки хлопчатобумажной ткани, пропитанные крахмалом, лейкопластырь, спиртовой раствор иода, полотенце. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Исследуют потоотделение человека при температуре помещения в течение 15—30 мин. Для этого определяют массу тела и после высыхания спиртового раствора иода, которым смазывают различные участки тела, на них фиксируют кусочки хлопчатобумажной ткани, пропитанные раствором крахмала. Через 15—30 мин вновь определяют массу тела и судят об интенсивности потоотделения по изменению окраски кусочков ткани. Затем испытуемого помещают в термокамеру и повторяют исследование.

Результаты опыта и их оформление. Сравните интенсивность потоотделения у человека при различной температуре окружающей среды по изменению массы тела и степени окраски кусочков хлопчатобумажной ткани, пропитанной раствором крахмала. На основании сравнения полученных результатов обсудите, как влияет повышение температуры окружающей среды на потоотделение человека.

ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА, ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ И ГИПОТЕРМИЯ

Поддержание определенной температуры тела у гомойотермных организмов обеспечивается за счет физиологических механизмов терморегуляции, которые способны изменять как теплопродукцию организма, так и его теплоотдачу. Например, понижение температуры окружающей среды вызывает в организме повышение теплопродукции за счет интенсификации метаболических процессов и снижения теплоотдачи, повышение температуры среды сопровождается противоположными процессами. Теплопродукция в организме повышается и при усилении мышечной деятельности. При этом для поддержания постоянства температуры тела увеличивается и теплоотдача.

РАБОТА 1. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА

Температура тела человека постоянно поддерживается на определенном уровне, и ее изменение часто является важным показателем состояния здоровья человека. Измерение температуры тела человека производят в различных точках. Обычно ее измеряют в подмышечной впадине, ротовой полости и ректально ртутным медицинским термометром. Его показания зависят от времени измерения температуры.

Для работы необходимы: ртутные медицинские термометры и электротермометры, антисептические растворы для дезинфекции медицинских термометров и датчиков электротермометра, секундомер. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Медицинский термометр встряхивают и помещают в подмышечную впадину на 30 с. Записывают показания и встряхивают снова. Продолжают регистрацию температуры таким же образом через 1; 1,5; 2; 2,5 мин и так далее до тех пор, пока показания термометра не будут постоянны.

Определив необходимое время измерения температуры в подмышечной впадине, дезинфицируют термометр в антисептическом растворе и измеряют температуру в ротовой полости. Для этого конец термометра, заполненный ртутью, помещают под язык и закрывают рот. После этого несколько раз (3—4 раза) прополаскивают рот холодной водой и повторяют измерение температуры в ротовой полости.

Закончив работу с ртутным термометром, переходят к измерению температуры электротермометром. Поместив датчик электротермометра в подмышечную впадину, регистрируют показания термометра через каждые 10 с до тех пор, пока не будут получены постоянные результаты.

Результаты работы и их оформление. По результатам опыта постройте график показаний ртутного термометра в зависимости от времени измерения. Сравните время измерения температуры ртутным термометром и электрическим. Объясните различия.

РАБОТА 2. РОЛЬ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ПОДДЕРЖАНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ ТЕЛА

В поддержании температуры тела важную роль играет кровообращение. Циркулирующая кровь нагревается в органах и переносит тепло к другим отделам тела, где количество образующегося тепла невелико или происходит усиленная теплоотдача.

Для работы необходимы: электротермометр, сфигмоманометр. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Испытуемый кладет руку на стол и держит ее в спокойном состоянии, не напрягая мышц. Ему на плечо накладывают манжетку от сфигмоманометра, к концу одного из пальцев той же руки прикладывают датчик электротермометра и измеряют исходную температуру пальца. Затем в манжетку накачивают воздух, чтобы давление в ней достигло 180—200 мм рт. ст. При таком давлении в манжетке кровеносные сосуды плеча сдавливаются и кровообращение в области предплечья и кисти нарушается. По показанию сфигмоманометра следят, чтобы давление в манжетке во время опыта не снижалось. В течение 10 мин (с интервалом в 1 мин) регистрируют электротермометром температуру конца пальца. Затем выпускают воздух из манжетки, и кровообращение в области предплечья и кисти восстанавливается. Продолжая регистрировать температуру конца пальца, отмечают время восстановления его исходной температуры.

Если использовать не один, а несколько электротермометров (или один электротермометр с набором датчиков, которые подключаются к электротермометру через коммутатор), то можно измерить температуру в различных точках кисти и предплечья, а также температуру в соответствующих точках другой руки, где кровообращение не нарушено пережатием сосудов манжеткой. Не рекомендуется проводить опыт более 30 мин.

Результаты работы и их оформление. Полученные результаты запишите в таблицу.

Этапы регистрации	Температура кожи		
	пальца	кисти	предплечья
В исходном состоянии			
После прекращения кровообращения			
через 1 мин			
То же, через 2 мин			
То же, через 10 мин			
После восстановления кровообращения			
через 1 мин и т. д.			

Постройте графики изменения температуры пальца, кисти, предплечья на основании результатов опыта. Объясните механизм сни-

жения температуры в исследованных точках при сдавливании плеча манжеткой.

РАБОТА 3. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КОЖИ В РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКАХ ТЕЛА. ВЛИЯНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРУ КОЖИ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ОДЕЖДЫ

Температура кожи различных участков тела неодинакова и колеблется в значительных пределах. Ее величина зависит от многих факторов, в частности от температуры окружающей среды и теплоизолирующих свойств одежды. Например, при изменении температуры окружающей среды от 25 до 37°C температура кожи груди изменяется с 34,5 до 35°C, т. е. на 0,5°C, а большого пальца ноги — с 25,8 до 35,5°C, т. е. на 8,2°C.

Для работы необходимы: электротермометры (или один электротермометр с набором датчиков и коммутатором), термометр для измерения температуры помещения, вентилятор, кушетка, одеяло или спальный мешок, простыня. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Испытуемый в шортах или купальном костюме ложится на кушетку. На различных участках тела фиксируют термодатчики, с помощью которых измеряют исходную температуру кожи.

На испытуемого направляют поток воздуха от вентилятора и повторно определяют температуру кожи. Затем испытуемого укрывают одеялом и через некоторое время (10—15 мин) вновь измеряют температуру кожи в соответствующих участках тела. Повторяют опыт с включенным вентилятором.

Кроме температуры кожи необходимо определить температуру помещения, где проводят исследование, и температуру пространства между одеялом и телом испытуемого.

Результаты работы и их оформление. Запишите температуру кожи испытуемого в точках регистрации при разных условиях (исходную, при охлаждении вентилятором, под одеялом). Рассчитайте разность между температурой кожи в различных участках тела и температурой помещения до и после включения вентилятора, а также температурой, которая регистрируется в пространстве между одеялом и телом испытуемого. Объясните полученные различия.

РАБОТА 4. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Во время физической работы у человека увеличивается потребление кислорода, а следовательно, теплопродукция. При этом для поддержания температурного гомеостаза одновременно с увеличением теплопродукции в организме стимулируются механизмы теплоотдачи, особенно за счет потоотделения. При испарении с поверхности тела человека 1 мл пота организм отдает около 2,4 кДж (0,58 ккал) тепла. Теплоотдача повышается также за счет усиления кровообращения в коже и подкожной клетчатке. При этом температура кожи повышается и увеличивается отвод тепла от поверхности тела.

Для работы необходимы: велоэргометр (или бегущая дорожка, или другие приспособления для создания физической нагрузки), электротермометры (или один электротермометр с набором датчиков и коммутатором), спиролит, газовый счетчик, электрокардиограф, спиртовой раствор йода, кусочки хлопчатобумажной ткани, пропитанные раствором крахмала. Объект исследования — человек.

Проведение работы. У испытуемого, спокойно сидящего на велоэргометре, регистрируют ЭКГ и МОД. Исследуют состав выдыхаемого воздуха, температуру тела в подмышечной впадине и температуру кожи в различных участках тела (лба, предплечья, кисти, бедра и т. д.). Интенсивность потоотделения кожи определяют с помощью кусочков ткани, пропитанных раствором крахмала. Их накладывают на те же участки кожи, где измеряется температура, причем кожа должна быть предварительно смазана спиртовым раствором йода и высушена.

Получив исходные данные, испытуемому предлагают начать работу, которая продолжается до обильного потоотделения и покраснения лица. Во время работы с интервалом в 1—2 мин производят регистрацию всех показателей, которые были получены в исходном состоянии. Во время регистрации ЭКГ работу целесообразно прекращать, поскольку при сокращении скелетных мышц обычно возникают помехи. По окончании работы повторяют регистрацию данных до полного восстановления исходных показателей.

Результаты работы и их оформление. На основании данных, полученных при регистрации МОД и газового состава выдыхаемого воздуха, рассчитайте исходную теплопродукцию организма, а также теплопродукцию во время работы и в восстановительный период. Величину теплопродукции в различные периоды опыта сопоставьте с соответствующими показателями ЭКГ, температуры различных участков кожи и их потоотделением. Обсудите, как изменяются теплопродукция и теплоотдача организма во время физической нагрузки и в восстановительный период.

РАБОТА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ, АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ДЫХАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИСКУССТВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ (ГИПОТЕРМИИ) ГОМОИОТЕРМНОГО ЖИВОТНОГО

Для работы необходимы: операционный стол для фиксации животного, четырехканальный электрокардиограф, ртутный манометр, пневмодатчик, датчик артериального давления, электронный измеритель давления, термометр для измерения ректальной температуры животного, эмеевик из полихлорвиниловой (или стеклянной) трубки сечением 0,3—0,4 см и полезным объемом 30—40 мл, набор хирургических инструментов, сосудистые канюли, соединительные трубки, кювета для эмеевика, нембутал, гепарин, физиологический раствор, марлевые салфетки, вата, лигатуры, лед, холодная и горячая вода. Объект исследования — кошка.

Проведение работы. Кошку наркотизируют нембуталом внутривенно (40 мг/кг) и фиксируют на операционном столе в положении на спине. На внутренней поверхности бедра производят разрез кожи с подкожной жировой клетчаткой. Тупым путем препарируют кровеносные сосуды. Одну из поверхностных ветвей бедренной

вены используют для введения гепарина (1000—1500 ед. на 1 кг массы). Бедренные артерии и вены берут на отдельные лигатуры. Поочередно в бедренную артерию и в бедренную вену вводят канюли, соединенные с двух сторон созмеевиком, и прочно укрепляют их лигатурами. Необходимо следить, чтобы в канюли и смеевик не попал воздух. Длина соединительных трубок должна быть минимальной. Убедившись в том, что канюли прочно введены в сосуды, снимают зажимы, наложенные на сосуды, и смеевик перед введением канюль, и получают артерио-венозный анастомоз. Теперь кровь из бедренной артерии, минуя ткани бедра, через смеевик поступает прямо в вену. Смеевик с протекающей через него кровью помещают в кювету со льдом. В течение 40—45 мин происходит понижение температуры тела животного до 24—25°C (фиксируют по термометру, введенному в прямую кишку на глубину 6 см).

Для регистрации артериального давления в центральный концев бедренной артерии другой конечности вводят канюлю, соединенную с помощью трубок и тройника с датчиком электронного измерителя давления и с ртутным манометром. По ртутному манометру определяют абсолютную величину артериального давления, а электронный измеритель давления позволяет регистрировать изменения пульсового давления. В физиологический раствор, которым заполняют трубки и систему датчиков, добавляют небольшое количество гепарина (3000—5000 ед.) для предотвращения образования тромбов.

Пневмодатчик для регистрации дыхательных движений можно подключить двумя путями: или непосредственно к трахеотомической трубке после предварительной трахеотомии, или с помощью эластической манжеты, наложенной на эпигастральную область. Четырехканальный электрокардиограф позволяет производить одновременно запись ЭКГ, пульсового давления и дыхательных движений.

Когда температура тела животного понизится до 25°C, в кювету со смеевиком наливают теплую воду (38—39°C). Поддерживая температуру воды на этом уровне, наблюдают постепенное восстановление функций организма по мере его согревания (рис. 77).

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Сравните полученные при различных температурах тела животного ЭКГ, записи дыхания, артериального и пульсового давления. Объясните, почему при понижении температуры тела изменяется деятельность органов дыхания, кровообращения и центральной нервной системы.

ГЛАВА X

ФАКТОРЫ ГУМОРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ФУНКЦИЙ

Важную роль в управлении деятельностью внутренних органов играют биологически активные вещества, циркулирующие в крови.

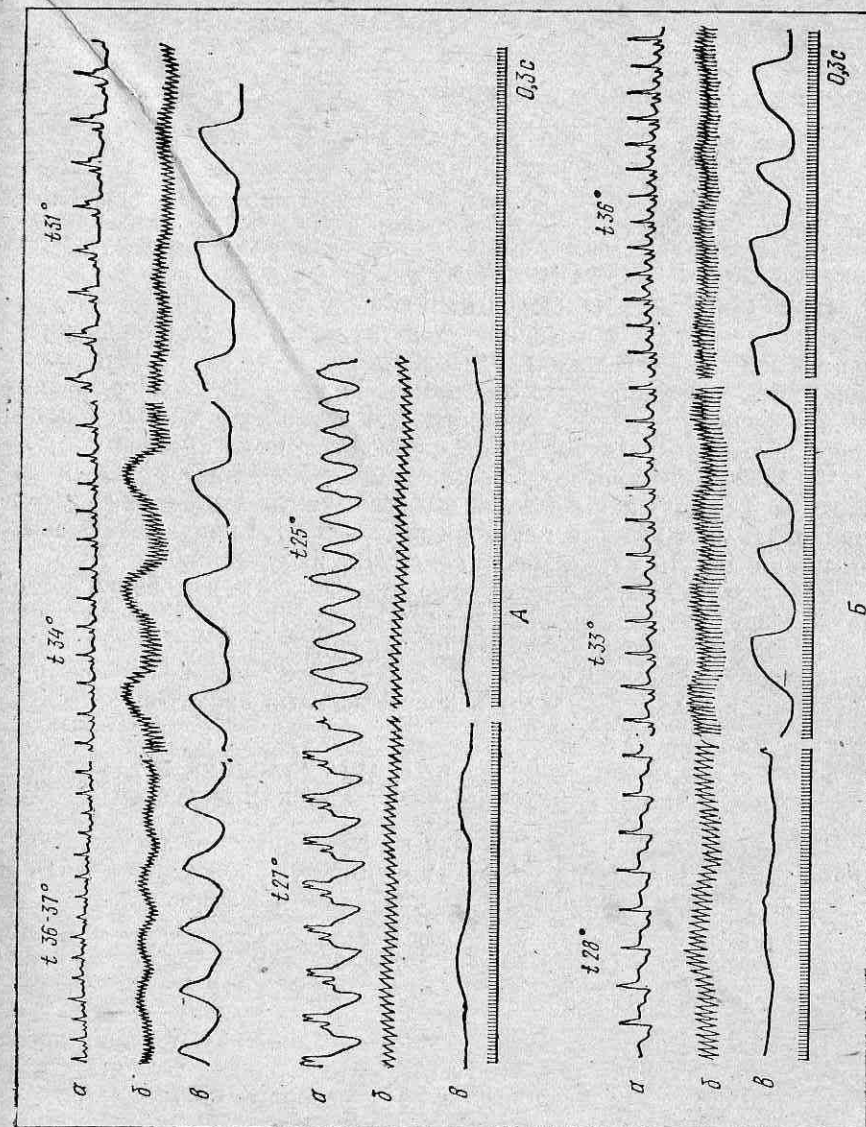


Рис. 77. Изменение некоторых физиологических функций при гипотермии организма (А) и их восстановления при его согревании (Б):
 а — ЭКГ, б — пульсовое артериальное давление, в — дыхание

К ним относятся гормоны — продукты желез внутренней секреции, тканевые гормоны, медиаторы, электролиты.

РАБОТА 1. ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ ИНСУЛИНА НА БЕЛЫХ МЫШЕЙ

Гормон поджелудочной железы — инсулин — способствует депонированию гликогена в печени и гипогликемии.

Для работы необходимы: инсулин, 20%-ный раствор глюкозы, физиологический раствор, раствор пикриновой кислоты для метки животных, шприц (на 1—2 мл), стеклянные воронки, лоток. Объект исследования — 4 взрослых белых мыши, предварительно голодавшие 24 ч.

Проведение работы. Перед началом опыта животных метят пикриновой кислотой и взвешивают, а затем вводят подкожно инсулин в следующих дозах: 1-я мышь получает 0,1 ед. на 10 г массы тела, 2-я — 0,5 ед., 3-я — 1 ед., а 4-й, контрольной мыши вводят 0,5 мл физиологического раствора. После инъекции мышей помещают под стеклянные воронки и наблюдают за их поведением.

Через 20 мин инсулин оказывает свое действие. Мышей извлекают и вводят каждой из них (кроме контрольной) внутривенно 0,5 мл 20%-ного раствора глюкозы. Наблюдают за животными еще 10—15 мин, отмечая изменение их состояния.

Результаты работы и их оформление. Опишите изменения состояния мышей после введения разных доз инсулина. Отметьте, что произошло с мышами, получившими разные дозы инсулина после добавочного введения им глюкозы. Опишите механизм действия инсулина, а также результат недостаточного и избыточного содержания инсулина в организме.

РАБОТА 2. ВЛИЯНИЕ АДРЕНАЛИНА, АЦЕТИЛХОЛИНА И АТРОПИНА НА МЫШЦЫ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗ ЛЯГУШКИ

Цилиарные мышцы чувствительны к различным биологически активным веществам. При сокращении циркулярной мышцы зрачок суживается, при сокращении радиальной — расширяется.

Для работы необходимы: набор препаровальных инструментов, 0,1%-ный раствор адреналина, 0,1%-ный раствор ацетилхолина, 0,1%-ный раствор атропина, часовое стекло, выстланное ватой, миллиметровая бумага. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Двух лягушек обезвреживают иглой, после чего отрезают голову так, чтобы отделить верхнюю челюсть с глазами. Помещают обе головы на вату часового стекла. Отрезком миллиметровой бумаги измеряют диаметр зрачков и записывают результаты. Один глаз оставляют в качестве контрольного, в три других капают по капле соответственно — адреналин, ацетилхолин и атропин. Измеряют отрезком миллиметровой бумаги диаметр зрачка каждого из глаз через 15—20 мин после действия биологически активных веществ.

Результаты работы и их оформление. Запишите в тетрадь данные о диаметрах зрачков до и после воздействия примененных веществ. Опишите механизм действия каждого из этих веществ на мышцы радужной оболочки лягушки.

ГЛАВА XI

ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЦ И НЕРВОВ

Изучение физиологии нервно-мышечной системы позволяет получить важный материал для понимания основ как двигательной деятельности, так и функций нервной системы. Познания в области нервно-мышечной физиологии важны для формирования представлений о взаимосвязи функции мышц и внутренних органов, для создания благоприятных условий труда, активного отдыха, спортивных занятий, т. е. для решения проблемы здоровья здорового человека. Нервно-мышечная физиология необходима для практической медицины, в частности во врачебном контроле, клинике нервных болезней, ортопедии и лечебной физкультуре.

РАБОТА 1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО ПРЕПАРАТА И ПРЕПАРАТА ИЗОЛИРОВАННОЙ ИКРОНОЖНОЙ МЫШЦЫ ЛЯГУШКИ

Для работы необходимы: набор препаровальных инструментов и материалов, раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Обездвиживают лягушку. Ножницами перерезают позвоночник примерно посередине туловища (рис. 78, 1) и отделяют верхнюю половину тела. Удаляют остаток внутренней пинцетом и ножницами. Захватив одной рукой через салфетку остаток позвоночника, а другой — край кожи со спины, снимают кожу с обеих лапок (рис. 78, 2), получают препарат двух задних лапок лягушки (рис. 78, 3).

Далее готовят препарат одной лапки. Для этого, держа препарат так, чтобы лапки висели вниз под прямым углом к позвоночнику, ножницами осторожно вырезают копчиковую кость — уростиль, который при таком положении препарата выдается кверху (рис. 78, 4). Затем, стараясь не задеть нервных стволиков крестцового сплетения, продольно разрезают по средней линии позвоночника и все другие ткани, с тем чтобы отделить лапки друг от друга.

Следующим этапом работы является препаровка икроножной мышцы и седалищного нерва. Подводят под ахиллово сухожилие браншу ножниц, отделяют сухожилие по всей длине и подрезают ниже сесамовидной косточки. Захватив сухожилие пинцетом, оттягивают мышцу в сторону, разрывая фасции, связывающие ее с другими тканями. Для препаровки нерва бедро располагают задней поверхностью вверх. Мышцы разводят и двумя стеклянными крючками отпрепаровывают лежащий в глубине седалищный нерв по всей его длине (рис. 78, 5, 6). Приподняв нерв, подрезают ножницами окружающие ткани. Перерезают лапку выше и ниже коленного сустава (рис. 78, 7, 8, указано пунктиром) — получают нервно-мышечный препарат икроножной мышцы и седалищного нерва. До начала работы помещают его в чашку Петри, завернув в вату, смоченную раствором Рингера. На конце нерва рекомендуется сохранять небольшой участок позвоночника, поскольку за него

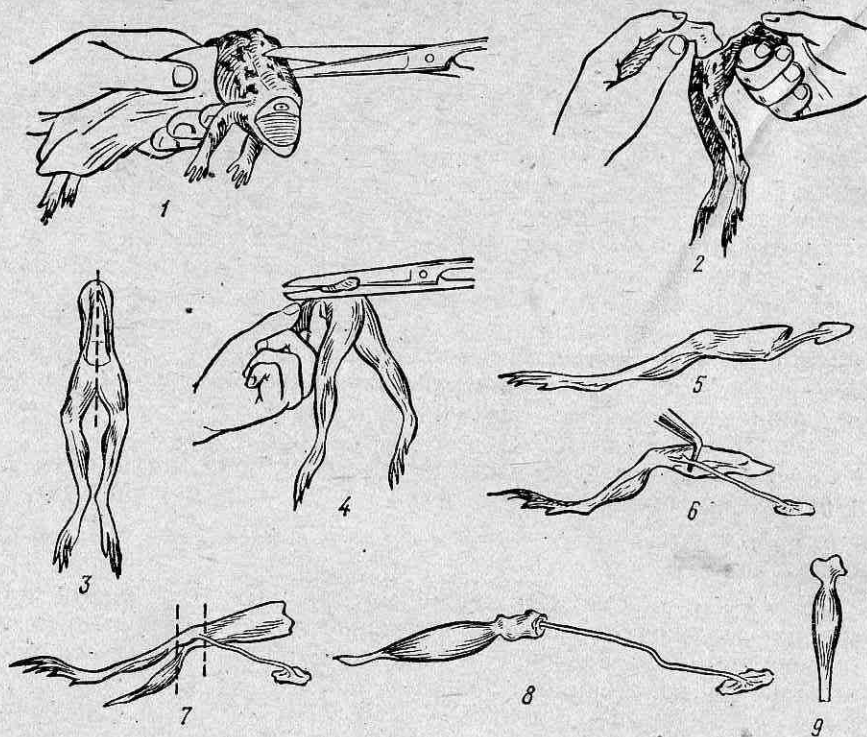


Рис. 78. Приготовление нервно-мышечного препарата (икроножная мышца с седалищным нервом) и изолированной икроножной мышцы (пояснение в тексте)

удобно брать пинцетом, помещая нерв на электроды и, кроме того, отсечение нерва от позвоночника наносит дополнительную травму. Для приготовления препарата изолированной мышцы нерв отсекают полностью у самой мышцы (рис. 78, 9).

РАБОТА 2. ПРЯМОЕ И НЕПРЯМОЕ РАЗДРАЖЕНИЕ МЫШЦЫ

В экспериментальных условиях сокращение мышцы может быть достигнуто как раздражением самой мышцы (прямое раздражение), так и раздражением двигательного нерва, иннервирующего данную мышцу (непрямое раздражение).

Для работы необходимы: горизонтальный миограф, кимограф, стимулятор, электроды, универсальный штатив, препаровальные инструменты и материалы, переключатель, раствор Рингера, лигатуры, пипетка. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Проверяют готовность аппаратуры к работе. Обездвиживают лягушку, разрушив головной и спинной мозг. Снимают кожу с бедра и голени одной из лапок лягушки, отпрепаровывают икроножную мышцу и выделяют ахиллово сухожилие, не отрезая мышцу в области коленного сустава. Фиксируют лягуш-

ку на препаровальном столике с помощью булавок спинкой вверх (рис. 79). Прочно обвязывают лигатурой ахиллово сухожилие и подрезают его ниже сесамовидной косточки. Свободные концы лигатуры перебрасывают через блок горизонтального миографа и фиксируют на рычажке писчика таким образом, чтобы он был строго горизонтальным. Раздвигают мышцы бедра и обнажают седа-

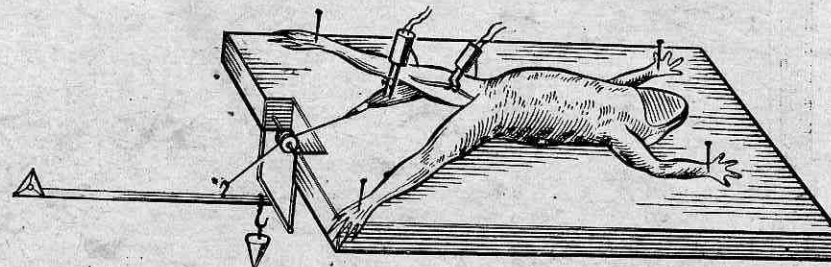


Рис. 79. Горизонтальный миограф с закрепленной лягушкой

лищный нерв. Стараясь минимально травмировать нерв, подводят под него лигатуру. Накладывают одну пару электродов на мышцу, другую — на седалищный нерв. Через переключатель электроды соединяют с выходом стимулятора. Постепенно увеличивая амплитуду стимулирующих импульсов, определяют величину порогового раздражения для нерва. Затем переключатель ставят в положение, чтобы раздражение наносилось на мышцу, и определяют порог раздражения мышцы. Эту работу можно проводить и с использованием вертикального миографа (см. рис. 80).

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему эксперимента. Вырежьте записи кривых сокращения и вклейте их в протокол. Под каждой записью сокращения отметьте объект раздражения и параметры раздражающего электрического тока.

РАБОТА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ АМПЛИТУДЫ СОКРАЩЕНИЯ ИЗОЛИРОВАННОЙ МЫШЦЫ ОТ СИЛЫ РАЗДРАЖЕНИЯ

Скелетная мышца состоит из большого количества отдельных мышечных волокон, обладающих различной возбудимостью, поэтому минимальные по силе раздражители приводят к возбуждению и сокращению только тех мышечных волокон, которые характеризуются самым низким порогом, т. е. самой высокой возбудимостью. По мере увеличения амплитуды раздражающего тока в сократительный процесс вовлекаются мышечные волокна с меньшей возбудимостью. В конечном итоге при максимальном раздражении происходит сокращение всех мышечных волокон, входящих в состав данной мышцы. Дальнейшее увеличение силы стимула не приводит к увеличению амплитуды сокращения.

Для работы необходимы: вертикальный миограф, стимулятор, кимограф, универсальный штатив, набор препаровальных инструментов, пипетка, вата, раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

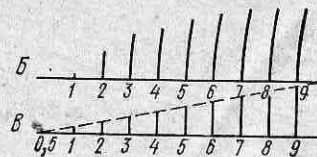
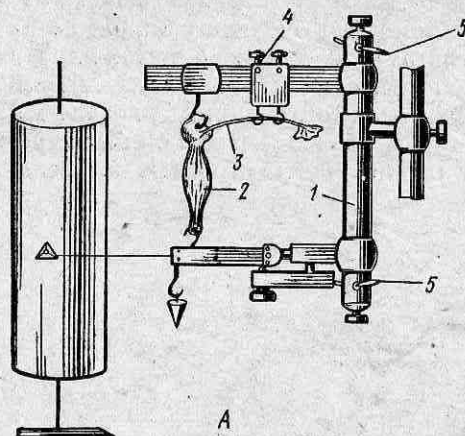


Рис. 80. Зависимость амплитуды сокращения икроножной мышцы лягушки от силы раздражения:

А — схема установки для закрепления и стимуляции мышцы: 1 — вертикальный миограф, 2 — мышца, 3 — нерв, 4 — электроды для стимуляции нерва, 5 — клеммы для подключения стимулятора; Б — запись мышечных сокращений: 1 — минимальное пороговое сокращение, 2—6 — субмаксимальные сокращения, 7—9 — максимальные сокращения; В — схема возрастания силы стимулов (от 0,5 до 9 условных единиц); за единицу взята амплитуда порогового (1) стимула; 0, 5 — подпороговый раздражитель, 1 — пороговый раздражитель, 2—6 — субмаксимальные раздражители, 7 — максимальный раздражитель, 8—9 — супермаксимальные раздражители

Проведение работы. Готовят препарат икроножной мышцы. Фиксируют мышцу в вертикальном миографе (рис. 80). Клеммы вертикального миографа соединяют с выходом стимулятора. Включают стимулятор в режиме периодического запуска импульсов с частотой 1 Гц и начинают плавно увеличивать амплитуду раздражающего стимула при неизменной длительности, равной 1 мс. Достигают той величины стимула, при которой возникают минимальные по амплитуде сокращения мышцы. Далее продолжают увеличивать амплитуду стимула и убеждаются в том, что амплитуда сокращения пропорционально возрастает. В ходе эксперимента наступает момент, когда дальнейшее увеличение амплитуды раздражающего тока уже не приводит к увеличению амплитуды сокращения.

Результаты работы и их оформление. Вклейте полученные миограммы в протокол. Сравните параметры раздражающих импульсов, при которых получают минимальные, средние и максимальные по амплитуде сокращения.

РАБОТА 4. ОДИНОЧНЫЕ МЫШЕЧНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И СУММАЦИЯ

Одиночные мышечные сокращения — это реакция мышцы в ответ на одиночный пороговый или сверхпороговый стимул. При нанесении на мышцу во время одиночного сокращения второго раздражения наблюдается эффект суммации мышечных сокращений. Если второй стимул раздражает мышцу в фазу расслабления, то происходит неполная суммация, если он приходится на фазу сокращения — полная суммация.

Для работы необходимы: фаль-аппарат, миограф, отметчик времени, универсальный штатив, набор препаровальных инструментов, пилетка, раствор Рингера, вата. Объект исследования — икроножная мышца лягушки.

Проведение работы. Препарат икроножной мышцы лягушки закрепляют на крючках миографа. Фаль-аппарат (рис. 81, А) включают в сеть и устанавливают потенциометром R_1 силу раздражения выше пороговой. Выключателем 10 замыкают контакты 7 первого раздражения. Снимают фиксатор с каретки фаль-аппарата и медленно перемещают ее рукой, при этом в момент замыкания контактов 7 на мышцу подается раздражение и она сокращается. Это сокращение из-за медленного движения каретки записывается в виде вертикальной линии, которая указывает момент нанесения раздражения (рис. 81, В). Одновременно с этим записывается изолиния. Возвращают каретку в исходное положение. Отпускают фиксатор, каретка фаль-аппарата приводится в движение падающим грузом 3, при этом на бумаге записывается миограмма одиночного сокращения мышцы, под миограммой регистрируется отметка времени для расчета латентного периода 2, длительности фазы сокращения 3 и фазы расслабления 4 мышцы.

Включают контакты второго раздражения 8 и устанавливают их в такое положение, чтобы это раздражение наносилось на мышцу во время ее расслабления. Записывают изолинию с двумя моментами нанесения раздражений при медленном перемещении рукой каретки фаль-аппарата. После этого последовательно регистрируют одиночные сокращения мышцы на первое и второе раздражения, соответственно замыкая контакты выключателей (сначала 10, потом 11), а затем сокращения мышцы на оба раз-

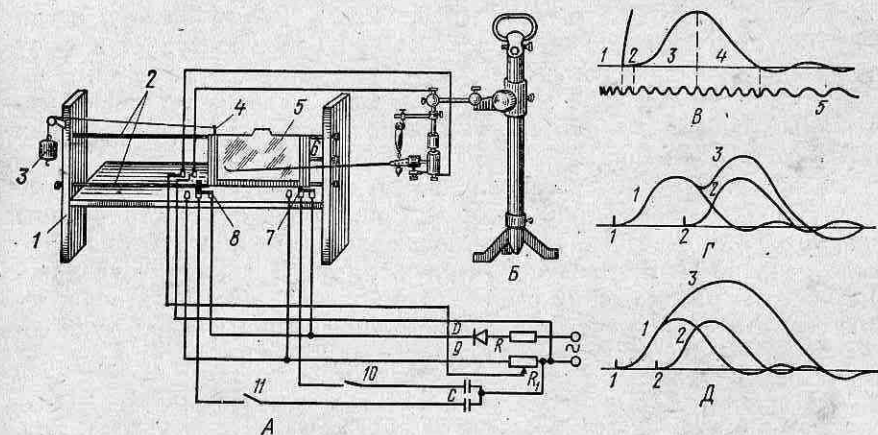


Рис. 81. Установка для записи развернутой кривой одиночного мышечного сокращения и суммации:

А — фаль-аппарат: 1 — рама, 2 — направляющие, 3 — груз для перемещения каретки, 4 — каретка, 5 — бумажная вставка для записи кривой, 6 — фиксатор каретки, 7, 8 — переключные контакты, 9 — электрическая схема генерации одиночных стимулов (питание от сети); 10, 11 — выключатели; В — штатив с вертикальным миографом и закрепленной мышцей; Б — кривая одиночного мышечного сокращения: 1 — момент размыкания контактов, 2 — латентный период, 3 — фаза укорочения, 4 — фаза расслабления, 5 — отметка времени 10 мс; Г — неполная суммация; Д — полная суммация: 1 и 2 — моменты стимуляции при замыкании первой и второй групп контактов и соответствующие развернутые кривые сокращения, 3 — кривая суммарного мышечного сокращения

дражения. Получают кривую неполной суммации мышечного сокращения (рис. 81, Г).

Уменьшают расстояние между контактами, чтобы второе раздражение наносилось в фазу сокращения мышцы, и регистрируют сначала миограммы одиночных сокращений на первое и второе раздражения, а затем кривую полной суммации (рис. 81, Д).

Результаты работы и их оформление. Вклейте полученные кривые в тетрадь. Определите длительность латентного периода, фазы сокращения и фазы расслабления. Сравните амплитуду одиночного мышечного сокращения с амплитудами при неполной и полной суммации мышечных сокращений.

РАБОТА 5. ЗУБЧАТЫЙ И ГЛАДКИЙ ТЕТАНУС. ОПТИМУМ И ПЕССИМУМ ЧАСТОТЫ РАЗДРАЖЕНИЯ

В эксперименте можно зарегистрировать одиночные сокращения мышцы при нанесении одиночных раздражений. Стимулируя мышцу серией следующих друг за другом импульсов раздражающего тока, можно наблюдать основные закономерности суммации сокращения. При этом общая картина сокращения будет целиком зависеть от частоты раздражения и параметров отдельных раздражающих стимулов (амплитуды и длительности). Если каждый последующий стимул поступает на мышцу после полного его расслабления, то наблюдаются типичные *одиночные сокращения*. Постепенное увеличение частоты раздражения приводит к тому, что стимулы приходят в конце, середине или начале фазы расслабления, и при этом развивается *зубчатый тетанус* (рис. 82, 2). В том случае, когда частота стимулов еще выше и каждый из них поступает в фазу укорочения, развивается *гладкий тетанус* (рис. 82, 3). Это длительное слитное сокращение мышцы является экспериментальной моделью сокращений, характерных для натуральных сократительных актов скелетной мышцы.

Экспериментально установлено, что существуют оптимальные частоты раздражения, при которых могут быть зарегистрированы максимальные ответные реакции исследуемой мышцы. Это явление было названо Н. Е. Введенским *оптимумом*. Дальнейшее увеличение частоты раздражения сверх оптимальной приводит к ослаблению сократительной способности скелетной мышцы, амплитуда сокращения уменьшается и наблюдается явление *пессимума*.

Для работы необходимы: вертикальный миограф, кимограф, стимулятор, универсальный штатив, препаровальный набор, пипетка, раствор Рингера, вата. Объект исследования — икроножная мышца лягушки.

Проведение работы. Закрепляют препарат в миографе и смазывают его раствором Рингера. Включают стимулятор и раздражают мышцу одиночными стимулами с частотой 0,5 Гц, регистрируют одиночные сокращения. Постепенно увеличивают частоту раздражения и доводят ее до величин, когда каждый следующий импульс поступает на мышцу в фазу расслабления; регистрируют зубчатый тетанус. Ручкой плавной регулировки увеличивают час-

тоту стимуляции и записывают гладкий тетанус. После этого продолжают увеличивать частоту раздражения и регистрируют оптимум, а затем пессимум мышечного сокращения (рис. 82).

Результаты работы и их оформление. Зарегистрированные кривые вырежьте и вклейте в протокол опыта. Отметьте против каждой записи частоту раздражения, а также амплитуду и длительность

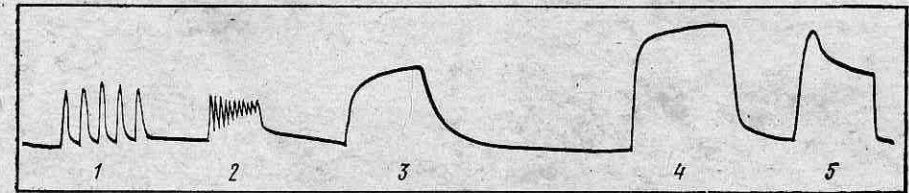


Рис. 82. Виды тетануса:

1 — одиночные сокращения, 2 — зубчатый тетанус при увеличении частоты раздражения, 3 — гладкий тетанус, 4 — оптимум, 5 — пессимум

отдельных стимулов. Проанализируйте результаты, обратив внимание на критические изменения частоты раздражения, когда одиночные сокращения переходят в зубчатый и гладкий тетанус, а также когда регистрируются оптимум и пессимум.

РАБОТА 6. РЕГИСТРАЦИЯ СОКРАЩЕНИЙ ГЛАДКОЙ МЫШЦЫ

Гладкие мышцы по сравнению со скелетными характеризуются низкой возбудимостью, длительным скрытым периодом ответной реакции, медленными фазами сокращения и расслабления (рис. 83). Они способны длительно сохранять тонические напряжения. При расслаблении гладких мышц их тонус значительно повышается.

Для работы необходимы: вертикальный миограф, кимограф, стимулятор, набор препаровальных инструментов, пипетка, раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Лягушку обездвиживают, разрушив головной и спинной мозг. Вскрывают брюшную полость и извлекают желудок. Из него вырезают кольцо 4—5 мм шириной. Кольцо в одном месте рассекают и с полоски снимают слизистую оболочку. Устанавливают горизонтальные штанги миографа в соответствии с длиной полоски. Если необходимо, полоску удлиняют с помощью лигатуры. Устанавливают наименьшую скорость вращения кимографа. Определяют с помощью стимулятора поро-

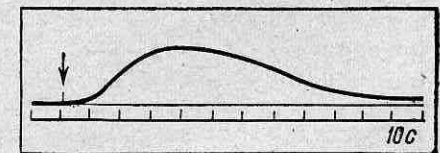


Рис. 83. Миограмма гладкой мышцы желудка лягушки. Стрелкой указан момент нанесения одиночного стимула

вую величину раздражения. Обычно используют импульсы длительностью 5—10 мс и амплитудой 30—50 В. Следует попытаться записать миограмму в ответ на одиночное раздражение. После этого в повторном опыте записывают миограмму в ответ на короткое ритмическое раздражение.

Результаты работы и их оформление. Полученные кривые вклейте в тетрадь. Сравните величину порога, латентного периода и длительность фаз укорочения и расслабления гладкой мышцы с соответствующими показателями скелетной (работа 4).

РАБОТА 7. БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ДЕМОНСТРАЦИИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЯХ (ПЕРВЫЙ И ВТОРОЙ ОПЫТЫ Л. ГАЛЬВАНИ И ОПЫТ К. МАТТЕУЧИ)

Биоэлектрические явления в возбудимых тканях могут быть обнаружены как биологическим, так и физическим методом с помощью приборов. Хотя биологический метод в настоящее время утратил свое значение как метод исследования, для физиолога он всегда будет представлять интерес благодаря исключительной роли, какую он сыграл в истории открытия биоэлектрических явлений. Именно биологический метод позволил Гальвани впервые бесспорно доказать существование «животного электричества» и тем самым положить начало новому направлению в физиологии — учению об электрических процессах в организме.

Задача 1. Воспроизведение первого опыта Гальвани (с металлом)

Суть первого опыта Гальвани состоит в том, что при соприкосновении нервно-мышечного препарата с биметаллическим пинцетом наблюдается сокращение мышцы (рис. 84).

Для работы необходимы: биметаллический пинцет, состоящий из медной и железной браншей, препаровальный набор, пипетка, вата, раствор Рингера. Объект исследования — нервно-мышечный препарат лягушки.

Проведение работы. Готовят нервно-мышечный препарат двух задних лапок лягушки, не отделяя их друг от друга. Подводят одну браншу биметаллического пинцета под корешки крестцового отдела спинного мозга лягушки, стараясь при этом не касаться препарата другой браншей. При соприкосновении второй бранши с мышцами бедра лягушки возникает сокращение мускулатуры всего препарата, частота которого соответствует частоте соприкосновений. При подсыхании препарата сокращения мышцы могут исчезнуть, поэтому в течение опыта следует обильно орошать препарат раствором Рингера.

Результаты работы и их оформление. Запишите в протокол и зарисуйте схему опыта. Оцените первый опыт Гальвани.

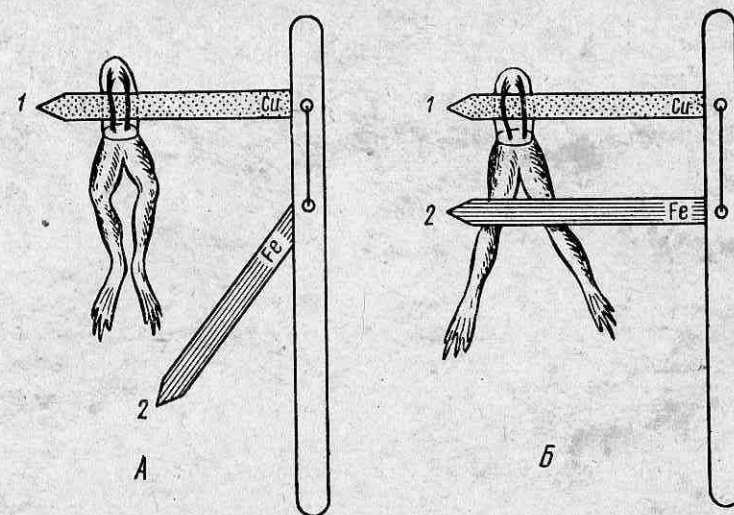


Рис. 84. Схематическое изображение первого опыта Гальвани (балконный опыт) с биметаллическим пинцетом:

А — одна бранша (1) пинцета контактирует с объектом в области крестцового нервного сплетения, вторая бранша (2) не контактирует; Б — сокращение мышц конечностей при замыкании цепи (обе бранши контактируют)

Задача 2. Воспроизведение второго опыта Гальвани (сокращение без металла)

Этот опыт Гальвани состоял в том, что сокращение мышц лапки лягушки воспроизводилось без участия металла путем набрасывания отпрепарированного седалищного нерва на поврежденный участок мышцы голени. Разность потенциалов между наружной поверхностью мышцы и ее внутренней частью, существующая в покое, отчетливо проявляется в случаях, когда мышца повреждена. Потенциал, возникающий между неповрежденным и поврежденным участками, получил название «потенциал повреждения» или «демаркационный потенциал». Когда набрасываемый нерв попадает на поврежденный электроотрицательный участок мышцы, происходит замыкание цепи, в которой роль положительного полюса играют неповрежденная поверхность мышцы и участок соприкасающегося с ней нерва. Таким образом, во втором опыте Гальвани причиной возбуждения нерва является раздражающее действие тока, возникающего непосредственно в тканях.

Для работы необходимы: набор препаровальных инструментов, стеклянный крючок, стеклянная пластинка, раствор Рингера. Объект исследования — нервно-мышечный препарат лягушки.

Проведение работы. Часть мышцы нервно-мышечного препарата, прилегающую к коленному суставу, повреждают, кладут препарат на стеклянную пластинку и на поврежденный участок мышц

стеклянными крючками набрасывают нерв так, чтобы его средняя часть касалась неповрежденной поверхности мышцы (рис. 85).

Результаты работы и их оформление. Запишите в протокол и зарисуйте схему опыта. Объясните принципиальную разницу между первым и вторым опытами Гальвани.

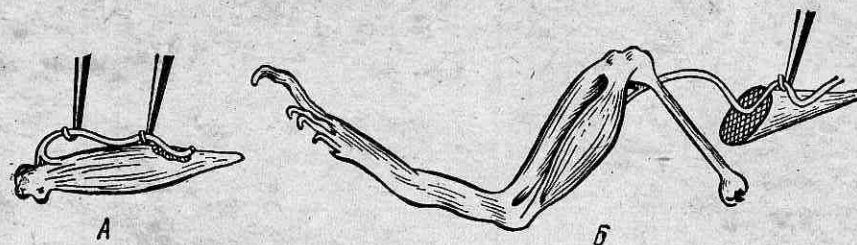


Рис. 85. Второй опыт Гальвани. А и Б — способы набрасывания нерва

Задача 3. Вторичный тетанус (опыт Маттеучи)

Маттеучи показал, что можно вызвать сокращение мышц нервно-мышечного препарата, прикладывая нерв к сокращающимся мышцам другого препарата. Этот опыт свидетельствует о том, что в сокращающейся (действующей) мышце возникают токи, причем настолько значительные, что их можно использовать в качестве раздражителя для нерва другого препарата. Эти токи получили название «токов действия».

Для работы необходимы: стимулятор, держатель, набор препаровальных инструментов, раствор Рингера. Объект исследования — два нервно-мышечных препарата лягушки.

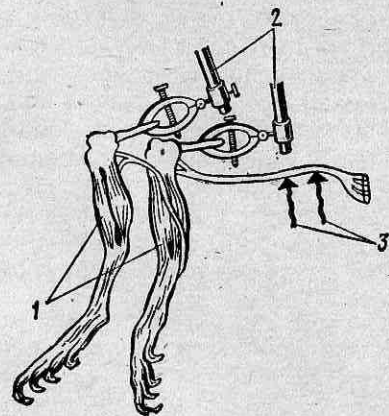


Рис. 86. Опыт Маттеучи:

1 — нервно-мышечные препараты лягушки, 2 — держатели, 3 — раздражающие электроды

Проведение работы. Готовят два препарата задних лапок лягушки. Мышцы бедра удаляют, а обе лапки за бедренную кость укрепляют в держателях (рис. 86). Нерв одного препарата помещают на электроды, а нерв другого располагают вдоль икроножной мышцы первого. Вызывая ритмическими раздражениями нерва тетаническое сокращение мышц первого препарата, наблюдают за сокращениями мышц второго.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему проведения опыта. Объясните возникновение токов действия.

РАБОТА 8. МИКРОЭЛЕКТРОДЫ И ТЕХНИКА ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Электрические явления, сопутствующие возбуждению, развиваются на мембранах клеток. Поэтому изучение механизмов возникновения и передачи возбуждения требует исследования динамики перераспределения зарядов между внутренней и наружной поверхностями мембран отдельных клеток. Исследование мембранных процессов требует особых технических приспособлений, позволяющих проникнуть внутрь клетки без ее повреждения. При изучении функциональной организации нервной системы нередко требуется регистрировать потенциалы действия одной или нескольких клеток внеклеточно. Для внутриклеточных и внеклеточных отведений применяют микроэлектроды. Диаметр внутриклеточных микроэлектродов должен быть равен 0,4—1,0 мкм, диаметр внеклеточных может быть несколько больше. Они изготавливаются из стекла или металла.

Задача 1. Изготовление стеклянных микроэлектродов

Для работы необходимы: аппарат для оттягивания стеклянных микроэлектродов, заготовки из стекла (капилляры диаметром 1,5—2 мм), стеклянные кристаллизаторы с крышкой, подставки для электродов (из пластмассы), 3М-раствор KCl.

Проведение работы. Заготовки из стекла в виде тонких трубочек закрепляют в верхней (неподвижной) цанге аппарата (рис. 87, А). Нижний конец с помощью цанги прикрепляют к подвижному стержню, на противоположном конце которого укреплен магнитный сердечник. Сердечник на $\frac{2}{3}$ длины входит в катушку сильного соленоида. На середине расстояния между верхней и нижней цангой стеклянная трубочка проходит через внутреннюю часть платиновой петли.

Оттягивание микроэлектродов производят следующим образом. Включают платиновую спираль в цепь тока. Через некоторое время под влиянием тепла раскалившейся спирали стеклянная трубочка размягчается и за счет веса стержня и сердечника начинает растягиваться. Это первая стадия вытягивания электродов. В какой-то момент стержень, перемещаясь вниз, замыкает контакты цепи соленоида. Под влиянием возникшего магнитного поля сердечник резко, рывком втягивается внутрь соленоида. За счет этого рывка осуществляется вторая стадия вытягивания электрода и разрыв трубочки на две части. Каждая из них представляет собой микропипетку с тонким концом. Зная температуру плавления стекла, можно путем регулирования его нагрева, момента включения соленоида и силы рывка получать электроды с кончиком определенного диаметра. Стеклянные заготовки до оттягивания следует держать в дистиллированной воде. Перед оттягиванием внешнюю часть трубочки высушивают. Внутренняя поверхность должна оставаться влажной. Во время нагревания вода испаряется, а затем при охлаждении капилляра конденсируется и заполняет самую узкую часть кончика электрода. Для ускорения этого процесса микроэлектрод после оттягивания тотчас же укрепляют на

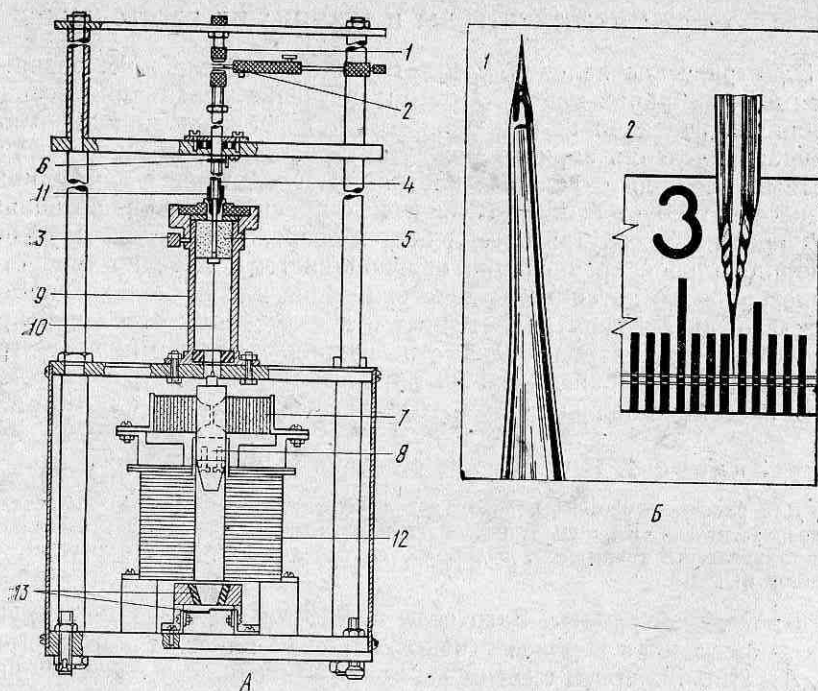


Рис. 87. Изготовление стеклянных микроэлектродов (микропипеток):
 А — конструкция автомата для вытягивания стеклянных микроэлектродов: 1 — неподвижная цапга, 2 — платиновая петля, 3 — прижимной винт, 4 — подвижной центрированный стержень, 5 — поршень центровочного цилиндра, 6 — микровыключатель электромагнитного тормоза, 7 — электромагнитный тормоз, 8 — сердечник соленоида, 9 — центровочный цилиндр, 10 — подвеска сердечника соленоида, 11 — микровыключатель соленоида, 12 — соленоид, 13 — контакты блокирования прибора; Б — кончик стеклянного микроэлектрода под микроскопом: 1 — малое увеличение, 2 — большое увеличение (1 деление шкалы = 10 мкм)

специальном штативе и конец его погружают на 3—5 мм в 3М-раствор KCl. Через сутки кончики электродов заполняются, после чего с помощью другой пипетки (с большим диаметром отверстия на конце) заполняют всю полость электрода 3М раствором KCl. В таком виде электроды готовы к употреблению. Внешний вид кончика стеклянного электрода под микроскопом показан на рис. 87, Б.

Судить о диаметре кончика микроэлектрода, особенно если он мал, можно по сопротивлению электрода, которое измеряется ламповым омметром. Если диаметр кончика микроэлектрода меньше 1 мкм, его сопротивление будет порядка 10 или нескольких десятков МОм. Чем тоньше кончик электрода, тем выше его сопротивление.

Задача 2. Изготовление металлических микроэлектродов

Для работы необходимы: аппарат для электролитической заточки хирургических инструментов, электролит к нему, сушильный шкаф, омметр, заготовки из металла (прямые обрезки стальной проволоки, швейные иглы, энтомологиче-

ские булавки и т. п.), подставки для электродов (из металла), изолирующий лак (например, бакелит).

Проведение работы. Металлический микроэлектрод представляет собой стальную иглу, кончик которой истончен до диаметра 1—2 мкм. Поверхность иглы, за исключением самого кончика, покрывают изолирующим лаком. Для изучения физиологии подкорковых структур головного мозга с применением стереотаксической техники необходимы абсолютно прямые и достаточно тонкие электроды. При их изготовлении можно использовать серийно выпускаемый прибор для электролитической заточки хирургических инструментов с некоторыми конструктивными дополнениями. При использовании прибора в его обычном виде в ванну с электролитом погружают фиксированный в вертикальном положении металлический стержень, соединенный с отрицательным полюсом, и заточиваемый инструмент (в данном случае стальная игловидная заготовка, соединенная с положительным полюсом выпрямителя прибора).

Необходимость дополнений к прибору диктуется тем, что в таком положении обрабатываемая заготовка в результате электролитического растворения анода значительно быстрее истончается в поверхностном слое электролита с образованием в этой части электрода «тали» и, кроме того, изгибается в сторону катода. Предотвратить образование «тали» проще всего, расположив в поверхностном слое электролита (до 1,5 см) всю предназначенную для обработки часть заготовки. Заготовку крепят на оси электромотора под небольшим острым углом к поверхности электролита и погружают с помощью подвески, позволяющей перемещать электромотор в трех плоскостях. Благодаря такому положению и вращению заготовки предотвращается изгибание ее в сторону катода и образование «тали». При силе тока до 0,8 А в зависимости от нужной толщины электрода обработка длится 15—20 мин и не требует непрерывного контроля хода заточки. Время обработки уменьшается при большей силе тока, но при этом на поверхности электрода возникают и углубляются неровности, искажающие его форму. Готовый микроэлектрод ополаскивают в дистиллированной воде. Затем его последовательно проводят через растворы 10%-ного Na_2CO_3 , 1%-ной CH_3COOH , спирта и ксилола.

Далее электрод покрывают изолирующим лаком. Лак может применяться любой, но он должен удовлетворять следующим требованиям: а) хорошо ложиться на металл, образуя тонкую пленку, б) не растворяться и не набухать в электролитах, в) обладать свойствами изолятора и г) давать покрытие, достаточно стойкое к механическим воздействиям. Часто для покрытия электродов используют бакелит. Покрытие этим лаком требует термообработки. Электрод вертикально погружают в лак (который не должен быть слишком густым), а затем вынимают. Держа электрод кончиком вниз, дают стечь излишку лака. Слегка подсушивают электрод на воздухе и снова повторяют покрытие. После трех покры-

тий электрод в металлическом штативе помещают кончиком вверх в сушильный шкаф и выдерживают при температуре 180°C в течение 2 ч. Затем электрод охлаждают и вновь повторяют покрытие с последующей термообработкой. У приготовленного таким образом электрода самый кончик обычно бывает лишен изоляции. Вся остальная поверхность электрода (кроме толстого конца, который лаком не покрывают) должна быть проверена на полноту изоляции. Для этого электрод проводят через тонкую пластинку из агар-агара на физиологическом растворе, к которой подключен один из полюсов источника постоянного тока (батарея, аккумулятор). Другой полюс подключают к толстому концу электрода. В цепь последовательно включают омметр, по показаниям которого судят о полноте изоляции. В отличие от стеклянных металлические микроэлектроды можно использовать повторно.

Результаты работы и их оформление. Опишите последовательность изготовления микроэлектродов. Зарисуйте блок-схему установки для микроэлектродных исследований. Обсудите возможности и цели применения микроэлектродной техники для изучения теоретических и практических проблем физиологии и медицины.

РАБОТА 9. ИЗМЕРЕНИЕ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА ОДИНОЧНОГО МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ ЛЯГУШКИ

Для измерения величины мембранного потенциала внутрь клетки вводят микроэлектрод и с помощью усилителя постоянного тока регистрируют разность потенциалов между внутренней частью клетки и окружающими тканями. При этом о существовании разности потенциалов говорит скачок потенциала, возникающий в момент прокола микроэлектродом мембраны клетки. Этот скачок потенциала вызывает резкое смещение луча осциллографа с изоэлектрической линии. На рис. 88 представлены записи момента проникновения микроэлектрода внутрь нервной клетки коры

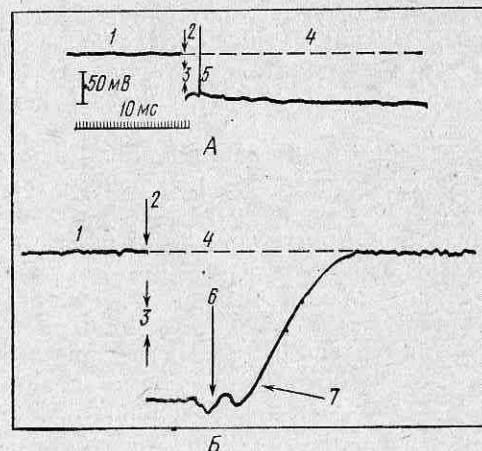


Рис. 88. Внутриклеточное отведение биопотенциалов от нервной (пирамидная клетка коры мозга — А) и мышечной клеток (поперечнополосатая мышца кошки — Б):

1 — внесклеточная запись, 2 — момент прокола и вхождения микроэлектрода в клетку, 3 — величина разности потенциалов между внутренней и наружной поверхностями мембраны (мембранный потенциал), 4 — линия, определяющая исходное (нулевое) значение потенциала, 5 — одиночный спонтанный разряд клетки, 6 — колебания, связанные с давлением микроэлектрода на внутреннюю поверхность мембраны мышечной клетки, 7 — момент прокола мембраны и выхода микроэлектрода из мышечной клетки

мозга кошки А и внутрь мышечного волокна скелетной мышцы кошки Б.

Для работы необходимы: усилитель постоянного тока с катодным повторителем, катодный осциллограф, заранее подготовленные и заполненные 3М раствором KCl стеклянные микроэлектроды с диаметром кончика порядка 0,6—0,7 мкм, микроманипулятор, неполяризующийся электрод, камера из органического стекла для помещения и фиксации препарата, набор препаровальных инструментов, 1%-ный раствор кураре или 5%-ный раствор диплацина, вазелиновое масло, раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Прежде чем приступить к подготовке опыта, следует включить усилитель постоянного тока, так как он должен предварительно прогреться в течение одного часа.

Готовят нервно-мышечный препарат. Мышцу, чтобы понизить ее возбудимость, опускают в 1%-ный раствор кураре. Если этого не сделать, то мышца в момент введения электрода сократится, и хрупкий микроэлектрод сломается.

После кураризации препарат закрепляют на маленьком столике и помещают в ванночку с вазелиновым маслом или раствором Рингера. Укрепляют выносной катодный повторитель на микроманипуляторе. Фиксируют электрод в держателе катодного повторителя и через специальный агар-агаровый мостик соединяют электролит, заполняющий микроэлектрод, со входом катодного повторителя. Индифферентный неполяризующийся электрод располагают на поверхности препарата. Если применена заливка препарата маслом, обращают особое внимание на контакт электрода с объектом. С помощью микроманипулятора подводят электрод к препарату и легким, но отрывистым движением погружают его в ткань мышцы. В случае успеха на экране осциллографа будет виден скачок потенциала. При этом луч осциллографа сместится с изолинии и будет продолжать движение на новом уровне. Измеряют интервал между уровнями луча до и после введения электрода в клетку. Сравнивая величину этого потенциала с калибровочным сигналом, определяют величину мембранного потенциала в милливольтках.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте кривую, наблюдаемую на экране осциллографа в момент проникновения микроэлектрода в клетку, и обозначьте на ней интервал, характеризующий мембранный потенциал. Обсудите природу мембранного потенциала.

РАБОТА 10. ВНУТРИКЛЕТОЧНОЕ ОТВЕДЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЕЙСТВИЯ ОТ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ ЛЯГУШКИ

Для работы необходимы: установка для микроэлектродных исследований, микроманипулятор, влажная камера, набор препаровальных инструментов, заранее заготовленные и заполненные 3М раствором KCl стеклянные микроэлектроды для внутриклеточных отведений. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Готовят нервно-мышечный препарат, помещают его во влажную камеру, фиксируя мышцу в растянутом

состоянии. Закрепление микроэлектрода на катодном повторителе и введение электрода в одиночное волокно осуществляют так же, как описано в предыдущей работе. Вводят микроэлектрод внутрь волокна, ориентируясь на возникновение скачка потенциала. После того как электрод будет введен в волокно, переводят осциллограф в ждущий режим работы (до этого момента осциллограф должен работать в непрерывном режиме при внутреннем запуске развертки). Все это необходимо для того, чтобы иметь возможность следить за появлением скачка потенциала при проколе микроэлектродом мембраны мышечного волокна. Подают импульс синхронизации от стимулятора на вход «внешнего запуска» осциллографа. Помещают двигательный нерв на стимулирующие электроды и подключают их к выходу стимулятора. Нанося на нерв вначале одиночные, а затем ритмические стимулы, подбирают их амплитуду и наблюдают на экране осциллографа возникаю-

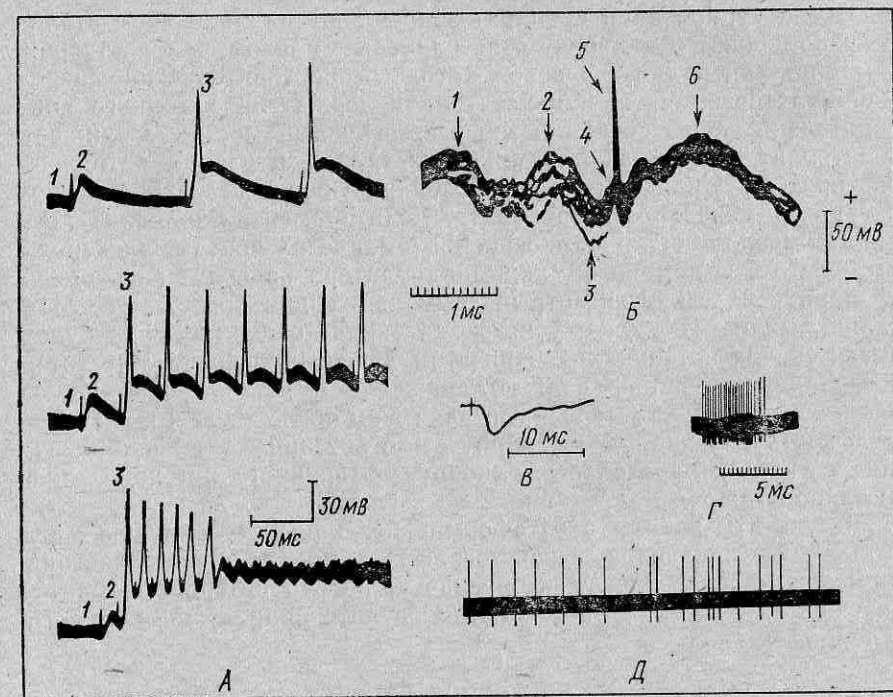


Рис. 89. Внутриклеточные и внеклеточные отведения потенциалов от мышечных и нервных клеток:

А — внутриклеточное отведение потенциалов от одиночного мышечного волокна поперечно-полосатой мышцы (по А. И. Шаповалову): 1 — артефакт раздражения, 2 — потенциал концевой пластинки, 3 — потенциал действия мышечного волокна (частота стимуляции увеличивается от верхней к нижней записи); Б — внутриклеточное отведение потенциалов от пирамидного нейрона V слоя коры головного мозга кошки: 1 — момент стимуляции седалищного нерва, 2 — деполяризация мембраны клетки, 3 — гиперполяризация мембраны клетки, 4 — возбуждающий постсинаптический потенциал, 5 — потенциал действия, 6 — следовой деполяризационный потенциал; В — тормозной постсинаптический потенциал нервной клетки; Г, Д — внеклеточные отведения ритмических разрядов нейронов коры больших полушарий головного мозга кошки

щие потенциалы. Меняя частоту стимуляции, следят за характером наступающих при этом изменений.

Результаты работы и их оформление. Запишите в протоколе опыта наблюдаемые на экране осциллографа изменения. По калибровочным отметкам измерьте амплитуду и длительность полученных потенциалов. Сравните наблюдаемые явления с записями, представленными на рис. 89.

РАБОТА 11. ВНЕКЛЕТОЧНОЕ ОТВЕДЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ ОТ НЕЙРОНОВ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ КОШКИ

Потенциалы действия могут быть зарегистрированы при внеклеточном отведении, когда отводящий микроэлектрод располагается поблизости от одиночной клетки или группы клеток. При этом для отведения используют как металлические, так и стеклянные микроэлектроды с диаметром около 5 мкм. Для усиления потенциалов применяют усилитель переменного тока, при этом отводящие электроды могут быть подключены непосредственно ко входу усилителя (без катодного повторителя).

Для работы необходимы: установка для микроэлектродных исследований, осциллограф, стимулятор, стереотаксический прибор с микроманипулятором, набор хирургических инструментов и материалов, микроэлектроды для внеклеточных отведений, нембутал или хлоралоза. Объект исследования — кошка.

Проведение работы. Кошку под легким нембуталовым (30—40 мг/кг) или хлоралозным (50—60 мг/кг) наркозом закрепляют в стереотаксическом приборе. Проводят разрез кожи по средней линии головы от лобных пазух до затылка. Тупым путем или с помощью термостабилизатора отпрепаровывают с одной стороны мышцы. Пользуясь трепаном и костными кусачками, вскрывают черепную коробку. Вскрывают твердую мозговую оболочку так, чтобы обнажить поверхность коры в области крестовидной борозды. На задней конечности, контралатеральной по отношению к вскрытому полушарию, отпрепаровывают седалищный нерв и помещают его на электроды.

Располагают микроманипулятор так, чтобы кончик микроэлектрода находился над задней крестовидной извилиной. Кремальерой грубого перемещения по вертикали подводят электрод к поверхности коры и начинают медленно погружать электрод с помощью кремальеры микрометрического механизма. При этом стимулятор должен работать в режиме непрерывной генерации, подавая на седалищный нерв сверхпороговые стимулы частотой 0,5—1 Гц, а катодный осциллограф — в режиме внутреннего запуска. В период поиска «работающих» (разряжающихся) нейронов лучше пользоваться медленной разверткой, а когда нейрон (или группа нейронов) будет найден, включать более быструю развертку. Если в процессе однократной проходки коры на глубину 1,8—2 мм «работающий» нейрон не будет найден, всю процедуру следует повторить, причем можно добиться успеха при повторной проходке даже по одному и тому же электродному треку.

На рис. 89 приведены записи активности нейронов коры мозга кошки, проведенные на медленной Г и быстрой Д развертках.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте полученные кривые. Проанализируйте качественные и количественные характеристики потенциала действия. Зарисуйте схему установки и опишите принцип ее действия.

РАБОТА 12. ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ КУРАРЕ НА ОРГАНИЗМ ЖИВОТНОГО

Кurare представляет собой комплекс алкалоидов, способных блокировать передачу нервных импульсов в нервно-мышечных синапсах поперечнополосатой мускулатуры. При поступлении в кровь кураре избирательно действует на постсинаптическую мембрану мионевральных синапсов скелетных мышц.

Механизм действия кураре сводится к блокированию Н-холинорецепторов постсинаптической мембраны поперечнополосатых мышц, поэтому выделяющийся в окончаниях двигательных нервных волокон ацетилхолин не вызывает развития деполяризационного постсинаптического потенциала на постсинаптической мембране поперечнополосатого мышечного волокна. Прямое раздражение мышцы или отдельного мышечного волокна вызывает сокращение и при действии кураре.

Задача 1. Влияние кураре на позу и поведение лягушки

Для работы необходимы: стеклянный колпак, шприц, раствор кураре или курареподобного препарата (например, 0,1%-ный раствор миорелаксина). Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Лягушку помещают под стеклянный колпак и в течение 5 мин наблюдают за ее поведением, обращая особое внимание на позу животного, количество движений, дыхательные реакции, положение головы. Перевернув лягушку на спину, следят за ее поведением.

Вводят 0,1—0,3 мл раствора миорелаксина в лимфатический мешок лягушки и наблюдают за изменением ее поведения. Через некоторое время поза лягушки меняется; если ее перевернуть на спину, она не стремится восстановить обычное положение. Через 5 мин лягушка прекращает двигательную активность, распластывается, тонус мускулатуры падает, что легко наблюдать по изменению позы животного. Дыхательные движения сначала замедляются, потом исчезают. Вскрыв грудную полость животного, можно убедиться в том, что сердце лягушки продолжает сокращаться.

Задача 2. Исследование действия кураре на сокращение мышц

Для работы необходимы: горизонтальный миограф, универсальный штатив, кимограф, стимулятор, электроды, переключатель, набор препаровальных инструментов, 0,1%-ный раствор миорелаксина, раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Подготавливают лягушку к опыту так же, как указано в работе 2. Регистрируют сокращение икроножной

мышцы на кимографе и определяют пороговые величины раздражающего тока для седалищного нерва и непосредственно для икроножной мышцы (см. работу 2). В лимфатический мешок лягушки вводят миорелаксин (0,1—0,3 мл). Сразу после введения препарата проводят стимуляцию седалищного нерва с частотой 1 Гц при силе раздражающего тока, вдвое превышающей пороговую величину. Записывают сокращение мышцы на кимографе и наблюдают постепенное снижение амплитуды сокращения. По окончании сокращения мышцы увеличивают амплитуду одиночных стимулов и вновь добиваются сокращения, отмечая при этом параметры раздражающего тока. В процессе эксперимента убеждаются в том, что икроножная мышца перестает сокращаться при любых сверхпороговых величинах раздражающего тока. Затем переходят к прямому раздражению мышцы. Для этого представляют раздражающие электроды непосредственно на мышцу; убрав предварительно усиление ручкой грубой и плавной регулировки амплитуды импульсов. Устанавливают на стимуляторе пороговую величину раздражающего импульса для мышцы (ее определили в начале опыта) и включают раздражение. Плавное увеличение амплитуды раздражающего тока, добиваются сокращения мышцы и отмечают в протоколе пороговую величину импульса. Убеждаются в том, что несмотря на введение миорелаксина при прямом раздражении мышцы пороговая величина стимула изменилась незначительно. Увеличивают амплитуду раздражающих импульсов и наблюдают увеличение амплитуды сокращения мышцы. Затем вновь наносят раздражение на седалищный нерв и убеждаются, что мышца не сокращается.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте в тетради схему опыта 1-й задачи и опишите изменение поведения лягушки. Зарисуйте схему опыта 2-й задачи и вклейте в тетрадь записи, полученные при прямом и непрямом раздражении мышцы. Сформулируйте выводы на основе результатов обеих задач.

РАБОТА 13. УНИПОЛЯРНЫЙ И БИПОЛЯРНЫЙ МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ НЕРВНОГО СТВОЛА

Характер кривой потенциала действия (ПД) нерва во многом определяется условиями его отведения. В зависимости от того, отводят ли его с помощью двух или одного активного электрода, находится ли нерв в непроводящей среде (залит маслом, приподнят в воздух) или окружен электролитом, форма кривой ПД меняется. Поэтому в практике лабораторных исследований большое значение приобретает умение определить, чем вызвано то или иное изменение характера потенциала: отражает ли оно физиологические процессы, связано ли с условиями отведения или является результатом побочных поляризационных явлений.

Существует два основных способа отведения ПД нерва: 1) оба электрода располагают на неповрежденной поверхности нерва (биполярное отведение) — ПД регистрируется в виде двухфазного колебания (рис. 90, 1); 2) один из отводящих электродов располагают

на неповрежденном участке нерва, а другой — или на умерщвленном участке, или на какой-либо неактивной ткани (униполярное отведение). Регистрируемый при этом ПД имеет вид однофазного колебания (рис. 90, 2).

Схема, представленная на рис. 90, поясняет механизм возникновения этих колебаний и причину существующих между ними

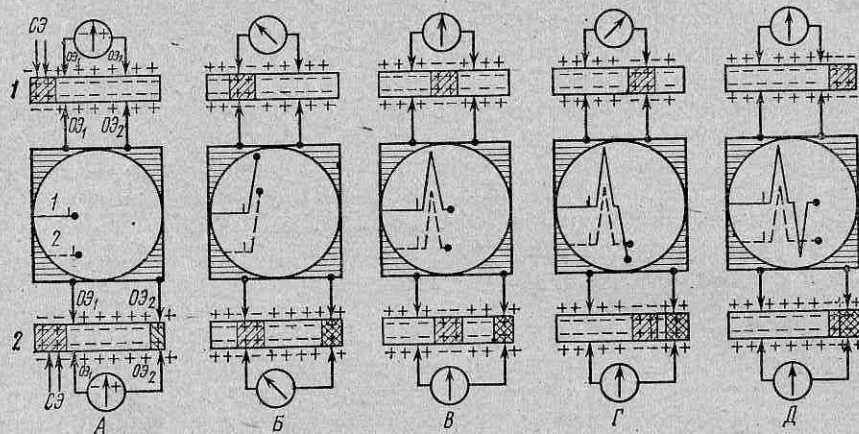


Рис. 90. Схема формирования кривой потенциала действия нерва в непроводящей среде при биполярном (1) и униполярном (2) способах отведения (пояснение в тексте)

различий. Под влиянием раздражения, наносимого с помощью стимулирующих электродов $СЭ$, в нерве возникает волна возбуждения (рис. 90, А). Перемещаясь вдоль нерва, она достигает первого из отводящих электродов $ОЭ_1$. Так как возбужденный участок по отношению к невозбужденному электроотрицателен, а также вследствие того, что второй из отводящих электродов $ОЭ_2$ расположен на покоем участке, между $ОЭ_1$ и $ОЭ_2$ возникает разность потенциалов, под влиянием которой луч катодного осциллографа будет отклоняться, регистрируя отрицательное колебание потенциала (рис. 90, Б). В зависимости от того, как подключены отводящие электроды ко входу усилителя осциллографа, это колебание может быть направлено вверх или вниз от изолинии. Обычно принято так подключать отводящие электроды, чтобы отрицательное колебание отклоняло луч вверх.

В силу тех же причин в цепи гальванометра потечет ток в направлении от $+$ к $-$, что вызовет отклонение стрелки влево. Те же закономерности наблюдаются при униполярном способе отведения. Рассуждая аналогичным образом, нетрудно проследить формирование кривых при уни- и биполярном отведении и в остальные моменты распространения ПД (рис. 90, В, Г, Д). При этом не следует упускать из виду, что при униполярном отведении $ОЭ_2$ расположен на мертвой ткани; волна возбуждения, достигая этого

участка ткани, гаснет, и противоположно направленной разности потенциалов между отводящими электродами не возникает (рис. 90, Д).

Приведенные схемы отражают механизм формирования потенциалов в условиях, когда нерв помещен в непроводящую среду. В естественных условиях, когда нерв окружен тканями, и искусственных — при помещении его в электролит — процессы формирования потенциалов протекают более сложно.

На рис. 91 приведены этапы формирования кривой ПД при униполярном способе отведения для тех случаев, когда нерв находится в проводящей среде, например во влажной камере. Индифферентный электрод располагают в отдаленной точке проводящей среды или помещают на неактивной ткани. При отведении в таких случаях приходится учитывать ряд факторов, не играющих роли при условии, что нерв окружен непроводящей средой.

1. Распространение потенциала по нерву связано не только с трансмембранным перемещением ионов в отдельных волокнах, но и с перемещением их от неактивных участков к активным и обратно (анионы перемещаются к покоящимся участкам, катионы — к возбужденным).

2. Распространение потенциала сопровождается возникновением местных токов между нервом и окружающими тканями. В фазу деполяризации мембран токи текут по направлению к нерву, а в фазу реполяризации — в обратном направлении. Проходя через окружающие ткани, они вызывают появление вторичных полюсов, которые, в свою очередь, влияют на динамику местных потенциалов и на характер электрического поля, возникающего вокруг нерва.

3. Схема 1 (рис. 91) показывает, что изменение потенциала под отводящим электродом наступает еще до того момента, как волна возбуждения достигнет его. В это время местные токи по наружной поверхности устремляются к возбужденному участку и там входят в нерв. Внутри же нерва ток течет в противоположном направлении. В возникающей таким образом цепи возбужденный участок играет роль катода, а невозбужденные — анода. Участок, на котором расположен активный электрод, становится более положительным, чем область расположения индифферентного электрода, поэтому в цепи гальванометра ток течет в направлении от активного электрода к индифферентному, а луч осциллографа (схема справа) отклоняется вниз, регистрируя положительную фазу потенциала. Аналогично рассуждая, нетрудно проследить и все последующие этапы формирования кривой ПД при данных условиях отведения (рис. 91, 2 — 4).

Для работы необходимы: установка для отведения ПД (усилитель переменного тока, осциллограф, стимулятор), стимулирующие и отводящие электроды, влажная камера, набор препаровальных инструментов, вазелиновое масло, раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Готовят нервно-мышечный препарат. Помещают препарат во влажную камеру и накладывают на нерв стиму-

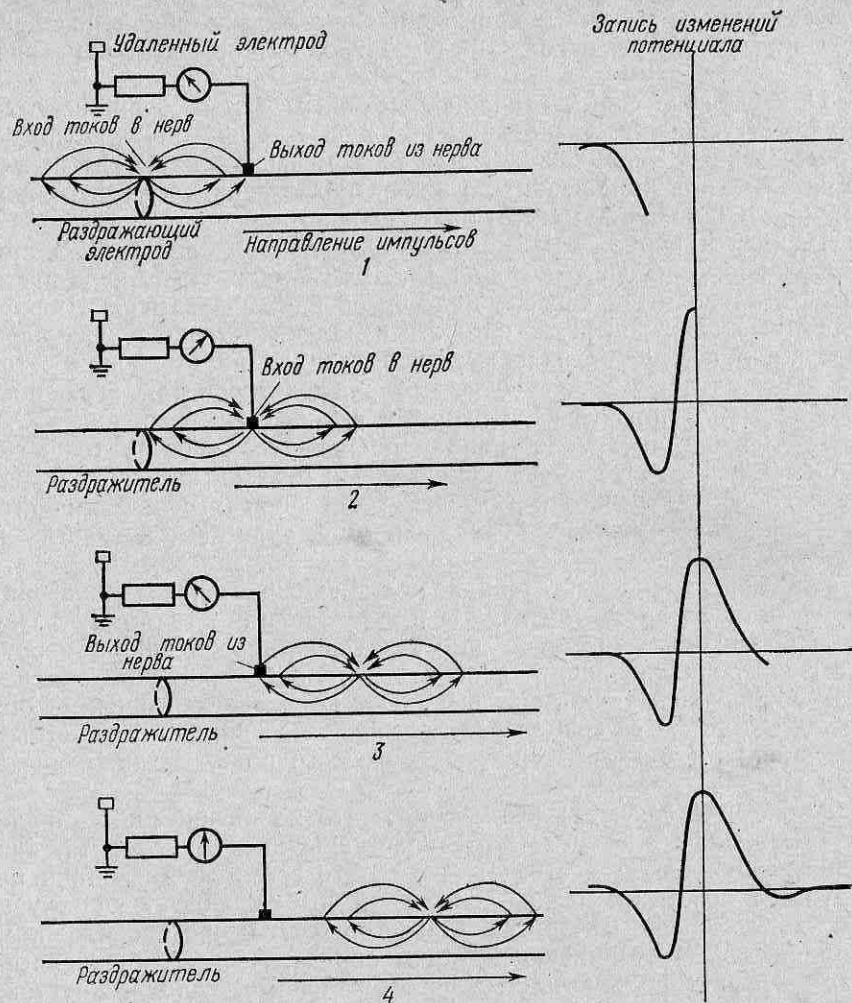


Рис. 91. Этапы формирования кривой потенциала действия нерва (в проводящей среде или при отведении *in situ*) при униполярном способе отведения (пояснение в тексте)

лирующие и отводящие электроды так, чтобы расстояние между ними составляло 2—3 см. Если в камере нет фиксатора для мышцы, то мышцу лучше отсечь, так как, сокращаясь, она будет смещать нерв на электродах. Заливают нерв вазелиновым маслом. Раздражающие электроды подключают к выходу стимулятора, работающего в ждущем режиме с запуском от кнопки; отводящие электроды соединяют со входом усилителя.

Подавая на нерв одиночные прямоугольные импульсы, подбирают их амплитуду и одновременно плавно регулируют коэффициент

усиления усилителя (ручкой плавной регулировки усиления). При подборе силы раздражителя целесообразно пользоваться импульсами минимальной длительности, так как из-за близкого расположения стимулирующих и отводящих электродов при большой длительности импульсов увеличивается артефакт от раздражающего тока. Приступают к отведению потенциалов, наблюдая их форму на экране осциллографа при уни- и биполярном отведении.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему установки и расположение электродов на нерве. Составьте протокол опыта и зарисуйте форму потенциалов, возникающих при различных способах отведения.

РАБОТА 14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВУ

Регулируя скорость развертки и силу раздражения седалищного нерва, добиваются, чтобы на экране осциллографа регистрировались артефакт раздражения и ПД. Включение отметки времени позволяет измерить время от момента нанесения раздражения до начала возникновения ПД. По формуле $V = S/T$ можно рассчитать скорость распространения возбуждения по нерву V , поскольку мы знаем длину нервного ствола между раздражающими и отводящими электродами S , а также время T , в течение которого возбуждение, возникшее под стимулирующими электродами, распространяется до участка, где находятся регистрирующие электроды. Скорость распространения возбуждения по нерву неодинакова для волокон, составляющих нервный ствол. Время от момента нанесения раздражения до начала развития каждого последующего компонента сложного ПД позволяет определить скорость распространения возбуждения во всех группах волокон.

Данная работа может быть проведена на нервно-мышечном препарате лягушки, однако в таком случае трудно установить детали составного ПД нервного ствола, а скорость распространения возбуждения определяется приблизительно.

Для работы необходимы: установка для регистрации ПД нерва кошки (усилитель переменного тока, катодный осциллограф, стимулятор), раздражающие и регистрирующие электроды, набор препаровальных инструментов, нембутал, раствор Рингера. Объект исследования — кошка.

Проведение работы. Проверяют готовность аппаратуры к работе. Аппаратура должна быть смонтирована по схеме, представленной на рис. 92. После наркотизации животного нембуталом (40 мг/кг) отпрепаровывают седалищный нерв на максимальную длину и накладывают на него стимулирующие и отводящие электроды, расположив их на максимальном расстоянии друг от друга. При этом следят за тем, чтобы электроды не касались окружающих тканей. Измеряют расстояние между стимулирующими и отводящими электродами, получают численное значение величины S .

Далее опыт проводят так же, как описано в работе 13. Добиваются, чтобы на экране осциллографа были видны одновременно артефакт раздражения и ПД нерва. Измеряют циркулем интервал от

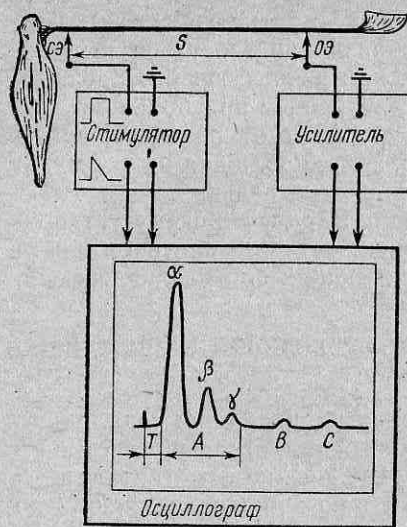


Рис. 92. Схема установки для определения скорости распространения возбуждения по нерву (опыт Гассера и Эрлангера):

S — расстояние от стимулирующих до отводящих электродов, T — время, в течение которого возбуждение проходит по миелинизированным волокнам пути S , A (α , β , γ), B , C — потенциалы разных групп волокон

амплитуду, латентный период, скорость распространения возбуждения) и сделайте соответствующие выводы.

РАБОТА 15. ДВУСТОРОННЕЕ ПРОВЕДЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВУ

Ток действия, возникший в одном из участков отдельного нервного волокна, вызывает развитие возбуждения в соседнем участке и т. д. Возбуждение может распространяться по нервному волокну и по нерву в обоих направлениях от раздражаемого участка.

Для работы необходимы: установка для регистрации ПД нервного ствола (два усилителя переменного тока, двухканальный катодный осциллограф, стимулятор), стимулирующие и отводящие электроды, нембутал, раствор Рингера. Объект исследования — кошка.

Проведение работы. Проверяют готовность аппаратуры к работе. После наркотизации нембуталом (40 мг/кг) отпрепаровывают у кошки седалищный нерв одной из конечностей на максимальную длину, не нарушая его анатомической и физиологической целостности. Две пары отводящих электродов располагают на проксимальном и дистальном концах обнаженного нерва, а раздражающий электрод — строго посередине между ними. Подключают раздражающий электрод к стимулятору, а отводящие электроды — к

артефакта раздражающего тока до начала восходящей фазы ПД нерва. Включают калибратор времени и определяют численное значение T , т. е. время прохождения волной возбуждения расстояния между стимулирующими и отводящими электродами. Затем вычисляют скорость проведения возбуждения по нерву, пользуясь приведенной выше формулой.

Аналогичным способом определяют скорость проведения возбуждения по всем группам волокон (A , B , C), входящих в состав нервного ствола.

Результаты работы и их оформление. Запишите протокол опыта. Проанализируйте полученные кривые, обратив особое внимание на временные параметры. Рассчитайте по формуле скорость проведения возбуждения, исходя из электрографической картины ПД. Определите различные параметры отдельных компонентов ПД (длительность,

усилителям (рис. 93). При раздражении нерва ПД регистрируется по обе стороны от места стимуляции.

Данную работу можно проводить, используя один усилитель и однолучевой осциллограф. В этом случае о двустороннем проведении возбуждения по нервному стволу будет свидетельствовать появление ПД в центральном конце седалищного нерва и сокращение мышц задней конечности, указывающее на возникновение возбуждения в периферическом конце нерва.

Результаты работы и их оформление. Запишите опыт в протокол и зарисуйте схему установки. Отметьте конфигурацию потенциалов, регистрируемых от отводящих электродов по обе стороны от раздражающего электрода. Сравните параметры потенциалов действия и проанализируйте их.

РАБОТА 16. ДЕЙСТВИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА НЕРВНО-МЫШЕЧНЫЙ ПРЕПАРАТ. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОТОН

Изменение возбудимости ткани при действии на нее постоянным током называется *физиологическим электротон*. Различают *анэлектротон* (снижение возбудимости под анодом постоянного тока) и *катэлектротон* (повышение возбудимости под катодом постоянного тока).

Для работы необходимы: два стимулятора (один — дающий на выходе постоянный ток), перекидной переключатель, неполяризующиеся электроды, кимограф, вертикальный многограф, влажная камера, набор препаровальных инструментов, вазелиновое масло, раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Нервно-мышечный препарат укладывают

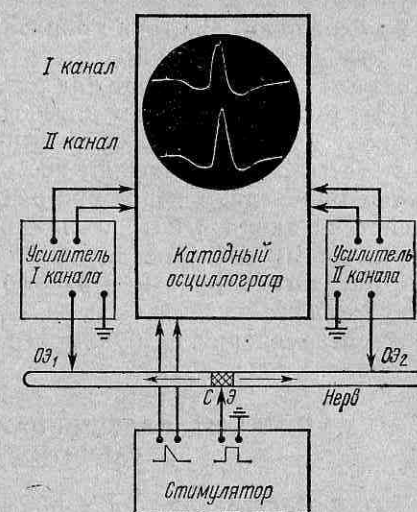


Рис. 93. Схема установки для доказательства двустороннего проведения возбуждения по нерву (пояснение в тексте)

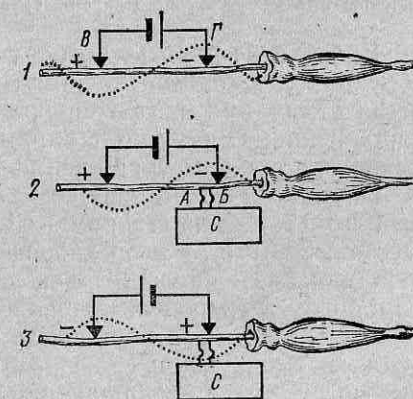


Рис. 94. Воспроизведение явления физиологического электротона:

1, 2 — нисходящие направления постоянного тока, 3 — восходящее направление постоянного тока; C — стимулятор (пояснение в тексте)

во влажной камере таким образом, чтобы нерв располагался на всех электродах, соединенных с контактами А, Б, В и Г (рис. 94). Контакты А и Б используют для раздражения импульсным током. Контакты В и Г используют для воздействия постоянным током. Определяют порог раздражения импульсным током и записывают результаты. Затем включают постоянный ток и во время его действия вновь определяют порог при раздражении импульсным током. При действии анода и катода постоянного тока пороги раздражения импульсным током различны.

Результаты работы и их оформление. Запишите протокол опыта. Зарисуйте схему экспериментальной установки. Опишите характер изменений возбудимости под влиянием анода и катода постоянного тока.

РАБОТА 17. ЯВЛЕНИЕ ПАРАБИОЗА. ФАЗОВЫЙ ХАРАКТЕР ПАРАБИОТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Н. Е. Введенский на нервно-мышечном препарате установил, что воздействие химическими или наркотическими веществами на участок нерва между раздражающими электродами и мышцей через некоторое время приводит к прекращению мышечных сокращений в ответ на раздражение. Это связано с изменением лабильности, возбудимости и проводимости нерва. По окончании воздействия нерв медленно восстанавливает свои исходные функциональные свойства. Это явление Н. Е. Введенский назвал *парабиозом*. Парабиоз характеризуется постепенным развитием, в котором выделяют три фазы — уравнительную, парадоксальную и тормозную.

Для работы необходимы: горизонтальный миограф, кимограф, стимулятор, универсальный штатив, электроды, препаровальный набор, вата, лигатура, 1%-ный раствор КСl, раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Готовят нервно-мышечный препарат и фиксируют его в горизонтальном миографе. Раздражая нерв одиночными стимулами, регистрируют на кимографе кривые мышечного сокращения. Определяют параметры раздражения для получения слабого и сильного сокращения мышц.

Парабиотический очаг создают наложением кусочка ваты, смоченного 1%-ным раствором КСl (можно использовать другие вещества: 2%-ный раствор хлороформа, эфир, спирт и т. п.). На фоне действия альтерирующих веществ проводят стимуляцию нерва с помощью электродов, расположенных выше альтерированного участка. Через некоторое время можно обнаружить, что при увеличении и уменьшении силы раздражения регистрируются одинаковые по амплитуде сокращения. Это свидетельствует о наступлении уравнительной фазы парабиоза. Далее следует парадоксальная фаза, когда слабые стимулы вызывают высокоамплитудные сокращения, и наоборот. Наконец, мышца вообще перестает сокращаться и при сильных и при слабых раздражениях, что характерно для тормозной стадии парабиоза.

Результаты работы и их оформление. Запишите протокол опыта. Вклейте в тетрадь полученные кривые, расположив их по фазам парабиоза и в соответствии с параметрами раздражения.

РАБОТА 18. ДИНАМОМЕТРИЯ. ИССЛЕДОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО МЫШЕЧНОГО УСИЛИЯ И СИЛОВОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ МЫШЦ КИСТИ

Для работы необходимы: кистевой динамометр, секундомер. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Испытуемый в положении стоя отводит вытянутую руку с динамометром в сторону под прямым углом к туловищу. Вторая, свободная рука опущена и расслаблена. По сигналу экспериментатора испытуемый дважды выполняет максимальное усилие на динамометре. Силу мышц оценивают по лучшему результату. Затем испытуемый выполняет 10-кратные усилия с частотой 1 раз в 5 с. Результаты записывают и определяют уровень работоспособности мышц по формуле

$$P = (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n)/n,$$

где P — уровень работоспособности; f_1, f_2, f_3 и т. д. — показатели динамометра при отдельных мышечных усилиях; n — количество попыток.

Эти результаты используют для определения показателя снижения работоспособности мышц по формуле

$$S = [(f_1 - f_{\min})/f_{\max}] \cdot 100,$$

где S — показатель снижения работоспособности мышц; f_1 — величина начального мышечного усилия; f_{\min} — минимальная величина усилия; f_{\max} — максимальная величина усилия.

Результаты работы и их оформление. Вычислите и запишите в протокол силу, уровень работоспособности и показатель снижения работоспособности мышц по результатам 10-кратных усилий. Начертите график, который выявит характер снижения работоспособности мышц: на оси абсцисс отложите порядковые номера усилий, на оси ординат — показатели динамометра при каждом усилии. Сравните результаты у нескольких испытуемых.

РАБОТА 19. ЭРГОГРАФИЯ

Физическая работа характеризуется количеством участвующих в ней мышц, динамикой их сокращения и расслабления, силой и длительностью мышечной работы. Работа мышцы измеряется произведением массы поднятого груза на высоту его подъема.

Методика, позволяющая получить графическую запись выполняемой физической работы, называется эргографией, прибор для записи — эргографом, а сама запись — эргограммой.

Для работы необходимы: эргограф (Моссо или другой модификации), электрометроном и набор грузов (0,5; 1; 3 кг). Объект исследования — человек.

Проведение работы. Испытуемый садится на стул рядом со столом, на котором установлен эргограф (рис. 95). Предплечье испы-

туемого закрепляют в эргографе между опорной полукруглой планкой, куда опирается локоть, и вертикальной стойкой, которую охватывает кисть руки. Вертикальные стойки с двух сторон ограничивают боковые движения предплечья. На указательный палец надевают кольцо, которое тонким тросом через каретку с писчиком и блок связано с грузом. Писчик (карандаш) записывает эргограм-

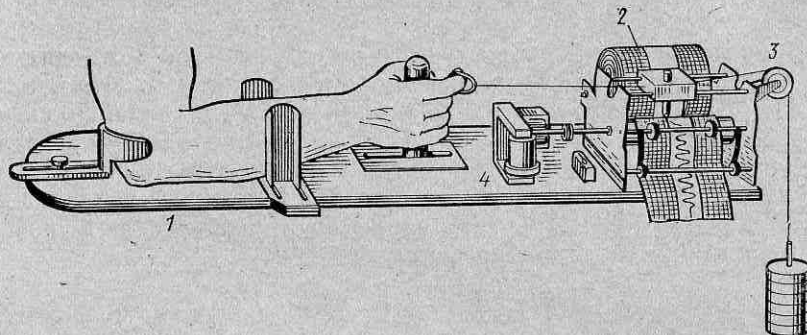


Рис. 95. Установка для записи работы мышц руки человека с помощью эргографа: 1 — фиксатор руки испытуемого, 2 — рулон бумажной ленты, 3 — блок с тросом (для подвешивания груза различной массы), 4 — мотор лентопотяжного механизма

му на бумаге, которая движется с определенной скоростью лентопотяжным механизмом. Оценку работы производят по частоте и амплитуде зубцов эргограммы, величине груза и длительности работы.

Задача 1. Зависимость работы от массы груза

К тросу эргографа, перекинутому через блок, подвешивают груз массой от 1,5 до 3 кг. Включают метроном с частотой 60 сигналов/мин и рекомендуют испытуемому поднимать груз, т. е. сгибать и разгибать указательный палец в ритме метронома, пытаясь сохранить как можно дольше максимальную амплитуду движений. Работу продолжают до полного утомления, т. е. до момента, когда мышцы пальца перестают сокращаться. По формуле $A = PH$ вычисляют величину работы в джоулях (P — масса груза, H — суммарная высота подъема, вычисляемая по эргограмме). Определяют длительность работы.

Задача 2. Зависимость работы от частоты мышечных сокращений

В этом опыте используют постоянный по массе груз, меняя ритм его подъема. Опыт осуществляют в два этапа: сначала при частоте 60 движений/мин, затем, после 10-минутного перерыва, 120 движений/мин. В обоих вариантах опыта вычисляют величину работы.

Результаты работы и их оформление. Запишите протоколы опытов. Вклейте в тетрадь полученные кривые. Рассчитайте и запишите в таблицу полученные характеристики работы.

Вид работы	Масса груза, кг	Суммарная высота подъема груза, м	Работа, Дж	Время работы, мин

Сопоставьте результаты каждой из задач.

РАБОТА 20. ХРОНАКСИМЕТРИЯ

Хронаксиметрия — это метод определения пороговой возбудимости ткани с помощью специальных приборов (хронаксиметров). Хронаксиметрию используют для исследования функциональной активности нервной и мышечной ткани в эксперименте и клинической практике.

Для работы необходимы: хронаксиметр, 10%-ный раствор NaCl, марлевые салфетки (для наложения электродов). Объект исследования — человек.

Проведение работы. Индифферентный электрод хронаксиметра фиксируют на предплечье испытуемого. Переключатель хронаксиметра устанавливают для измерения *реобазы* (пороговое напряжение тока), при этом хронаксиметр генерирует импульсы тока большой длительности. При напряжении тока 20—40 В находят точку, раздражение которой активным электродом вызывает сокращение мышцы. Отмечают эту точку химическим карандашом. Переводят реостат в нулевое положение. Устанавливают активный электрод на отмеченную карандашом точку. Регулируя реостатом напряжение тока, находят величину порогового раздражителя. Переводят переключатель с измерения реобазы на измерение хронаксии и удваивают напряжение тока. Начиная с минимальных величин, увеличивают длительность импульсов до появления сокращения мышц и определяют хронаксию. *Хронаксия* — это минимальное время, в течение которого должен действовать раздражитель силой в две реобазы, чтобы вызвать эффект.

Результаты работы и их оформление. Запишите протокол опыта. Обсудите полученные данные.

ГЛАВА XII

ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Центральная нервная система (ЦНС) связывает функционально в единое целое все клетки, ткани и органы человеческого орга-

низма. ЦНС воспринимает многообразные изменения, возникающие во внешней среде или внутри организма, с помощью огромного количества разномодальных рецепторов. Нервная система играет ведущую роль в регуляции и координации всех сторон жизнедеятельности, обеспечивая взаимодействие организма со средой. Это взаимодействие осуществляется благодаря формированию как простейших рефлекторных реакций, так и сложных поведенческих актов, включая психическую деятельность человека.

Нервная система — сложно организованная и высокоспециализированная система, ее основной структурной единицей является нервная клетка — нейрон. Главное свойство отдельных элементов нервной системы — возбудимость, т. е. способность в ответ на раздражение генерировать специализированный процесс возбуждения. Возбуждение лежит в основе механизмов приема, передачи и переработки информации, интегративной деятельности мозга, а также формирования ответных реакций организма.

Современные сведения о функциях ЦНС получены благодаря разработке и широкому применению разнообразных физиологических методов исследования, использованию тонкой электрофизиологической аппаратуры. Однако сложные функции ЦНС могут демонстрироваться с помощью сравнительно простых классических экспериментов.

РАБОТА 1. АНАЛИЗ РЕФЛЕКТОРНОЙ ДУГИ

Основной механизм деятельности ЦНС — рефлекс, т. е. ответная реакция организма на раздражение, осуществляемая при участии ЦНС. Материальным субстратом рефлекса является рефлекторная дуга. Простые рефлекторные акты реализуются с помощью двухнейронной (моносинаптической) рефлекторной дуги. Сложные рефлексы обеспечиваются при участии множества нейронов ЦНС. Морфофункциональной основой таких рефлекторных реакций является многонейронная (полисинаптическая) рефлекторная дуга.

Рефлекторная дуга состоит из рецептора, афферентного нейрона, вставочных (центральных) нейронов, эфферентного нейрона и исполнительного органа (эффектора). Анатомическая и функциональная целостность каждого элемента рефлекторной дуги необходима для осуществления любой приспособительной реакции организма.

Для работы необходимы: штатив с фиксатором для лягушки, набор препаровальных инструментов, фильтровальная бумага, вата, марля, лигатуры, раствор Рингера, 1%-ный раствор H_2SO_4 , раствор новокаина. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Готовят спинальную лягушку, разрушая или удаляя у нее головной мозг. Подвешивают ее за нижнюю челюсть на штативе. Раздражают голень задней лапки фильтровальной бумагой, смоченной раствором H_2SO_4 , и получают сгибательный рефлекс. Затем проводят в области бедра круговой разрез кожи и снимают ее с лапки. Вновь раздражают голень этой лапки кислотой и наблюдают отсутствие рефлекса.

Разрезают кожу бедра другой задней лапки той же лягушки и, отыскав седалищный нерв, отпрепаровывают его на протяжении 1,5—2 см. Подводят под нерв лигатуру, но не завязывают ее. Затем подтягивают нерв за нитку и кладут под него ватку, смоченную новокаином, чтобы вызвать блокаду проведения возбуждения в чувствительных нервных волокнах. Через каждую минуту проверяют наличие рефлекса. Отмечают время, когда на раздражение пальцев лапка лягушки не будет отвечать сокращением. Сразу вслед за этим раздражают кожу выше уровня блокады нерва и убеждаются в наличии рефлекторного сгибания.

Убедившись в наличии рефлекса у спинальной лягушки, разрушают у нее спинной мозг (в спинномозговой канал вводят препаровальную иглу). Наблюдают исчезновение всех рефлексов.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте общую схему опыта и схемы двух- и трехнейронных рефлекторных дуг. Зарисуйте схемы опытов при разрушении различных участков рефлекторной дуги. Обсудите результаты опытов и оцените роль различных участков рефлекторной дуги в рефлекторном акте.

РАБОТА 2. ФУНКЦИИ КОРЕШКОВ СПИННОГО МОЗГА

Афферентные волокна нервных клеток, расположенных в спинномозговых узлах (ганглиях), образуют задние (у лягушки дорзальные) корешки спинного мозга. Передние корешки (у лягушки вентральные) спинного мозга состоят из аксонов эфферентных нейронов (мотонейронов). Мотонейроны находятся в передних рогах спинного мозга и иннервируют скелетную мускулатуру. Функции дорзальных и вентральных корешков спинного мозга были установлены еще в начале XIX в. Ч. Беллом и Ф. Мажанди с помощью метода перерезок.

Задача 1. Перерезка вентральных и дорзальных корешков спинного мозга

Для работы необходимы: препаровальная доска и набор препаровальных инструментов, вата, эфир для наркоза, раствор Рингера. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Слабо наркотизированную лягушку укладывают спинкой вверх на препаровальной доске. Рассекают кожу по средней линии и отпрепаровывают мышцы по обеим сторонам позвоночника. Затем срезают дуги 4 последних позвонков и снимают оболочку спинного мозга. Аккуратно подрезают с одной стороны дорзальные корешки. На другой стороне, осторожно отодвинув стеклянными крючками (приготовленными заранее) дорзальные корешки, перерезают вентральные корешки. После этого рану зашивают и оставляют лягушку на 3—4 ч. Через указанный срок или на следующий день проводят наблюдение. Сильное раздражение (щипок пинцетом) лапки той стороны, где сохранены дорзальные корешки, вызывает рефлекторную реакцию всех конечностей, кроме раздражаемой, которая остается неподвижной, с расслабленной

мускулатурой. Раздражение другой лапки на той стороне, где сохранены вентральные корешки и перерезаны дорзальные, не дает никакого эффекта, но раздражение любой другой части тела вызывает сокращение и этой конечности.

Задача 2. Отведение биоэлектрических потенциалов от вентральных и дорзальных корешков спинного мозга

Для работы необходимы: установка для исследования потенциалов действия (усилитель переменного тока, катодный осциллограф, стимулятор, отводящие и стимулирующие электроды), препаровальная доска, набор препаровальных инструментов, раствор Рингера, вата, булавки. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. У декапитированной лягушки, укрепленной на препаровальной доске спинкой вверх, широким разрезом кожи обнажают мышцы спины. Осторожно отделяют их от позвоночника. Удаляют на протяжении 1—1,5 см верхнюю костную стенку спинномозгового канала. Подводят под дорзальные корешки отводящие электроды и подключают их ко входу усилителя. Вентральные корешки помещают на стимулирующие электроды и подключают их к выходу стимулятора (рис. 96). Раздражают одиночными импульсами тока вентральные корешки и убеждаются, что в дорзальных корешках при этом потенциалы действия не возникают. Меняют расположение электродов. Теперь раздражение наносят на дорзальные корешки и наблюдают, что в ответ на каждое раздражение в вентральных корешках возникают биоэлектрические потенциалы (рис. 97). Меняя амплитуду одиночных стимулов и применяя ритмические стимулы различной частоты, наблюдают за изменениями

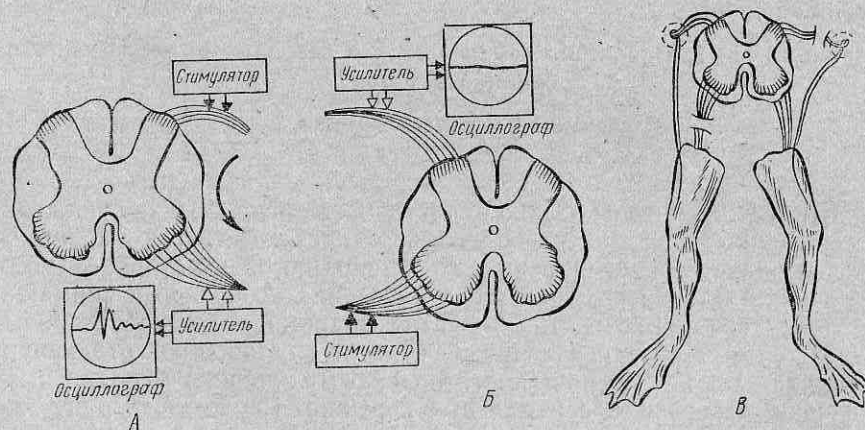


Рис. 96. Схема опыта для изучения функции спинномозговых корешков. А — раздражение задних корешков и отведение потенциалов действия от передних; Б — раздражение передних корешков и отведение от задних; В — перерезка задних корешков слева и передних — справа

характера отводимых потенциалов. По калибровочным меткам определяют их характеристики.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схемы установок для 1-й и 2-й задач работы. Отметьте и опишите реакции лягушки на раздражители после перерезки вентральных и дорзальных корешков спинного мозга. Обсудите вопрос о роли вентральных и дорзальных корешков в формировании и осуществлении рефлексов. Сделайте выводы об их функции. Анализируя биоэлектрические процессы, определите латентный период, общую длительность и амплитуду наблюдавшихся потенциалов. Опишите их изменения при действии разных по силе и частоте раздражающих стимулов.

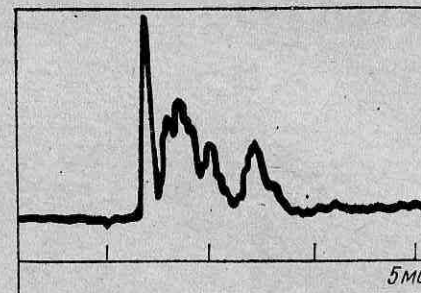


Рис. 97. Электрические разряды в переднем корешке спинного мозга кошки, возникающие при раздражении заднего корешка того же сегмента

РАБОТА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ СПИННОМОЗГОВОГО РЕФЛЕКСА (ПО МЕТОДУ ТЮРКА)

Для работы необходимы: штатив с фиксатором для лягушки, секундомер, набор препаровальных инструментов, вата, 0,1, 0,3, 0,5%-ный растворы H_2SO_4 , вода. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Готовят спинальную лягушку и закрепляют ее в штативе. Погружают одну из задних лапок препарата до уровня коленного сустава в стакан с 0,1%-ным раствором H_2SO_4 и одновременно включают секундомер (рис. 98). Отсчитывают время от момента погружения лапки в кислоту до начала сибательного рефлекса раздражаемой конечности. Проведя измерение, обмывают лапку водой. Повторяют этот опыт 2—3 раза с интервалами 2—3 мин и вычисляют среднее время рефлекса для данной силы раздражения. Затем проделывают опыт с 0,3%-ным и 0,5%-ным растворами кислоты.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему опыта. Запишите время рефлекса при разной силе раздражителя.

РАБОТА 4. РЕЦЕПТИВНОЕ ПОЛЕ СПИННОМОЗГОВОГО РЕФЛЕКСА

Различные рефлекторные акты могут быть воспроизведены раздражением определенных участков тела, в которых заложены рецепторные аппараты, связанные с рефлекторными дугами данного рефлекса. Следовательно, каждый рефлекс имеет свое рецептивное поле, т. е. участок тела, при раздражении которого этот рефлекс возникает. Однако один и тот же участок тела, например кожи, может быть рецептивным полем одного, двух и даже нескольких рефлексов. Характер ответной реакции при раздражении рецептивного поля зависит не только от его местоположения на теле, но и от силы и продолжительности раздражения, а также от функцио-

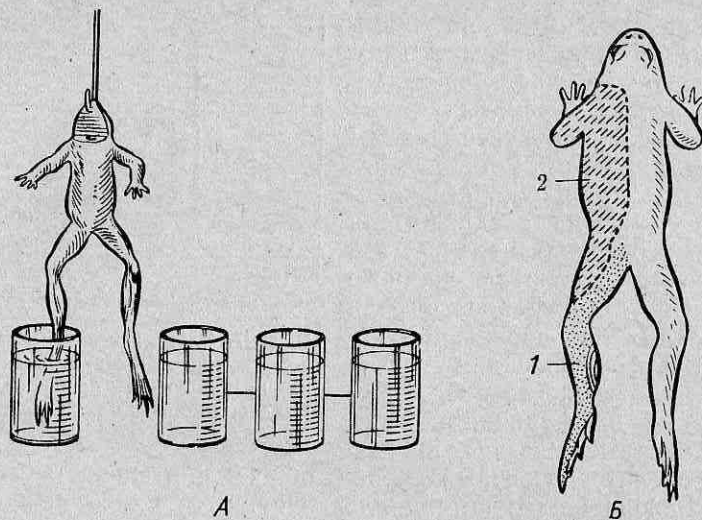


Рис. 98. Демонстрация спинномозговых рефлексов, А — определение времени рефлекса по Тюрку (схема опыта) Б — рецептивные поля сгибательного рефлекса (1) и рефлекса потирания (2)

нального состояния нервных центров. Элементарные безусловные рефлексы можно изучать на животном и после удаления головного мозга или отделения его от спинного перерезкой. Такие реакции называются *спинномозговыми рефлексами*.

Для работы необходимы: штатив с фиксатором для лягушки, набор препаровальных инструментов, кусочки фильтровальной бумаги, вата, 0,1, 0,3 и 0,5%-ные растворы HCl , раствор Рингера, вода. Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. У лягушки удаляют головной мозг и получают препарат спинальной лягушки. Выжидают 2—3 мин, пока пройдет шок, и подвешивают лягушку за нижнюю челюсть к пробке или крючку, закрепленному в штативе. Нарезают небольшие куски фильтровальной бумаги (4—6 мм). Один из них смачивают в 0,1%-ном растворе HCl и пинцетом помещают на наружную поверхность кожи голени задней лапки. Наблюдают сгибательную реакцию соответствующей конечности. Смывают кислоту, погружая лапку в стакан с водой. Проводят раздражение той же лапки 0,3%-ным, а затем 0,5%-ными растворами кислоты.

Выбирают ту концентрацию (силу раздражения), при которой обнаруживается наиболее четкий сгибательный рефлекс. Бумажку, смоченную кислотой выбранной концентрации, помещают на боковую поверхность брюшка. Спустя некоторое время наблюдается защитный рефлекс — лягушка сбрасывает раздражающий агент ближайшей лапкой. Накладывают бумажку на наружную поверхность передней лапки, на брюшко ближе к грудной части, между передними и задними лапками. При этом каждый раз отмечают ха-

актер реакции, вызываемой раздражением данного рецептивного поля. Интервалы между раздражениями должны быть не менее 2—3 мин, после каждого раздражения лягушку погружают в стакан с водой и смывают остатки кислоты.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему рецептивного поля защитного рефлекса, который вы наблюдали.

РАБОТА 5. ЦЕНТРАЛЬНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ СПИННОМОЗГОВЫХ РЕФЛЕКСОВ (СЕЧЕНОВСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ)

Торможение, как процесс, протекающий в самой ЦНС, был открыт И. М. Сеченовым в 1862 г. Сеченов доказал, что раздражение промежуточного мозга может вызвать торможение рефлексов, осуществляемых спинным мозгом. В дальнейшем было установлено, что высшие отделы ЦНС могут тормозить или облегчать рефлекторную деятельность спинного мозга.

Для работы необходимы: препаровальные инструменты, штатив, секундомер, три химических стакана на 100 мл, один — на 200 мл, кристаллы NaCl , 0,5%-ный раствор HCl , раствор Рингера, Объект исследования — лягушка.

Проведение работы. Лягушку укрепляют на препаровальной доске спинкой вверх. С помощью ножниц делают на голове разрез, удаляют кожу и обнажают черепную коробку. Вводят острую браншу маленьких ножниц под крышку черепной коробки и, сколь-

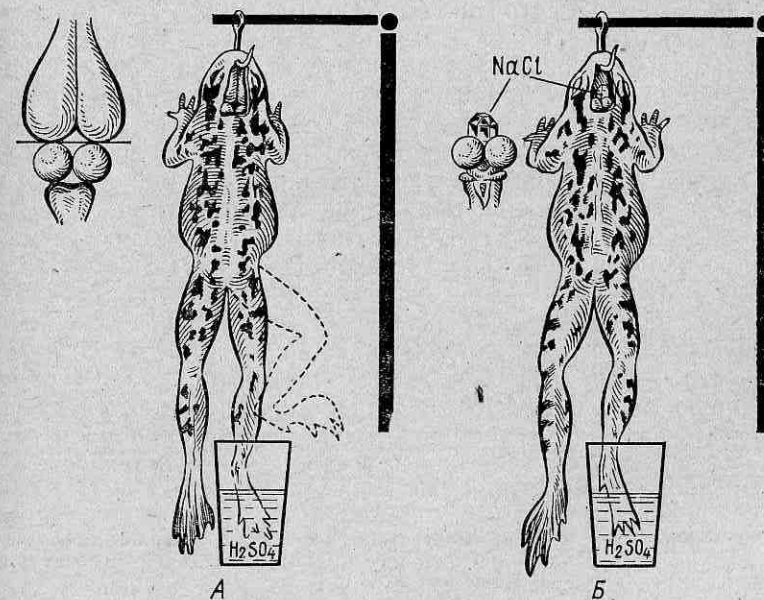


Рис. 99. Схема опыта И. М. Сеченова для демонстрации явлений внутрицентрального торможения до (А) и после (Б) наложения на зрительные бугры кристаллика NaCl

за по ней так, чтобы не повредить мозг, делают поперечный разрез черепной крышки. Удаляют черепную крышку, разрезая кость по бокам черепа. Острым скальпелем проводят разрез мозга над зрительными буграми (чертогами) и выше разреза удаляют ткань мозга.

Подвешивают лягушку к штативу за нижнюю челюсть и определяют методом Тюрка время рефлекса (рис. 99, А) (см. работу 3). Осушают поверхность мозга фильтровальной бумагой и на зрительные чертоги кладут кристалл NaCl (рис. 99, Б). Непосредственно после этого определяют время рефлекса, затем соль удаляют и мозг тщательно отмывают физиологическим раствором. Через 5 мин вновь определяют время рефлекса.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему опыта. Запишите время рефлекса в разных условиях опыта. Обсудите причины наблюдаемых изменений времени рефлекса под влиянием кристалла поваренной соли, наложенного на зрительные бугры. Сделайте выводы о характере наблюдаемых явлений.

РАБОТА 6. ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ. СПОНТАННАЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Современная нейрофизиология изучает механизмы, лежащие в основе процессов приема, кодирования и переработки информации в ЦНС. Большие успехи в этом направлении были сделаны благодаря применению электрофизиологических методов исследования. Характер электроэнцефалограммы (ЭЭГ) определяется функциональным состоянием нервной ткани, уровнем протекающих в ней обменных процессов. Нарушение кровоснабжения, гипоксия или глубокий наркоз приводят к подавлению биоэлектрической активности коры больших полушарий. Зависимость ЭЭГ от общего состояния организма широко используют в клинике для контроля за ходом операции и уровнем наркоза. Биоэлектрическая активность коры больших полушарий является отражением жизнедеятельности огромного количества ее нейронных элементов. Характер биоэлектрической активности зависит от поступления нервной импульсации по специфическим афферентным каналам, от импульсации, идущей от различных неспецифических и ассоциативных подкорковых структур, и, кроме того, от собственной активности кортикальных нервных элементов. Таким образом, спонтанную биоэлектрическую активность, очевидно, следует рассматривать как отражение сложных процессов приема и переработки афферентной информации, постоянно поступающей в корковые нейрональные элементы.

Для работы необходимы: электроэнцефалограф, электроды для отведения ЭЭГ, экранированная камера, фотофлеш-аппарат, электродная паста, спирт, эфир. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Регистрацию проводят в специальной экранированной камере, предохраняющей (экранирующей) объект от воздействия внешних электрических и магнитных полей. Элек-

трическую активность мозга отводят с помощью специального электродного устройства, которое состоит из отводящих электродов и держателя электродов, выполненного обычно в виде шлема (рис. 100). Электроды экранированным шлангом соединяют с коммутатором электроэнцефалографа, с помощью которого можно соединять усилители с электродами в любых комбинациях. Электроды должны иметь надежный контакт с кожей. Перед опытом измеряют сопротивление каждого электрода в отдельности,

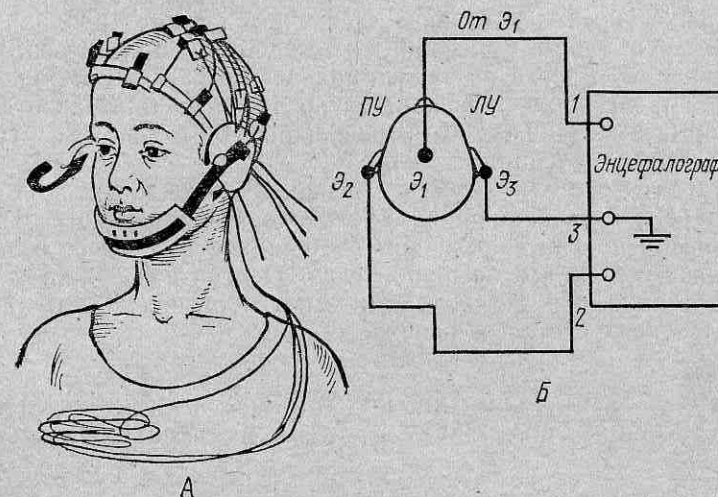


Рис. 100. Электроэнцефалография. А — схема крепления электродов на поверхности головы (энцефалографический шлем); Б — принципы наложения электродов и отведения ЭЭГ у человека:

ПУ и ЛУ — правое и левое ухо, Э1 — дифференциальный электрод, Э2 — индифференциальный электрод, Э3 — заземляющий электрод; 1—3 — клеммы подключения

причем для удовлетворительной регистрации необходимо добиваться, чтобы оно не превышало 10—15 кОм. Схема расположения отводящих электродов на голове испытуемого может быть различной. Существует несколько вариантов стандартных отведений, используемых в клинике и в эксперименте (рис. 100). После того как электроды укреплены на голове испытуемого и подготовка аппаратуры закончена, устанавливают диапазон регистрируемых частот в пределах 2—75 Гц. Включают пишущие гальванометры и наблюдают за амплитудой отклонения перьев, устанавливая необходимое усиление. Затем включают лентопротяжный механизм, установив скорость движения ленты 1,5 см/с. Записывают калибровочный сигнал. После этого переключают прибор на регистрацию биотоков, а лентопротяжный механизм последовательно переводят на разные скорости и записывают фоновую ЭЭГ.

Приступают к записи ЭЭГ при разного рода воздействиях на испытуемого: 1. Просят испытуемого расслабить мышцы и за-

крыть глаза. Спустя несколько минут наблюдают появление на ЭЭГ альфа-ритма. Просят испытуемого открыть глаза и наблюдают депрессию альфа-ритма. 2. Устанавливают на фотофоностимуляторе частоту подачи световых сигналов 20 Гц и соединяют его с электроэнцефалографом для записи моментов подачи световых стимулов. Включают электроэнцефалограф и записывают исходный фон, затем включают световой раздражитель и через 1—2 мин регистрируют ЭЭГ. При этом можно видеть, как колебания потенциала на ЭЭГ начинают повторять частоту следования раздражителя. Это явление носит название «усвоенное ритма» раздражения. 3. Просят испытуемого расслабить мышцы и закрыть глаза. Через несколько минут, когда на записи появится отчетливо выраженный альфа-ритм, внезапно включают звуковой раздражитель в форме тона или частых (150—200 Гц) щелчков. Наблюдают наступающие при этом изменения.

Результаты работы и их оформление. Вклейте в протокол фрагменты зарегистрированной ЭЭГ человека, выбрав те отрезки, где она записана при расслабленном состоянии испытуемого с закрытыми глазами и при открывании глаз. Подсчитайте частоту колебаний потенциала в 1 с. Сделайте выводы о зависимости ритмов ЭЭГ человека от световых и звуковых стимулов.

РАБОТА 7. РЕГИСТРАЦИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ В ОСТРОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Для работы необходимы: электроэнцефалограф, стереотаксический прибор, отводящие электроды, хирургические инструменты и материалы, эфир, нембутал, 1%-ный раствор стрихнина, раствор Рингера, подогретый до 37°C. Объект исследования — кошка.

Проведение работы. Опыт проводят в экранированной камере, которая предотвращает появление артефактов, обусловленных внешними причинами. Кошке вводят внутривенно раствор нембутала (40 мг/кг). После того как животное заснет, голову кошки закрепляют в стереотаксисе и освобождают череп в теменной и лобной области от кожи и мягких тканей. Удаляют надкостницу и кости черепа над этими областями мозга. Не повреждая вещества мозга, снимают твердую мозговую оболочку. Электрофизиологические эксперименты, которые проводят в условиях обнаженной поверхности коры головного мозга, требуют постоянного ее увлажнения и термостатирования, поскольку колебание температуры и подсыхание коры приводят к резким изменениям ее биоэлектрической активности. Необходимо поэтому использовать ультратермостат или специальное приспособление, обеспечивающее подогрев физиологического раствора, и орошать обнаженную кору больших полушарий. Для поддержания постоянной температуры тело животного подогревают с помощью термостолика стереотаксиса, периодически измеряя в ходе эксперимента ректальную температуру.

Регистрацию ЭЭГ осуществляют, как правило, униполярно, поскольку при биполярном способе иногда вообще не удается зарегистрировать биоэлектрическую активность из-за отсутствия разности потенциалов между однозначно возбужденными участками коры больших полушарий. Индифферентный электрод, представляющий собой стальную иглу, вводят в лобную кость по средней линии, так как эта область имеет минимальную наведенную активность и считается практически индифферентной. На поверхности обнаженного мозга устанавливают отводящие пружинящие электроды (из серебряной или платиновой проволоки толщиной около 0,1—0,3 мм с петлей или шариком на конце для предотвращения травмирования коры больших полушарий). Количество электродов определяется количеством каналов электроэнцефалографа. Включают прибор и записывают ЭЭГ в течение нескольких минут (рис. 101, А).

Для моделирования фокальной эпилепсии на участок мозга около одного из электродов помещают кусочек фильтровальной бумаги, смоченной раствором стрихнина (рис. 101, Б).

В опытах, проводимых в условиях нембуталового наркоза средней глубины, активность нейрональных элементов коры головного мозга значительно повышается в те периоды, когда в ЭЭГ регистрируются спонтанные вспышки веретеной активности. При аппликации раствора стрихнина на поверхность коры через 20—30 с наблюдают появление типичных стрихнинных спайков, возникновение которых совпадает с моментом развития спонтанных веретен. Стрихнинные спайки регистрируются не только в месте наложения стрихнина, но и в соседних областях, а также в симметричной области противоположного полушария.

Перерезают мозолистое тело, не повреждая сосудов, и наблюдают исчезновение стрихнинных эпилептиформных спайков на противоположном от аппликации полушарии головного мозга.

Результаты работы и их оформление. Вклейте в протокол фрагмент ЭЭГ животного до и после аппликации раствора стрихнина. Проанализируйте веретенную активность на ЭЭГ животного, измерив частоту, длительность, амплитуду, полярность отдельных потенциалов. Проанализировав ЭЭГ человека (полученную в работе 6) и животного, отметьте общие закономерности в генерации биопотенциалов.

РАБОТА 8. РЕГИСТРАЦИЯ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА (ПЕРВИЧНЫЕ И ВТОРИЧНЫЕ ОТВЕТЫ)

Вызванными потенциалами (ВП) называют биоэлектрические потенциалы, которые имеют постоянную конфигурацию и возникают в определенных областях коры больших полушарий при раздражении рецепторов, афферентных нервов, различных подкорковых структур, а также самой коры. Конфигурация этих потенциалов, степень распространенности, амплитуда и длительность различных фаз зависят от места расположения стимулирующих электродов,

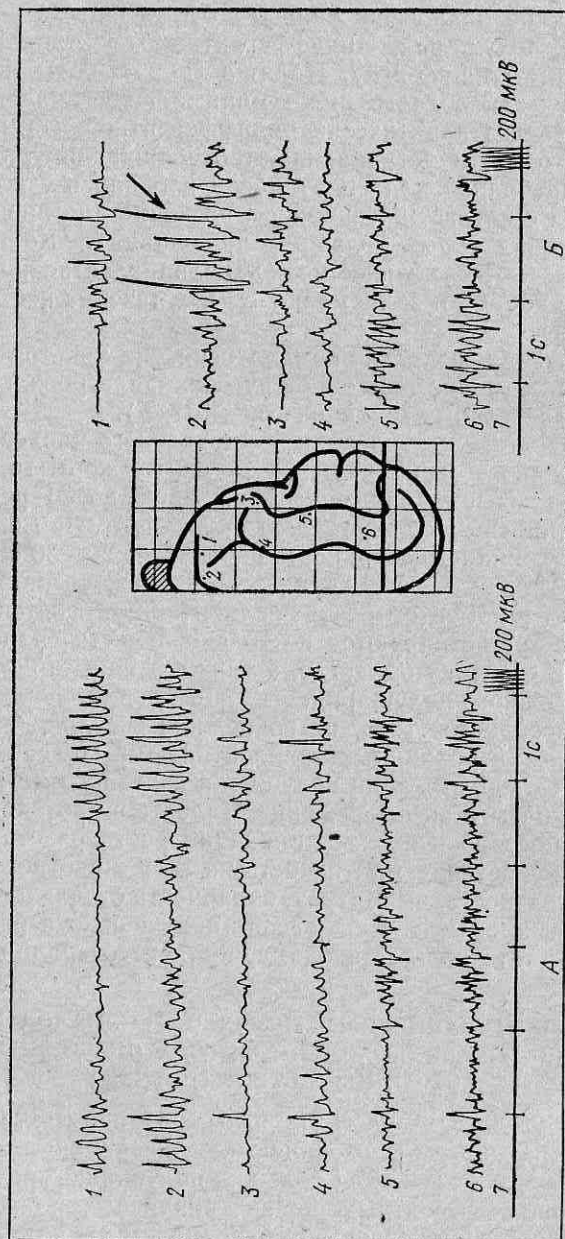


Рис. 101. Ритмическая веретенная активность. Спонтанная активность до (А) и через 3 мин после (Б) аппликации 1%-ного раствора стрихнина в области sulcus cuneatus posterior (около точки 2). Стрелкой отмечен стрихнинный эпилептиформный спайк

характера раздражающего тока, состояния препарата, вида и уровня наркоза и т. д. Важнейшим параметром ВП является строго определенный латентный период, т. е. интервал времени между моментом раздражения и формированием этого потенциала в коре головного мозга.

На фоне спонтанной биоэлектрической активности в коре головного мозга при одиночных периферических раздражениях с наименьшим латентным периодом возникает *первичный ответ* (ПО) — особая биоэлектрическая реакция, генерируемая в проекционных корковых зонах различных анализаторов. Разнообразные *вторичные ответы* (ВО), имеющие больший латентный период, регистрируются в различных зонах коры головного мозга. ПО и ВО — медленные корковые биоэлектрические реакции коры. Они регистрируются только с помощью электродов, обеспечивающих отведение суммарных потенциалов нейрональных элементов, расположенных под отводящими электродами.

Первичные ответы имеют относительно стабильные параметры: конфигурацию фаз, латентный период, *длительность* и амплитуду. В корковых зонах в ответ на одиночное адекватное раздражение соответствующих рецепторов (звук, свет, прикосновение и т. д.) или при стимуляции соответствующего чувствительного нерва через 10—12 мс генерируется положительное колебание потенциала длительностью около 7—15 мс, за которым следует отрицательный потенциал продолжительностью 15—40 мс.

Выраженность ПО зависит от уровня спонтанной активности коры больших полушарий. При раздражении нерва характер ВП (величина латентного периода, амплитуда и длительность различных его фаз) определяется в значительной степени типом стимулируемого нерва и зависит от количества и качества его волокон. При стимуляции различных нервов и участков тела ПО возникают в определенных точках коры, в границах корковой области того или иного анализатора (например, кожно-мышечной чувствительности), так как проводящие пути и корковый конец анализаторов имеют строгую соматотопическую организацию.

Вторичным ответам свойственны большие различия в латентных периодах и топографии распределения в коре, а кроме того, непостоянство подкорковых структур, через которые проходят к коре афферентные послышки. О природе того или иного ВО можно судить, исходя из морфологического анализа субстрата, ответственного как за проведение нервной импульсации, так и за формирование реакций на корковом уровне. ВО возникает не только в ассоциативных зонах, но и в корковых областях первичных проекций, принадлежащих другому анализатору.

Для работы необходимы: установка для регистрации вызванных потенциалов (усилители переменного тока, катодный осциллограф, фотоприставка, стимулятор для раздражения нерва), термокаутер, трепан, набор хирургических инструментов и материалов, электроды для отведения ВП с поверхности коры больших полушарий, электроды для стимуляции нерва, стереотаксический прибор; 0,8%-ный раствор хлоралозы, раствор Рингера, подогретый до 37°C. Объект исследования — кошка (крыса).

Проведение работы. Животное наркотизируют введением внутривенно раствора хлоралозы в дозе 60 мг/кг. Отпрепаровывают седалищный нерв со стороны, контралатеральной по отношению к исследуемому полушарию мозга. На нерв накладывают погружные электроды, укрепленные в корпусе, защищающем окружающие ткани от раздражения. Электроды изготавливают из серебряной проволоки толщиной 1,5 мм, расстояние между ними равно 3—4 мм. Раздражение нерва осуществляют от стимулятора одиночными или ритмическими импульсами тока, параметры которых произвольно изменяют в соответствии с целью эксперимента. Подключение электродов к симметричному выходу стимулятора обеспечивает

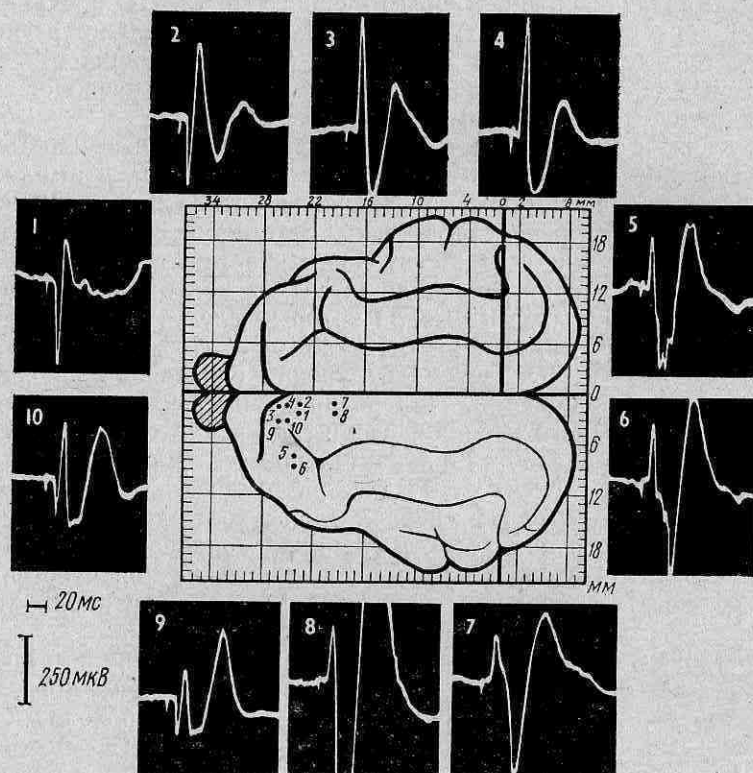


Рис. 102. Вызванные потенциалы рострального отдела коры мозга кошки при стимуляции седалищного нерва:

1—2 и 9—10 — первичные ответы, 3—8 — различные виды вторичных реакций. Номера точек регистрации ВП соответствуют номерам кривых ВП

минимальный артефакт от раздражающего тока. После наложения электродов на нерв животное помещают в стереотаксис и с помощью термокаутера препарируют мягкие ткани, а затем удаляют кости черепа и твердую мозговую оболочку над исследуемыми областями коры больших полушарий. В случае возникновения крово-

течения из мелких сосудов мягкой оболочки применяют гемостатические препараты. Накладывают индифферентный и корковые поверхностные электроды. Регистрацию ПО у кошки при раздражении седалищного нерва проводят в области задней крестовидной извилины (рис. 102).

Включают комплексную установку и после ее прогрева переводят стимулятор в автоматический режим работы. Устанавливают частоту раздражения, равную 1 импульсу в 2 с (0,5 Гц). Переставляя регистрирующий электрод, добиваются получения ВП максимальной амплитуды с минимальным латентным периодом для первой положительной фазы, вслед за которой возникает отрицательная фаза. Этот комплекс является искомым ПО в фокусе максимальной активности. Увеличивают частоту раздражений до 1 импульса в 1 с и получают стабильный ответ. Регистрацию проводят методом наложения. После небольшого перерыва (3—5 мин), в течение которого необходимо провести орошение коры, продолжают опыт. Отводящие электроды устанавливают в корковых зонах, отдаленных от фокуса максимальной активности ПО и регистрируют ВО, которые характеризуются большим латентным периодом и другой конфигурацией (рис. 102).

Результаты работы и их оформление. Зарегистрированные записи вклейте в протокол. Если невозможно провести фоторегистрацию, тщательно зарисуйте конфигурацию вызванных потенциалов, записанных от различных точек коры головного мозга. Отметьте расположение отводящих электродов на зарисованной в протоколе поверхности коры больших полушарий. С помощью отметки времени определите длительность латентного периода отдельных фаз ВП и по калибровочному сигналу определите их амплитуду. На основании анализа конфигурации, амплитуды, длительности латентных периодов различных ВП определите первичный ответ в фокусе максимальной активности.

РАБОТА 9. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Метод вызванных потенциалов применяют для изучения деятельности ЦНС, так как он позволяет исследовать механизмы приема и переработки афферентной информации и формирования в ЦНС ответных реакций организма.

Вызванные корковые ответы — это алгебраическая сумма потенциалов, генерируемых популяцией нейронов, к которым адресуются сложные послышки возбуждения. Происхождение положительной фазы ПО связывают с местным возбуждением клеточных тел пирамидных нейронов IV и III слоев коры головного мозга. Это явление обусловлено возникновением постсинаптических потенциалов на клеточной мембране нейронов в глубине коры после прихода к ним афферентного залпа импульсов. По другим данным, положительная фаза ПО обусловлена постсинаптическими процессами, протекаю-

щими на дендритах поверхностных слоев коры головного мозга. Отрицательная фаза ПО является следствием возбуждения верхушечных дендритов.

Для работы необходимы: аппаратура, инструменты и материалы те же, что и в работе 8; кроме того, 1%-ный раствор стрихнина, 1%-ный раствор гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК). Объект исследования — кошка (крыса).

Задача 1. Вызванные ответы при изменении частоты стимуляции афферентного (седалищного) нерва

Проведение работы. Готовят животное, как описано в работе 8. Находят фокус максимальной активности ПО при раздражении седалищного нерва. Исходная частота стимуляции равна 0,5 Гц. Ручкой плавной регулировки раздражения постепенно увеличивают

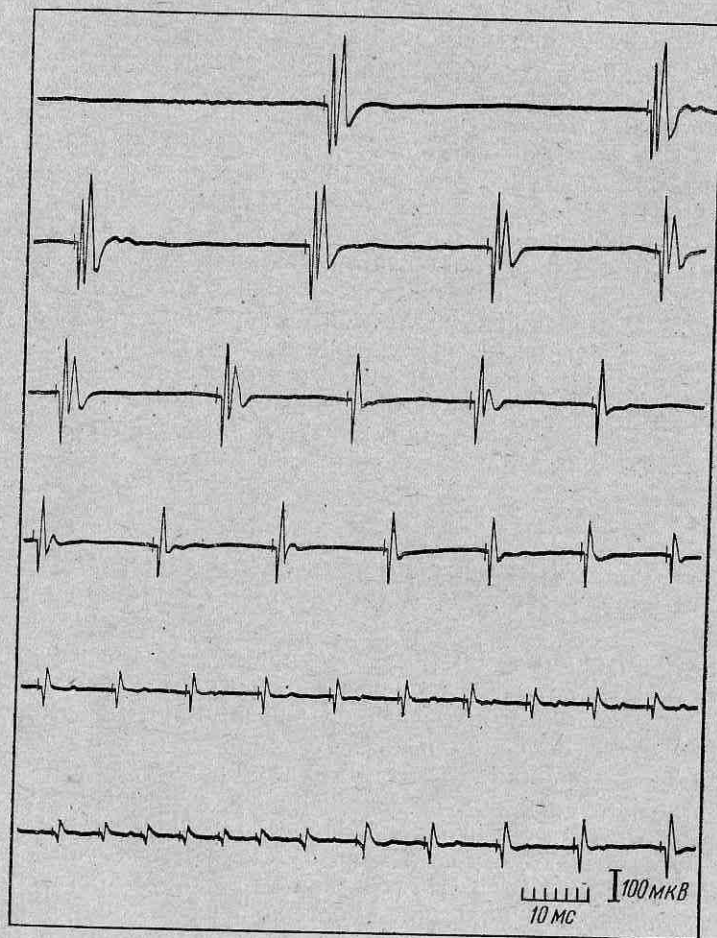


Рис. 103. Вызванные ответы в коре больших полушарий при изменении частоты раздражений

частоту стимуляции. Одновременно проводят регистрацию вызванной активности. После того как интервал между стимулами уменьшается до 100 мс, его вновь плавно увеличивают (рис. 103). Наблюдают постепенное уменьшение ПО и вторичных компонентов ответа при увеличении частоты раздражения, а также восстановление всех ВП при увеличении интервала между стимулами.

Задача 2. Зависимость амплитуды и длительности отдельных фаз вызванных потенциалов от силы раздражающего тока

Проведение работы. Препарат готовят так же, как в предыдущей работе. Регистрируют ПО в фокусе максимальной активности. Затем ручки грубой и плавной регулировки параметров стимулирующего тока ставят в нулевое положение. Длительность стимула устанавливают в положение 0,5 мс. Постепенно увеличивают амплитуду раздражения и непрерывно регистрируют вызванные ответы. Фиксируют пороговую величину стимула и, плавно увеличивая силу стимула, наблюдают рост всех фаз вызванного ответа (рис. 104, 1—6). Когда достигнута максимальная сила стимула, прерывают опыт. Орошают мозг раствором Рингера. Устанавливают амплитуду раздражающего импульса втрое выше пороговой и, плавно увеличивая длительность стимула, наблюдают и регистрируют изменения ВП.

Задача 3. Влияние некоторых нейротропных веществ на вызванные потенциалы

Проведение работы. Подготавливают препарат и регистрируют основные биоэлектрические реакции (ПО в фокусе максимальной активности и ВО). Затем на кору мозга в области регистрирующих электродов последовательно апплицируют стрихнин (рис. 105) и ГАМК путем наложения кусочков фильтровальной бумаги, смоченных изучаемыми растворами. После изучения действия одного вещества тщательно (до полного восстановления исходного биоэлектрического феномена) отмывают препарат и продолжают эксперимент.

Результаты работы и их оформление. Полученные записи вклейте в протокол, запишите параметры раздражающего тока. Отметьте временные параметры и динамику изменений ВП при действии нейротропных веществ.

РАБОТА 10. БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ЕЕ ПРЯМОМ РАЗДРАЖЕНИИ (ПРЯМОЙ КОРКОВЫЙ ОТВЕТ, ИЛИ ДЕНДРИТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ)

Раздражение обнаженной поверхности коры электрическими стимулами небольшой длительности (до 1 мс) приводит к возникновению биоэлектрических потенциалов, которые могут быть зарегистрированы на незначительном расстоянии от раздражающего электрода. Характер отдельных фаз ответа, их амплитуда и дли-

тельность зависят от интенсивности раздражающего стимула, а также от уровня наркоза. Не меньшее значение имеет выбор участка поверхности коры, что легко объяснить морфофизиологической спецификой отдельных ее зон.

Для обозначения вызванных потенциалов, регистрируемых на поверхности коры в непосредственной близости от раздражающего электрода, применяют несколько терминов: дендритный потенциал, прямой корковый ответ, локальный ответ, поверхностный ответ и т. д. Однако прямой кор-

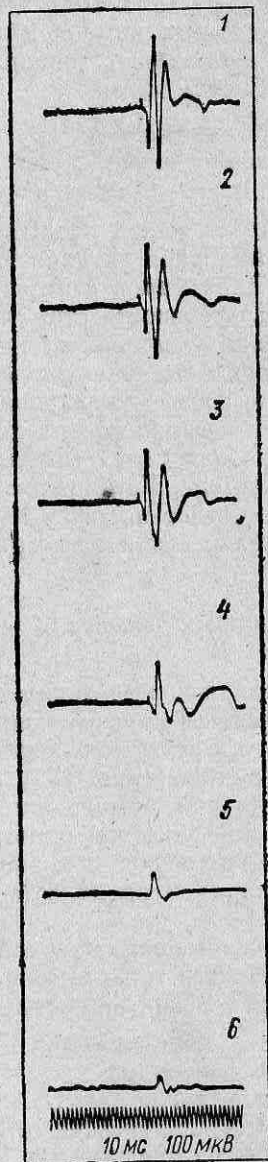


Рис. 104. Раздражение седалищного нерва одиночными ударами тока возрастающей интенсивности (1—6)

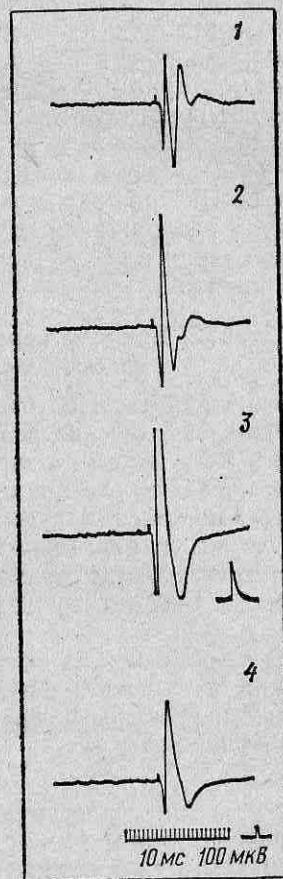


Рис. 105. Влияние 1%-ного раствора стрихнина на первичный ответ коры головного мозга кошки:

1 — исходный ПО, 2—4 — ПО через 30 с, 1 мин и 5 мин после аппликации стрихнина, 4 — усиление сигнала уменьшено в 4 раза

ковый ответ (ПКО) является наиболее распространенным названием для такого рода ВП. Изучение механизмов генеза ПКО дает ценную информацию об электрофизиологических характеристиках коры головного мозга. ПКО регистрируют вокруг электрода на площади около 2 см². По мере перемещения отводящего электрода к периферии ПКО изменяется по длительности, амплитуде и латентному периоду.

Потенциалы, возникающие в коре при стимуляции ее поверхности, обусловлены деятельностью корковых нейрональных элементов. Характер ПКО не меняется при перемене полюса раздражающего стимула. Полное угнетение ПКО наступает при глубоком наркозе, а также через несколько десятков секунд после остановки сердца или при замене вдыхаемого воздуха чистым азотом. Аналогичное действие оказывает охлаждение корковой поверхности под отводящим электродом и, наоборот, усиление потенциала происходит при локальной аппликации слабого раствора стрихнина. При раздражении поверхности коры возбуждение может охватить не только поверхностно расположенные нейрональные элементы, но и тела звездчатых и пирамидных нейронов, а также их аксоны, проходящие в молекулярном слое коры больших полушарий. При повышении интенсивности раздражающего тока вслед за отрицательной фазой развивается положительный потенциал ПКО. Длительность этой фазы варьирует от 30 до 100 мс, что обусловлено деполяризацией глубоко расположенных элементов коры и последующими процессами синаптического электрогенеза в сетях нейрональных элементов коры. Отрицательная фаза ПКО генерируется в поверхностных слоях коры, в области апикальных дендритов. Возникновение ПКО связано с развитием как деполяризационных, так и гиперполяризационных постсинаптических потенциалов апикальных дендритов. Влияние различных синаптоактивных веществ на генез ПКО подтверждает его постсинаптическое происхождение.

Для работы необходимы: комплексная аппаратура для регистрации ВП (усилитель переменного тока, катодный осциллограф, стимулятор, электроды для раздражения коры головного мозга и регистрации биоэлектрической активности коры больших полушарий, стереотаксический прибор), подогретый до 37°C раствор Рингера, 0,8%-ный раствор хлоралозы, 1%-ный раствор стрихнина, 1%-ный раствор ГАМК. Объект исследования — кошка (крыса, кролик).

Задача 1. Исследование длительности, амплитуды и конфигурации прямого коркового ответа в зависимости от параметров раздражающих корковых стимулов

Проведение работы. Подготовку животного проводят так же, как в работе 8 (без препаровки седалищного нерва). Для раздражения поверхности коры применяют биполярные серебряные электроды. Толщина проволоки не должна превышать 0,15—0,2 мм, а расстояние между электродами 0,2 мм. Раздражение коры наиболее рационально осуществлять от стимулятора прямоугольными импульсами тока длительностью от 0,01 до 0,1 мс и напряжением от

0,1 до 20 В. Расстояние между отводящими и раздражающими электродами устанавливают равное 3 мм.

После включения аппаратуры и наложения отводящих и раздражающих электродов переводят стимулятор в автоматический режим. Начинают работу с минимальной амплитудой (0,1 В) и длительностью (0,1 мс) раздражающих корковых стимулов. Увеличивая амплитуду раздражающего тока, определяют пороговую величину стимула при неизменной длительности. В дальнейшем регистрируют изменение конфигурации ПКО при увеличении силы стимула. Проведя эту работу, устанавливают амплитуду раздражающего тока, втрое превышающую пороговую, увеличивают длительность раздражающего стимула и наблюдают характер изменений прямого коркового ответа.

Задача 2. Зависимость основных параметров прямого коркового ответа от расстояния между раздражающим и регистрирующим электродами

Проведение работы. Все начальные приготовления проводят также, как в задаче 1. Зарегистрировав ПКО и установив максимальную амплитуду и длительность стимула (дальнейшее увеличение приводит лишь к увеличению артефакта от раздражающего тока), начинают перемещать отводящий электрод, постепенно увеличивая расстояние между ним и раздражающим электродом. Вновь приближают отводящий электрод к раздражающему. Убеждаются в том, что амплитуда ПКО зависит от расстояния между электродами.

Задача 3. Взаимодействие прямых корковых ответов между собой и другими вызванными потенциалами коры головного мозга

Для работы необходим второй стимулятор, который вводится в коммутацию стандартной установки.

Проведение работы. Для проведения данного эксперимента подготавливают животное, как описано в работе 8 (необходимо также отпрепарировать седалищный нерв и наложить на него стимулирующие электроды).

Включают аппаратуру и, пока она прогревается, размещают на поверхности коры больших полушарий отводящий и стимулирующий электроды. Первый устанавливают в фокусе максимальной активности первичного ответа, второй — в 3 мм от отводящего. Коммутируют установку и регулируют интервалы между стимулами, наносимыми на кору (от одного стимулятора) и нерв (от другого стимулятора) таким образом, чтобы на экране осциллографа ПО и ПКО при малой развертке луча регистрировались одновременно. Включают раздражение порознь — сначала нерва, затем коры и добиваются получения стабильных ответов. Регулируя задержку импульсов, начинают сближать стимулы (рис.106) и следят за изменениями конфигурации ПО.

Задача 4. Влияние некоторых нейротропных веществ (стрихнин, ГАМК) на отдельные компоненты прямого коркового ответа

Проведение работы. Готовят животное, как это описано в работе 8. Добившись стабильного ПКО, апплицируют на поверхность коры в 1—2 мм от отводящего электрода кусочек фильтровальной

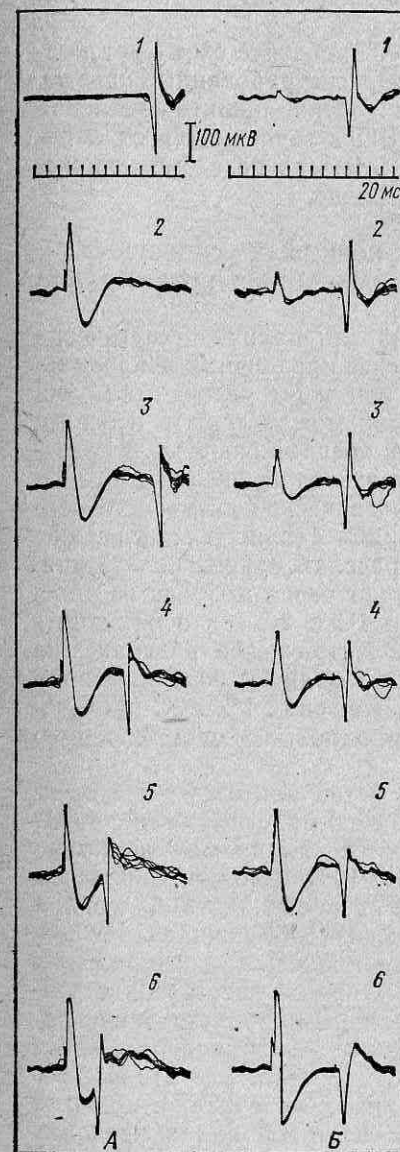


Рис. 106. Взаимодействие первичного ответа и прямого коркового ответа в первой соматосенсорной зоне коры больших полушарий:

А — изменение интервала между ПКО (2) и ПО (1) при неизменной интенсивности коркового раздражения (3—6); Б — изменение силы коркового стимула при неизменном интервале ПКО и ПО (1—6)

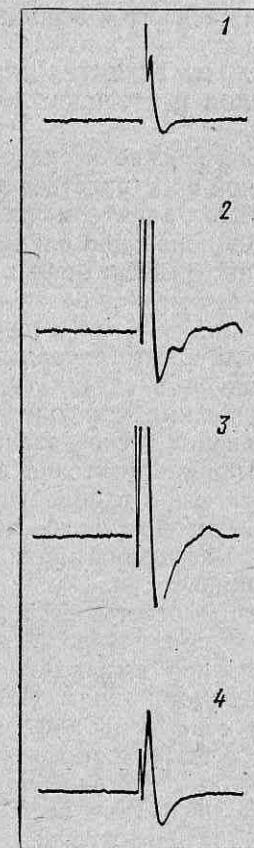


Рис. 107. Влияние аппликации 1%-ного раствора стрихнина на прямой корковый ответ (ПКО):

1 — исходный ПКО, 2—4 — ПКО через 30 с, 1 мин и 5 мин после аппликации стрихнина, 4 — ПКО при усилении, уменьшенном в 4 раза

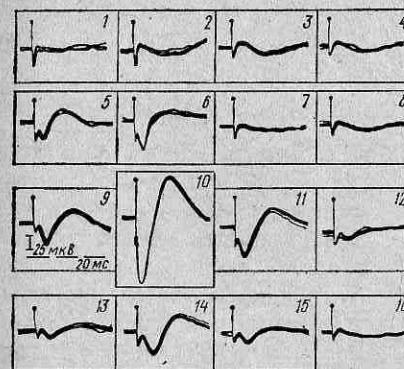
бумаги, смоченной раствором стрихнина (рис. 107). Следят за постепенным увеличением амплитуды и длительности ПКО. Если амплитуда ПКО такова, что отрицательная фаза после действия стрихнина «не входит» в экран, следует уменьшить усиление. Отмечают, насколько необходимо уменьшить усиление, чтобы амплитуда на экране стала равной исходной. Тщательно отмывают препарат от стрихнина (не менее 30 мин), орошая кору подогретым раствором Рингера, и проводят аналогичный эксперимент с применением раствора ГАМК.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему установки. Вклейте в тетрадь для протоколов зарегистрированные кривые, отметку времени и калибровку сигнала. Кратко опишите изменения основных параметров регистрируемых ВП в зависимости от параметров раздражающего стимула, особо отметив на схеме положение раздражающего и отводящего электродов.

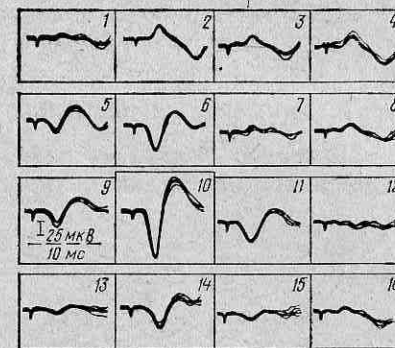
РАБОТА 11. РЕГИСТРАЦИЯ ПРЯМЫХ КОРКОВЫХ «СЕНСОРНЫХ» ПОТЕНЦИАЛОВ И ТРАНСКАЛЛОЗАЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Морфологические исследования показали наличие генетически закрепленной пространственной взаимосвязи различных нейрональных элементов двух соматосенсорных зон коры головного мозга. Морфофункциональное единство этих зон может лежать в основе определенных интегративных процессов, обеспечивающих, в конечном итоге, адекватное реагирование животного на внешние воздействия. Установлено, что в генезе биоэлектрической активности первой и второй соматосенсорных зон (1С, 2С) большую роль играют корково-корковые связи этих зон в пределах одного полушария, а также сложные морфологические связи через мозолистое тело, обеспечивающие тесное взаимодействие 1С и 2С зон обоих полушарий по принципу «точка в точку». Электрическое раздражение поверхности коры в области зоны 1С приводит к возникновению в зоне 2С одноименного полушария и в зонах 1С и 2С противоположного полушария вызванных потенциалов, имеющих сложную конфигурацию.

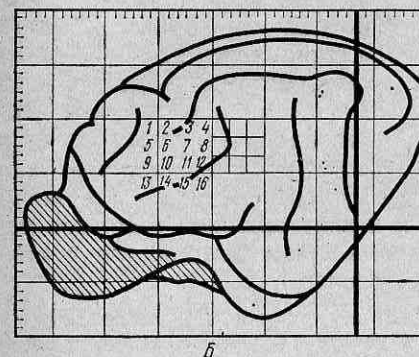
Вызванные ответы, регистрируемые в той или иной соматосенсорной зоне при раздражении электрическими стимулами другой соматосенсорной зоны, можно обозначить как прямые корковые «сенсорные» потенциалы (ПКСП) (рис. 108). Сложные процессы обработки сенсорной информации могут происходить благодаря наличию богатых корково-корковых связей, обеспечивающих локальное взаимодействие близко расположенных кортикальных зон. Морфологические исследования выявили существование широких ассоциативных связей между различными областями неокортекса одного и того же полушария, а также межполушарные связи симметричных точек коры через мозолистое тело. Все эти морфологические связи в коре головного мозга обеспечивают широкое взаимодействие корковых отделов анализаторов как в пределах одного полушария, так и между обоими полушариями.



А



В



Б

Рис. 108. Прямые корковые сенсорные потенциалы (ПКСП):

А — ПКСП во 2-й соматосенсорной зоне, возникающие при стимуляции точки коры в области фокуса максимальной активности ПО 1-й соматосенсорной зоны при раздражении контралатерального седалищного нерва. Номера на схеме мозга (Б) соответствуют точкам регистрации. В — вызванные потенциалы, возникающие на раздражение контралатерального седалищного нерва в тех же точках

Для работы необходимы: комплексная установка для регистрации ВП, стереотаксический прибор, стимуляторы, корковые отводящие и стимулирующие электроды, термокаутер трепан, набор хирургических инструментов и материалов, раствор Рингера, подогретый до 37°C. Объект исследования — кошка.

Проведение работы. Готовят животное, как это описано в работе 8. В области супрасильвиевой извилины коры одного полушария устанавливают раздражающие электроды. В симметричной точке противоположного полушария накладывают отводящие электроды. При нанесении раздражения на кору в симметричной точке противоположного полушария регистрируют транскаллозальные ответы. Перемещая и удаляя отводящий электрод из симметричной точки, убеждаются в том, что амплитуда транскаллозального ответа зависит от взаимного расположения отводящих и стимулирующих электродов. Следующий эксперимент проводят в пределах одного полушария: раздражающий электрод помещают в 1С зоне, а отводящий электрод — в 2С. Перемещая отводящий электрод, убеждаются в том, что определенные точки коры 1-й и 2-й соматосенсорных зон имеют тесные взаимосвязи, обеспечивающие передачу возбуждения.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схемы экспериментов и наклейте кривые в протокол. Проанализируйте полученные данные и сделайте соответствующие выводы.

РАБОТА 12. ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ КОРЫ МОЗЖЕЧКА

Мозжечок оказывает разнообразное влияние как на функциональное состояние локомоторного аппарата, так и на работу внутренних органов, регулирует деятельность вегетативной нервной системы, контролирует афферентные системы.

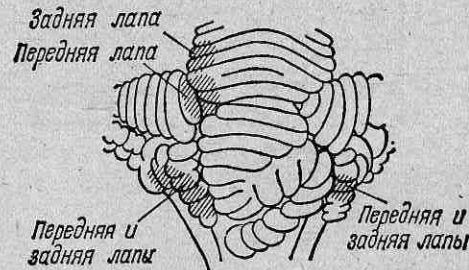


Рис. 109. Представительство в мозжечке кожно-мышечной чувствительности

Методом регистрации ВП было показано, что они возникают в коре мозжечка в ответ на возбуждение любой из сенсорных систем. Установлено, что афферентные системы имеют в коре мозжечка определенные зоны представительства, хотя в отличие от подобных зон коры больших полушарий

эти зоны не столь четко очерчены и имеют широкое взаимное перекрытие. На рис. 109 приведена схема представительства в мозжечке кошки кожных и мышечных афферентов.

Для работы необходимы: установка для регистрации ВП, набор хирургических инструментов и материалов, как в работе 11. Объект исследования — кошка.

Проведение работы. Наркотизированную кошку закрепляют в стереотаксисе. Разрезают кожу от затылочного бугра до шеи. Шпателем отделяют мышцы от костей черепа, освобождают от них всю затылочную область до первых шейных позвонков. Нужно очень внимательно следить за тем, чтобы не поранить идущие справа и слева вены и артерии. Трепаном вскрывают межтеменную кость черепа и, пройдя в отверстие желобоватым зондом, отслаивают твердую мозговую оболочку. Вскрытие полости черепа следует производить крайне осторожно, так как костные покровы часто срываются с твердой оболочкой и их отделение приводит к травме паратерминальных вен. При кровотечении функциональное состояние мозжечка быстро ухудшается и его биоэлектрическая активность вследствие этого может быть резко снижена. Далее поступают так, как обычно при регистрации ВП (см. работу 8). Стимулы наносят на седалищный нерв и, перемещая по коре мозжечка униполярный отводящий электрод, наблюдают за характером возникающих потенциалов (рис. 110).

Результаты работы и их оформление. Все данные занесите в протокол. Нарисуйте схему поверхности мозжечка и отметьте на ней наиболее активные зоны. Сделайте выводы о свойствах ВП мозжечка.

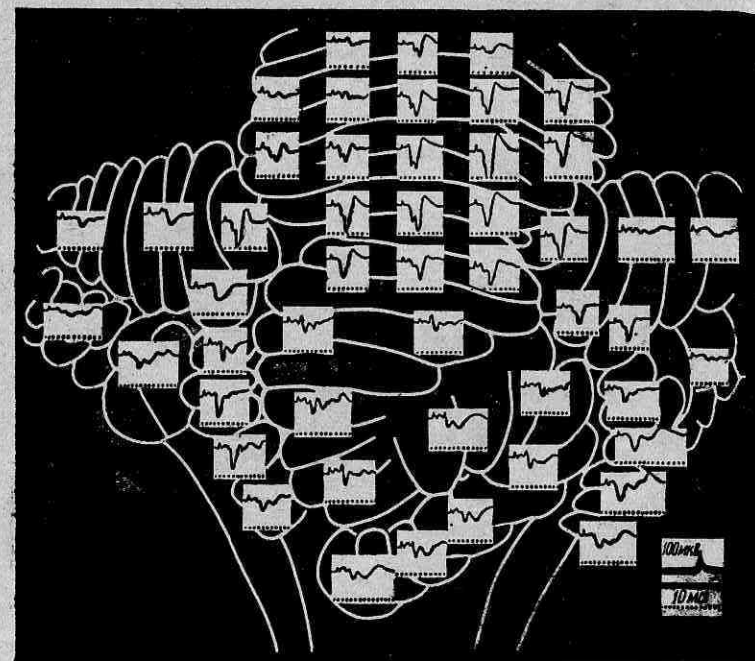


Рис. 110. Распределение на поверхности коры мозжечка вызванных потенциалов, возникающих в ответ на стимуляцию афферентного висцерального нерва (тазового нерва)

РАБОТА 13. СТЕРЕОТАКСИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА. РЕГИСТРАЦИЯ ВЫЗВАННОЙ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОДКОРКОВЫХ СТРУКТУР. РАЗДРАЖЕНИЕ ТАЛАМИЧЕСКИХ ЯДЕР

Стереотаксическая техника широко применяется для введения в различные подкорковые структуры стимулирующих и отводящих подкорковых электродов и микропипеток. Для точного попадания в исследуемые подкорковые ядра в экспериментах используют животных, имеющих средние размеры черепа.

Стереотаксический прибор (рис. 111) состоит из специальных держателей, с помощью которых голова фиксируется всегда в строго определенном положении относительно рамы стереотаксиса. Ушные держатели вводят в наружные слуховые проходы. Снизу голову животного фиксируют подведением пластин под верхнюю челюсть. Сверху закрепляют глазные держатели, давящие на нижние края орбит.

Таким образом, голова животного, а следовательно, и мозг оказываются ориентированными в постоянной координатной системе, где воображаемая горизонтальная плоскость проходит по нижним краям орбит и наружным слуховым проходам. Перпендикулярно этой плоскости располагается сагиттальная плоскость,

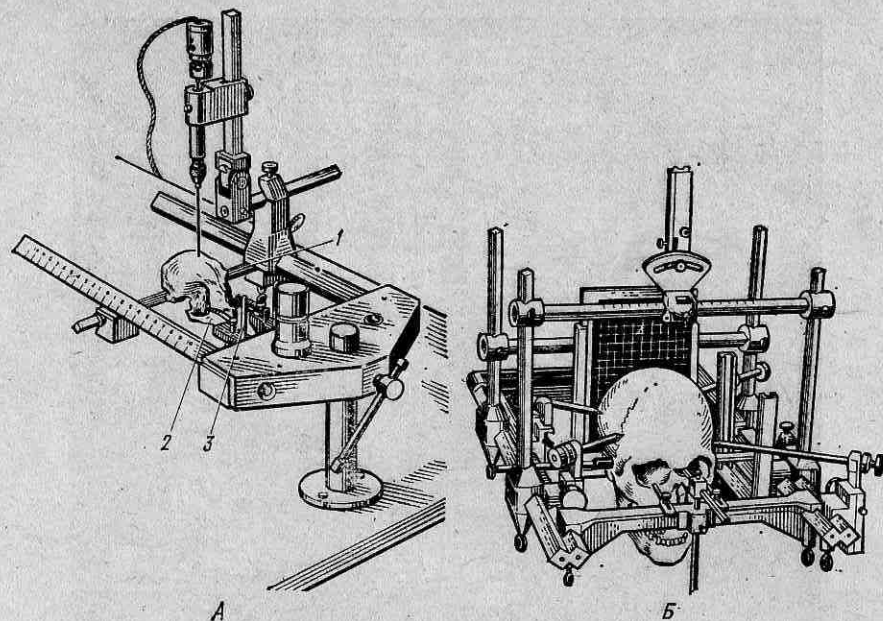


Рис. 111. Стереотаксическая техника. А — стереотаксический прибор для опытов на животных; Б — стереотаксический прибор для проведения нейрохирургических операций на мозге человека:

1 — ушные держатели, 2 — фиксаторы нижней орбиты, 3 — фиксаторы верхней челюсти

проходящая по межполушарной борозде и средней точке линии ушных держателей. Третья плоскость — фронтальная — перпендикулярна выше описанным плоскостям и проходит по линии ушных держателей. Центральной (нулевой) точкой является точка соприкосновения ушных держателей. Для человека разработаны значительно более сложные стереотаксические приборы. Для точного определения координат подкорковых структур созданы стереотаксические атласы мозга различных животных. Широко применяется во многих лабораториях мира стереотаксический атлас кошки, составленный Х. Джаспером и К. Аймон-Марсаном (рис. 112), а также атлас К. Р. Хименес-Кастелланоса, который позволяет представить взаиморасположение подкорковых таламических структур.

Отводящие и стимулирующие электроды крепят в специальных электрододержателях на раме стереотаксиса вертикально или под определенным углом по отношению к ее плоскости. Удобно использовать стимулирующие биполярные подкорковые электроды, которые имеют металлический кожух, перед опытом изолируемый плексигласом, растворенным в дихлорэтано. Зачистив срез, обнажают кончики стимулирующих электродов. Кольцевая обкладка может быть использована для массивного разрушения подкорковых ядер

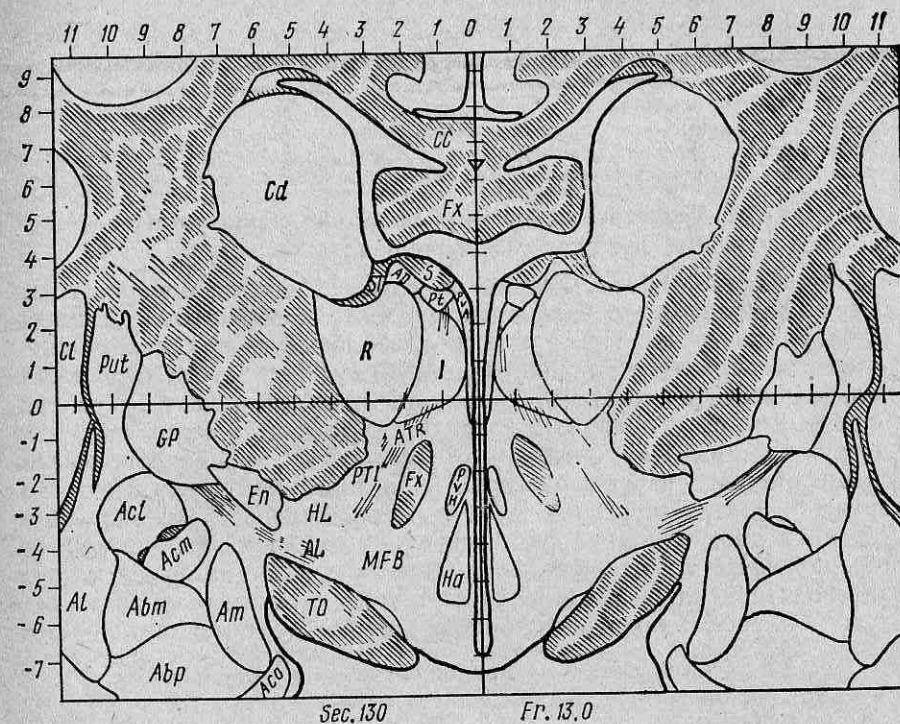


Рис. 112. Фронтальный срез мозга кошки из атласа Х. Джаспера и К. Аймон-Марсана (фронтальный план 13,0 мм)

электролитическим способом. (Поскольку всегда существует опасность отклонения подкорковых электродов от расчетных координат, разработано множество разнообразных методов контроля положения введенного электрода. Чаще всего применяют широко распространенный и достаточно хорошо зарекомендовавший себя метод электролитического разрушения с помощью постоянного тока.)

Особое значение приобретают стереотаксическая техника и метод электрофизиологического контроля для нейрохирургической клиники. Известно, что целый ряд тяжелых хронических заболеваний ЦНС поддается только хирургическому лечению, которое сводится к локальному разрушению определенных подкорковых ядер. В связи с этим появилась новая дисциплина — «стереотаксическая нейрохирургия». Применение стереотаксической техники невозможно без функционального электрофизиологического контроля, поскольку ни рентгеновский контроль, ни специальные таблицы, ни сложные математические расчеты не обеспечивают абсолютной точности при введении подкорковых электродов в мозг человека. Отсюда вытекает необходимость выработки четких электрофизио-

логических критериев для определения функциональных особенностей тех или иных центров, расположенных в глубине мозга.

Для работы необходимы: стереотаксический прибор, стимулирующие и отводящие подкорковые электроды, комплексная установка для регистрации ВП, стимулятор, хирургические инструменты и материалы, раствор Рингера, подогретый до 37°C, гемостатическая губка. Объект исследования — кошка (крыса).

Задача 1. Регистрация вызванных потенциалов при отведении от специфического переключающего ядра таламуса (*n. VPL*)

Проведение работы. Готовят животное, как это описано в работе 8. Закрепляют в специальном электрододержателе регистрирующие электроды. Проверяют их, добившись вертикального положения относительно направляющих рамы стереотаксиса. Предварительно рассчитав топографию искомой точки по атласу Джаспера, определяют ее координаты и вводят электроды в мозг, медленно погружая их в глубину. Достигнув предположительно специфического переключающего ядра таламуса, прекращают погружение. Наносят раздражение на нерв. Если расчеты были проведены верно, на экране осциллографа возникает первичный ответ, генерируемый в переключающем ядре таламуса. Поднимая и опуская электрод на 1—2 мм, получают ответ с максимальной амплитудой. Осуществляют регистрацию вызванного потенциала.

Задача 2. Влияние предшествующего раздражения специфического переключающего ядра таламуса (*n. VPL*) на вызванные потенциалы коры головного мозга при раздражении седалищного нерва

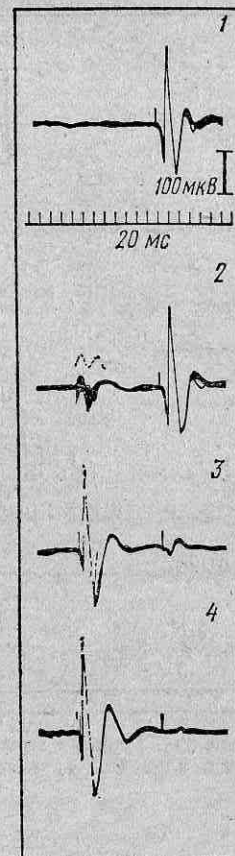
Проведение работы. Готовят животное, как это описано в работе 8. Коммутируют регистрирующую аппаратуру, подключив к ней 2-й стимулятор для нерва, и после того как она прогреется, начинают эксперимент. Сначала в фокусе максимальной активности ПО регистрируют отдельно вызванные потенциалы на раздражение нерва и ядра. Затем добиваются того, чтобы при малой развертке луча оба потенциала (на максимальном расстоянии друг от друга) регистрировались на экране осциллографа. С помощью ручки регулировки задержки импульса 2-го стимулятора сближают стимулы, наносимые на ядро и нерв. Наблюдают динамику изменений второго потенциала — первичного ответа при раздражении седалищного нерва. (рис. 113).

Задача 3. Характер биоэлектрической активности коры головного мозга при ритмическом раздражении неспецифических ядер таламуса (*n. VA*)

Проведение работы. Данную работу проводят под нембуталовым наркозом (40 мг/кг, внутривенно). На поверхность обнаженного мозга накладывают регистрирующие электроды в области крестовидной извилины, а также в теменной, височной, затылочной зонах коры больших полушарий. Рассчитав координаты положения стимулирующего подкоркового электрода в переднем

Рис. 113. Влияние предшествующего ритмического раздражения специфического ядра таламуса (*n. VPL*) на первичный ответ, регистрируемый в 1-й соматосенсорной зоне коры при стимуляции контралатерального седалищного нерва:

1 — исходный ПО, 2—4 — динамика ПО, вызванная предшествующим раздражением таламуса. Положение раздражающего электрода изменяется в вертикальном плане (соответственно +3; +1,5; 0)



вентральном ядре таламуса, погружают электрод в мозг. Включают аппаратуру, и после того как она прогреется, на стимуляторе устанавливают ручку регулировки частоты раздражения в положении 10 Гц. Включают ритмическое раздражение и регистрируют на фоне спонтанной ЭЭГ вызванную ритмическую активность коры головного мозга веретенного типа (рис. 114). Сравнивают полученную биоэлектрическую активность со спонтанной активностью до раздражения и после прекращения стимуляции. Проводят повторные раздражения, увеличивая и уменьшая частоту стимулирующих импульсов.

Результаты работы и их оформление. Зарегистрированные ответы вклейте в протокол, зарисуйте стереотаксический прибор и одну из карт атласа мозга кошки. Сравните латентные периоды ПО и ответа, возникающего в коре при раздражении переключающего ядра, зарегистрировав отметку времени и калибровочный сигнал. Проанализируйте полученные данные и сделайте выводы о роли стереотаксической техники в эксперименте и клинической практике.

РАБОТА 14. АНАЛИЗ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНОГО ПРИ РАЗДРАЖЕНИИ ГИПОТАЛАМИЧЕСКИХ ЯДЕР В ХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ С ВЖИВЛЕННЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Известно, что гипоталамус является высшим центром регуляции вегетативных функций организма и участвует в формировании многих эмоциональных реакций человека и животного. Электрическая коагуляция определенных гипоталамических областей, а также их стимуляция вызывают комплексные изменения или нарушения деятельности различных систем организма. Так, например, при стимуляции вентромедиального ядра гипоталамуса можно наблюдать отказ от пищи даже голодного животного, тогда как разрушение этого ядра вызывает усиленное потребление пищи. Раздражая паравентрикулярное ядро гипоталамуса, можно вызвать неутолимую жажду. При стимуляции определенных гипота-

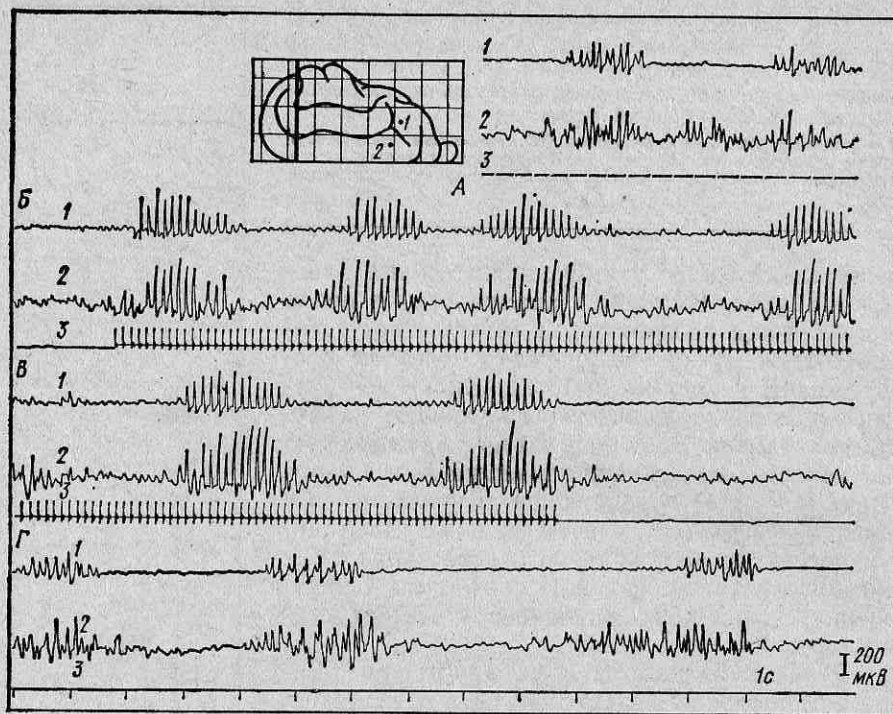


Рис. 114. Реакция вовлечения при ритмическом раздражении переднего вентрального ядра (n.VA) таламуса. А, Г — спонтанная веретенная активность; Б, В — реакция вовлечения:

1, 2 — точки раздражения, 3 — отметка раздражения

ламических областей возникают многие проявления таких эмоциональных реакций, как страх, ярость и т. п.

Для работы необходимы: стереотаксический прибор, стимулятор, подкорковые электроды для вживления, набор хирургических инструментов и материалов, стиракрил (норакрил, протакрил и т. п.), нембутал. Объект исследования — кошка.

Проведение работы. Наркотируют кошку раствором нембутала (40 мг/кг). Готовят электроды для вживления в гипоталамус. Для этого берут две пары изолированных и сплетенных электродов. Расстояние между парами электродов составляет 4 мм. Закрепляют панельку в электрододержателе и определяют нулевую точку для одного из электродов. Рассчитывают необходимую глубину погружения электродов так, чтобы один из них оказался в области переднего гипоталамуса, другой — заднего.

Животное фиксируют в стереотаксисе. Обнажают череп в области теменной кости, удаляя лоскут кожи диаметром 20 мм. Тщательно снимают надкостницу и подсушивают череп животного. Обеспечивают гемостаз. Намечают места для отверстий в черепе и просверливают их фрезой от бормашины диаметром 1,5—

2 мм. Вводят электроды и фиксируют панельку на черепе с помощью стиракрила. После застывания стиракрила снимают электрододержатель и извлекают животное из стереотаксиса. Край раны засыпают сухим стрептоцидом. Животному делают внутримышечную инъекцию 200 000 ед. пенициллина и укладывают на мягкую подстилку. На следующий день, когда животное полностью выходит из наркоза, приступают к стимуляции гипоталамуса. Меняя режим стимулирующего тока, добиваются появления реакции, подобной эмоции ярости и страха.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему эксперимента и запишите последовательность всех операций. Тщательно проследите реакцию животного и опишите ее. Обратите внимание на пилоэрекцию, изменение диаметра зрачков и т. д. Проанализируйте полученные данные и сделайте соответствующие выводы.

РАБОТА 15. ХРОНИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ЖИВОТНЫХ С ВЖИВЛЕННЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ. ОПЫТЫ ДЖ. ОЛДСА ПО САМОРАЗДРАЖЕНИЮ ЖИВОТНЫХ

В опытах с самораздражением, методику которых разработал Дж. Олдс (1956), животное само может наносить себе раздражение через вживленные электроды. Эти опыты поднимают такие теоретические проблемы, как формирование эмоций, механизм возникновения ощущений, вопросы дифференцировки различного рода воздействий на категории «приятных», «нейтральных» и «неприятных». Кроме того, эта методика открывает новые возможности в изучении физиологии стволовых структур. Сочетание ее с методом условных рефлексов уже принесло некоторые успехи. Наряду с этим методику самораздражения применяют для исследования влияния на поведенческие реакции и проявление эмоций ряда фармакологических веществ, относимых к группе психофармакологических соединений.

Для работы необходима специальная установка. Объект исследования — крыса.

Проведение работы. Вживление электродов даже точно в те зоны, которые описывает Олдс (рис. 115), необязательно сопровождается ожидаемым эффектом. Как отмечает сам автор, около 60%

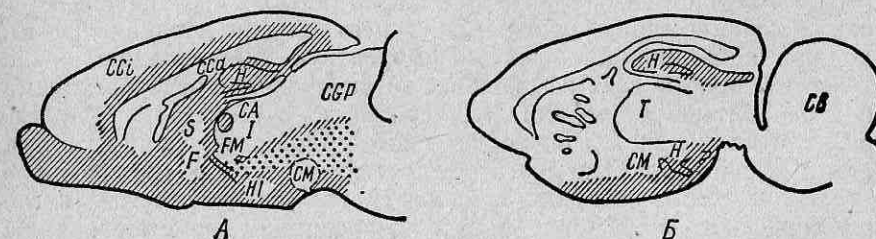


Рис. 115. Схема разреза (А, Б) мозга крысы по средней линии. Заштрихованы области, при раздражении которых можно вызвать положительные эффекты; точками показан отдел мозга, раздражение которого вызывает эффект избегания

всех электродов при раздражении являются эмоционально нейтральными — животное не производит самораздражения, но и не избегает его. 5% электродов оказываются эмоционально отрицательными, а остальные 35% — эмоционально положительными. Когда электрод находится в соответствующей активной точке, животное с явным удовольствием производит самораздражение. На рис. 116 приведены упрощенная схема технической стороны

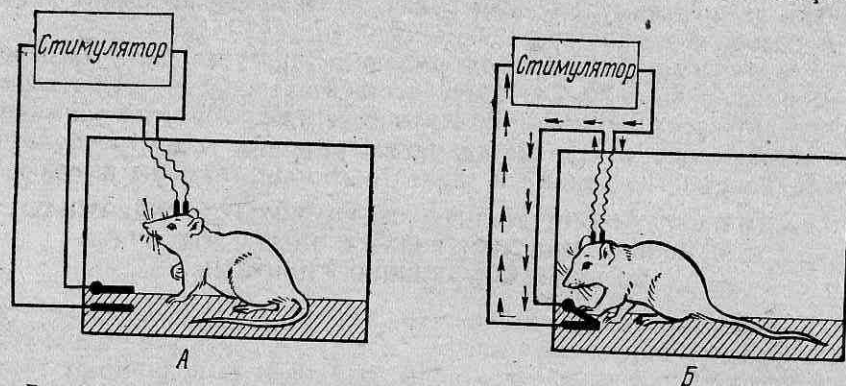


Рис. 116. Упрощенная схема опыта с самораздражением через вживленные электроды (А, Б)

методики самораздражения и вид животного, готового нажать рычаг. Характерна его поза в период самораздражения.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему установки и схему расположения вживленных электродов. Проанализируйте полученные результаты и сделайте соответствующие выводы.

ГЛАВА XIII ФИЗИОЛОГИЯ АНАЛИЗАТОРОВ

В условиях постоянно изменяющейся внешней среды живой организм может существовать только в том случае, если он непрерывно получает и анализирует информацию, поступающую из окружающего мира. Одновременно центральная нервная система должна постоянно принимать афферентную импульсацию, свидетельствующую о всех изменениях во внутренней среде организма, и перерабатывать ее для поддержания гомеостаза. Функцию восприятия внешней и внутренней информации, передачу ее и анализ в высших отделах мозга осуществляет система анализаторов.

Анализаторы, по представлению И. П. Павлова, состоят из периферического рецепторного отдела, воспринимающего раздражение, проводникового отдела, по которому сигнал передается от рецептора к центру, и центрального, или «мозгового», конца, где заканчивается афферентный путь и происходит анализ и синтез

воспринимаемых раздражений. Раздражение каждого рецептора связано, как правило, с ощущениями совершенно определенного характера. Раздражители, к которым рецептор приспособлен в результате филогенеза, называются адекватными, или специфическими. Существуют также и неадекватные, или неспецифические раздражители, к их восприятию рецептор не приспособлен, поэтому они не могут служить критерием оценки непосредственной специфической функции конкретного анализатора.

РАБОТА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ

Острота зрения человека определяется способностью его глаза различать две близко расположенные друг от друга точки как раздельные.

Для работы необходимы: таблица для определения остроты зрения, указка. Объект исследования — человек¹.

Таблица состоит из нескольких рядов букв или незамкнутых окружностей, по-разному расположенных. В каждой строке знаки одинаковы по размеру, в каждой нижней строке они меньше, чем в верхней, т. е. величина знаков уменьшается сверху вниз. У каждой строки стоит число, обозначающее расстояние (в метрах), на котором нормальный глаз должен видеть детали знаков данной строки. Справа от каждой строки указана острота зрения, которая рассчитывается по формуле $V = d/D$, где V — острота зрения, d — расстояние исследуемого глаза от таблиц, D — расстояние, с которого данная строка правильно читается нормальным глазом.

Проведение работы. Таблицу вешают на стену. Испытуемому предлагают сесть на расстоянии 5 м от таблицы и закрыть один глаз специальным щитком, темной повязкой или рукой. Указкой показывают ту или иную букву или незамкнутую окружность выясняя, какую из строк испытуемый отчетливо видит. Затем эту процедуру повторяют с другим глазом.

Результаты работы и их оформление. Опишите методику определения остроты зрения. Запишите результаты исследования. По результатам измерения дайте индивидуальную характеристику остроты зрения различных испытуемых. (Средние показатели остроты зрения у человека: нормальная — 1,0 и выше, пониженная — от 0,8 и ниже, повышенная — 1,5 — 2,0.)

РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ

Пространство, которое видит глаз человека при фиксации взгляда в одной точке, называется полем зрения. Определение поля зрения применяют для диагностики поражений сетчатки и зрительных путей.

Для работы необходимы: периметр Форстера, белые и цветные кружки к нему, линейка, стандартные бланки нормального поля зрения.

¹ Во всех работах этой главы объектом исследования является человек.

Периметр Форстера (рис. 117) представляет собой подвижно укрепленный в штативе металлический полукруг, имеющий шкалу в угловых градусах. Полукруг может быть установлен в любой плоскости по отношению к исследуемому глазу. В середине полукруга находится белая точка, на которой испытуемый должен фиксировать свой взгляд. Штатив прибора служит для фиксации головы испытуемого в процессе определения поля зрения.

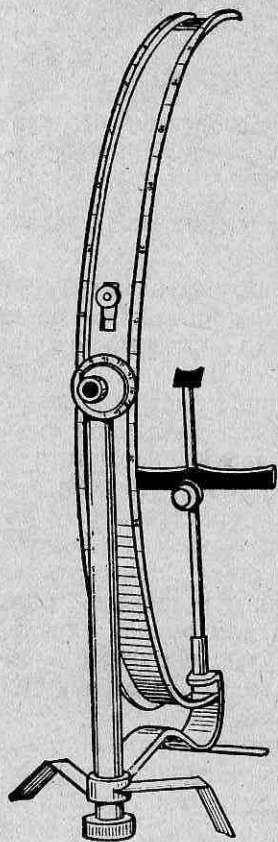


Рис. 117. Периметр Форстера

Проведение работы. Испытуемый садится спиной к свету так, чтобы внутренняя поверхность полукруга была хорошо освещена. Штатив для подбородка закрепляют таким образом, чтобы его верхняя часть находилась на уровне нижнего края глазницы. Величину поля зрения определяют для каждого глаза отдельно, закрывая при этом другой глаз.

Полукруг периметра устанавливают в горизонтальном положении, испытуемый при этом должен смотреть точно на белый кружок в центре дуги. Экспериментатор медленно передвигает белый кружок от периферии к центру и отмечает точку периметра, на уровне которой испытуемый впервые увидел объект. Местоположение точки определяют дважды и отмечают на стандартном бланке, образец которого приведен на рис. 118. Затем измеряют поле зрения с другой стороны дуги и также отмечают на стандартном бланке. Линии, проведенные от глаза через эти точки, и зрительная ось при фиксации зрения на центральной точке периметра характеризуют наружную и внутреннюю границы поля зрения. Затем дугу периметра устанавливают вертикально и соответственно находят верхнюю и нижнюю границы поля зрения испытуемого. Аналогичным образом измеряют границы поля зрения, каждый раз поворачивая дугу на 15, 30, 60 и 90°. Чем больше меридианов поля зрения будет определено, тем точнее

данные. Так же определяют поле зрения, заменив белый кружок цветным (красным, зеленым, синим, желтым).

Результаты работы и их оформление. Определенные вами точки для различных по цвету объектов нанесите на стандартные бланки, соединив их линиями соответствующего цвета. Сравните полученное поле зрения с нормальным, показанным на бланке. Объясните, почему поле черно-белого зрения больше, чем поле цветового зрения. Обратите внимание на значение анатомических особенностей лица человека для величины поля зрения.

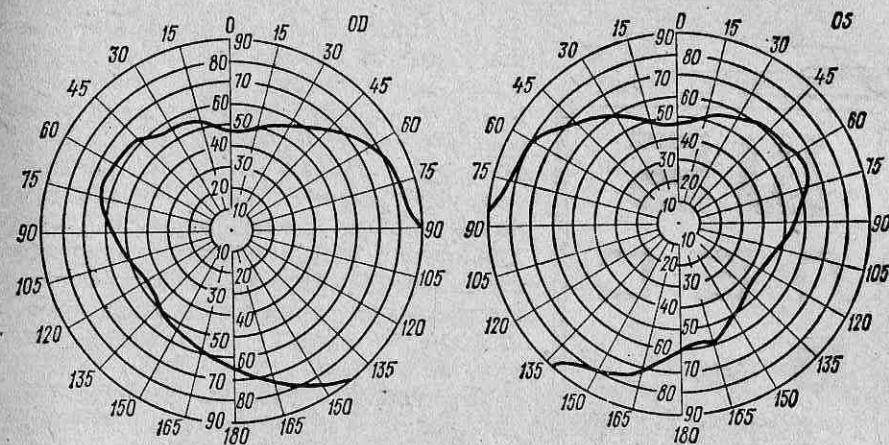


Рис. 118. Стандартный бланк для определения полей зрения левого (OS) и правого (OD) глаза (обозначены поля зрения в норме для белого объекта)

РАБОТА 3. ДЕМОНСТРАЦИЯ СЛЕПОГО ПЯТНА НА СЕТЧАТКЕ ГЛАЗА (ОПЫТ МАРИОТТА)

Для работы необходима специальная черная карточка с изображением белого кружка справа и белого крестика слева (рис. 119).

Проведение работы. Предлагают испытуемому закрыть левой рукой левый глаз и, держа карточку в вытянутой правой руке, медленно приближать ее к открытому правому глазу. При этом испытуемый должен фиксировать взгляд на левом изображении (крестике). На расстоянии 20—25 см от глаза правое изображение (круг) исчезает. Это является доказательством наличия на сетчатке слепого пятна, т. е. участка, не имеющего зрительных рецепторов.



Рис. 119. Карточка для демонстрации слепого пятна (пояснение в тексте)

Затем опыт повторяют, предложив испытуемому закрыть правый глаз и фиксировать левым глазом правое изображение на карточке.

Результаты работы и их оформление. Запишите опыт в протокол и укажите расстояние от глаза до карточки в момент, когда второе изображение исчезает.

РАБОТА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ БИНОКУЛЯРНОГО ЗРЕНИЯ

Для работы необходим диплоскоп (рис. 120).

Принцип действия диплоскопа основан на разделении изображений для правого и левого глаза при поляризации света поляридными пленками. Поляроидные пленки диплоскопа поляризуют



Рис. 120. Диплоскоп

РАБОТА 5. ОПЫТ СО СМЕШЕНИЕМ ЦВЕТОВ

Для работы необходимы: набор различных предметов трех основных цветов и различные по цвету фоновые листы (белый, серый и др.), вертушка и диск с ней со съемными секторами различного цвета.

Проведение работы. Испытуемый после длительного рассматривания цветного предмета переводит глаза на белый (или серый) фон. При этом образ рассматриваемого предмета сохраняется, но цветовые ощущения меняются. Испытуемому предлагают сосредоточить взгляд на цветном предмете, находящемся на белом фоне, при этом вокруг рассматриваемого предмета виден дополнительный цвет. И наконец, испытуемому предлагают вращать диск вертушки, меняя цветные секторы. При вращении диска в зависимости от набора секторов возникают различные цветовые ощущения.

Результаты работы и их оформление. Опишите ход опыта и характер своих цветовых ощущений. Объясните особенности восприятия цветов и сделайте выводы по собственным наблюдениям.

РАБОТА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ КОСТНОЙ И ВОЗДУШНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЗВУКА

Для работы необходимы: набор камертонов, вата.

Проведение работы. Прикладывают ножку звучащего камертона к темени испытуемого. Как только звук перестает быть слышен,

свет в горизонтальной плоскости. Так как очки в комплекте диплоскопа имеют для каждого глаза свою поляроидную пленку, ориентированную в соответствии с пленками диплоскопа, то левый и правый глаз видят различные изображения. При нормальном бинокулярном зрении фигуры и буквы диплоскопа объединяются в одну общую картину. При расстройствах бинокулярного зрения изображения смещаются или одно из них может исчезнуть полностью.

Проведение работы. Испытуемого усаживают напротив диплоскопа, включенного в сеть, и предлагают через поляроидные очки рассмотреть светящиеся изображения.

Результаты работы и их оформление. Опишите ход исследования. Отметьте, какие вы наблюдали изображения.

приближают камертон к наружному слуховому проходу — звук вновь становится слышен. Затем звучащий камертон вновь прикладывают к темени испытуемого, который в норме обоими ушами слышит звук одинаковой силы. Заложив одно ухо испытуемого ватным тампоном, повторяют опыт.

Результаты работы и их оформление. Опишите опыт. Подробно отметьте ощущения испытуемых. Объясните полученные результаты.

РАБОТА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРОТЫ СЛУХА (АУДИОМЕТРИЯ)

Для работы необходим речевой аудиометр.

Речевой аудиометр представляет собой установку, состоящую из магнитофона, аудиометрической приставки, телефонов воздушной и костной проводимости, контрольного телефона, а также магнитофонной ленты, на которой записаны тексты, состоящие из стандартных слов. Аудиометрическая приставка позволяет изменять и измерять в децибеллах уровень интенсивности звука, подаваемого от магнитофона на приставку и телефоны воздушной и костной проводимости, переключать телефоны правого и левого уха, регулировать громкость звука в контрольном телефоне.

Проведение работы. Подготавливают аппаратуру к работе согласно инструкции по эксплуатации. На магнитофон ставят выбранную кассету с текстом. Испытуемого усаживают на некотором расстоянии от прибора и предлагают ему надеть наушники телефона воздушной проводимости. Устанавливают на аудиометрической приставке самую слабую интенсивность звука и просят испытуемого повторять услышанные в телефон слова. С началом движения магнитофонной ленты постепенно усиливают звук до тех пор, пока испытуемый не повторит правильно два-три слова подряд. При этом стрелка индикатора интенсивности звука на аудиометрической приставке показывает степень потери слуха в децибеллах. Контрольный телефон используют для проверки правильности повторяемых испытуемым слов.

Так проверяют бинауральный слух и слух каждого уха в отдельности сначала по воздушной проводимости, а затем, сменив наушники, по костной.

Результаты работы и их оформление. Запишите в протокол ход исследования. Зарисуйте схему речевого аудиометра. Сравните результаты измерения остроты слуха у разных испытуемых.

РАБОТА 8. ИССЛЕДОВАНИЕ ТАКТИЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

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

Для работы необходим эстезиометр (циркуль Вебера).

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

✕ **Результаты работы и их оформление.** Определив пространственный порог тактильной чувствительности в различных участках кожи, занесите полученные результаты в таблицу.

Участок кожи	Пространственный порог чувствительности
Пальцы рук Ладони Предплечье Плечо Спина	

РАБОТА 9. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ (ТЕРМОЭСТЕЗИОМЕТРИЯ)

Холодовые терморецепторы располагаются в поверхностных слоях кожи (на глубине 0,16 мм) и общее число их доходит до 250 000. Тепловых рецепторов около 30 000 и располагают они в более глубоких слоях кожи (около 0,3 мм). Распределение терморецепторов в коже неравномерно. Меньше всего их в коже лица, больше всего — в коже конечностей.

Для работы необходимы: бумажный трафарет, с квадратным отверстием площадью 1 см², термоэстезиометр — небольшой полый стеклянный сосуд в виде конуса, широкая часть которого закрывается пробкой, а в вершину впаян стержень из металла с высокой теплопроводностью.

✕ **Проведение работы.** Заполнив термоэстезиометр льдом, определяют холодные точки. Для этого стержнем прибора прикасаются к различным участкам кожи, на которые наложен бумажный трафарет с отверстием. Подсчет производится по зигзагообразной линии в квадрате трафарета (50 касаний, начиная с левого верхнего угла). При каждом прикосновении испытуемый должен сообщать, что он ощущает — прикосновение или холод. Подсчет тепловых точек производят аналогичным образом, заполнив термоэстезиометр водой, подогретой до 50°C.

✕ **Результаты работы и их оформление.** Опишите опыт. Результаты подсчета занесите в таблицу.

Участок кожи	Число рецепторов		Участок кожи	Число рецепторов	
	холодовых	тепловых		холодовых	тепловых
Пальцы рук Ладони Предплечье Плечо			Шея Спина Лицо		

Отметьте, в каких участках кожи терморецепторов больше, в каких — меньше.

РАБОТА 10. АДАПТАЦИЯ ТЕРМОРЕЦЕПТОРОВ КОЖИ К ДЕЙСТВИЮ ВЫСОКОЙ И НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ. ЯВЛЕНИЕ КОНТРАСТА

Большинство рецепторов обладает способностью адаптироваться, «привыкать» к постоянно действующему стимулу. Адаптация рецепторов проявляется в том, что при длительном и неизменном раздражении снижается уровень их возбуждения. При этом рецепторы сохраняют способность мгновенно реагировать на любое изменение параметров раздражения.

Для работы необходимы: сосуды с водой различной температуры (10, 25 и 40°C), секундомер.

Проведение работы. Опускают кисть руки в горячую (40°C) или холодную (10°C) воду, определяют время адаптации терморецепторов, т. е. время, в течение которого ощущение тепла или холода ослабевает.

Для наблюдения явления контраста опускают обе руки (кончики пальцев) в воду, нагретую до 25°C. Убедившись, что ощущение в обеих руках одинаково, одну руку переносят в воду с температурой 40°C, другую 10°C. Через несколько минут одновременно переносят обе руки в воду с температурой 25°C. При этом возникает ощущение контраста (рука, находившаяся в холодной воде, ощущает тепло, другая рука, находившаяся в горячей воде, ощущает холод).

Результаты работы и их оформление. Запишите опыт в протокол. Укажите время адаптации терморецепторов к холоду и теплу у различных испытуемых. Отметьте явление контраста.

РАБОТА 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА ВКУСОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Рецепторы вкуса в основном расположены на сосочках языка. Некоторая часть вкусовых рецепторов локализуется в слизистой оболочке мягкого неба, миндалин, задней стенки глотки и надгортанника. Существует четыре вида вкусовых рецепторов: рецепторы, воспринимающие соленое, сладкое, горькое и кислое.

Для работы необходимы: растворы сахара, соли, лимонной кислоты, хинина (каждый в концентрации 1, 0,1, 0,01, 0,001%), глазные пипетки.

Проведение работы. Испытуемому на кончик языка (не прикасаясь к языку) пипеткой наносят каплю какого-либо из перечисленных растворов, предлагают сделать глотательное движение и просят определить вкус раствора. Начинают исследование с нанесения раствора минимальной концентрации, постепенно увеличивая ее до тех пор, пока испытуемый сможет определить вкус предлагаемого раствора. Эту концентрацию принимают за порог данной вкусовой чувствительности. Перед нанесением капли следующего раствора испытуемый должен тщательно прополоскать рот, после чего можно приступить к очередному этапу исследования с другим раствором.

Результаты работы и их оформление. Определенные вами пороги вкусовой чувствительности к различным веществам занесите в таблицу.

Вещество	Порог вкусовой чувствительности (концентрация раствора, %)
Сладкое	
Кислое	
Соленое	
Горькое	

Сравните пороги чувствительности к различным веществам у разных испытуемых.

РАБОТА 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРОТЫ ОБОНЯНИЯ

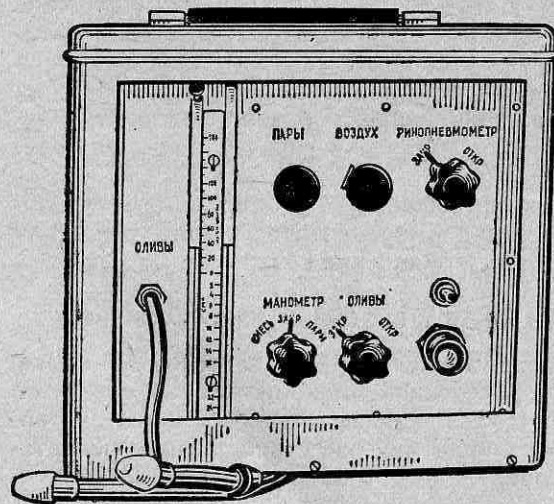


Рис. 121. Ольфактометр

Для работы необходимы: ольфактометр, набор пахучих веществ, спирт, вата.

Ольфактометр (рис. 121) — прибор, предназначенный для определения остроты обоняния. При исследовании им пользуются в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Проведение работы. Испытуемому в одну ноздрю вводят оливу с отверстием, в другую — сплошную. С помощью насоса, следя за показаниями

водяного манометра, нагнетают в систему порцию пахучего вещества. При этом кран «пары» должен быть открыт, переключатель «манометр» должен стоять в положении «пары», а «оливы» в положении «закрыто». По просьбе экспериментатора «не дышите», испытуемый, открыв рот и не напрягая мышц глотки, должен задержать дыхание. В этот момент открывают кран «оливы» и минимальная порция паров пахучего вещества поступает в нос испытуемому (измеряется в см³). Через 2 с оливы вынимают и спрашивают у испытуемого, почувствовал ли он запах; если запах не ощущался, через полминуты процедуру повторяют с подачей большей порции паров пахучего вещества. Наименьшее количество паров пахучего вещества, которое вызывает обонятельные ощущения, определяют как порог обоняния для данного вещества.

Результаты работы и их оформление. Составьте таблицу порогов обоняния для различных пахучих веществ и внесите в нее полученные в опыте результаты. Сравните пороги обоняния у разных испытуемых.

РАБОТА 13. НАБЛЮДЕНИЕ НИСТАГМА ГОЛОВЫ И ГЛАЗ

При вращении тела вокруг вертикальной оси происходит возбуждение рецепторов вестибулярного аппарата под влиянием энергии возрастающих или убывающих угловых ускорений. Это является причиной возникновения особой рефлекторной реакции, которая называется нистагмом головы. Нистагм головы проявляется в том, что голова вначале медленно поворачивается в сторону, противоположную направлению вращения, а затем быстро возвращается в исходное положение. При вращении также наблюдается аналогичное движение глаз — глазной нистагм.

Для работы необходимы: кресло Барани, секундомер.

Проведение работы. Испытуемого, усаживают в кресло Барани, закрывают переднюю перекладину кресла и производят вращение (10 вращений за 20 с). Во время вращения внимательно следят за положением головы и туловища испытуемого, а после остановки кресла — за положением головы, туловища и глаз. При нормальном функциональном состоянии лабиринтов наблюдают нистагм головы и глаз. Записывают время нистагма, учитывая, что средняя продолжительность его проявления 20—30 с. Опыт повторяют, предложив испытуемому закрыть глаза во время вращения.

Результаты работы и их оформление. Опишите ход опыта. Определите и запишите время проявления нистагма головы и глаз. Сравните результаты у нескольких испытуемых.

РАБОТА 14. ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АНАЛИЗАТОРА ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ

Для работы необходимы: кресло Барани, мембранный тонометр или сфигмоманометр, фонендоскоп.

Проведение работы. Испытуемого усаживают в кресло Барани. Измеряют артериальное давление и частоту сердечных сокращений. Не снимая манжетки, закрывают переднюю перекладину кресла и вращают испытуемого (5 вращений за 10 с). После остановки кресла вновь измеряют артериальное давление и частоту пульса.

Результаты работы и их оформление. Запишите опыт в протокол. Сравните уровень артериального давления и частоту пульса до и после вращения. Объясните полученные результаты.

ГЛАВА XIV

ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. ИЗУЧЕНИЕ ПСИХИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ У ЧЕЛОВЕКА

Все формы психической деятельности человека обусловлены огромным множеством самых разнообразных биологических и социальных потребностей, которые возникают в процессе взаимодействия организма с окружающей средой. В эволюционном ряду чем совершеннее нервная система, тем более разнообразны возможности контакта с внешним миром, тем совершеннее форма адаптации организма к среде. Человек обладает чрезвычайно высокой приспособляемостью и изменчивостью поведения, что обусловлено максимальным развитием головного мозга, возникновением высшей формы отражения действительности — сознания, включающего все проявления психической деятельности: ощущение и восприятие, представление и мышление, внимание и память, чувства и волю. Однако при всей сложности работы ЦНС основным, элементарным принципом ее функционирования является рефлекс. Деятельность коры больших полушарий, обеспечивающую поведение, т. е. индивидуальное приспособление организма к изменяющимся условиям среды, И. П. Павлов назвал *высшей нервной деятельностью*. Физиологической основой высшей нервной деятельности являются индивидуально приобретенные рефлексы, названные И. П. Павловым *условными*, в отличие от врожденных, наследственно зафиксированных, *безусловных* рефлексов. Безусловные рефлексы — это реакции, свойственные всем животным данного вида, непременно осуществляемые организмом в ответ на непосредственное раздражение определенного рецептивного поля — рефлексогенной зоны данного рефлекса. Условные рефлексы — это приобретенные в процессе индивидуальной жизни рефлекторные формы поведения, которые формируются на основе безусловных рефлексов при определенных условиях; при исчезновении этих условий происходит угасание (торможение) этих рефлексов. Поэтому условный рефлекс является высшей универсальной формой приспособления, уравнивания организма со средой.

РАБОТА 1. НАБЛЮДЕНИЕ БЕЗУСЛОВНОГО СЛЮНООТДЕЛИТЕЛЬНОГО РЕФЛЕКСА У СОБАКИ

Безусловный слюноотделительный рефлекс — врожденная реакция, которая возникает у животного при раздражении вкусовых рецепторов полости рта.

Для работы необходимы: мясосухарный порошок, ложка, пробирка, воронка, менделеевская замазка. Объект исследования — собака с фистулой слюнной железы.

Проведение работы. Перед экспериментом на фистулу наклеивают с помощью менделеевской замазки воронку, на которую подвешивают пробирку для сбора слюны. Перед тем как привести собаку к месту проведения эксперимента, следует плотно накормить ее в другом помещении для того, чтобы животное минимально реагировало на вид и запах пищи. В помещении для эксперимента (желательно в камере) ложкой вкладывают в рот животному мясосухарный порошок. Наблюдают безусловнорефлекторное слюноотделение, собирают в пробирку вытекающую из фистулы слюну.

Результаты работы и их оформление. Измерьте и запишите количество выделенной слюны (мл) и длительность слюноотделения.

РАБОТА 2. НАБЛЮДЕНИЕ НАТУРАЛЬНОГО УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА

Условный слюноотделительный рефлекс у животного в естественных условиях образуется на раздражители, обычно сопутствующие приему пищи (вид пищи, ее запах, помещение и детали обстановки, в которой обычно происходит кормление). Условные рефлексы такого типа называются *натуральными*, они прочны и сохраняются в течение всей жизни.

Для работы необходимы: станок для собаки, менделеевская замазка, пробирка, воронка, мясо. Объект исследования — собака с фистулой слюнной железы.

Проведение работы. На фистулу слюнной железы собаке наклеивают воронку с подвешенной к ней пробиркой. Через 3—4 мин собаке показывают мясо. В течение 3 мин наблюдают выделение слюны на вид и запах мяса, после чего, переменяв пробирку, кормят собаку мясом и в течение 3 мин наблюдают слюноотделение на мясо.

Результаты работы и их оформление. Определите и запишите количество выделенной слюны на натуральные условные раздражители (вид и запах мяса) и длительность слюноотделения. Измерьте и запишите, сколько слюны (мл) выделилось во время еды.

РАБОТА 3. ВЫРАБОТКА УСЛОВНОГО ПИЩЕВОГО СЛЮНООТДЕЛИТЕЛЬНОГО РЕФЛЕКСА

Условные рефлексы, которые в отличие от натуральных образуются на сигналы, не имеющие прямого отношения к данному безусловному раздражителю и не сопровождающие его в пов-

седневной жизни, называются искусственными. Любой агент, воздействующий на рецепторы, совпадая или приближаясь во времени к действию безусловного раздражителя, может стать условным раздражителем. Выработка пищевого условного рефлекса производится путем сочетаний такого ранее индифферентного по отношению к пище агента с пищей. В результате выра-

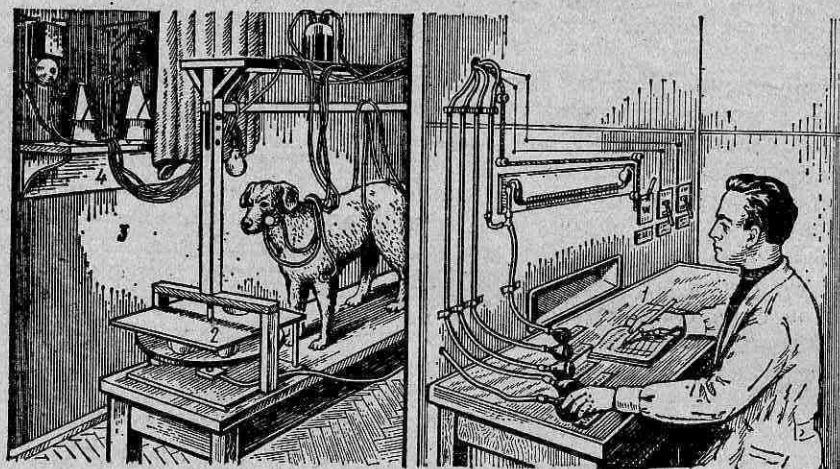


Рис. 122. Камера, применяемая для изучения условных рефлексов: 1 — пульт управления, 2 — кормушка, 3 — станок для фиксации собаки, 4 — раздражители

ботки условного рефлекса этот агент становится сигналом появления пищи и сам (условнорефлекторно) начинает вызывать реакцию, характерную для пищевого безусловного рефлекса — слюноотделения.

Для изучения условных рефлексов И. П. Павловым была создана свето- и звукопроницаемая камера (рис. 122), в которой животное изолируется от всех посторонних раздражителей. Собаку помещают в камеру в специальном станке с лямками для мягкой фиксации животного, перед которым расположена кормушка. Экспериментатор находится вне камеры у пульта управления приборами; с их помощью подаются звуковые и световые сигналы и регистрируются реакции животного. Наблюдение за животным во время опыта производится через смотровое окно, оборудованное специальной системой зеркал так, что в камеру не попадает свет и собака не видит экспериментатора.

Для работы необходимы: камера для выработки условных рефлексов, менделеевская замазка, воронка, соединенная с прибором для регистрации слюноотделения, мясосухарный порошок. Объект исследования — собака с фистулой слюнной железы.

Проведение работы. Собаку помещают в станок и фиксируют с помощью лямок. На фистулу слюнной железы приклеивают

менделеевской замазкой воронку, которую соединяют с прибором, регистрирующим слюноотделение. Закрытые чашечки механически передвигающейся кормушки заполняют небольшим количеством мясосухарного порошка. Экспериментатор выходит из камеры, закрывает дверь и наблюдает через смотровое окно камеры за поведением животного. Выработка пищевого условного рефлекса заключается в сочетании света с пищей. Для этого включают световой раздражитель и после его изолированного действия в течение 3 с подкрепляют это раздражение пищей. Собаке подается кормушка с мясосухарным порошком. Совместное действие света и пищи продолжается еще 5—10 с, затем свет выключают. Через 5-минутный интервал вновь повторяют сочетание свет — пища. При каждом сочетании регистрируют количество слюны, выделенной на условный и безусловный сигналы. О начале образования условного рефлекса судят по появлению секрети слюны на световой раздражитель. Условный рефлекс может считаться выработанным, если условнорефлекторная реакция возникает не менее 5 раз подряд.

Результаты работы и их оформление. Результаты работы занесите в протокол по следующей схеме.

Раздражители	Время начала действия раздражителя	Безусловный сигнал	Время изолированного действия условного раздражителя, с	Латентный период, с	Количество слюны, мл		Примечание
					условный сигнал	безусловный сигнал	

Отметьте сочетание, на котором впервые проявилась условнорефлекторная реакция и когда рефлекс упрочился. Вычертите кривую динамики выработки условного пищевого рефлекса.

РАБОТА 4. ОБРАЗОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОГО ПИЩЕДОБЫВАТЕЛЬНОГО УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА У ГОЛУБЯ

Движения, которые совершает животное для получения пищи, называются пищедобывательными. Условный рефлекс вырабатывается путем сочетания индифферентного агента с этими двигательными реакциями при подкреплении их пищей.

Для работы необходимы: камера для выработки условных рефлексов у мелких животных (рис. 123), два электроотметчика, отметчик времени, две капсулы Марэ, кимограф, подвижный рычаг, конопля. Объект исследования — голубь.

Проведение работы. Одно зерно конопли наклеивают на подвижный рычаг I, соединенный с капсулой Марэ (для регистрации всех движений рычага на кимографе). Голодную птицу помещают в камеру. Каждый удар клюва по приклеенному зерну сопровождаются подкармливанием голубя из чашечки вертящейся кормушки II, также соединенной с капсулой Марэ. После того как

голубь научится клевать рычаг, приступают к выработке условного рефлекса. Для этого, когда птица направляется к рычагу, включают световой раздражитель III, действие которого продолжается как в момент клевания голубем рычага, так и во все время кормления. Клевание голубем рычага до включения све-

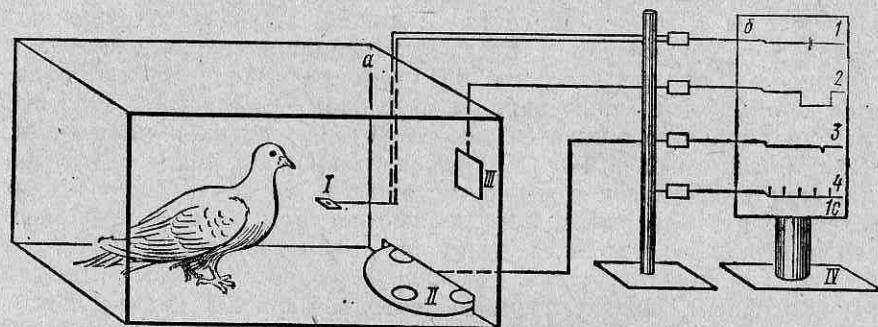


Рис. 123. Установка для выработки условных рефлексов у мелких лабораторных животных (по Л. Г. Воронину):

a — камера (пояснение в тексте), *b* — схема кимограммы условного двигательного пищевого рефлекса; 1 — отметка пищевого рефлекса, 2 — отметка условного раздражителя, 3 — отметка подачи кормушки, 4 — отметка времени

та не подкрепляется пищей. Подкрепляют только те нажимы на рычаг, за 1—2 с до которых был включен свет. Действие светового раздражителя продолжается 5 с. Интервалы между сочетаниями света с пищей должны быть 1—2 мин. На кимографе IV регистрируют кимограмму опыта.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Вклейте в тетрадь полученную кимограмму. Рассчитайте латентный период условной реакции. Сделайте вывод о характере изменения латентного периода в процессе образования и упрочения условного рефлекса.

РАБОТА 5. ВЫРАБОТКА ДВИГАТЕЛЬНО-ОБОРОНИТЕЛЬНОГО УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА У КРЫСЫ

Для того чтобы максимально приблизить экспериментальную обстановку к естественной, разработан лабораторный метод исследования, который заключается в выработке условного рефлекса избегания животным зоны, где оно получает болевое раздражение.

Для работы необходимы: устройство для подачи звуковых сигналов, стимулятор импульсный физиологический (СИФ-5), челночная электросиловая камера (рис. 124), секундомер. Объект исследования — крыса.

Камера состоит из двух отсеков *a*, *b*, соединенных коридором *c* длиной 10 см. В пол *г*, *д* каждого отсека вмонтированы электроды, находясь на которых животное может получить электрическое раздражение.

Проведение работы. Животное помещают в один отсек камеры, где определяют порог его болевой чувствительности. Затем на стимуляторе устанавливают силу раздражающего тока в 1,5 раза выше пороговой величины, после чего открывают вход в коридор камеры и дают возможность животному несколько раз пробежать по коридору из одного отсека в другой с целью привыкания к экспериментальной обстановке. Выработку условного рефлекса на прерывистые звуковые сигналы производят независимо от того, в каком отсеке находится животное. Через 2 с изолированного действия прерывистого звука включают ток, служащий раздражением. Звук выключают немедленно после того, как животное перебежит в другой отсек. Условный рефлекс считается выработанным, когда крыса убегает в другой отсек сразу после включения звукового раздражителя до болевого подкрепления. Интервалы между предъявлением звуковых раздражителей 1—2 мин. В течение всего опыта по секундомеру определяют латентный период двигательной реакции (время от включения звука до момента входа крысы в коридор).

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Отметьте, на каком сочетании выработался двигательн-оборонительный условный рефлекс. Проследите за изменением латентного периода условной реакции в процессе выработки условного рефлекса.

РАБОТА 6. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРОЦЕПТИВНОГО УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА

Интероцептивные условные рефлексы можно выработать, применяя в качестве условного раздражителя химическое, термическое или механическое раздражение рецептивных полей внутренних органов и сочетая его с любым безусловным подкреплением. Интероцептивные условные рефлексы подчиняются тем же закономерностям, что и экстероцептивные. Однако для их образования требуется большее количество сочетаний. Кроме того, они труднее поддаются угашению, чем экстероцептивные.

Для работы необходимы: стимулятор, манжетка с электродами, приспособление для вливания воды в желудок собаки. Объект исследования — собака с фистулой желудка.

Проведение работы. Собаку помещают в станок. В качестве условного раздражителя используют орошение желудка водой (температура около 18°C), для чего к пробке фистулы желудка присоединяют шланг от специальной системы (рис. 125). Ман-

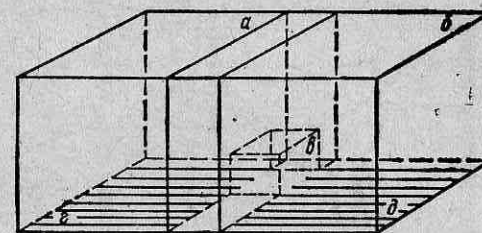


Рис. 124. Челночная электросиловая камера (пояснение в тексте)

жетку с раздражающими электродами, соединенными со стимулятором, укрепляют на нижней части голени (шерсть на этом месте должна быть тщательно выстрижена). Подбирают оптимальные параметры тока для безусловного подкрепления. Выработку условного рефлекса проводят, сочетая орошение желудка

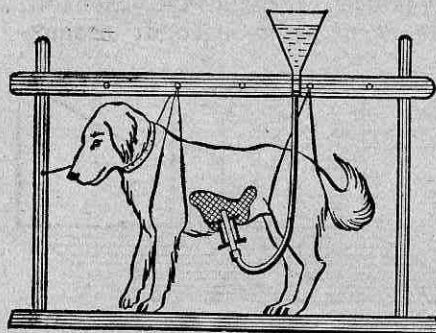


Рис. 125. Система для орошения слизистой оболочки желудка подопытного животного

водой (условный раздражитель) с действием электрического тока (безусловное подкрепление). Электрокожное раздражение включают за 1—2 с до прекращения орошения желудка. Условный раздражитель применяют с интервалами 5—7 мин. В одном опыте нельзя применять более 10 сочетаний. Обычно интероцептивный условный рефлекс вырабатывается медленно в течение нескольких дней.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Сделайте выводы о разнице в скорости образования и упрочения экстероцептивных и интероцептивных условных рефлексов.

РАБОТА 7. ВЫРАБОТКА СОСУДИСТОГО УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА У ЧЕЛОВЕКА

При действии на кожу различных раздражающих факторов возникает безусловнорефлекторная реакция изменения просвета сосудов. При действии тепла сосуды расширяются, что на плетизмограмме регистрируется в виде повышения уровня кривой; при действии холода сосуды сужаются и уровень плетизмограммы снижается. Такая реакция сужения сосудов возникает на боль и на действие любого нового раздражителя. Эта ориентировочная реакция после нескольких применений данного раздражителя угасает, уровень плетизмограммы выравнивается. Безусловнорефлекторное изменение просвета кровеносных сосудов в ответ на действие холода или тепла может явиться основой для выработки условного рефлекса.

Для работы необходимы: плетизмограф, приспособление для охлаждения кожи предплечья (пузырь со льдом или манжетка, содержащая пластмассовый змеевик, через который пропускают холодную воду), звонок. Объект исследования — человек.

Проведение работы. У испытуемого регистрируют фоновую плетизмограмму (см. работу 6, гл. IV). В ответ на изолированное применение звука (звонка), который позднее будет использован в качестве условного раздражителя, возникает ориентировочная сосудосуживающая реакция, выражающаяся в снижении

уровня плетизмограммы. Для угашения ориентировочной реакции применяют звук без подкрепления до тех пор, пока он не перестает вызывать изменения в плетизмограмме. После этого приступают к выработке условного сосудодвигательного рефлекса на звонок, для чего на фоне звонка через 5 с применяют холодовой раздражитель — пропускают через манжетку холодную воду. При этом возникает безусловнорефлекторная реакция сужения просвета сосудов, выражающаяся в снижении плетизмографической кривой. Время совместного действия звонка с холодом 50 с. После 20—25 сочетаний обычно наблюдают образование устойчивого условного сосудодвигательного рефлекса: изолированное применение звонка вызывает условнорефлекторное снижение плетизмографической кривой.

Результаты работы и их оформление. Вклейте в тетрадь полученную плетизмограмму. Составьте протокол опыта. Объясните, почему в конце опыта снижение плетизмографической кривой носит условнорефлекторный, а не ориентировочный характер.

РАБОТА 8. ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА НА ЗВУКОВОЙ РАЗДРАЖИТЕЛЕ

Электрофизиологические методы открывают большие возможности для изучения механизма условных рефлексов и особенно широко используются для определения закономерностей высшей нервной деятельности. При действии любого нового раздражителя в ЭЭГ возникает ориентировочная реакция в виде десинхронизации фоновой активности, угасающая после нескольких применений этого раздражителя. Исключением является чрезвычайно устойчивая реакция десинхронизации на свет. Поэтому безусловным подкреплением при выработке условного рефлекса на звук может служить засветка глаза короткими вспышками света.

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 6, гл. XII. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Испытуемого усаживают в удобное кресло звуконепроницаемой камеры. На затылочную и височную области головы накладывают электроды. Во время эксперимента испытуемый должен сидеть спокойно с закрытыми глазами. Регистрируют фоновую ЭЭГ и ориентировочную реакцию десинхронизации фоновой активности на звук. Для этого многократно применяют звуковой сигнал до тех пор, пока в ЭЭГ перестанут возникать изменения в ответ на действие звука. Затем приступают к выработке условного рефлекса на звук, для чего включают звуковой раздражитель и через 4—5 с присоединяют к нему свет. После нескольких сочетаний, применяемых через различные интервалы времени, звук будет вызывать десинхронизацию фоновой активности как в слуховой, так и в зрительной областях коры мозга.

Результаты работы и их оформление. Составьте подробный протокол эксперимента. Вклейте полученные ЭЭГ в тетрадь. Проведите анализ ЭЭГ и сделайте выводы о характере ее изменений при выработке условного рефлекса.

РАБОТА 9. ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМНОСТИ В РАБОТЕ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Наиболее сложная форма аналитико-синтетической деятельности коры осуществляется при формировании сенсомоторного динамического стереотипа, представляющего наиболее характерный пример системности работы больших полушарий. Динамический стереотип — это последовательная смена реакций в ответ на определенную систему сменяющих друг друга стереотипно повторяющихся раздражителей. Фиксированная последовательность смены раздражителей и ответных реакций создает в коре головного мозга определенную последовательность смены процессов возбуждения и торможения, объединенную в единый функциональный комплекс.

Для работы необходим прибор для исследования высшей нервной деятельности человека. Объект исследования — человек.

Прибор (рис. 126) состоит из программного устройства, чернильно-пишущего регистратора, пульта 1 и экрана 2. За матовым стеклом экрана вмонтированы три ряда лампочек разного цвета, на кнопочном пульте — два ряда разноцветных кнопок. Определенному цвету кнопки соответствует тот же цвет лампочки. Программное устройство обеспечивает предъявление испытуемому

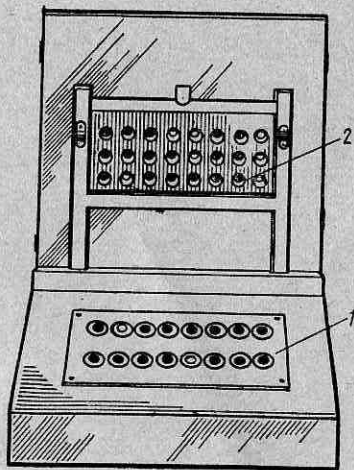


Рис. 126. Прибор для исследования высшей нервной деятельности человека (пояснение в тексте)

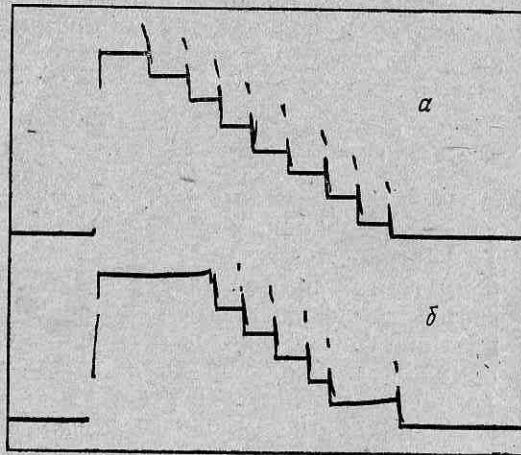


Рис. 127. Кимограммы сенсомоторного стереотипа:

а — все 8 реакций правильные, б — отсутствие реакций на 2-й и 8-й световые сигналы

вспышек восьми разноцветных лампочек с различными временными интервалами между последовательными вспышками. Автоматическое устройство прибора имеет 4 программы (четыре различные последовательности вспыхивания лампочек) и 6 скоростей (шесть уменьшений интервалов между последовательным вспыхиванием лампочек). После зажигания на экране лампочки испытуемый должен нажать на кнопку того же цвета, что и загоревшаяся лампочка (после вспыхивания зеленой лампочки — на зеленую кнопку, красной лампочки — на красную и т. д.). Правильность ответной реакции подтверждается вспыхиванием во 2-м ряду экрана лампочки того же цвета, что и в 1-м ряду. С помощью чернильно-пишущего устройства фиксируют ответные реакции испытуемого (рис. 127).

Проведение работы. Испытуемый садится перед прибором. Ему дается инструкция: «Как можно быстрее нажимайте на кнопку пульта, соответствующую по цвету лампочке, вспыхнувшей на экране». Динамический стереотип считается выработанным после того, как правильные реакции на весь комплекс из восьми применяемых сигналов будут получены два раза подряд.

Результаты работы и их оформление. Наклейте в тетрадь кимограмму опыта. Сопоставьте результаты скорости выработки динамического стереотипа у различных испытуемых. Сравните скорость выработки динамического стереотипа и условного рефлекса на одиночный раздражитель. Проведите анализ проявления системности в работе коры больших полушарий.

РАБОТА 10. НАБЛЮДЕНИЕ ВНЕШНЕГО ТОРМОЖЕНИЯ

Безусловное корковое торможение является врожденным и не требует выработки. Внешнее торможение проявляется в затормаживании выработанной реакции при действии нового постороннего раздражителя.

Для работы необходимы: та же аппаратура, что в работе 2, и устройство для подачи звукового раздражителя. Объект исследования — собака с фистулой слюнной железы и выработанным слюноотделительным условным рефлексом на свет.

Проведение работы. Животное помещают в станок камеры. Подготовка собаки к опыту производится так же, как в работе 2. Заполняют кормушку едой, выходят из камеры. 4—5 раз воспроизводят выработанный слюноотделительный рефлекс. Затем во время действия очередного светового раздражителя применяют сильный звук. Наблюдают ориентировочную реакцию животного, полное или частичное отсутствие слюны в ответ на световой раздражитель.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Подробно опишите поведение животного при действии звука. Сделайте выводы о форме проявления внешнего торможения.

РАБОТА 11. ИССЛЕДОВАНИЕ УГАСАТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Множественное неподкрепление условного раздражителя вызывает развитие угасательного торможения. Быстрота развития угасательного торможения зависит от прочности условного рефлекса, силы подкрепляющего агента, интервала времени между сочетаниями, а также типа нервной системы.

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 4. Объект исследования — голубь с выработанным и упроченным пищедобывательным условным рефлексом.

Проведение работы. Голодного голубя помещают в камеру. 3—5 раз воспроизводят условную реакцию с пищевым подкреплением. Затем продолжают применять условный раздражитель без пищевого подкрепления. Кимограмму опыта регистрируют, как в работе 4. Наблюдают выработку угасательного торможения.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Вклейте полученную кимограмму в тетрадь. Сделайте вывод о развитии угасательного торможения по характеру наблюдаемых реакций.

РАБОТА 12. ВЫРАБОТКА ДИФФЕРЕНЦИРОВОЧНОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Дифференцировочное торможение развивается в корковых клетках головного мозга в тех случаях, когда применение постоянно подкрепляемого раздражителя перемежается с применением других сходных раздражителей, никогда не подкрепляемых. Дифференцирование тем легче, чем менее сходны раздражители. Выработка дифференцировочного торможения обычно имеет волнообразный характер.

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 5. Объект исследования — крыса с выработанным на прерывистый звуковой раздражитель двигательнo-оборонительным условным рефлексом.

Проведение работы. 3—5 раз воспроизводят выработанный двигательнo-оборонительный условный рефлекс. Затем на 5 с включают дифференцировочный непрерывный звуковой раздражитель. В одном опыте обычно применяют не более 2—3 дифференцировочных раздражителей, перемежая их с условными.

Результаты работы и их оформление. Запишите протокол опыта. Проанализируйте реакции животного на дифференцировочный раздражитель. Сделайте выводы о характере наблюдаемого торможения.

РАБОТА 13. ОБРАЗОВАНИЕ УСЛОВНОГО ТОРМОЗА

В клетках коры головного мозга развивается условное торможение при неподкреплении сочетания условного раздражителя с каким-либо добавочным. Причем этот добавочный раздражитель должен действовать одновременно с условным или несколько предшествовать ему. Изолированно применяемый условный сигнал постоянно подкрепляют. Добавочный раздражитель, который за-

тормаживает действие условного раздражителя, называется условным тормозом.

Для работы необходимы: та же аппаратура, что в работе 5, и устройство для подачи светового сигнала. Объект исследования — крыса с выработанной двигательнo-оборонительной условной реакцией.

Проведение работы. В качестве раздражителя, на который будет выработан условный тормоз, используют зажигание электрической лампочки, находящейся между двумя отсеками камеры. Крысу помещают в один из отсеков, 3—5 раз воспроизводят выработанный условный рефлекс. За 2 с до применения звука включают свет. Совместное действие света и звука длится 5 с и не подкрепляется болевым раздражением. Условно-тормозную комбинацию применяют несколько раз, чередуя ее с применением звука, подкрепленного болевым раздражителем до тех пор, пока комбинация света со звуком не перестает вызывать двигательнo-оборонительную реакцию животного.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Проанализируйте результаты опыта и сделайте выводы о динамике образования условного тормоза.

РАБОТА 14. ВЫРАБОТКА ЗАПАЗДЫВАТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Запаздывательное торможение развивается в том случае, когда подкрепление следует не непосредственно вслед за действием условного раздражителя, а «отстает» на время от него. Оно выражается в запаздывании условнорефлекторной реакции на временной интервал, соответствующий времени отставания безусловного подкрепления.

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 4. Объект исследования — голубь с выработанным двигательным пищедобывательным условным рефлексом.

Проведение работы. Голодного голубя помещают в камеру для выработки условных рефлексов у мелких животных (см. рис. 123). Множественно предъявляют световой раздражитель и подают кормушку с зерном только на 60-й с применения светового сигнала. Наблюдают запаздывание возникновения пищедобывательной реакции.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Вклейте в тетрадь полученную кимограмму. Анализируя полученный материал, сделайте выводы о характере наблюдаемого условного торможения.

РАБОТА 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ПРОЦЕССА ВОЗБУЖДЕНИЯ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗАПРЕДЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ (ВОЗНИКАЮЩЕГО В СВЯЗИ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ТЕМПА ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСА РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ)

Сила нервных процессов характеризует работоспособность нервных клеток. Запредельное торможение играет охранительную роль

и возникает в корковых клетках под влиянием раздражителей, превышающих предел работоспособности корковых клеток. Запредельное торможение может выражаться в полном отказе от выполняемой работы.

Для работы необходим аппарат для исследования высшей нервной деятельности человека. Объект исследования — человек.

Проведение работы. У испытуемого вырабатывают сенсомоторный стереотип по одной из программ (см. работу 9) при смене раздражителей на самой медленной скорости до тех пор, пока он не ответит на все 8 сигналов дважды. После этого интервал между вспышками лампочки сокращают и от испытуемого требуют более быстрых действий при той же последовательности зажигания лампочек. Последовательно изменяют скорости данной программы со 2-й до 6-й. Отмечают скорость, на которой испытуемый отказывается от выполнения эксперимента. При появлении у испытуемого отрицательной эмоциональной реакции работу следует немедленно прекратить.

Результаты работы и их оформление. Вклейте в тетрадь кимограммы опыта. Сравните индивидуальные различия возникновения запредельного торможения. Сделайте вывод о силе процесса возбуждения у разных испытуемых.

РАБОТА 16. ОЦЕНКА СИЛЫ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ЛАТЕНТНОГО ПЕРИОДА ПРОСТЕЙШИХ РЕАКЦИЙ

Для работы необходимы: измеритель последовательных реакций ИПР-01, кнопочный замыкатель и кабель (входят в комплект прибора), устройство для подачи световых и звуковых сигналов. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Испытуемый садится в удобной позе перед прибором, держа в руке кнопочный замыкатель. Экспериментатор многократно включает световой раздражитель, сопровождая его словами: «Нажмите на кнопку». Условный рефлекс считается выработанным, когда один световой сигнал без слова «нажмите» вызывает двигательную реакцию. Условнорефлекторную реакцию воспроизводят 50 раз, регистрируя с помощью прибора латентный период и длительность реакции.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Подсчитайте средний латентный период и длительность первых и последних 5 выработанных реакций. Сравните усредненные латентные периоды и длительность реакции у разных испытуемых.

РАБОТА 17. ОЦЕНКА УРАВНОВЕШЕННОСТИ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ

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

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 16. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Подготавливают прибор к работе. Испытуемый сидит в кресле напротив прибора, держа в руке кнопочный замыкатель. Экспериментатор в соответствии со схемой эксперимента запускает счетное устройство и включает один из световых сигналов. Для выработки условного рефлекса экспериментатор после включения лампочки белого цвета дает команду «нажмите на кнопку». Испытуемый, нажимая на кнопку, выключает счетную систему. При включении лампы красного цвета команда «нажмите» не дается. Отмечается латентный период и длительность реакции испытуемого. Условный рефлекс и дифференцировка считаются выработанными, когда испытуемый нажимает на кнопку сразу же после включения белой лампочки, опережая команду «нажмите», и не производит ошибочных нажатий при зажигании красной лампочки не менее чем на 5 предъявлений каждого раздражителя.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Результаты эксперимента для каждого испытуемого запишите в следующую таблицу.

Реакция	Количество применений раздражителя	Количество правильных реакций	Количество неправильных реакций	% неправильных реакций	Средний латентный период	Средняя длительность реакции
Реакция на световой раздражитель белого цвета						
Дифференцировка на световой раздражитель красного цвета						

Сравните процент неправильных реакций на положительный и дифференцировочный раздражители у каждого испытуемого и сделайте выводы об уравновешенности их нервных процессов.

РАБОТА 18. ОЦЕНКА ПОДВИЖНОСТИ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПО ПЕРЕДЕЛКЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ В ТОРМОЗНУЮ

Подвижность нервных процессов определяется быстротой возникновения или прекращения возбуждения и торможения, легкостью перехода от одного нервного процесса к другому. Нервные процессы бывают лабильными или инертными. Подвижность нервных процессов может быть оценена по скорости переделки положительной реакции в тормозную и наоборот или по скорости переделки сенсомоторных стереотипов.

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 16. Объект исследования — человек.

Проведение работы. После упрочения двигательной условной реакции на световой раздражитель белого цвета и дифференцировки к нему на раздражитель красного цвета переходят к переделке положительной реакции в тормозную и наоборот. Для этого

зажигание лампы красного цвета сопровождают командой «нажмите», а белый световой сигнал этой командой не сопровождается.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Оформите результаты эксперимента в следующей таблице.

Реакция	Количество			% ошибочных реакций
	применений раздражителя	правильных реакций	неправильных реакций	
Реакция на световой раздражитель белого цвета Дифференцировка на световой раздражитель красного цвета Реакция на световой раздражитель красного цвета Дифференцировка на световой раздражитель белого цвета				

Сравните показатели у разных испытуемых. Анализируя материалы таблицы, сделайте выводы о подвижности нервных процессов.

РАБОТА 19. ОЦЕНКА ПОДВИЖНОСТИ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПО СКОРОСТИ ПЕРЕДЕЛКИ СЕНСОМОТОРНЫХ СТЕРЕОТИПОВ

Для работы необходим аппарат для исследования высшей нервной деятельности (см. работу 9). Объект исследования — человек.

Проведение работы. Производят выработку и упрочение сенсомоторного стереотипа по 1-й программе тем же способом, что и в работе 9. Затем без предупреждения включают 2-ю программу с другой последовательностью раздражителей. После выработки нового стереотипа вновь переходят к работе по 1-й программе.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Наклейте в тетрадь кимограмму опыта. Проанализируйте количество и характер ошибок при выработке нового динамического стереотипа. Сравните скорость выработки и переделки динамического стереотипа у разных испытуемых. Сделайте выводы относительно подвижности нервных процессов у этих испытуемых.

РАБОТА 20. ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИГНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ВЫРАБОТКЕ СОСУДИСТЫХ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСОВ У ЧЕЛОВЕКА

Все условнорефлекторные реакции у взрослого человека образуются и осуществляются при участии и взаимодействии двух сигнальных систем. Существует ряд методических приемов, позволяющих более наглядно выявить характер взаимодействия между первой и второй сигнальными системами. В процессе онтогенеза у человека в коре головного мозга возникают связи между впечат-

лениями от непосредственных раздражителей и соответствующих слов, их обозначающих, в результате чего образуется единая динамическая система.

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 7. Объект исследования — человек.

Проведение работы. После упрочения сосудодвигательного условного рефлекса на звонок неожиданно вместо очередного применения звонка экспериментатор произносит слово «звонок». При этом наблюдается такая же условнорефлекторная реакция снижения уровня плетизмограммы, как и на звонок. Такая же реакция наблюдается при произнесении слова «холод».

Результаты работы и их оформление. Вклейте в тетрадь полученную плетизмограмму. Составьте протокол опыта. Объясните, когда и при каких условиях были выработаны у испытуемых условные сосудодвигательные рефлексы на слова «звонок» и «холод».

РАБОТА 21. ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИГНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ВЫРАБОТКЕ УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНЫХ РЕАКЦИЙ НА СЛОВЕСНЫЕ РАЗДРАЖИТЕЛИ

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 16. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Подготавливают прибор ИПР-01 к работе, руководствуясь инструкцией по его эксплуатации. Испытуемому дают в руки кнопочный замыкатель. Экспериментатор произносит в микрофон слово «звонок» и через 1 с — «нажмите на кнопку». После выработки и упрочения условной реакции на слово «звонок» без предупреждения включают звуковой сигнал (звонок). Наблюдают за реакцией испытуемого. Регистрацию латентного периода двигательной реакции и ее длительности производят при каждом сочетании.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Вычислите средний латентный период и длительность реакций на слово «звонок» и на непосредственный звуковой раздражитель. Сделайте вывод о характере взаимодействия сигнальных систем.

РАБОТА 22. ИЗУЧЕНИЕ ТИПОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕОБЛАДАЮЩЕЙ РОЛИ ПЕРВОЙ ИЛИ ВТОРОЙ СИГНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 16. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Тем же способом, что в работе 16, вырабатывают условную двигательную реакцию на световой сигнал, воспроизводят ее несколько раз. Затем экспериментатор включает световой раздражитель и произносит: «Нет света». Наблюдают и описывают реакцию испытуемого.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Сделайте вывод о преобладающей роли первой или второй сигнальной системы у различных испытуемых.

РАБОТА 23. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЙ ПСИХИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ У ЧЕЛОВЕКА

В обыденной жизни у человека простые условнорефлекторные связи образуются без специальной выработки, условием их возникновения является не сочетание раздражителя с подкреплением, а предварительное разъяснение в словесной форме, например: «При появлении света или звука как можно быстрее нажмите на кнопку». Благодаря возникшей ранее (в онтогенезе) связи между словами «звук», «свет» и непосредственными звуковыми и световыми раздражениями, свет или звук сразу же становятся условными сигналами, так как у человека возникают соответствующие зрительные и слуховые образы до реального их предъявления (при участии представления, воображения и других психических процессов). Подкреплением служит сложный психический акт в виде умозаключения о правильности совершенной реакции.

Простая сенсомоторная реакция у человека в ответ на непосредственный раздражитель называется психической реакцией. Время психической реакции складывается из собственно латентного периода и дополнительных задержек, связанных с индивидуальными особенностями протекания психических процессов у разных испытуемых, и обычно колеблется в пределах 180—200 мс для светового и 150—180 мс — для звукового раздражителя.

Для работы необходимы: измеритель последовательных реакций ИПР-01, кнопочный замыкатель и кабель (входят в комплект прибора), устройство для подачи световых и звуковых сигналов. Объект исследования — человек¹.

Проведение работы. Испытуемый сидит в удобной позе перед прибором. Расслабленный палец находится на кнопке. Испытуемому дается инструкция в соответствии с задачей: «При появлении светового или звукового сигнала старайтесь мгновенно нажать на кнопку».

Исследование проводится в два этапа: 1) в условиях относительного психофизиологического покоя испытуемого и полной тишине; 2) при создании искусственных помех для отвращения испытуемого во время выполнения сенсомоторных реакций. В процессе каждого этапа исследования испытуемый выполняет 10 сенсомоторных реакций на световой раздражитель и 10 — на звуковой, которые подаются в случайной последовательности с интервалом 3—5 с после предварительной команды экспериментатора: «Внимание!». Регистрируют время простой реакции на каждый раздражитель. После стабилизации времени реакции дается вторая серия из тех же раздражителей при создании искусственных помех (шума, разговора и пр.). Регистрируют время реакции на фоне помех.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему рефлекторной дуги сенсомоторных реакций в ответ на световой и звуко-

¹ Во всех последующих работах этой главы объектом исследования является человек.

вой раздражители. Вклейте их в протокол исследования. Результаты внесите в таблицу.

Испытуе- мый	Раздра- жители	Результаты исследования											
		в состоянии покоя						в условиях помех					
		1	2	3	4	5	средние данные	1	2	3	4	5	средние данные
	Свет												
	Звук												

Проведите анализ полученных данных и сравните результаты по сериям.

РАБОТА 24. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ «РЕАКЦИИ С ВЫБОРОМ» У ЧЕЛОВЕКА

Сенсомоторные реакции представляют собой относительно элементарный уровень психической деятельности человека. Более сложными являются психомоторные реакции «с выбором», где испытуемый должен в зависимости от сигнала выполнять различные двигательные реакции. В осуществлении психомоторных реакций принимают участие не только представление, воображение, память, но и такие формы психической деятельности, как мыслительные операции.

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 23, и 2 кнопочных замыкателя.

Проведение работы. Испытуемый садится перед прибором, держа указательные пальцы обеих рук на кнопочных замыкателях. Испытуемому дается инструкция: «При звуке низкого тона нажмите на кнопку левой рукой, высокого тона — правой».

В случайной последовательности с интервалом 3—5 с предъявляют 20 звуковых раздражителей высокого тона и 20 — низкого тона. Фиксируют время психомоторной реакции.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Проанализируйте время реакции и характер ошибок у разных испытуемых. Объясните механизм замыкания «реакции с выбором».

РАБОТА 25. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ У ЧЕЛОВЕКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ОСМЫСЛЕННОСТИ МАТЕРИАЛА

Восприятие представляет собой процесс чувственного отражения объективной действительности. Объем восприятия зависит как от индивидуальных особенностей, так и от характера воспринимаемой информации. В качестве единицы восприятия могут выступать однородные или разнородные объекты (например, точки, геометрические фигуры) с задачей определения их количества (объем

восприятия при этом $\approx 8-9$ объектов), различные буквы (тогда объем восприятия меньше ($\approx 5-7$ элементов), слова из нескольких букв (объем восприятия 10—12 букв) и даже короткие фразы.

Для работы необходимы: электромеханический тахистоскоп, наборы пленок с изображением нейтрального «шумового фона», набор однородных геометрических фигур (можно точек), бессмысленных сочетаний букв (по 8 в каждом кадре), фраз (по 3 слова в каждой фразе), накидка из темной ткани.

Проведение работы. Тахистоскоп подготавливают к работе согласно инструкции по эксплуатации. Испытуемого помещают перед экраном, накрыв его голову вместе с прибором черной накидкой. На экране тахистоскопа изображен «шумовой фон». Испытуемому дают задание: «Внимательно смотрите в центр экрана. Вам будет предъявлен объект в течение очень короткого времени. Воспроизведите все, что успеете увидеть». Рукояткой на задней панели прибора устанавливают время экспозиции в 200 или 300 мс. Нажатием кнопки на задней панели прибора экспериментатор поочередно включает кадры с различными объектами восприятия. После окончания каждой экспозиции на экране вновь появляется изображение «шумового фона». После 15 кадров с наборами букв испытуемого предупреждают, что ему будут предъявляться фразы. Все ответы испытуемого заносят в протокол.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта по следующей форме.

Кадр	Представленный материал	Ответ испытуемого	Количество правильно воспроизведенных букв	Примечание
1 ... 15	СБКШВХРГ			
1 ... n	Скоро будет гроза			

Подсчитайте количество правильно воспроизведенных фигур, букв, фраз (единица восприятия в обоих случаях — буква) и для каждого набора объектов вычислите среднее количество правильных ответов. Определите зависимость объема зрительного восприятия от степени осмысленности объектов.

РАБОТА 26. ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИЛЛЮЗИИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ

Восприятие человека носит целостный предметный и осмысленный характер. Восприятие имеет свою внутреннюю структуру, где роль каждого отдельного элемента определяется тем, какое место он занимает в целом, той функциональной нагрузкой, которую он

несет. Части в восприятии объекта всегда подчинены целому. Вследствие этого могут возникать иллюзии восприятия.

Для работы необходимы два листа бумаги с начерченными на них отрезками прямой (рис. 128, А).

Проведение работы. Испытуемому, сидящему за столом, дают оба листа бумаги с отрезками прямой и предлагают наложить правую сторону листа а поверх левой стороны листа б таким образом, чтобы отрезки на обоих листах лежали на одной горизонтальной прямой. Затем испытуемый должен перемещать лист а вправо или влево до тех пор, пока длина отрезков на обоих листах не будет восприниматься им как одинаковая (рис. 128, Б). Измеряют и записывают длину указанных испытуемым отрезков, не сообщая ему результатов измерения. Повторяют опыт 10—15 раз.

Результаты работы и их оформление. Запишите результаты измерений в протокол. Определите величину иллюзии для каждого опыта. Сравните результаты у разных испытуемых.

РАБОТА 27. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ВНИМАНИЯ В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО ВЫБОРА ПОЛЕЗНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Под вниманием понимается направленность психической деятельности, сосредоточенность ее на значимых для человека объектах. Активность внимания выражается в том, что оно носит избирательный характер. Способность человека быстро переключаться с одного вида деятельности на другой, сознательно и осмысленно перемещать внимание с одного объекта на другой называется переключением внимания. Скорость переключения внимания у разных людей различна, что имеет особое значение при профессиональном отборе, так как многие профессии требуют быстрого переключения внимания.

Для работы необходимы: металлическая цифровая черно-красная таблица, разделенная на 49 квадратов, в которых размещены числа черного (от 1 до 25) и красного (от 1 до 24) цветов в случайной комбинации (рис. 129), соединенная электрической цепью с одноканальным самопишущим прибором типа Н-370АМ.

Испытуемый, отыскивая на металлической таблице нужное число, прикасается к нему соединенным с таблицей металлическим стержнем и замыкает цепь, что регистрируется на диаграммной ленте самопишущего прибора в виде пика.

Проведение работы. Испытуемому дают задание отыскивать на таблице числа с одновременным названием числа и прикосновени-

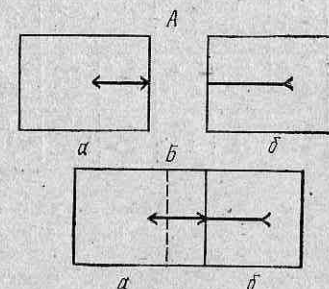


Рис. 128. Измерение величины иллюзии зрительного восприятия (пояснение в тексте)

7	4	10	6	22	24	12
17	13	19	8	2	16	19
11	1	20	15	21	23	3
9	6	17	5	18	12	24
14	25	13	9	20	1	7
21	3	23	8	15	14	18
16	5	11	2	22	4	10

Рис. 129. Металлическая таблица для исследования переключения внимания в условиях активного выбора полезной информации (пояснение в тексте)

опыта. Постройте график времени поиска для каждого числа. Составьте таблицу времени выполнения задания и числа допущенных ошибок в каждой серии.

Испытуемый	1-я серия		2-я серия		1-я + 2 серия		3-я серия без помех		3-я серия на фоне помех	
	время	ошибки	время	ошибки	время	ошибки	время	ошибки	время	ошибки

Сравните результаты различных испытуемых.

РАБОТА 28. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВНИМАНИЯ У ЧЕЛОВЕКА

В повседневной жизни человек вынужден распределять свое внимание между двумя или несколькими видами деятельности. Возможность выполнения одновременно двух или более видов деятельности называется распределением внимания.

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 16.

Проведение работы. Испытуемому предлагают решить простую арифметическую задачу. В период решения задачи вырабатывают у испытуемого условный двигательный рефлекс на свет тем же способом, что в работе 16. Регистрируют латентный период, дли-

ем к нему металлическим стержнем. В 1-й серии: черные числа в возрастающем порядке (от 1 до 25), во 2-й серии: красные числа в убывающем порядке (от 24 до 1), в 3-й серии: 1-е число — черное, 24-е — красное, 2-е — черное, 23-е — красное, 3-е — черное, 22-е — красное и т. д. до тех пор, пока сумма пар черных и красных чисел оказывается равной 25.

Третью серию повторяют дважды — 1-й раз в условиях относительной тишины и 2-й раз на фоне шумовых помех (громкого разговора, вопросов, задаваемых испытуемому).

Результаты работы и их оформление. Определите по диаграммной ленте время поиска каждого числа и составьте протокол

тельности двигательной реакции и ошибки в решении арифметической задачи.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Сделайте выводы о механизмах, лежащих в основе выполнения двух видов деятельности одновременно. Сравните средний латентный период двигательной реакции с показателями в работе 16.

РАБОТА 29. ИССЛЕДОВАНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ПАМЯТИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ЗАПОМИНАНИЯ

Памятью называется запечатление, сохранение и воспроизведение информации. Выделяют кратковременную и долговременную память. Под кратковременной памятью понимают запечатление информации при условии ее немедленного воспроизведения.

Для работы необходимы заранее заготовленные 7 рядов цифр, содержащие последовательно 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10 элементов.

Проведение работы. Испытуемому дается инструкция: «Слушайте внимательно. Вам будут даны несколько цифр, которые вы должны запомнить. Запишите в протоколе цифры, которые запомните, в том же порядке, как они предъявлялись. По моей команде пишите».

Экспериментатор по одному разу громко, отчетливо читает по очереди каждый ряд, начиная с короткого. После прочтения каждого ряда через 2—3 с по команде: «Пишите», испытуемый записывает в заранее заготовленном протоколе те элементы ряда, которые он запомнил, в том же порядке, в котором они читались экспериментатором. Для получения более надежных данных опыт повторяют 4 раза, каждый раз прочитывая все 7 рядов вне зависимости от результатов испытуемого по каждому ряду.

Результаты работы и их оформление. Сверьте результаты каждой серии с предъявленным материалом, отмечая правильно воспроизведенные ряды. Проанализируйте полученные результаты и определите объем непосредственного запоминания.

РАБОТА 30. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА СМЫСЛОВОЙ ПАМЯТИ

Все психические процессы связаны между собой. Долговременная память предполагает отбор полезной информации и ее длительное сохранение с возможностью последующего воспроизведения. В этом процессе кроме непосредственного восприятия участвуют также представление, воображение, мышление.

Для работы необходим набор заранее заготовленных 18 более или менее отвлеченных понятий типа «вкусный ужин», «веселый праздник», «печаль», «дружба» и т. д.

Проведение работы. Испытуемому дается инструкция: «Вам будет предъявлен ряд понятий. Для того чтобы их лучше запомнить, делайте на листе бумаги какие-либо зарисовки или пометки (но не слова), фиксируя таким образом те ассоциации, которые они у вас вызывают. При воспроизведении понятий вы будете пользо-

ваться вашими пометками. Старайтесь точно воспроизводить понятие».

Экспериментатор громко и отчетливо один раз зачитывает 18 понятий с интервалом, достаточным для того, чтобы испытуемый сделал нужные ему пометки. Через 30—60 мин испытуемый под каждой из своих пометок подписывает все 18 понятий.

Результаты работы и их оформление. Проанализируйте количество ошибок и сопоставьте результаты разных испытуемых.

РАБОТА 31. ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОТЕКАНИЯ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ РЕШЕНИИ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ

Для работы необходимы: радиорефлексомер, ларингофон для экспериментатора, ларингофон для испытуемого.

Проведение работы. На шею экспериментатору и испытуемому надевают ларингофоны. Ларингофон экспериментатора подключают к гнезду «ларинг I», испытуемого — к гнезду «ларинг II». Переключатель «вариант» ставят в положение 3. Счетная схема автоматически включается в конце речевого сигнала экспериментатора и выключается при первом звуке голоса испытуемого. Экспериментатор предлагает испытуемому решать арифметические задачи разной степени сложности.

Результаты работы и их оформление. Проанализируйте время протекания мыслительных операций при решении задач разной степени сложности. Сравните данные разных испытуемых.

РАБОТА 32. ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ АКТИВАЦИИ ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Для реализации любого вида деятельности человека, как поведенческой, так и мыслительной, необходим определенный фон психической активности, в зависимости от которого эта деятельность может протекать наиболее успешно, менее успешно или становиться вообще невозможной. Выделяют следующие уровни активации коры больших полушарий: сон, пробуждение (диффузное бодрствование), внимание (активное бодрствование), эмоции (возбуждение). Эти различные функциональные состояния коры при регистрации ЭЭГ имеют определенную выраженность в виде специфических изменений частоты и амплитуды колебаний.

Для работы необходимы: экранированная камера, электроэнцефалограф, фонофотостимулятор, шлем с электродами.

Проведение работы. Испытуемого помещают в кресло, находящееся в экранированной камере. На голову испытуемого надевают шлем. Отводящие электроды устанавливают на лобные, теменные и затылочные отделы. Испытуемого просят расслабить мышцы и закрыть глаза и приступают к регистрации ЭЭГ. Записывают фоновую ЭЭГ. На фоне выраженного α -ритма через 1—2 мин дают

световые и звуковые сигналы, наблюдают ориентировочную реакцию в виде десинхронизации фоновой активности. Затем в течение нескольких минут испытуемый спокойно сидит в темной камере с закрытыми глазами. Наблюдают замедление фоновой активности ЭЭГ и появление «сонных веретен».

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Подсчитайте в ЭЭГ частоту и амплитуду колебаний основной фоновой активности в состоянии спокойного бодрствования, сосредоточенного внимания и дремотного состояния. Объясните наблюдаемые изменения ЭЭГ.

РАБОТА 33. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА ПО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Под эмоциями понимают отношение человека к значимым для него объектам. Вся деятельность человека сопровождается положительными или отрицательными эмоциями, возникающими в ответ на воздействие различных факторов, которые вызывают соответственно их значению для данного индивида эмоциональную реакцию большей или меньшей силы. Такими факторами могут быть слова, предметы, отдельные люди, определенные ситуации или воспоминания о них, представления, воображаемые ситуации и пр. При этом одна и та же ситуация или слово могут у одного человека вызывать отрицательную эмоциональную реакцию, у другого положительную, у третьего вовсе не вызывать реакции соответственно индивидуальному значению воздействующего фактора на данного человека.

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 32.

Проведение работы. Испытуемый садится в кресло в экранированной камере. Отводящие электроды устанавливают на те же участки головы, что и в предыдущей работе. Испытуемый находится в темноте с закрытыми глазами.

Записывают фоновую ЭЭГ. Через 2—3 мин на фоне установившегося α -ритма экспериментатор ровным спокойным голосом с интервалами 1—2 с зачитывает отдельные нейтральные слова, среди которых вставлены эмоционально значимые для каждого студента, такие, как «сессия», «экзамен», «оценка», «двойка» и т. п. Наблюдают электроэнцефалографическую реакцию испытуемого.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Отметьте слова, вызвавшие десинхронизацию фоновой активности ЭЭГ. Проанализируйте, какие слова оказались эмоционально значимыми для данного испытуемого по характеру изменений ЭЭГ.

РАБОТА 34. ОТРАЖЕНИЕ АКТИВНОЙ УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ ЧЕЛОВЕКА

Для работы необходимы: экранированная камера, электроэнцефалограф, шлем с электродами, телеграфный ключ.

Проведение работы. Испытуемый находится в кресле экранированной камеры с электродами, расположенными на тех же участках головы, что в работе 32. Экспериментатор предлагает испытуемому решать арифметические или другие задачи разной степени сложности. В число других задач включается задача, кажущаяся на первый взгляд легко разрешимой, которая в действительности не имеет решения или имеет трудное решение. При неправильных ответах экспериментатор говорит испытуемому, что его решение неверно. Регистрируют ЭЭГ при решении сравнительно легких и трудных задач.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта. Проанализируйте изменения на ЭЭГ и сопоставьте их со временем, затраченным на решение задач различной степени сложности. Отметьте изменения на ЭЭГ, которые появляются вследствие эмоционального напряжения, возникающего при решении трудно разрешимых задач.

ГЛАВА XV

ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Все живые организмы находятся в тесной связи с внешней средой, различные параметры которой непрерывно изменяются. Живые организмы могут существовать и поддерживать динамическое постоянство внутренней среды при условии, что изменения отдельных факторов внешней среды не выходят за допустимые пределы. При этом поддержание жизнедеятельности организма в экстремальных условиях возможно лишь при значительном напряжении физиологических систем, обеспечивающих гомеостаз. В процессе эволюции живая материя приобрела способность приспособляться (адаптироваться) к резким изменениям отдельных параметров внешней среды.

Глубокие физиологические сдвиги в организме могут наблюдаться не только при действии факторов внешней среды. Собственная чрезмерно интенсивная функциональная активность животного приводит к заметным изменениям и даже нарушениям в деятельности его различных органов и тканей. У человека подобные явления могут наблюдаться при интенсивной физической и психической деятельности.

Возникающие в организме животных и человека сдвиги определенных физиологических параметров запускают нейрогуморальные механизмы регуляции, обеспечивающие контроль, управление и поддержание жизнедеятельности. Так, например, при тяжелой физической работе, в спортивной практике могут развиваться явления гипоксии, гиперкапнии, гипертермии и т. д. Эти нормальные

физиологические сдвиги включают защитно-приспособительные механизмы и предотвращают развитие патологии.

В данном разделе студенты познакомятся с рядом работ, которые позволяют наблюдать основные закономерности протекания защитно-приспособительных физиологических реакций организма животных и человека при действии ряда экстремальных факторов среды обитания, оценить роль возрастных и индивидуальных особенностей реагирования. Они дают возможность проследить роль некоторых срочных адаптивных процессов при действии высоких температур, изменении газового состава вдыхаемого воздуха, изменении двигательного режима и т. д. Следует отметить, что большой информативностью обладает не только динамика физиологических сдвигов на фоне действия изучаемых факторов внешней среды, но и скорость восстановления изучаемых физиологических показателей.

РАБОТА 1. ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ДИНАМИКУ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ЧЕЛОВЕКА

Метод электрокардиографии в сочетании с физической нагрузкой, применяемый для диагностики ишемической болезни сердца и скрытой коронарной недостаточности, имеет практическое значение как в клинике, так и при массовом профилактическом обследовании здоровых людей во время диспансеризации. Существует много тестов с нагрузкой, но для получения достоверной информации проба с физической нагрузкой должна быть правильно дозирована и безопасна для здоровья обследуемого.

Наиболее распространенным из степэргометрических тестов является двухступенчатая проба Мастера. Преимуществом степэргометрических нагрузочных тестов (например, пробы Мастера) является незначительность риска для больного, а недостатком — отсутствие стандартности нагрузки. В последние годы широко применяются дозированные нагрузки на велоэргометре (ручная и ножная эргометрия).

Задача 1. Оценка динамики ЭКГ-показателей у человека во время пробы Мастера

Для работы необходимы: электрокардиограф, двухступенчатая лестница (высота 45 см, длина 65 см, высота и ширина каждой ступени 22,5 см), метроном, секундомер, кушетка, спирт, электродная паста. Объект исследования — человек.

Число восхождений по двухступенчатой лестнице определяют с учетом пола, возраста и массы тела (приложение 4). ЭКГ регистрируют до и сразу после пробы, а также на 2, 6 и 10-й мин восстановительного периода.

Во время проведения пробы Мастера могут появиться симптомы, при которых следует прекратить нагрузку: прогрессирующая боль в груди, выраженная одышка, чрезмерное утомление, бледность или цианоз кожи лица, пошатывание или спотыкание.

Проведение работы. Испытуемому в положении лежа на кушетке накладывают стандартные и грудные ЭКГ-электроды. Через 10 мин в условиях полного покоя регистрируют ЭКГ в 3 стандартных отведениях (I, II и III), 3 усиленных (aVR , aVL , aVF) и 6 грудных (V_1 — V_6). Затем испытуемый встает и, не снимая электродов, начинает выполнение пробы Мастера: поднимается с одной стороны лестницы, а спускается с другой, потом, стоя на полу, поворачивается на 180° и опять совершает подъем. Темп восхождения задается метрономом (60 шагов/мин). Продолжительность нагрузки для больных или физически ослабленных людей 1,5 мин, а для здоровых молодых людей до 4—5 мин. Сразу после нагрузки у обследуемого в положении лежа регистрируют ЭКГ вначале в левых грудных отведениях, начиная с V_4 , затем во II, III, aVF и других отведениях. Такая последовательность записи ЭКГ объясняется тем, что верхушка сердца находится в наихудших условиях кровоснабжения, поэтому патологическое нарушение коронарного кровообращения после нагрузки раньше всего проявляется именно в этой области. Этим объясняется необходимость немедленной регистрации после нагрузки отведения V_4 , а регистрация отведения II, III и aVF дает возможность выявить патологические изменения на задней стенке левого желудочка. Скорость регистрации ЭКГ на электрокардиографе 50—100 мм/с.

Результаты работы и их оформление. После физической нагрузки на ЭКГ могут появляться как физиологические, так и патологические изменения. Результаты измерения амплитуды зубцов и длительности интервалов ЭКГ отмечают в таблице.

Отведения ЭКГ	Показатели								
	$R - R^1$	QRS	Q - T	P - Q	S - T	P	T	R	U
I									
II									
III									
aVR									
aVL									
aVF									
V_1									
...									
V_6									

¹ Интервал $R - R$ измеряют до и после нагрузки. По длительности интервала рассчитывают частоту сердечных сокращений: $ЧСС = 60/(R - R)$. Данные измерения амплитуды (мВ) и длительности интервалов (мс) до нагрузки отмечают в числителе, а после нагрузки — в знаменателе дроби в каждой клеточке таблицы.

Физиологическими (нормальными) изменениями на ЭКГ у обследуемых могут быть:

- 1) синусовая тахикардия;
- 2) увеличение амплитуды зубца P во II и III отведениях и его

уплощение в I, переход отрицательного зубца P в покое в положительный после нагрузки;

- 3) укорочение интервала QRS;
- 4) уменьшение зубца R и увеличение зубца S в I отведении, увеличение зубца R и уменьшение зубца S в III отведении вследствие отклонения электрической оси сердца вправо;
- 5) укорочение интервала $Q - T$ при тахикардии;
- 6) небольшое дугообразное смещение вниз интервала $S - T$;
- 7) небольшие колебания величины зубца T (при симпатикотонии — тенденция к уменьшению, а при ваготонии — к повышению);
- 8) выявление зубца U в отведении II и V_2 .

Патологическими изменениями на ЭКГ после нагрузки являются:

- 1) выраженные отклонения от нормы зубца P — его расщепление, двугорбость, двухфазность, инверсия;
- 2) удлинение интервала $P - Q$ сразу же после нагрузки;
- 3) снижение интервала $S - T$. Как известно, в норме снижение интервала $S - T$, обусловленное ускорением реполяризации, происходит главным образом за счет его части, которая следует непосредственно за QRS, т. е. соответствует точке «J». Часть интервала, находящаяся за точкой «J», поднимается вверх; физиологическое смещение точки «J» не должно превышать 2 мм. Эти изменения расценивают как физиологические, если они появляются после физической нагрузки и исчезают в покое. Если же они регистрируются без нагрузки или не исчезают в период восстановления после нагрузки, то это свидетельствует о нарушении метаболизма в миокарде. Важно подчеркнуть, что в отличие от физиологического типа смещения интервала $S - T$ при ишемическом типе происходит снижение всего интервала, а не только его части;
- 4) инверсия зубца T после нагрузки может свидетельствовать о скрытой коронарной недостаточности, хотя этот признак имеет меньшее значение, чем ишемическое смещение интервала $S - T$, и отражает меньшую степень патологии;
- 5) сочетание снижения интервала $S - T$ более чем на 1 мм с инверсией или двухфазностью зубца T является важным признаком коронарной недостаточности.

Задача 2. Оценка динамики артериального давления и ЭКГ-показателей у человека во время дозированной велоэргометрической пробы

Для работы необходимы: велоэргометр с вариатором нагрузки, электрокардиограф, тонометр, фонендоскоп (или автоматический тонометр), кушетка, секундомер, спирт, электродная паста. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Испытуемому в положении лежа на кушетке накладывают стандартные и грудные ЭКГ-электроды и манжетку на левое плечо для измерения артериального давления по методу Короткова. Через 10 мин в условиях полного покоя регистрируют ЭКГ в 3 стандартных, 3 усиленных и 6 грудных отведениях, измеряют артериальное давление. Затем испытуемый пересажива-

ется на велоэргометр. Перед выполнением нагрузки испытуемому повторно регистрируют ЭКГ и измеряют артериальное давление. Величину первой нагрузки устанавливают с учетом состояния испытуемого (например, 15—20 Вт). Продолжительность нагрузки — 5 мин. При хорошем самочувствии и отсутствии патологических изменений на ЭКГ после 10-минутного отдыха испытуемому предлагают выполнить вторую нагрузку (40 Вт) также в течение 5 мин. Нагрузку каждый раз увеличивают на 20 Вт по сравнению с предыдущим уровнем. При появлении у испытуемого утомления, чрезмерной одышки или других отмеченных выше симптомов велоэргометрическую пробу заканчивают. Сразу после нагрузки, а также на 2, 6 и 10-й мин восстановления регистрируют ЭКГ и артериальное давление.

Задача 3. Определение субмаксимальной физической работоспособности (тест PWC_{170})

Тест PWC_{170} (Physical Working Capacity) — функциональная проба, в основе которой лежит определение мощности мышечной работы при частоте сердечных сокращений 170 в минуту. Тест разработан скандинавскими исследователями Т. Sjostrand и Н. Wahlund. В СССР этот тест наиболее распространен в модификации В. Л. Карпмана.

Для работы необходимы: велоэргометр с вариатором нагрузки, электрокардиограф с электродами для записи ЭКГ в стандартных и грудных отведениях, спирт, марлевые салфетки, электродная паста. Объект исследования — человек.

Проведение работы. У испытуемого, спокойно сидящего на велоэргометре, регистрируют ЭКГ в 3 стандартных, 3 усиленных и 6 грудных отведениях. Затем при постоянной частоте педалирования (60—80 об/мин) индивидуально дозируют нагрузку в зависимости от массы тела испытуемого. Мощность 1-й нагрузки составляет 1 Вт/кг, 2-й — 2 Вт/кг. Регистрацию ЭКГ во время нагрузки осуществляют либо в 6 грудных отведениях (при наличии 6-канального электрокардиографа), либо в отведении V_4 (при наличии одноканального электрокардиографа). Скорость регистрации ЭКГ — 25—50 мм/с. Длительность каждой нагрузки в среднем 5 мин (от 3 до 6 мин) как с отдыхом до 5 мин между ними, так и без него. Частоту сердечных сокращений (ЧСС) подсчитывают в течение 30 с при регистрации ЭКГ со скоростью 50 мм/с или при кратковременной регистрации со скоростью 100 мм/с, вычисляя по длительности (мс) интервала ($R-R$): $ЧСС = 60/(R-R)$. Если после 2-й нагрузки частота сердечных сокращений не достигает 170 в минуту, то определяют 3-ю нагрузку (2,5—3,0 Вт/кг) также длительностью от 3 до 6 мин.

Результаты работы и их оформление. При достижении пульса 170 ударов/мин запишите достигнутую мощность физической на-

грузки (Вт). Если при использованных нагрузках не достигается частота сердечных сокращений 170 в минуту, то PWC_{170} рассчитывают по формуле В. Л. Карпмана:

$$PWC_{170} = [N_1 + (N_2 - N_1)(170 - f_1)/(f_2 - f_1)],$$

где N_1 и N_2 — мощность 1-й и 2-й нагрузок, f_1 и f_2 — частота пульса в конце этих же нагрузок.

Задача 4. Влияние гипоксемии на динамику ЭКГ-показателей у человека в покое (гипоксемическая проба)

Метод электрокардиографии в сочетании с гипоксемической пробой является адекватным способом выявления коронарной недостаточности и применяется в тех случаях, когда по каким-либо причинам невозможно выполнение пробы с физической нагрузкой.

Гипоксемическая проба имеет также практическое значение в экспертной оценке пригодности здоровых людей к службе в авиации, космонавтике, подводном флоте, а также в спорте (альпинизм, марафонский бег и др.).

Наиболее приемлемым способом проведения гипоксемической пробы является дыхание газовой смесью, обедненной кислородом. Ниже приведены данные процентного содержания кислорода в газовой смеси с азотом (при нормальном барометрическом давлении 760 мм рт. ст.), соответствующие различным высотам.

O_2 , %	20,93	18,5	16,4	14,5	12,7	11,0	9,7	8,5	7,3	6,3	5,5	4,8	4,0
Высота, км	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Для безопасности проведения исследования к ингаляционному аппарату кроме гипоксических газовых смесей должен быть подключен резервуар с чистым кислородом таким образом, чтобы простым поворотом крана вдыхаемую газовую смесь можно было быстро заменить 100%-ным кислородом.

Для гипоксемической пробы обычно используют газовую смесь 10—11% O_2 в азоте, что соответствует высоте 5—6 км. При этом испытуемый дышит указанной смесью 20—30 мин. У здоровых людей во время пробы почти никогда не возникает неприятных ощущений в области сердца. У больных с нарушением коронарного кровообращения примерно в половине случаев появляется боль

обычно в течение первых 10 мин при вдыхании гипоксемической смеси.

Проведение пробы вызывает явления гипоксемии как у больных, так и у здоровых людей, что проявляется в различных ишемических изменениях ЭКГ. У практически здоровых людей может наблюдаться уменьшение зубца *T*, смещение вниз точки *J* и интервала *S—T* меньше, чем на 1 мм в любом отведении. В стандартных отведениях возможна частичная или полная инверсия зубца *T*, в левых грудных — частичная, иногда со смещением вниз интервала *S—T* меньше чем на 1 мм.

Патологической реакцией на гипоксемию является: 1) смещение интервала *S—T* в стандартных отведениях и отведении *V₄* более чем на 1 мм; 2) частичная или полная инверсия зубца *T* в I отведении, сопровождающемся снижением интервала *S—T* более чем на 1 мм; 3) полная инверсия зубца *T* в отведении *V₄* независимо от смещения интервала *S—T*.

Для работы необходимы: электрокардиограф, ингаляционный аппарат (или кислородный прибор, например КП-4) с маской, газовая смесь, содержащая 10% O_2 в азоте, резервуар (или мешок Дугласа) со 100% O_2 , сфигмоманометр с манжеткой для измерения артериального давления, фонендоскоп, кушетка или кресло для испытуемого, секундомер, спирт, марлевые салфетки, электродная паста.

Проведение работы. Перед началом гипоксемической пробы у испытуемого в положении лежа (или сидя) регистрируют ЭКГ в стандартных и грудных отведениях и измеряют артериальное давление. Пробу проводят лишь в том случае, если не выявляются признаки коронарной недостаточности. Далее испытуемый надевает маску и дышит гипоксемической смесью в течение 30 с. Во время дыхания смесью, сразу после окончания пробы и затем через каждые 5 мин вплоть до возврата формы ЭКГ к исходной (фоновой), проводят ЭКГ-наблюдение и измерение артериального давления. При появлении у испытуемого во время дыхания газовой смесью неприятных ощущений в области сердца подачу смеси прекращают, дают чистый кислород и снова проводят регистрацию ЭКГ и измерение артериального давления. Пробу необходимо прекратить также и в том случае, если боль или неприятные ощущения еще не возникли, но на ЭКГ уже появились патологические изменения.

Результаты работы и их оформление. Данные о функциональной оценке переносимости гипоксемической пробы занесите в протокол и таблицу в виде результатов измерения амплитуды (мВ) зубцов и длительности (мс) интервалов ЭКГ, систолического и диастолического артериального давления (мм рт. ст.). В протоколе запишите оценку испытуемым своего самочувствия во время пробы.

После заполнения таблицы дайте оценку гипоксемической пробы по результатам ЭКГ и динамики артериального давления (переносимость гипоксемии хорошая, удовлетворительная или плохая) и уточните, почему дана та или иная оценка.

Показатели ЭКГ и АД	Фон	Время пробы, мин												
		Гипоксемическая проба						Восстановление						
		2	5	10	15	20	25	30	1	5	10	15	20	30
<i>R—R</i>														
<i>ЧСС</i>														
<i>Q—T</i>														
<i>QRS</i>														
<i>S—T</i>														
<i>P—Q</i>														
<i>P</i>														
<i>T</i>														
<i>R</i>														
АД систолическое														
АД диастоличес-														
кое														
АД пульсовое														

Задача 5. Электрокардиография во время ортостатической пробы с нагрузкой

Изменение периферического кровообращения, происходящее при перемене положения тела (при вставании и в положении стоя), отражается на кровоснабжении сердца. При наличии скрытой коронарной недостаточности на ЭКГ могут появляться патологические изменения, которые обнаруживаются, например, тотчас после вставания у больных с нейроциркуляторной дистонией. Изменение ЭКГ в этом случае является подтверждением нарушения адаптационных регуляторных механизмов — синдрома, который является основным и ведущим у больных с нейроциркуляторной дистонией и у больных с наличием «ваготонического» сердечно-сосудистого невроза. У здоровых людей при ортостатической пробе ЭКГ не изменяется, а увеличение зубца *R* в III стандартном отведении, связанное с изменением положения сердца и возникающее тотчас после вставания, является физиологическим. Ортостатическая проба с нагрузкой — более чувствительный тест для диагностики коронарной патологии, чем простая ортостатическая проба. При регистрации ЭКГ наибольшее практическое значение имеют изменения в отведениях I, II, III, *aVF* и *V₄*. Патологическим считается появление отрицательных зубцов *T* и снижение интервала *S—T* в результате ортостатически обусловленных нарушений регуляции коронарного кровообращения.

Для работы необходимы: 6-канальный электрокардиограф, сфигмоманометр с манжеткой для регистрации артериального давления в левой плечевой артерии, фонендоскоп, секундомер, кушетка, спирт, марлевые салфетки. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Регистрируют ЭКГ покоя у испытуемого в 3 стандартных, 3 усиленных и 6 грудных отведениях в положении лежа на спине. Измеряют также артериальное давление по

Короткову в левой плечевой артерии. Затем испытуемому предлагают встать (электроды остаются фиксированными) и выполнить 20 приседаний примерно за 30 с. Тотчас после этого, а потом через 3, 6, 10 и 15 мин вновь регистрируют ЭКГ и артериальное давление в положении испытуемого стоя. При регистрации ЭКГ особое внимание уделяют трем стандартным отведениям, а также aVF и V_4 .

Результаты работы и их оформление. Данные о функциональной оценке переносимости ортостатической пробы с нагрузкой заносят в протокол и таблицу в виде результатов измерения амплитуды (мВ) зубцов и длительности (мс) интервалов ЭКГ, систолического и диастолического артериального давления (мм рт. ст.). В протоколе необходимо отметить также оценку испытуемым своего самочувствия (головокружение, боль в области сердца и др.).

Показатели ЭКГ и АД	Фон лежа	Время пробы, мин									
		Ортопроба после физической нагрузки					Восстановление				
		1	3	6	10	15	1	5	10	15	
R—R											
ЧСС											
Q—T											
QPS											
S—T											
P—Q											
P											
T											
R											
АД систолическое											
АД диастолическое											
АД пульсовое											

После заполнения таблицы следует дать оценку ортостатической пробе с физической нагрузкой по результатам ЭКГ и динамике артериального давления (переносимость ортопробы хорошая, удовлетворительная, плохая) и уточнить, почему дана та или иная оценка.

Задача 6. Количественная оценка вентилаторной реакции человека на гиперкапнию (повышение содержания CO_2 во вдыхаемом воздухе)

Изменение парциального напряжения CO_2 в артериальной крови (pCO_2) у человека в диапазоне 30—70 мм рт. ст. сопровождается почти линейным изменением легочной вентиляции. Такая закономерность позволяет количественно оценить индивидуальную реакцию дыхания человека на гиперкапнический стимул. Учитывая незначительную величину альвеоло-артериального градиента по pCO_2 , можно анализировать динамику прироста легочной вентиляции в ответ на увеличение CO_2 в атмосфере по концентрации

диоксида углерода в пробах альвеолярного воздуха. Одним из распространенных тестов в исследовании регуляции дыхания является метод возвратного дыхания (rebreathing) в так называемой закрытой системе, когда обследуемый дышит в (из) емкости, наполненной газовой смесью с нормальным или повышенным содержанием CO_2 . В последнее время получил признание метод «открытой петли», когда возвратное дыхание начинается при таком содержании CO_2 в емкости (6—7%), которое близко по парциальному давлению к pCO_2 смешанной венозной крови. В этом случае pCO_2 в емкости, легких и крови быстро (в течение 30 с) уравнивается и дальнейшее нарастание pCO_2 в системе обуславливается продукцией диоксида углерода тканями. Следовательно, в такой модификации метода гиперкапнический стимул дыхания не зависит от исходного уровня объемных показателей легочной вентиляции (ЖЕЛ, ДО и др.), которые у разных людей могут существенно различаться. Если начальная газовая смесь в системе кроме избытка CO_2 содержит повышенную концентрацию кислорода (40% и более), то можно изучать индивидуальную реакцию дыхания на «чистый» гиперкапнический стимул, опосредованный преимущественно медуллярными хеморецепторами.

Для работы необходимы: спирограф, 3 футбольные камеры для альвеолярного воздуха, газоанализатор типа ГХП-3М. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Работа проводится в 3 этапа. На 1-м этапе испытуемый в положении сидя дышит 3—4 мин в спирограф, один из колоколов которого емкостью 18 л заполнен обычным воздухом. В конце указанного времени у испытуемого берут пробу альвеолярного воздуха, а из-под колокола спирографа — пробу воздуха в системе возвратного дыхания. Содержание O_2 и CO_2 в пробах воздуха определяют на анализаторе и результаты заносят в протокол. На 2-м этапе колокол спирографа заполняют газовой смесью, содержащей 4% CO_2 и 96% O_2 , и снова через 15—20 мин испытуемый дышит в спирограф 3—4 мин. Пробы воздуха берут так же, как на 1-м этапе исследования. На 3-м этапе колокол спирографа заполняют газовой смесью, содержащей 6—7% CO_2 и 93% O_2 . Процедуру исследования повторяют в той же последовательности, как и на 1-м этапе. Если у испытуемого возникают неприятные субъективные ощущения (слюнотечение, головная боль или головокружение, очень сильная одышка), исследование прекращают. При переходе на дыхание обычным воздухом неприятные субъективные симптомы исчезают.

Результаты работы и их оформление. Данные о концентрации CO_2 и O_2 в пробах альвеолярного воздуха и газовой смеси из-под колокола спирографа на 3 этапах исследования занесите в протокол и таблицу, где отметьте также результаты определения уровня легочной вентиляции по спирограммам. На основе этих данных постройте график зависимости легочной вентиляции от уровня pCO_2 в альвеолярном воздухе. Зная прирост вентиляции и $pACO_2$ в ре-

зультате дыхания газовой смесью с повышенным содержанием CO_2 , можно рассчитать вентиляторную чувствительность к гиперкапническому стимулу, которая у здоровых людей составляет обычно 2,0—3,0 л/мин/мм рт. ст. Наклон кривой $V_E/p\text{CO}_2$ является удобным индикатором величины дыхательной реакции на гиперкапнический стимул.

РАБОТА 2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПРОБА С ЗАДЕРЖКОЙ ДЫХАНИЯ

В тех случаях, когда проба с физической нагрузкой для получения преходящей гипоксемии не может быть выполнена (например, у лежачих или оперированных больных), нередко проводят пробу с задержкой дыхания на высоте вдоха. При обследовании здоровых лиц проба с задержкой дыхания может проводиться как на вдохе, так и на выдохе. Для объективной оценки результатов указанной пробы у испытуемого регистрируют ЭКГ, измеряют артериальное давление в плечевой артерии, определяют содержание O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе.

Для работы необходимы: электрокардиограф, сфигмоманометр с манжеткой и фонендоскоп (или автоматический тонометр), газоанализатор типа ГХП-ЗМ, резиновая емкость (камера от футбольного мяча) для сбора альвеолярного воздуха, секундомер, марлевые салфетки, спирт для протирания кожи, электродов и мундштука к резиновой емкости, электродная паста. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Перед началом пробы у испытуемого регистрируют ЭКГ в 12 отведениях, измеряют артериальное давление и определяют процент содержания O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе, который собирают в резиновую емкость при максимальном выдохе. Затем испытуемому предлагают глубоко вдохнуть и, насколько возможно, задержать дыхание. В момент глубокого вдоха включают секундомер. В процессе задержки дыхания и в «точке срыва» непосредственно после инспираторного апноэ выключают секундомер, измеряют артериальное давление, регистрируют ЭКГ прежде всего в отведениях V_4 и aVF и далее в остальных отведениях. Определяют также концентрацию O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе, для чего испытуемый должен в «точке срыва» выдохнуть конечную порцию воздуха в резиновую емкость.

Результаты работы и их оформление. Занесите в протокол результаты субъективной оценки испытуемым своего самочувствия до и после функциональной пробы с задержкой дыхания (головокружение, шум в ушах, мелькание «мушек» перед глазами, головная боль и другие симптомы, возникшие в «точке срыва» и явившиеся причиной прекращения задержки дыхания). В таблицы запишите результаты измерения зубцов и интервалов ЭКГ, артериального давления и определения концентрации O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе до и после пробы с задержкой дыхания. В протоколе отметьте также время задержки дыхания (минуты и секунды).

Таблица А

Этап работы	ЭКГ-	R—R	ЧСС	R	T	P	QRS	Q—T	P—Q	S—T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До пробы	I II III aVR aVL aVF V_1 ... V_6									
То же, после пробы										

Таблица Б

Этап работы до и после пробы	Измеряемые величины					
	АД систолическое	АД диастолическое	АД пульсовое	ЧСС	CO_2 , %	O_2 , %

При объективной оценке результатов функциональной пробы с задержкой дыхания следует учесть, что при здоровом сердце даже длительная (свыше 60 с) задержка дыхания на вдохе не оказывает заметного влияния на ЭКГ. У человека со скрытой коронарной недостаточностью, как правило, выявляются изменения зубца Т (уменьшение амплитуды или даже инверсия). Снижение интервала S—T наблюдается редко. Во время пробы могут появиться экстрасистолы, что является неблагоприятным симптомом и служит основанием для досрочного прекращения пробы.

После анализа полученных данных сделайте заключение о переносимости функциональной пробы с задержкой дыхания на вдохе или выдохе (хорошая, плохая, удовлетворительная).

РАБОТА 3. ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДНОГО ГОЛОДАНИЯ НА ВРЕМЯ ВЫЖИВАНИЯ ЖИВОТНОГО

Кислородная недостаточность или кислородное голодание (гипоксия) является весьма опасным состоянием организма животного и человека. Развитие кислородного голодания может быть вызвано многими воздействиями на организм. Пребывание человека в горах, работа в шахтах, под водой, интенсивная мышечная работа сопряжены с гипоксическими сдвигами в организме человека. Резистентность организма животного и человека к кислородной недостаточности, как хронической, так и острой, обеспечивается целым комплексом специфических физиологических процессов, на-

зультате дыхания газовой смесью с повышенным содержанием CO_2 , можно рассчитать вентилаторную чувствительность к гиперкапническому стимулу, которая у здоровых людей составляет обычно 2,0—3,0 л/мин/мм рт. ст. Наклон кривой $V_E/p\text{CO}_2$ является удобным индикатором величины дыхательной реакции на гиперкапнический стимул.

РАБОТА 2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПРОБА С ЗАДЕРЖКОЙ ДЫХАНИЯ

В тех случаях, когда проба с физической нагрузкой для получения преходящей гипоксемии не может быть выполнена (например, у лежачих или оперированных больных), нередко проводят пробу с задержкой дыхания на высоте вдоха. При обследовании здоровых лиц проба с задержкой дыхания может проводиться как на вдохе, так и на выдохе. Для объективной оценки результатов указанной пробы у испытуемого регистрируют ЭКГ, измеряют артериальное давление в плечевой артерии, определяют содержание O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе.

Для работы необходимы: электрокардиограф, сфигмоманометр с манжеткой и фонендоскоп (или автоматический тонометр), газоанализатор типа ГХП-3М, резиновая емкость (камера от футбольного мяча) для сбора альвеолярного воздуха, секундомер, марлевые салфетки, спирт для протирания кожи, электродов и мундштука к резиновой емкости, электродная паста. Объект исследования — человек.

Проведение работы. Перед началом пробы у испытуемого регистрируют ЭКГ в 12 отведениях, измеряют артериальное давление и определяют процент содержания O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе, который собирают в резиновую емкость при максимальном выдохе. Затем испытуемому предлагают глубоко вдохнуть и, насколько возможно, задержать дыхание. В момент глубокого вдоха включают секундомер. В процессе задержки дыхания и в «точке срыва» непосредственно после инспираторного апноэ выключают секундомер, измеряют артериальное давление, регистрируют ЭКГ прежде всего в отведениях V_4 и aVF и далее в остальных отведениях. Определяют также концентрацию O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе, для чего испытуемый должен в «точке срыва» выдохнуть конечную порцию воздуха в резиновую емкость.

Результаты работы и их оформление. Занесите в протокол результаты субъективной оценки испытуемым своего самочувствия до и после функциональной пробы с задержкой дыхания (головокружение, шум в ушах, мелькание «мушек» перед глазами, головная боль и другие симптомы, возникшие в «точке срыва» и явившиеся причиной прекращения задержки дыхания). В таблицы запишите результаты измерения зубцов и интервалов ЭКГ, артериального давления и определения концентрации O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе до и после пробы с задержкой дыхания. В протоколе отметьте также время задержки дыхания (минуты и секунды).

Таблица А

Этап работы	ЭКГ-	R—R	ЧСС	R	T	P	QRS	Q—T	P—Q	S—T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До пробы	I II III aVR aVL aVF V_1 ... V_6									
То же, после пробы										

Таблица Б

Этап работы до и после пробы	Измеряемые величины					
	АД систолическое	АД диастолическое	АД пульсовое	ЧСС	CO_2 , %	O_2 , %

При объективной оценке результатов функциональной пробы с задержкой дыхания следует учесть, что при здоровом сердце даже длительная (свыше 60 с) задержка дыхания на вдохе не оказывает заметного влияния на ЭКГ. У человека со скрытой коронарной недостаточностью, как правило, выявляются изменения зубца Т (уменьшение амплитуды или даже инверсия). Снижение интервала S—T наблюдается редко. Во время пробы могут появиться экстрасистолы, что является неблагоприятным симптомом и служит основанием для досрочного прекращения пробы.

После анализа полученных данных сделайте заключение о переносимости функциональной пробы с задержкой дыхания на вдохе или выдохе (хорошая, плохая, удовлетворительная).

РАБОТА 3. ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДНОГО ГОЛОДАНИЯ НА ВРЕМЯ ВЫЖИВАНИЯ ЖИВОТНОГО

Кислородная недостаточность или кислородное голодание (гипоксия) является весьма опасным состоянием организма животного и человека. Развитие кислородного голодания может быть вызвано многими воздействиями на организм. Пребывание человека в горах, работа в шахтах, под водой, интенсивная мышечная работа сопряжены с гипоксическими сдвигами в организме человека. Резистентность организма животного и человека к кислородной недостаточности, как хронической, так и острой, обеспечивается целым комплексом специфических физиологических процессов, на-

правленных на поддержание постоянства уровня кислорода и других сопряженных параметров гомеостаза.

Моделировать кислородное голодание в условиях эксперимента наиболее удобно с помощью простой барокамеры или воздушного колокола, в котором создается разрежение воздуха, позволяющее имитировать пребывание животного или человека на определенной высоте. Эта так называемая гипоксическая гипоксия в условиях быстрого «подъема» может развиваться в течение нескольких секунд, минут или даже часов, что зависит от скорости, с которой происходит разрежение в барокамере. В настоящее время барокамеры очень широко применяются при изучении различных физиологических процессов, при отборе летчиков и водолазов, для повышения устойчивости к гипоксии у спортсменов и т. д.

Для работы необходимы: барокамера, компрессор Камовского, секундомер, электротермометр. Объект исследования — крысы, мышь, новорожденная крыса, лягушка.

Проведение работы. Перед опытом регистрируют ректальную температуру и исходную частоту дыхания. Затем помещают животное в барокамеру и с помощью компрессора постепенно создают разрежение, соответствующее определенной высоте. С помощью регулирующего клапана управляют скоростью «подъема». Обычно «поднимают» животное в барокамере на высоту 10 000—12 000 м со скоростью 100—200 м/с. На всем протяжении эксперимента наблюдают за поведением животного, сохранением рефлекса позы, подсчитывают частоту дыхания, а после «спуска» регистрируют ректальную температуру и время восстановления позных рефлексов. Время жизни животного на заданной высоте определяют от момента достижения соответствующего разрежения до появления судорожного агонального дыхания.

Задача 1. Резистентность к кислородному голоданию и возраст животного

В процессе постнатального онтогенеза чувствительность организма животных и человека к различным экстремальным воздействиям и, в частности, к кислородной недостаточности претерпевает определенные изменения. Резистентность животных к недостатку кислорода оказывается максимальной в первые часы после рождения, что имеет большое приспособительное значение. В дальнейшем, по мере созревания организма, чувствительность животного к кислородному голоданию в течение первых дней и недель (в зависимости от вида животного) несколько увеличивается, но остается более низкой, чем у взрослых животных. После фазы стабилизации, которая наблюдается на протяжении периода половозрелости, по мере старения организма происходит постепенное падение резистентности.

Цель данного эксперимента состоит в демонстрации высокой резистентности к гипоксии новорожденных крысят или мышат по сравнению со взрослыми половозрелыми животными.

Непосредственно перед проведением эксперимента необходимо измерить оральную температуру и подсчитать частоту дыхания (по секундомеру). Затем животное помещают в барокамеру и с помощью компрессора осуществляют «подъем на высоту» 11 000 м. После достижения заданной «высоты» проводят подсчет частоты дыхания; определяют время выживания на данной высоте до появления судорожного дыхания, и извлекают животное из барокамеры. Производят замер оральной температуры, а затем периодически, каждую минуту, подсчитывают частоту дыхания и определяют время восстановления исходных величин.

Аналогичные исследования проводят на взрослой особи (крыса, мышь). Условия проведения эксперимента (скорость подъема животного, предельная высота) должны быть строго идентичны.

Задача 2. Анализ индивидуальной чувствительности животных к кислородному голоданию

Многочисленные исследования показали, что отдельные особи одного и того же вида животных обладают различной чувствительностью к совершенно идентичным по силе и длительности экстремальным воздействиям. Не является исключением и такой фактор, как кислородное голодание. В процессе эволюции формировались индивидуальные ферментативные и нейрогуморальные различия, обеспечивающие разнообразие реакций на гипоксию. Изучение резистентности животных многих видов к кислородному голоданию показало, что существуют особи с высокой и низкой устойчивостью, а также многочисленная промежуточная группа среднеустойчивых животных.

Данную работу проводят на 3 нелинейных крысах — самцах и самке, масса которых примерно одинакова (допустимы колебания в пределах 10—30 г). Предварительно измеряют ректальную температуру и частоту дыхания. Затем каждое животное отдельно помещают в барокамеру. Подъем животных осуществляют до одинаковой высоты с идентичной скоростью подъема. Описывают характер поведения каждого животного по мере подъема на высоту, обращая внимание на двигательную активность, время появления судорог и их характер. Определяют время выживания и извлекают животное при развитии агонального дыхания. Измеряют ректальную температуру и тщательно анализируют динамику восстановления дыхания, рефлекса позы.

Задача 3. Влияние кислородного голодания на животных разных видов

Животные, которые находятся на различных уровнях эволюционного развития, обладают неодинаковой резистентностью к гипоксии. Это легко продемонстрировать, сравнивая время выживания в барокамере представителя земноводных (лягушка) и млекопитающих (мышь).

Измеряют оральную температуру и частоту дыхания животных. Помещают мышь в барокамеру и создают разрежение, соответ-

вующее высоте 10 000 м со скоростью 200 м/с. По мере подъема проводят наблюдение за поведением животного. Определяют время выживания и извлекают мышь из барокамеры. Наблюдают за животным в фазе восстановления.

Аналогичное исследование проводят на лягушке, масса которой должна быть примерно равна массе мыши. Если время выживания лягушки при данной высоте определить не удастся, увеличивают степень разрежения. Учитывая возможности аппаратуры, пытаются измерить высотный «потолок» (максимальную высоту, при которой сохраняется жизнедеятельность организма) для данного животного.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте общую схему экспериментов. Занесите в протокол данные по сравнительной характеристике поведенческих реакций животных в условиях гипоксии.

При оформлении работы постройте графики изменения частоты дыхания, а также начальной и конечной температур по результатам каждой задачи. Обратите внимание на значительно выраженное падение температуры тела новорожденного животного, что является одним из важнейших защитно-приспособительных механизмов, обеспечивающих высокую резистентность к кислородной недостаточности.

При формулировании выводов попытайтесь объяснить зависимость между явлениями падения температуры и чувствительностью животного к гипоксии. Обоснуйте причины индивидуальных различий в чувствительности к гипоксии отдельных особей и животных, относящихся к различным уровням эволюционного развития.

РАБОТА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖИВОТНОГО В УСЛОВИЯХ ЗАМКНУТОГО НЕВЕНТИЛИРУЕМОГО ПРОСТРАНСТВА

Трудовая деятельность современного человека сопряжена с возможностью глубоких изменений окружающей его газовой среды, например, когда по различным причинам наблюдается уменьшение концентрации кислорода в окружающей атмосфере с одновременным повышением процентного содержания диоксида углерода. Данные явления могут возникать в плохо вентилируемых помещениях, при повреждении специальных систем, обеспечивающих регенерацию воздуха. В этих условиях сам человек становится фактором, неизбежно смещающим газовый состав воздуха в одном направлении. В процессе дыхания будет происходить снижение парциального давления кислорода и нарастание концентрации диоксида углерода в окружающем пространстве.

На определенных стадиях изменения газовой среды происходит включение защитно-приспособительных механизмов. Развитие гипоксии и гиперкапнии в организме приводит к постепенному увеличению частоты и глубины дыхания, учащению частоты сердечных сокращений и систолического объема, соответствующим изменениям в крови и т. д. Однако дальнейшее падение парциального давления кислорода и повышение содержания диоксида углерода

становится несовместимым с возможностями гомеостатических механизмов организма. Нарушается деятельность центральной нервной системы, исчезают позные рефлексы, появляются судороги, постепенно «угасают» сердечная деятельность и дыхание.

Время жизни в условиях замкнутого пространства зависит от ряда условий и прежде всего от соотношения объема замкнутого пространства и массы животного, вида животного, возраста и других характеристик. Существенное значение имеет характер поведения животного в замкнутом пространстве. Высокая двигательная активность резко снижает время выживания, поскольку сопровождается усилением метаболических процессов, ускорением утилизации кислорода и увеличением концентрации выдыхаемого диоксида углерода.

Для работы необходимы: калиброванные стеклянные сосуды емкостью 150, 500 и 1000 мл с резиновыми пробками, электротермометр, секундомер, зажимы. Объект исследования — крыса, мышь, лягушка, новорожденный крысенок.

Проведение работы. Перед началом эксперимента проводят измерение ректальной температуры тела (у новорожденного животного замеряется оральная температура) и подсчитывают частоту дыхания. Затем животное помещают в стеклянный сосуд и в течение 1—2 мин наблюдают за его поведением, подсчитывают частоту дыхания. После угасания ориентировочно-исследовательской реакции горловину сосуда закрывают и пережимают резиновым шлангом. В этот момент начинают отсчет времени жизни в гермообъеме.

Задача 1. Сравнительный анализ времени выживания теплокровных и холоднокровных животных в условиях гермообъема

Поместив в два одинаковых сосуда мышь и лягушку примерно одинаковой массы, закрывают горловины. Периодически проводят подсчет частоты дыхания. Наблюдают за поведением животных и фиксируют полученные данные в протоколе. Перемещая сосуд вверх и вниз, наклоняя его на 30, 45 и 90°, анализируют характер позных реакций животного и время появления соответствующих изменений. Фиксируют время появления судорог и описывают их характер. Во время развития агонального состояния теплокровного животного оценивают поведение пойкилотермного животного. При появлении судорожного дыхания извлекают животное из гермообъема, измеряют температуру, время восстановления позы. В фазу восстановления периодически подсчитывают частоту дыхания и определяют время полного восстановления исходной частоты.

Задача 2. Сравнительная оценка времени выживания животных различного возраста в условиях гермообъема

Поместив в два стеклянных сосуда новорожденного крысенка и взрослую особь (отношение массы животного и объема сосуда должно быть приблизительно одинаковым), проводят наблюдение за поведением животных после герметизации. Периодически про-

водят подсчет частоты дыхания, фиксируют время появления повышенной двигательной активности у взрослой особи, нарушение позных реакций. Во время появления агонального дыхания извлекают животное и измеряют ректальную температуру. Анализируют поведение животного в фазу восстановления.

Задача 3. Оценка времени выживания животных в условиях гермообъемов различной емкости

В стеклянные сосуды емкостью 150, 500 и 1000 мл помещают трех мышей примерно одинаковой массы. Как и в предыдущих опытах, предварительно регистрируют температуру и подсчитывают дыхание. Далее эксперимент проводят по стандартной схеме. Поскольку один экспериментатор не может следить за всеми животными одновременно, данный опыт целесообразно проводить в качестве демонстрации.

Задача 4. Оценка индивидуальной устойчивости животных в условиях гермообъема

В 3 стеклянных сосуда объемом 150 мл помещают трех мышей примерно одинаковой массы (различия не должны превышать 3—5 г). Герметизацию сосудов необходимо провести одновременно. Анализируют поведение животных по стандартной схеме и извлекают каждое при появлении судорожного агонального дыхания. Сразу после извлечения регистрируют ректальную температуру и анализируют время восстановления позных рефлексов.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему соответствующих экспериментов. Проведите анализ динамики частоты дыхания и изменения температуры тела до и после каждого опыта. Дайте объяснение различий в поведении теплокровных и холоднокровных животных в условиях гермообъема и времени выживания. Особое внимание обратите на время восстановления исходной частоты дыхания и температуры у животных в условиях различных экспериментов. После завершения анализа полученных данных постройте соответствующие графики и сделайте соответствующие выводы.

РАБОТА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА И ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ ПРИ НАРУШЕНИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И КРОВООБРАЩЕНИЯ

Известно, что центральная нервная система наиболее чувствительна к изменению парциального давления газов в атмосферном воздухе и напряжения кислорода и диоксида углерода в крови. Нейроны коры головного мозга подвергаются необратимым изменениям при нарушении дыхания и прекращении кровообращения в течение 4—5 мин. Нервные клетки подкорковых структур и спинного мозга обладают несколько большей резистентностью к кислородному голоданию.

Изменение ритмов ЭЭГ, а также амплитуды и длительности отдельных компонентов вызванных потенциалов в коре больших

полушарий головного мозга являются надежным и объективным критерием для оценки состояния центральной нервной системы и всего организма в целом.

В клинической практике нередко наблюдаются нарушения дыхания и кровообращения во время операций, которые могут привести к необратимым изменениям в организме. Контроль за состоянием организма во время операций является важной практической задачей. Для этого обычно используют метод электрокардиографии, однако фактически смерть может наступить за 15—20 мин до появления выраженных изменений в ЭКГ. Вот почему в клинической практике при проведении больших и тяжелых операций необходимо непрерывно регистрировать не только ЭКГ, но и ЭЭГ.

Для работы необходимы: энцефалограф, электрокардиограф, осциллограф для регистрации вызванных потенциалов, стимулятор, стереотаксический прибор, раздражающие и регистрирующие электроды, пневмографический датчик, трахеотомическая трубка (диаметр трубки зависит от вида животного), препаровальные инструменты, небутал, вата, марля. Объект исследования — кошка или крыса.

Проведение работы. После наркотизации фиксируют животное на препаровальном столе. Производят продольный разрез на шее животного и отпрепаровывают трахею и сонные артерии. В трахею вводят трахеотомическую трубку; на отпрепарованные сонные артерии накладывают лигатуры, не перевязывая их. Далее фиксируют животное в стереотаксисе и производят обнажение головного мозга. Накладывают регистрирующие электроды в области соматосенсорной зоны коры головного мозга и с помощью электрододержателя вводят отводящие электроды в таламическое специфическое ядро *VPL*. На предварительно отпрепарированный седалищный нерв накладывают стимулирующие электроды. Для регистрации ЭКГ на конечностях животного укрепляют электроды, подсоединяемые к электрокардиографу. При необходимости ЭКГ может регистрироваться на электроэнцефалографе. На грудной клетке животного укрепляют пневмодатчик, соединенный с электроэнцефалографом.

Записывают спонтанную ЭЭГ, ЭКГ и кривую дыхания, нанося ритмические стимулы на седалищный нерв с частотой 1 Гц, добиваются получения стойких вызванных потенциалов в коре больших полушарий и специфическом ядре таламуса *VPL*. Данная процедура эксперимента подробно описана в работе 13 гл. XII.

Задача 1. Анализ динамики ЭЭГ, ЭКГ, дыхания и вызванных потенциалов при нарушении кровообращения мозга

После 3-минутной регистрации фоновой ЭЭГ, ЭКГ, дыхания и ВП производят пережатие сонной артерии с одной стороны с помощью мягкого сосудистого зажима. В течение 10 мин наблюдают динамику регистрируемых параметров. Затем производят пережатие другой сонной артерии на 90 с. Снимают зажимы с сонных артерий и наблюдают динамику восстановления регистрируемых показателей.

Задача 2. Анализ динамики ЭЭГ, ЭКГ, дыхания и ВП при асфиксии

После восстановления исходных параметров регистрируемых процессов производят пережатие трахеотомической трубки на 30 с. Наблюдают соответствующие изменения регистрируемых процессов. Через 10 мин после снятия зажима с трахеотомической трубки повторяют процедуру пережатия, увеличивая время выключения дыхания до 90 с, а затем наблюдают восстановление исследуемых показателей. Если через определенный интервал времени произойдет восстановление исходных параметров изучаемых явлений, повторяют асфиксию, увеличив ее длительность до 3 мин.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте схему установки для регистрации изучаемых явлений. Проведите анализ изменений ЭЭГ, ВП, ЭКГ и дыхания при нарушении кровообращения и при асфиксиях разной длительности. Дайте сравнительную характеристику этих изменений. Обратите внимание на фазу восстановления исследуемых показателей. Вырежьте фрагменты фоновых записей и записей измененных ЭЭГ, ЭКГ, дыхания и ВП. Проведите частотный анализ ЭЭГ, а также проанализируйте закономерности изменений амплитуды и длительности отдельных фаз ВП. В заключение постройте соответствующие графики и сформулируйте основные выводы.

РАБОТА 6. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КРЫС

Высшая нервная деятельность зависит от различных факторов внешней среды. Повышение окружающей температуры, вызывая гипертермию животного, приводит к преобладанию у него процесса возбуждения над торможением.

Для работы необходима та же аппаратура, что в работе 5 гл. XIV, термостат, устройство для подачи световых сигналов. Объект исследования — крыса. У животного должны быть выработаны: условная оборонительная реакция на звуковой раздражитель, дифференцировочное торможение на применение звука другого тона, условный тормоз на комбинацию светового и звукового раздражителей.

Проведение работы. В термостат с температурой 40°C за 1 ч до проведения эксперимента помещают челночную электросиловую камеру. Затем в один из ее отсеков сажают крысу. 5—6 раз воспроизводят выработанный условный рефлекс, фиксируя его латентный период, и отмечают количество межсигнальных реакций животного. Затем включают условно-тормозную комбинацию раздражителей, наблюдают и описывают реакцию животного. Потом 3—4 раза применяют условный раздражитель. После этого включают дифференцировочный сигнал и описывают поведение животного. Заканчивают опыт 2—3 воспроизведениями условного рефлекса.

Результаты работы и их оформление. Составьте протокол опыта, сравните латентные периоды условных реакций, полученных в данном опыте, с латентными периодами аналогичных реакций, зарегистрированных в работе 5 гл. XIV. Объясните разницу полученных величин. Продумайте, с чем связано отсутствие условного торможения в данном эксперименте.

ГЛАВА XVI

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

При анализе экспериментальных данных исследователь-физиолог обычно пытается по результатам обследования относительно небольшой группы однородных объектов (*выборка*) составить суждение о свойствах, характеризующих всю группу объектов (*генеральная совокупность*), в которую данная выборка входит как составная часть. Для этого необходимо, чтобы выборка была *репрезентативной* (представительной) по отношению к той, реальной или мыслимой, генеральной совокупности, из которой она взята, т. е. она должна правильно отражать исследуемые свойства объектов всей совокупности. В частности, для этого необходимо, чтобы каждый член совокупности имел определенную вероятность попасть в выборку.

В общем случае результаты определения или измерения изучаемого свойства у разных объектов не совпадают. Эти различия могут порождаться как контролируемыми причинами (неточность измерений, несоблюдение строгого постоянства основного комплекса условий наблюдения), так и неконтролируемыми (различия между объектами эксперимента в степени выраженности изучаемых свойств). Вследствие воздействия этих причин результаты измерений заранее предсказать невозможно, т. е. степень выраженности свойства обнаруживает случайное рассеивание. Разнообразие значений, принимаемых изучаемым свойством, степеней его выраженности или долей его встречаемости в различных выборках подчиняются определенным законам, называемым *законами распределения* значений изучаемой случайной величины. Эти законы описываются с помощью функций, показывающих, у какой части (доли) изучаемых объектов количественное значение изучаемого признака меньше определенной величины (значения аргумента). Обычно эти функции зависят от небольшого числа величин, называемых *параметрами распределения*, которые, совместно с значениями аргумента, полностью определяют значения этих функций.

Если принять, что для всей генеральной совокупности объектов существует некоторое общее «истинное» значение исследуемого признака, а результаты отдельных измерений объектов выборки отличаются только под действием случайных причин, таких, что

каждая из них независима от остальных и оказывает малое влияние на конечный результат измерений, то при этом распределение значений изучаемого признака будет подчиняться закону Гаусса, иначе называемому *законом нормального распределения*. Нормальное распределение характеризуется двумя параметрами — математическим ожиданием M (в данном случае оно совпадает с «истинным» значением рассматриваемого признака), характеризующим положение центра тяжести распределения значений признака, и стандартным отклонением σ — величиной, характеризующей степень рассеивания отдельных значений признака вокруг истинного значения. Обе эти величины в большинстве случаев заранее неизвестны и по каждой произведенной выборке можно получить только их оценки, тем более точные, чем больше объем выборки n . Такими оценками служат соответственно среднее значение \bar{x} , получаемое как сумма всех значений x признака в выборке ($\sum x$), деленная на число членов выборки, т. е.

$$\bar{x} = \sum x/n \quad (1)$$

и среднее квадратическое отклонение наблюдения от среднего значения s . Величина s рассчитывается как квадратный корень из частного от деления суммы квадратов отклонений всех наблюдений от их среднего арифметического на число наблюдений без единицы

$$s = \sqrt{[1/(n-1)] \sum (x - \bar{x})^2}, \quad (2)$$

но на практике для выборок относительно большого объема удобнее использовать другую формулу, в которую входит сумма квадратов значений признака, подсчитанная по всем членам выборки $\sum x^2$:

$$s = \sqrt{[1/(n-1)] [\sum x^2 - (\sum x)^2/n]}. \quad (3)$$

Полученные по разным выборкам оценки \bar{x} и s будут несколько отличаться друг от друга и от истинных значений параметров M и σ , однако, зная их значения и объем выборки, можно вычислить для любой желаемой величины отклонения оценки от истинного значения параметра: $\Delta = t\sigma$ — вероятность, что найденная оценка отклонится от своего истинного значения не более чем на эту величину. При этом если мерой рассеяния отдельных наблюдений вокруг математического ожидания служит σ , то мерой рассеяния отдельных средних, подсчитанных по выборкам одинакового объема n вокруг математического ожидания M , будет служить величина ошибки среднего (стандартная ошибка):

$$m = \sigma/\sqrt{n}. \quad (4)$$

Для нормального распределения каждому значению коэффициента t соответствует определенная вероятность p , что величина уклонения оценки от истинного значения не превысит t_m . Границы

$\bar{x} \pm t_m$ называются границами $p\%$ доверительного интервала. Если вероятность случайного выхода за эти границы достаточно мала (для большинства экспериментальных исследований не более 0,05, а для особо ответственных заключений не более 0,01), а есть основания считать, что разность между выборочным средним и некоторой ожидаемой величиной вышла за эти границы, то считается, что выборка не может происходить из генеральной совокупности с математическим ожиданием, равным проверяемой величине. В этом случае говорят, что гипотеза о принадлежности выборки к совокупности с указанным математическим ожиданием отвергается на 5%-ном (или 1%-ном) уровне значимости. Для нормального распределения 95%-ный доверительный интервал соответствует значению $t = 1,96$, а 99%-ный — $t = 2,58$.

Так как обычно величина σ оценивается по той же выборке путем приравнивания ее к s и точность полученной оценки зависит от объема выборки, то ширина доверительного интервала зависит от так называемого числа степеней свободы f , связанного с объемом выборки. При малых объемах выборки $n < 30$ критические значения, соответствующие избранному уровню значимости, берутся из распределения Стьюдента, которое при больших n совпадает с нормальным. Критические значения t для распределения Стьюдента при различном числе степеней свободы приведены в приложении 8 (столбцы 2—3).

На практике наиболее часто встречаются следующие основные задачи статистического исследования:

1. Определение параметров распределения или описание генеральной совокупности по результатам выборочного исследования.
2. Определение вероятности гипотезы, что две выборки происходят из одной генеральной совокупности.
3. Определение связи между двумя или несколькими свойствами, характеризующими объекты генеральной совокупности, ее вида и тесноты.

Решение этих задач проводится при помощи применения различных статистических критериев, зависящих от вида проверяемой гипотезы, планирования эксперимента и вида измерения исследуемых свойств.

Измерение свойств может быть проведено на различных уровнях — *классификационном*, когда фиксируется только принадлежность объекта к определенной группе (наличие признака или реакции, вид диагноза, профессия обследуемого), *порядковом*, когда объекты могут быть упорядочены по степени выраженности признака, хотя бы и не поддающейся численному измерению (стадия заболевания, интенсивность окраски, выраженность поведенческой реакции), и *интервальном*, когда каждому объекту можно приписать численное значение признака и определить этим расстояние между объектами или их классами (величина реакции, антропометрические показатели и т. д.).

Очевидно, что объекты, измеряемые на интервальном уровне можно измерить и на других уровнях (например, зная численные

значения величины реакции у разных испытуемых, можно упорядочить их по возрастанию этих реакций или разбить на группы согласно знаку реакции). В этом случае при переходе к более низким уровням измерения часть информации теряется и информативность полученных заключений соответственно ослабляется.

Пример: Пусть известно, что у 10 животных из 13, взятых в опыт, реакция на какое-то воздействие была положительной. Мы можем по критерию знаков Диксона (см. далее) сделать заключение, что гипотезу о равновероятности положительной и отрицательной реакции на воздействие можно отвергнуть с вероятностью ошибки не более 5% в пользу гипотезы, что для совокупности животных, из которых произведена выборка, более вероятна положительная реакция на воздействие.

Если дополнительно стало известно, что 8 наибольших по абсолютной величине реакций были положительными, то при помощи критерия Вилкоксона для парных сравнений (см. далее) мы можем отбросить гипотезу о равновероятности знака реакции (точнее — что медиана реакций равна нулю) с вероятностью ошибки не более 2%. Наконец, если известны сами величины реакций (например, -2; -1; -1; 1; 1; 2; 2; 2; 3; 3; 5; 5; 6), мы можем высчитать среднюю величину реакции $\bar{x}=2,0$, величину среднего квадратического отклонения $s=2,45$ и ошибки среднего $m=0,68$. Из последней цифры следует, что отклонение средней величины реакции от теоретически ожидаемой при отсутствии реакции ($M=0$) составляет $3m$. Для значения $p=1\%$ критический уровень для $13-1=12$ степеней свободы соответствует 3,05, откуда следует, что наличие положительной реакции достоверно с вероятностью ошибки около 1%.

Таким образом, проводя измерения на трех уровнях, мы пришли к одинаковым заключениям, но с разной степенью уверенности в их правильности и с существенным различием в формулировках — в 1-м случае изучалась вероятность появления преимущественной реакции, во 2-м — вид реакции, типичной для совокупности в целом, в 3-м — средняя величина реакции.

Обычно для получения первых, ориентировочных выводов используют более простые критерии, пригодные для низших уровней измерения и лишь в случае получения неопределенных результатов (если вероятность принятия проверяемой гипотезы близка к 5%) или относительно большой стоимости получения каждого нового измерения, переходят к критериям более высоких уровней.

Рассмотрим наиболее типичные задачи математической статистики и статистические критерии проверки гипотез, соответствующие различным уровням измерения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЕГО ПАРАМЕТРОВ

Классификационный уровень

В этом случае известна доля наблюдений, попавших в определенный класс $\bar{p}=m/n$, где m — число наблюдений в данном классе, n — общее число наблюдений в выборке. Здесь и далее предполагается, что выборка составляет не более 5% объема генеральной совокупности, и нет необходимости вносить поправки на ограниченный объем последней. Тогда выборочная доля \bar{p} будет служить оценкой генеральной доли — вероятности попадания наблюдения в данный класс p . Если выполняется условие, что $n\bar{p}$ и

$n(1-\bar{p}) > 5$, то величина \bar{p} будет приближенно подчиняться закону нормального распределения с параметрами $M=p$ и $s=\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}$, откуда ошибка выборочной доли $m_p=\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$. Это значит, что ширина $k\%$ доверительного интервала L приближенно равна:

$$L_{k\%} = \bar{p} \pm t_{k\%} \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}, \quad (5)$$

где $t_{k\%}$ — величина критерия Стьюдента для $n-2$ степеней свободы.

Если $\bar{p} < 0,25$ или $\bar{p} > 0,75$, для определения границ $k\%$ доверительного интервала лучше пользоваться ϕ -преобразованием Фишера, показавшего, что величина $\phi = \arcsin \sqrt{\bar{p}}$ распределена нормально с ошибкой среднего $0,28648 \sqrt{n}$. В этом случае границы доверительного интервала находятся для величины ϕ , а затем делается обратное преобразование $\bar{p} = (\sin \phi)^2$ для этих границ.

Отметим еще две приближенные формулы, полезные при решении практических задач. Если заранее известна доля p наблюдений с определенным признаком в генеральной совокупности, то с вероятностью ошибки заключения не более k для того, чтобы в выборке оказался хотя бы один объект с этим признаком, объем выборки должен быть не более:

$$n = \lg k / \lg (1 - p). \quad (6)$$

Если в выборке объема n не оказалось ни одного объекта с исследуемым признаком, то с вероятностью ошибки заключения не более k доля этого признака в генеральной совокупности не превышает:

$$p = t_k^2 / (n + t_k^2), \quad (7)$$

где t_k — показатель вероятности безошибочных суждений.

Примеры: 1. Из 40 мышей, предварительно адаптированных к гипоксии, через 20 мин опыта в барокамере умерло 14. Определить с 95%-ной надежностью долю смертности в генеральной совокупности.

Выборочная доля смертности $\bar{p}=14/40=0,35$; ее ошибка $m_p=\sqrt{(0,35 \times 0,65)/40}=0,076$; ширина 95%-ного доверительного интервала по одну сторону от доли \bar{p} равна $\pm 1,96 \cdot 0,076 = \pm 0,15$, откуда его границы от 0,20 до 0,50. Таким образом, доля смертности у адаптированных животных лежит в пределах от 0,2 до 0,5 с наиболее вероятным значением 0,35.

2. Из 30 неадаптированных к гипоксии мышей в тех же условиях умерло 27. Определить с 95%-ной надежностью долю смертности в генеральной совокупности.

Выборочная доля смертности $\bar{p}=27/30=0,90$. Значение $\phi=0,7156$; ошибка его $m_\phi=0,28648 \sqrt{30}=0,0523$; границы доверительного интервала истинного значения ϕ от 0,613 до 0,818; соответствующие границы 95%-ного доверительного интервала для доли смертности $0,77 \div 0,98$. Таким образом, доля смертности у неадаптированных животных лежит с 95%-ной надежностью в пределах $77 \div 98\%$ с наиболее вероятным значением 90%. Этот доверительный интервал уже несимметричен относительно выборочной доли 0,90.

3. Предполагается, что в результате специальной тренировки процент смертности снижается. Из 10 животных, прошедших такую тренировку, ни одно не погибло. Каков с 95%-ной надежностью максимальный процент смертности в генеральной совокупности? $p=3,84/(10+3,84)=0,27$; следовательно, после дополнительной тренировки процент смертности с 95%-ной надежностью заключения не превышает 27%.

4. Полный курс тренировок оканчивает в среднем 10% испытуемых. Какое должен быть объем нового набора испытуемых, чтобы с 95%-ной надежностью заключения хотя бы один испытуемый закончил курс? $n = \lg(1-0,95)/\lg(1-0,10) = 28$ испытуемых.

Интервальный уровень

Мы уже познакомились с формулами для вычисления среднего, среднего квадратического отклонения и ошибки среднего (1-4). Для приближенной оценки величины s в выборках из нормальной совокупности существует простая формула

$$s = RK(n), \quad (8)$$

где R — размах наблюдений (разность максимального и минимального значений выборки), K — коэффициент, зависящий от объема выборки. Он приведен в столбце 2 приложения 9.

Если объем выборки превышает 12, то рекомендуется для повышения точности оценки разбить наблюдения случайным образом на группы равного объема, вычислить размах в каждой из них, определить величину среднего размаха и умножить его на указанный коэффициент. Обычно эта формула несколько завышает значение s (до 10%), но она удобна для предварительных расчетов. Описанная оценка базируется не на всех значениях наблюдений, а всего лишь на двух, к тому же именно они чаще всего могут появиться вследствие грубых ошибок наблюдений или погрешностей эксперимента. Однако в предположении, что все наблюдения подчиняются закону нормального распределения, «законность» этих крайних наблюдений может быть проверена достаточно просто.

а) Если выборка взята из нормального распределения, то с заданной надежностью заключения ее максимальное наблюдение отклонится от среднего значения не больше чем на Q средних квадратических отклонений s . Величина Q для 5%-ного и 1%-ного уровней значимости приведена в приложении 9 (столбцы 3, 4).

б) Если объем выборки невелик (менее 25) и есть только одно сомнительное наблюдение, то гипотезу о его принадлежности к исследуемой генеральной совокупности легко проверить при помощи критерия Диксона. Для этого все выборочные значения упорядочиваются по величине так, чтобы сомнительное значение имело номер 1, следующее по величине — 2 и т. д. Обозначим эту последовательность значений $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$. Тогда, исходя из того, что в однородной выборке сильное различие смежных значений маловероятно, найдем отношение расстояний между сомнительным членом выборки и близкими к нему членами к размаху выборки (или к близкой к нему величине) — W . Если это отношение превысит критическую величину, то проверяемое наблюдение считается артефактным на данном уровне значимости. 5%-ное и 1%-ное критические значения для некоторых рекомендуемых отношений приведены в столбцах 5-7 приложения 9.

Пример: Время жизни 16 мышей в барокамере было равно 4, 6, 10, 10, 11, 11, 12, 12, 12, 12, 13, 13, 14, 14, 15 мин. Проверить гипотезу, что два наименьших значения являются артефактными, т. е. результаты опыта представляют собой неоднородную группу.

Здесь $x_1=4$; $x_2=6$; $x_{15}=14$ и величина $W=0,600$, что превышает как 5%-ный, так и 1%-ный критический уровень. Отсюда следует, что наблюдение $x_1=4$ может быть исключено из выборки как нетипичное. Для оставшихся 15 наблюдений $x_1=6$; $x_2=10$; $x_{13}=14$ и $W=0,500$, что меньше 5%-ного критического уровня, следовательно, это значение исключать из выборки нельзя. Расчет по методу а) для 16 наблюдений приводит к значениям $\bar{x}=11,31$ и $S=2,68$, откуда для 5%-ного критического уровня максимальное допустимое отклонение от среднего равно $\pm 6,93$, что дает минимальную границу наблюдений 4,38. Таким образом, и в этом случае минимальное значение нужно исключить из выборки.

Для проверки нормальности распределения выборочных значений существует ряд точных методов (критерий хи-квадрат, критерий Колмогорова-Смирнова и др.), но в случае приближенных расчетов можно руководствоваться упрощенными правилами. 1. Практически все отклонения наблюдений от среднего значения должны быть меньше 3 s ; примерно $2/3$ всех отклонений должны быть меньше 1 s ; половина отклонений — меньше 0,675 s . 2. Если обозначить величину среднего абсолютного отклонения (т. е. сумму всех отклонений наблюдений от среднего, взятых без знаков, деленную на число наблюдений) через A , то для приближенно нормально распределенной выборки объема n будет выполнено неравенство $|A/s - 0,798| < 0,4/\sqrt{n}$. 3. Если отношение размаха выборки к среднему квадратическому отклонению $H=R/s$ при заданном уровне значимости меньше нижней границы (столбцы 8, 9 приложения 9) или больше верхней (столбцы 10, 11, там же), то распределение не подчиняется нормальному закону (критерий Дейвида). Если превзойдена верхняя граница, то обычно имеются выбросы отдельных значений. Особо важны 10%-ные границы.

В случае, если исходное распределение отлично от нормального, иногда его можно нормализовать одним из преобразований: $y = \log x$; $y = \sqrt{x}$; $y = 1/x$; $y = \arcsin \sqrt{x/x_{\max}}$.

Особенно полезно при анализе физиологических показателей первое преобразование, так как многие величины бывают распределены логарифмически нормально. При этом обычно большие положительные отклонения от среднего встречаются редко, а малые отрицательные — часто. В этом случае мода (наиболее часто встречаемое в выборке значение показателя) меньше среднего значения выборки.

СРАВНЕНИЕ ДВУХ СВЯЗАННЫХ ВЫБОРОК

Часто физиолог ставит своей задачей сравнение двух исследований или одного из них с контролем, проведенным на тех же животных. Этот подход зачастую оказывается эффективнее, чем проведение исследований на двух различных группах животных, так как он позволяет исключить различия, связанные не с эксперимен-

том, а с другими источниками (например, вызванные неодинаковой индивидуальной чувствительностью животных). При таком методе исследователь имеет дело только с величиной реакции на воздействие (или с разностью реакций), а не с самими величинами реакций, что особенно выгодно при неустойчивости последних. Рассмотрим четыре основных критерия определения достоверности наличия реакций в соответствии с разными уровнями измерений.

Классификационный уровень

В этом случае применяются два критерия — знаков и Макнимара.

Критерий знаков (Диксона и Муда). Он применим тогда, когда известен знак реакции у различных *не связанных между собой пар* (поэтому его нельзя применять при анализе динамики двух кривых). Проверяется гипотеза, что положительная и отрицательная реакции равновероятны. Нулевые реакции отбрасываются, и число членов в выборке соответственно уменьшается. В этом случае число реакций каждого знака должно лежать внутри пределов, приведенных в столбцах 12—13 и 14—15 приложения 9 для 5%-ного и 1%-ного уровня значимости. Пример пользования критерием знаков был приведен ранее.

Критерий Макнимара. Этот критерий не требует знания таблиц. Если некоторый признак с самого начала был присущ определенной доле объектов, а после некоторого воздействия произошло перераспределение этого признака между объектами, то можно проверить гипотезу — различаются ли доли объектов, получивших и утративших этот признак. Обозначим наличие признака знаком +, отсутствие — знаком —. Составим затем следующую четырехпольную таблицу, где K означает контроль, O — опыт, A — число объектов, не изменивших после опыта положительной реакции, имевшей место в контроле, и т. д.

		O	
		+	—
K	+	A	B
	—	C	D

Затем подсчитывается величина критерия хи-квадрат:

$$\chi^2 = (|B - C| - 1)^2 / (B + C + 1). \quad (9)$$

Если эта величина превышает 5%-ный или 1%-ный критические уровни для критерия хи-квадрат с одной степенью свободы, т. е. 3,84 или 6,64, то можно считать, что доля объектов, обладающих указанным признаком, в результате опыта изменилась по сравне-

нию с контролем. Условием применимости этого критерия является требование $B + C \geq 8$.

Пример: Пусть в норме из 40 испытуемых 20 определило некоторое воздействие как слабое (—). После подъема в барокамере на определенную высоту из группы, описавших ранее это воздействие как слабое, 2 человека стали считать его сильным, а из 20 человек, ранее оценивших воздействие как сильное, 11 стали считать его слабым. Тогда $A=9$; $B=11$; $C=2$ и $D=18$. Значение критерия Макнимара равно 4,57, что превышает 5%-ный уровень значимости (95%-ный уровень надежности заключения). Отсюда следует вывод, что подъем в барокамере изменил чувствительность испытуемых к воздействию (частично снизив ее).

Порядковый уровень

На этом уровне измерений наиболее часто используют критерий Вилкоксона для связанных пар. Этот критерий применяют, когда известен не только знак разности, но и ее величина (хотя бы определенная по балльной системе). Пользование критерием осуществляется по следующей схеме. Вначале для каждой пары определяется разность между двумя оценками (в опыте и контроле). Затем все разности упорядочиваются по абсолютной величине (без учета знака) и ранжируются, т. е. нумеруются в возрастающем порядке. Наблюдения с нулевой разностью исключаются, разностям с равными значениями приписываются средние ранги из занимаемых ими в упорядоченной последовательности мест. Каждому рангу приписывается знак соответствующей разности. Затем определяется величина T — сумма рангов, имеющих реже встречающийся знак. Если общее число наблюдений, имеющих знак, менее 25, используется таблица критических значений, приведенная для 5%-ного и 1%-ного уровней значимости в столбцах 16 и 17 приложения 9. При этом если найденное значение T меньше табличного, то гипотеза, что медиана разностей парных наблюдений равна нулю (т. е. что в генеральной совокупности 50% наблюдений меньше нуля и 50% — больше), отвергается на уровне значимости, приведенном в таблице, и мы вправе считать наличие реакции доказанным.

Пример: У 12 испытуемых до тренировки на решение определенной задачи ушло время 45, 54, 32, 61, 81, 58, 49, 55, 90, 65, 54, 66 с. После тренировки на решение такой же задачи потребовалось 38, 46, 36, 58, 78, 54, 49, 44, 80, 60, 56, 62 с. Определить достоверность изменения времени реакции под влиянием тренировки.

Определяем разности времени реакции до и после тренировки (эффект тренировки): +7, +8, —4, +3, +3, +4,0, +11, +10, +5, —2, +4. Отбрасываем нулевое значение и упорядочиваем разности по абсолютной величине: —2, +3, +3, —4, +4, +4, +5, +7, +8, +10, +11. Приписываем разностям ранги; ранги отрицательных разностей подчеркиваем: 1; 2,5; 2,5; 5; 5; 7; 8; 9; 10; 11. Находим сумму рангов отрицательных разностей: $T = 1 + 5 = 6$. Это меньше 5%-ного критического уровня, равного 10, но больше 1%-ного уровня, равного 5. Вывод: с вероятностью ошибки не более 5% время на решение задачи в результате тренировки сократилось.

При $n \geq 25$ можно обходиться без таблиц, пользуясь тем, что критическое значение можно определить по формуле

$$T_p = n(n+1)/4 - t_p \sqrt{n(n+1)(2n+1)/24}, \quad (10)$$

где t_p — $p\%$ -ный уровень значимости для нормального распределения.

Интервальный уровень

В этом случае для нормальных наблюдений можно пользоваться обычным критерием Стьюдента, как это было показано ранее, а для случая, когда размахи наблюдений в контрольной и опытной группе существенно различаются или наблюдения не подчиняются нормальному распределению, — критерием Вилкоксона для парных сравнений.

Для определения значимости средней разности пар служит отношение

$$t = |x|/m, \quad (11)$$

величина которого сравнивается с критическими значениями критерия Стьюдента при избранном уровне значимости и $f=n-1$ степени свободы, где n — число пар.

Если нет возможности провести эксперименты и контроль на одних и тех же животных, но можно до начала опыта подобрать такие пары животных, которые ближе друг к другу по некоторым показателям, чем к другим животным (например, по росту, массе, происхождению из одного помета), то проведение анализа по таким, искусственно созданным парам, как правило, позволяет точнее выявить наличие реакции, чем сравнение средних значений исследуемого показателя в двух независимых выборках.

СРАВНЕНИЕ ДВУХ НЕЗАВИСИМЫХ ВЫБОРОК

При сопоставлении результатов опытов, проведенных на различных группах объектов или в различных условиях, чаще всего физиолога интересует, изменилось ли распределение выборочных значений в одном опыте по сравнению с другим. При этом это изменение далеко не всегда обязательно связано с изменением средней величины измеряемого признака. Более того, анализ характера изменения закона распределения может дать вдумчивому исследователю значительно больше сведений о характере влияния эксперимента на объект, чем механическое применение критерия Стьюдента для проверки существенности различия средних. Поэтому выбор подходящего критерия проверки различия выборок должен производиться с большой осторожностью. Ниже излагаются наиболее часто применяемые критерии для различных уровней измерения.

Классификационный уровень

Критерий хи-квадрат 2×2 употребляется для проверки, существенно ли отличается доля встречаемости некоторого признака в двух выборках или это отличие на данном уровне надежности заключения может объясняться случайными причинами. Пусть в первой выборке A объектов имеют некоторый признак (\pm), B — не имеют, а во второй — C имеют этот же признак, а D — не имеют. Тогда эти данные можно представить в виде следующей четырехпольной таблицы:

	Признак		Всего
	+	—	
I выборка	A	B	n_1
II выборка	C	D	n_2
Всего	n_3	n_4	n

Если общее число наблюдений $n \geq 20$ и при этом каждая из сумм по строкам и столбцам таблицы больше 6, то нужно подсчитать величину:

$$\chi^2 = n(AD - BC)^2 / (n_1 n_2 n_3 n_4), \quad (12)$$

а если $n_1 > 5$ и $n_2 > n_1/3$, но $n \leq 20$, то в этой формуле нужно заменить n на $n-1$. Полученную величину χ^2 нужно сравнить с табличным значением критерия хи-квадрата для одной степени свободы (для 5%-ного уровня значимости — 3,84, для 1%-ного — 6,63) и в случае превышения этой величины гипотеза о равенстве долей в обеих выборках может быть отброшена.

Пример: Из 40 контрольных мышей через 10 мин после подъема в барокамере умерло 24. После предварительной адаптации к гипоксии из 20 мышей за тот же срок умерло 4. Существенно ли повлиял на чувствительность мышей к гипоксии избранный метод адаптации?

Здесь $A=24$; $B=16$; $C=4$; $D=16$ и $\chi^2=8,57$, что существенно даже для 1%-ного уровня значимости. Отсюда с вероятностью ошибки не более 1% можно сделать заключение, что избранный метод адаптации оказывает существенное влияние на чувствительность мышей к гипоксии.

Порядковый уровень

На этом уровне измерений наиболее эффективным критерием является критерий Манна-Уитни. Его применяют для проверки гипотезы, что функции распределения вероятностей для двух сравниваемых выборок равны. Правила пользования этим критерием сходны с описанными правилами использования критерия Вилкоксона: наблюдения обеих выборок объединяются в общую группу, затем им приписываются ранги (номера), например, в порядке возрастания значений признака наблюдениям с одинаковыми значениями приписываются одинаковые ранги, средние из занимаемых

ими номеров. Затем берут сумму рангов наблюдений меньшей выборки (обозначим эту сумму через R_1) и высчитывают величину:

$$U = n_1 n_2 - R_1 + n_1(n_1 + 1)/2, \quad (13)$$

где n_1 — число наблюдений в меньшей выборке, n_2 — в большей. Если оказывается, что $U \geq n_1 n_2 / 2$, то заменяют U на величину $(n_1 n_2 - U)$. Далее величину U сравнивают с критической для объемов выборок n_1 и n_2 , взятой из приложений 10 и 11, если $n_1 \leq 20$ и $n_2 \leq 25$, или рассчитанной по формуле

$$U_{p\%} = n_1 n_2 / 2 - t_{p\%} \sqrt{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1) / 12} \quad (14)$$

при n_1 и $n_2 > 8$. Если значение U меньше или равно критическому, то гипотеза о равенстве функций распределения выборок отвергается. Этот критерий нечувствителен к одиночным большим или малым значениям в выборке, далеко отстоящим от общей группы.

Пример: При тренировке по методу А у 8 испытуемых время выполнения задания составляло 8, 15, 24, 35, 42, 46, 49, 80 с, при тренировке по методу В у других 8 человек — 4, 6, 7, 13, 18, 22, 22, 40 с. Проверить гипотезу, что результаты обоих методов тренировки различаются недостоверно. Составим следующую таблицу:

Время (с)	4	6	7	8	13	15	18	22	22	24	35	40	42	46	49	80
Метод	В	В	В	А	В	А	В	В	В	А	А	В	А	А	А	А
Ранг	1	2	3	4	5	6	7	8,5	8,5	10	11	12	13	14	15	16
Ранги А				+4		+6				+10+11			+13+14	+15	+16	

Сумма значений $R_1 = 89$; $U = 64 + 36 - 89 = 11$. Так как $U < 64/2$, то замена не производится. Значение $U = 11$ меньше критического значения для 5%-ного уровня, равного 13, в силу чего считаем, что с вероятностью ошибки заключения не свыше 5% методы А и В дают различные эффекты при выполнении данного контрольного задания.

Интервальный уровень

Чаще всего для решения вопроса о различии распределения двух выборок используют критерии Колмогорова-Смирнова или хи-квадрат $2 \times n$, а при решении вопроса о существенности различия средних в этих выборках — критерий Стьюдента.

Критерий Стьюдента. Если заданы две выборки: одна объемом n_1 со средним значением \bar{x}_1 , средним квадратическим отклонением s_1 и ошибкой среднего m_1 и вторая — объема n_2 со средним \bar{x}_2 , средним квадратическим отклонением s_2 и ошибкой среднего m_2 , то, чтобы определить существенность различия средних \bar{x}_1 и \bar{x}_2 , необходимо:

1) проверить нормальность распределения выборок, отбросить грубые ошибки, если нужно — нормализовать данные;

2) проверить гипотезу равенства дисперсий в выборках согласно критерию Фишера F . Для этого определяют величину $F = s_a^2 / s_b^2$, где в числителе стоит большая из величин s_1^2 и s_2^2 , а в знаменателе — меньшая. Полученное значение F сравнивают с таблиц-

ным для избранного уровня значимости (см. приложение 12) при $f_1 = a - 1$ и $f_2 = b - 1$ степенях свободы и, если оно превышает табличное, то считают, что рассеивание данных в выборках существенно различно (это само по себе может быть интересно для физиолога).

Если суммарное число наблюдений в обеих выборках больше 20, то определяют величину t :

$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \quad (15)$$

и сравнивают с табличной для $f = n_1 + n_2 - 2$ степеней свободы. Если же $n_1 + n_2 \leq 20$ или $n_1 \gg n_2$, то следует пользоваться более точной формулой:

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{(n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \quad (16)$$

Так как $(n - 1) s^2 = \sum x^2 - (\sum x)^2 / n$, то последняя формула может быть представлена в виде

$$t = \left\{ \frac{(n_1 + n_2 - 2) (n_2 \sum x_1 - n_1 \sum x_2)^2}{(n_1 + n_2) [n_1 n_2 (\sum x_1^2 + \sum x_2^2) - n_2 (\sum x_1)^2 - n_1 (\sum x_2)^2]} \right\}^{1/2}, \quad (17)$$

что примерно на 30% экономичнее в вычислениях, хотя и не дает значений параметров в явном виде. Полученное значение t также сравнивают с табличным для $f = n_1 + n_2 - 2$ степеней свободы.

Если рассеивание в выборках существенно различно, т. е. F превышает критическое значение при избранном уровне значимости, но нас все же интересует достоверность различия средних, то нужно по-прежнему пользоваться формулой (15), однако число степеней свободы f должно рассчитываться по более сложной формуле:

$$f = \frac{(m_1^2 + m_2^2)^2}{[m_1^4 / (n_1 + 1)] + [m_2^4 / (n_2 + 1)]} \quad (18)$$

Обычно это уточнение существенно лишь при $n_1 + n_2 < 20$.

Если мы хотим сравнить средние значения долей встречаемости признака \bar{p}_1 и \bar{p}_2 в двух выборках объема n_1 и n_2 , то нужно также пользоваться формулой (15) с учетом того, что при малых \bar{p}_1 и \bar{p}_2 желательно применять Φ -преобразование Фишера, как было указано ранее.

Пример: У 5 собак, не прошедших специальной тренировки, в условиях гипоксии для выработки условного рефлекса потребовалось 30, 36, 28, 44, 42 предъявления условного раздражителя. У 6 собак, прошедших тренировку, для выработки рефлекса потребовалось 28, 30, 24, 20, 26, 18 предъявлений. Проверить гипотезу, что тренировка существенно улучшает выработку рефлекса.

Для первой выборки $n_1 = 5$, $\sum x_1 = 180$; $\sum x_1^2 = 6680$; для второй — $n_2 = 6$, $\sum x_2 = 146$, $\sum x_2^2 = 3660$. Отсюда $\bar{x}_1 = 36,0$; $s_1^2 = 50$; $m_1^2 = 10$ и $\bar{x}_2 = 24,3$, $s_2^2 = 23,14$; $m_2^2 = 3,86$.

По критерию Фишера $F=2,16$, что меньше допустимого 5%-ного уровня для $f_1=5-1=4$ и $f_2=6-1=5$ степеней свободы, равного 5,19. Отсюда можно считать, что до и после тренировки вариабельность выработки условного рефлекса одинакова и можно для подсчета значения критерия Стюдента использовать формулу (17):

$$t = \sqrt{\frac{(5+6-2)(6 \cdot 180 - 5 \cdot 146)^2}{(5+6)[5 \cdot 6(6680 + 3660) - 6 \cdot 180^2 - 5 \cdot 146^2]}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 350^2}{11 \cdot 9220}} = 3,3.$$

Это значение для $5+6-2=9$ степеней свободы превосходит не только 5%-ный, но и 1%-ный уровень значимости. Отсюда влияние тренировки достоверно облегчает выработку условного рефлекса при гипоксии.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ДВУМЯ ПЕРЕМЕННЫМИ

Во многих ситуациях желательно оценить зависимости, связывающие два признака или характеристики, измеренные у одних и тех же индивидуумов или характеризующие одно и то же явление. Если значения измеряемых величин связаны не функциональной, а стохастической зависимостью, т. е. невозможно по значениям одной переменной точно предсказать значения другой, то существование и степень такой взаимосвязи проверяются при помощи расчета коэффициентов корреляции различного вида. Нужно сразу учесть, что коэффициент корреляции позволяет только установить наличие и определить степень связи, но ничего не говорит о порождающих эту взаимосвязь причинах (при этом характеристика связи зависит от сделанных заранее предположений о ее виде и от уровня измерения признаков). Корреляция может быть ложной или формальной (связь между долей голубоглазых людей и долей протестантов при движении с севера на юг в Западной Европе), порождена неоднородностью исследуемого материала (связь между ростом и силой жима правой кисти в группе, объединяющей мужчин и женщин, какой-то общей зависимостью от третьей величины (рост числа телевизоров и психических заболеваний в Англии за послевоенные годы) и, наконец, обусловленной чисто причинной зависимостью (физическая нагрузка и пульс). Оpozнание причинной зависимости требует предварительного исключения всех других возможностей и в физиологии часто бывает весьма затруднительно в связи со сложностью процессов, происходящих в организме.

Теперь перейдем к рассмотрению наиболее употребительных коэффициентов корреляции.

Классификационный уровень

В общем случае, когда все наблюдения характеризуются двумя признаками, значение каждого из которых может быть отнесено к одной из нескольких групп, чаще всего проверяют гипотезу, что

распределение значений одного признака не зависит от группы, к которой принадлежит значение второго признака.

Если первый признак имеет R групп значений, а второй — C групп, то все наблюдения могут быть сведены в двухходовую таблицу ($R \times C$) с R столбцами и C строками. Пусть сумма всех наблюдений в i -м столбце равна n_i , в j -й строке — n_j , число наблюдений в ячейке на пересечении этих столбцов и строки — n_{ij} , а общее число наблюдений n . Тогда, если бы распределение второго признака совершенно не зависело бы от значений первого, ожидаемое число наблюдений в указанной ячейке равнялось бы $E_{ij} = n_i n_j / n$. Подсчитывая числа E_{ij} для каждой ячейки, находим по всем ячейкам сумму величин:

$$\chi^2 = \sum_{i,j} (n_{ij} - E_{ij})^2 / E_{ij} = \sum_{i,j} \chi_{ij}^2. \quad (19)$$

Полученное значение хи-квадрат для $f = (R-1)(C-1)$ степеней свободы определяет (при превышении соответствующего 5%-ного или 1%-ного уровня значимости, приведенного в столбцах 4—5 приложения 8) значимость взаимосвязи между признаками. Чтобы определить величину этой взаимосвязи, нужно вычислить так называемый коэффициент сопряженности Пирсона-Павлика, равный

$$CC = \sqrt{[\chi^2 / (n + \chi^2)] [r / (r - 1)]}, \quad (20)$$

где r — меньшее из чисел R и C . Эта величина лежит между 0 и 1, и значимость коэффициента определяется значимостью χ^2 .

Пример: Группе кроликов подавали три дозированных раздражителя — свет рассеянный (CP), свет точечного источника (CT) и звук ($Зв$). Отмечали действия животного в течение 10 с после подачи раздражителя — движение передних лап ($Пл$), задних лап ($Зл$), совместные движения лап (C) и отсутствие видимой реакции (O). Проверить гипотезу, что спектр движений не связан с видом раздражителя (данные условны).

Составляем таблицу 4×3 следующего вида:

Раздражители	Показатели	Тип движения				Всего
		O	$Пл$	$Зл$	C	
CP	n_{i1}	45	20	10	22	100
	E_{i1}	48	24	12	16	
	χ_{i1}^2	0,19	0,67	0,33	5,01	6,20
CT	n_{i2}	15	15	8	12	50
	E_{i2}	24	12	6	8	
	χ_{i2}^2	3,62	0,75	0,67	2,00	7,04

	n_{ij}	60	25	12	3	100
$Зв$	E_{ij}	48	24	12	16	
	χ^2_{ij}	3,00	0,04	0,00	10,06	13,10
Всего		120	60	30	40	250
	χ^2	6,81	1,46	1,00	17,07	26,34

Здесь n_{ij} — данные, полученные в эксперименте; E_{ij} — значения, ожидаемые при гипотезе независимости; χ^2_{ij} — слагаемые итогового значения хи-квадрат, равного 26,34, что превосходит критическое значение как для 5%-ного, так и для 1%-ного уровня значимости при $(3-1) \times (4-1) = 6$ степенях свободы. Отсюда коэффициент сопряженности между типом раздражителя и видом движений животных высоко достоверен и раздражители применяемой в опыте интенсивности, видимо, нельзя считать не оказывающими влияние на поведение животного. Величина этого коэффициента сопряженности равна

$$CC = \sqrt{[26,34 / (250 + 26,34)] [3 / (3 - 1)]} = 0,375.$$

Отметим, что для правильного вычисления величины хи-квадрат необходимо, чтобы не более 20% всех E_{ij} было < 5 и не более одного $E_{ij} \leq 1$, иначе необходимо произвести объединение каких-то групп значений.

Порядковый уровень

На этом уровне измерений проверяют наличие и степень монотонной (хотя бы и нелинейной) связи между значениями двух переменных. Для этого находят коэффициент ранговой корреляции Спирмана ρ_s . Коэффициент Спирмана определяет взаимозависимость между двумя рядами значений, распределенными по любому закону, не требуя проверки нормальности распределения или отбрасывания крайних членов выборок. Для вычисления его значения оба ряда в отдельности нужно ранжировать (как для критерия Манна-Уитни), т. е. приписать каждому наблюдению номер (ранг) в порядке возрастания, затем образовать разности D для пар рангов. Значение ρ_s находят по формуле

$$\rho_s = 1 - 6 \sum D^2 / (n^3 - n), \quad (21)$$

где n — число пар наблюдений. Критические значения ρ_s для 5%-ного и 1%-ного уровней значимости при $n \leq 30$ приведены в столбцах 18—19 приложения 9. При $n > 30$ значимость ρ_s можно проверить, вычислив величину $t_s = |\rho_s| \sqrt{n-1}$ и сравнив ее с критическими значениями критерия Стьюдента для $f = n-2$ степеней свободы. В случае отсутствия таблицы для получения приближенного суждения о значимости ρ_s для $n \geq 10$ нужно вычислить $t_s = |\rho_s| \sqrt{(n-2)/(1-\rho_s^2)}$ и сравнить эту величину с критическими значениями для критерия Стьюдента при $f = n-2$ степенях свободы.

Пример: У 9 человек после однократной физической дозированной нагрузки частота дыхания (ЧД) составляла 36, 40, 54, 38, 48, 42, 60, 44, 46 дыханий/мин, а частота сердечных сокращений (ЧСС) — соответственно 91, 104, 130, 98, 112, 112, 135, 120, 126 ударов/мин. Определить степень корреляции между этими величинами. Решение проводим по следующей схеме:

Испытуемые	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЧД	36	40	54	38	48	42	60	44	46
ЧСС	91	104	130	98	112	112	135	120	126

Ранг ЧД	1	3	8	2	7	4	9	5	6
Ранг ЧСС	1	3	8	2	4,5	4,5	9	6	7

Разность рангов	0	0	0	0	2,5	0,5	0	1	1
Квадраты разностей рангов					6,25	0,25		1	1

$\rho_s = 1 - 6 \cdot 8,5 / (9^3 - 9) = 0,96$, что превышает даже 1%-ный уровень значимости.

Интервальный уровень

При анализе, производимом на этом уровне, чаще всего используют коэффициент прямолинейной корреляции Пирсона. Он принимает значения от -1 до $+1$, и эти крайние значения достигаются им только в том случае, когда между исследуемыми величинами имеется функциональная прямолинейная связь. Во всех прочих случаях его значение будет находиться внутри этих пределов. Вычисление значения этого коэффициента производится по формуле

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}, \quad (22)$$

где через x обозначены элементы одной выборки, через y — другой, остальные обозначения те же, что были использованы ранее. Величина $\sum xy$ обозначает сумму попарных произведений значений обеих выборок по всем исследованным объектам.

Проверка значимости корреляции (т. е. проверка гипотезы, что наблюдаемая корреляция не может быть объяснена случайными причинами) производится путем сравнения величины

$$t = |r| \sqrt{(n-2)/(1-r^2)} \quad (23)$$

с требуемым критическим значением критерия Стьюдента при заданном уровне значимости и $n-2$ степенями свободы. Так как значения коэффициента корреляции ограничены, то его распределение по мере приближения к границам все более отличается от

нормального. Поэтому, если мы желаем найти доверительные границы для коэффициента корреляции или сравнить два выборочных коэффициента прямолинейной корреляции, мы должны предварительно воспользоваться z -преобразованием Фишера: $z = 1,1513 \lg[(1+r)/(1-r)]$. Это преобразование применяют только при $n \geq 10$. Тогда полученная величина z распределена нормально со стандартным отклонением $s_z = 1/\sqrt{n-3}$ и, следовательно, чтобы определить достоверность различия двух коэффициентов корреляции r_1 и r_2 , вычисленных по выборкам n_1 и n_2 , нужно найти величину

$$t = \frac{|z_1 - z_2|}{\sqrt{[1/(n_1 - 3)] + [1/(n_2 - 3)]}} \quad (24)$$

и сравнить ее с табличным значением критерия Стьюдента для $f = n_1 + n_2 - 2$ степеней свободы и требуемого уровня значимости.

Пример: Воспользуемся данными предыдущего примера. Здесь $n=9$, $\Sigma x = 408$; $\Sigma x^2 = 18\,976$; $\Sigma xy = 47\,436$; $\Sigma y^2 = 119\,290$; $\Sigma y = 1028$.

$$r = \frac{9 \cdot 47\,436 - 408 \cdot 1028}{\sqrt{[9 \cdot 18\,976 - 408^2][9 \cdot 119\,290 - 1028^2]}} = \frac{7500}{\sqrt{4320 \cdot 16\,826}} = 0,88.$$

Это значение при $n=9$ превышает и 5%-ный и 1%-ный уровни значимости (столбцы 20—21 приложения 9), следовательно, эта корреляция высоко достоверна. Чтобы определить границы 95%-ного доверительного интервала для значения истинного коэффициента корреляции, нужно перейти к преобразованным данным $z=1,38$ и, взяв в качестве критического значения для 95% надежности заключения $t=1,96$, получаем границы доверительного интервала $1,38 \pm 1,96/\sqrt{1/(9-3)} = 1,38 \pm 0,80$. Это соответствует границам 95%-ного доверительного интервала для r от 0,52 до 0,975.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Таблица для расчета основного обмена мужчин
(1 ккал = 4,19 кДж)

А				Б																			
Масса, кг	Калории	Масса, кг	Калории	Рост, см	Мужчины (возраст в годах)																		
					17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45				
44	672	85	1235	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	685	86	1249	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46	699	87	1263	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
47	713	88	1277	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
48	727	89	1290	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
49	740	90	1304	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	754	91	1318	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
51	768	92	1332	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52	782	93	1345	72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
53	795	94	1359	76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	809	95	1373	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55	823	96	1387	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	837	97	1406	88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	850	98	1414	92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
58	864	99	1428	96	113	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
59	878	100	1442	100	153	128	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	892	101	1455	104	193	168	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
61	905	102	1469	108	233	208	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62	919	103	1483	112	273	248	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63	933	104	1497	116	313	288	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
64	947	105	1510	120	353	328	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65	960	106	1524	124	393	368	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
66	974	107	1538	128	433	408	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
67	988	108	1552	132	473	448	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
68	1002	109	1565	136	513	488	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
69	1015	110	1579	140	553	528	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	1029	111	1593	144	593	568	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
71	1043	112	1607	148	633	608	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
72	1057	113	1620	152	673	648	619	605	592	578	565	551	538	524	511	497	484	470	457	—	—	—	—
73	1070	114	1634	156	713	678	669	625	612	598	585	571	558	544	531	517	504	490	477	—	—	—	—
74	1084	115	1648	160	743	708	659	645	631	618	605	591	578	564	551	537	524	510	497	—	—	—	—
75	1098	116	1662	164	773	738	679	665	652	638	625	611	598	584	571	557	544	530	517	—	—	—	—
76	1112	117	1675	168	803	768	699	685	672	658	645	631	618	604	591	577	564	550	537	—	—	—	—
77	1125	118	1689	172	823	788	719	705	692	678	665	651	638	624	611	597	584	569	557	543	—	—	—
78	1139	119	1703	176	843	808	729	725	718	698	685	671	658	644	631	617	604	590	577	—	—	—	—
79	1153	120	1717	180	863	828	759	745	732	718	705	691	678	664	651	637	624	610	597	—	—	—	—
80	1167	121	1730	184	883	848	779	765	752	738	725	711	698	684	671	657	644	630	617	—	—	—	—
81	1180	122	1744	188	903	868	799	785	772	758	745	731	718	704	691	677	664	650	637	—	—	—	—
82	1194	123	1758	192	923	888	819	805	792	778	765	751	738	724	711	697	684	670	657	—	—	—	—
83	1208	124	1772	196	—	908	839	825	812	798	785	771	758	744	731	717	704	690	677	—	—	—	—
84	1222	—	—	200	—	—	859	845	832	818	805	791	778	764	751	737	724	710	697	—	—	—	—

Приложение 2. Таблица для расчета основного обмена женщин
(1 ккал = 4,19 кДж)

А				Б															
Масса, кг	Калории	Масса, кг	Калории	Рост, см	Женщины (возраст в годах)														
					17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
44	1076	85	1468	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	1085	86	1478	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46	1095	87	1487	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
47	1105	88	1497	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
48	1114	89	1506	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
49	1124	90	1516	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	1133	91	1525	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
51	1143	92	1535	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52	1152	93	1544	72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
53	1162	94	1554	76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	1172	95	1564	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55	1181	96	1573	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	1191	97	1583	88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	1200	98	1592	92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
58	1210	99	1602	96	—21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
59	1219	100	1661	100	—5	—14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	1229	101	1621	104	11	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
61	1238	102	1631	108	27	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62	1248	103	1640	112	43	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63	1258	104	1650	116	59	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
64	1267	105	1659	120	75	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65	1277	106	1669	124	101	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
66	1286	107	1678	128	107	98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
67	1296	108	1688	132	123	114	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
68	1305	109	1698	136	139	130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
69	1315	110	1707	140	155	146	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	1325	111	1717	144	171	162	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
71	1334	112	1726	148	187	178	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
72	1344	113	1736	152	201	192	183	174	164	155	146	136	127	117	108	99	89	80	71
73	1353	114	1745	156	215	206	190	181	172	162	153	144	134	125	116	106	97	87	78
74	1363	115	1755	160	229	220	198	188	179	170	160	151	142	132	123	114	104	95	86
75	1372	116	1764	164	243	234	205	196	186	177	168	158	149	140	130	121	112	102	93
76	1382	117	1774	168	255	246	213	203	194	184	175	166	156	147	138	128	119	110	100
77	1391	118	1784	172	267	258	220	211	201	192	183	173	164	154	145	136	126	117	108
78	1401	119	1793	176	279	270	227	218	209	199	190	181	171	162	153	143	134	123	115
79	1411	120	1803	180	291	282	235	225	216	207	197	188	179	169	160	151	141	132	124
80	1420	121	1812	184	303	294	242	233	223	214	204	195	186	177	167	158	149	139	130
81	1430	122	1822	188	313	304	250	240	231	221	215	203	193	184	175	165	156	147	137
82	1439	123	1831	192	322	314	257	248	238	229	220	210	201	191	182	173	163	154	145
83	1449	124	1841	196	333	324	264	255	246	236	227	218	208	199	190	180	171	161	152
84	1458	—	—	200	—	334	272	262	253	244	234	225	216	206	197	188	179	169	160

Приложение 3. Калорийский эквивалент кислорода при разных
дыхательных коэффициентах (1 ккал = 4,19 кДж)

Дыхательный коэффициент	Калорийский эквивалент, ккал	Дыхательный эквивалент	Калорийский эквивалент, ккал	Дыхательный коэффициент	Калорийский эквивалент, ккал	Дыхательный эквивалент	Калорийский эквивалент, ккал
0,70	4,686	0,86	4,876	0,78	4,776	0,94	4,973
0,71	4,690	0,87	4,887	0,79	4,789	0,95	4,985
0,72	4,702	0,88	4,900	0,80	4,801	0,96	4,997
0,73	4,714	0,89	4,912	0,81	4,813	0,97	5,010
0,74	4,727	0,90	4,924	0,82	4,825	0,98	5,022
0,75	4,739	0,91	4,936	0,83	4,838	0,99	5,034
0,76	4,752	0,92	4,948	0,84	4,850	1,00	5,047
0,77	4,764	0,93	4,960	0,85	4,863	—	—

Приложение 4. Проба Мастера с дозированной физической нагрузкой
(число ступеней, которое должен пройти обследуемый в течение 1,5 мин)

Масса тела, кг	Возраст, лет					
	15—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69
41—45	28 (26)	28 (27)	27 (25)	26 (23)	25 (22)	23 (20)
46—49	27 (25)	28 (26)	27 (25)	25 (23)	24 (21)	22 (19)
50—53	26 (23)	27 (25)	26 (24)	25 (22)	23 (20)	22 (18)
54—58	25 (22)	26 (24)	26 (23)	24 (21)	23 (19)	21 (18)
59—63	24 (20)	25 (23)	25 (22)	23 (20)	22 (19)	20 (17)
64—67	23 (19)	24 (22)	24 (21)	23 (19)	21 (18)	20 (16)
68—72	22 (17)	24 (21)	24 (20)	22 (19)	20 (17)	19 (16)
73—76	21 (16)	23 (20)	23 (19)	22 (18)	20 (16)	18 (15)
77—81	20 (14)	22 (19)	23 (18)	21 (17)	19 (16)	18 (14)
82—85	19 (13)	21 (18)	22 (17)	20 (16)	19 (15)	17 (14)
86—90	18 (12)	21 (17)	21 (15)	20 (15)	18 (14)	16 (13)
91—94	—	20 (16)	21 (15)	19 (14)	17 (13)	16 (12)
95—99	—	19 (15)	20 (14)	18 (13)	17 (12)	15 (11)
100—103	—	18 (14)	20 (13)	18 (13)	16 (12)	14 (11)

Примечание. В скобках приведены данные для женщин.

Приложение 5. Основные единицы СИ

Наименование величины	Единица		Наименование величины	Единица	
	наименование	обозначение		наименование	обозначение
Длина	метр	м	Термодинамическая температура	кельвин	К
Масса	килограмм	кг	Сила света	кандела	кд
Время	секунда	с	Количество вещества	моль	моль
Сила электрического тока	ампер	А			

Приложение 6. Некоторые производные единицы СИ

Наименование величины	Единица	
	наименование	обозначение
Площадь	квадратный метр	м ²
Объем	кубический метр	м ³
Скорость	метр в секунду	м/с или м·с ⁻¹
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с ² или м·с ⁻²
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м ³ или кг·м ⁻³
Молярная концентрация	моль на кубический метр	моль/м ³ или моль·м ⁻³
Яркость	кандела на квадратный метр	кд/м ² или кд·м ⁻²

Приложение 7. Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования

Наименование величины	Единица		
	наименование	обозначение	выражение через основные и дополнительные единицы СИ
Частота	герц	Гц	с ⁻¹
Сила	ньютон	Н	м·кг·с ⁻²
Давление	паскаль	Па	м ⁻¹ ·кг·с ⁻²
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	Дж	м ² ·кг·с ⁻²
Мощность, лучистый поток	ватт	Вт	м ² ·кг·с ⁻³
Количество электричества (электрический заряд)	кулон	Кл	с·А
Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	вольт	В	м ² ·кг·с ⁻³ ·А ⁻¹
Электрическая емкость	фарад	Ф	м ⁻² ·кг ⁻¹ ·с ⁴ ·А ²
Электрическое сопротивление	ом	Ом	м ² ·кг·с ⁻³ ·А ⁻²

Наименование величины	Единица		
	наименование	обозначение	выражение через основные и дополнительные единицы СИ
Электрическая проводимость	сименс	См	м ⁻² ·кг ⁻¹ ·с ³ ·А ²
Магнитный поток	вебер	Вб	м ² ·кг·с ⁻² ·А ⁻¹
Магнитная индукция	тесла	Т	кг·с ⁻² ·А ⁻¹
Индуктивность	генри	Гн	м ² ·кг·с ⁻² ·А ⁻²
Активность радиоизотопа	беккерель	Бк	с ⁻¹

Приложение 8. 5%-ные и 1%-ные критические значения критериев Стьюдента и хи-квадрат

Число степеней свободы	Критерий Стьюдента		Критерий хи-квадрат		Число степеней свободы	Критерий Стьюдента		Критерий хи-квадрат	
	5%	1%	5%	1%		5%	1%	5%	1%
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	12,706	63,657	3,84	6,63	23	2,069	2,807	35,17	41,64
2	4,303	9,925	5,99	9,21	24	2,064	2,797	36,42	42,98
3	3,182	5,841	7,81	11,34	25	2,060	2,787	37,65	44,31
4	2,776	4,604	9,49	13,28	26	2,056	2,779	38,89	45,64
5	2,571	4,032	11,07	15,09	27	2,052	2,771	40,11	46,96
6	2,447	3,707	12,59	16,81	28	2,048	2,763	41,34	48,28
7	2,365	3,499	14,07	18,48	29	2,045	2,756	42,56	49,59
8	2,306	3,355	15,51	20,09	30	2,042	2,750	43,77	50,89
9	2,262	3,250	16,92	21,67	35	2,030	2,724	49,80	57,34
10	2,228	3,169	18,31	23,21	40	2,021	2,704	55,76	63,69
11	2,201	3,106	19,68	24,73	45	2,014	2,690	61,66	69,96
12	2,179	3,055	21,03	26,22	50	2,009	2,678	67,50	76,15
13	2,160	3,012	22,36	27,69	60	2,000	2,660	79,08	88,36
14	2,145	2,977	23,68	29,14	70	1,994	2,648	90,53	100,42
15	2,131	2,947	25,00	30,58	80	1,990	2,639	101,88	112,33
16	2,120	2,921	26,30	32,00	90	1,987	2,632	113,15	124,12
17	2,110	2,898	27,59	33,41	100	1,984	2,626	124,34	135,81
18	2,101	2,878	28,87	34,81					
19	2,093	2,861	30,14	36,19	120	1,980	2,617	146,57	158,95
20	2,086	2,845	31,41	37,57	200	1,972	2,601	234,0	249,4
21	2,080	2,831	32,67	38,93	500	1,965	2,586		
22	2,074	2,819	33,92	40,29	1000	1,962	2,581		
					∞	1,960	2,576		

Платонович О. Некоторые пересчетные коэффициенты и критические уровни различных статистических критериев

Проверка экстремальных значений				Проверка нормальности распределения				Сравнение связанных выборок						Кoeffициенты корреляции					
Оценки по R	Пределы отклонений от \bar{x} в долях s		Проверка значимости артефактности x_1		Нижняя критическая граница H		Верхняя критическая граница H		Критерий знаков			Критерий Манна-Уитни			Спирмана ρ_s		Пирсона r		
	Q5%	Q1%	Проверяемое отношение W	W5%	W1%	H5%	H1%	H10%	H5%	5%	1%	T5%	T1%	5%	1%	5%		1%	
K (n)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2 0,886				0,941	0,988	1,76	1,78	2,00	2,00	2,43						0,800		0,997	
3 0,591	1,155	1,155	$\frac{x_1 - x_2}{x_1 - x_n}$	0,560	0,698	2,28	2,37	2,95	3,01	3,22	1	0	6	0		0,679	0,857	0,754	0,875
4 0,486	1,481	1,496		0,507	0,637	2,40	2,49	3,14	3,22	3,40	1	0	7	2	0	0,595	0,810	0,707	0,834
5 0,430	1,715	1,764		0,554	0,683	2,50	2,59	3,31	3,40	3,55	1	0	8	3	1	0,583	0,767	0,666	0,798
6 0,395	1,887	1,973		0,512	0,635	2,59	2,68	3,45	3,55	3,68	2	1	9	8	3	0,552	0,733	0,632	0,765
7 0,370	2,020	2,139		0,477	0,597	2,67	2,76	3,57	3,68		2	1				0,527	0,700	0,602	0,735
8 0,351	2,126	2,274									3	10	10	13	5	0,496	0,671	0,576	0,708
9 0,337	2,215	2,387									4	11	11	17	9	0,478	0,642	0,553	0,684
10 0,325	2,290	2,482									5	12	12	21	12	0,459	0,622	0,532	0,661
11 0,315	2,355	2,564									6	13	13	25	15	0,443	0,600	0,514	0,641
12 0,307	2,412	2,636		0,576	0,679	2,74	2,84	3,68	3,80	4,17	7	14	14						
13 0,300	2,462	2,699		0,546	0,642	2,80	2,90	3,78	3,91		8	15	15						
14 0,293	2,507	2,755		0,521	0,615	2,86	2,96	3,87	4,00		9	16	16						
15 0,288	2,548	2,806		0,546	0,641	2,92	3,02	3,95	4,09		10	17	17						
				0,525	0,616	2,97	3,07	4,02	4,17		11	18	18						

[illegible]

Приложение 10. 5%-ные критические значения для критерия Манна-Уитни

[illegible]

Примечание 11. 1%-ные критические значения для критерия Манна-Уитни

[illegible]

Приложение 12. Верхние 5%-ные критические значения для F -распределения

Число степеней свободы для большой дисперсии t_a																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161	200	216	225	230	234	237	239	240	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	18,5	19,0	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

Приложение 13. Физиологический портрет студента

Ф. И. О.	Группа	Курс	Факультет	19. . гол
Антропометрические данные				
Дата рождения	возраст	полный	страна	пол
		масса тела		
		рост		
	температура тела			
	поверхность тела			
Кровь				
лейкоцитная формула	эритроцитов	лейкоцитов	тромбоцитов	гемоглобина
				цветной показатель
				процентное соотношение плазмы и форменных элементов
				СОЭ
	время свертывания	время кровотечения	группа крови	резус-фактор

Кровообращение

[illegible]

290

Обмен веществ и энергии

Нервно-мышечная система

291

Анализаторы

Высшая нервная деятельность

Правый глаз	левый глаз	цветоощущение	поле зрения	Слуховой	Тактильный	Обонятельный	Внимание	зрительная	слуховая	Память
								Динамический стереостип		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

1. Назовите функции крови.
2. Какие главные органические вещества входят в состав крови?
3. Какие главные катионы и анионы входят в состав крови?
4. Каков рН крови, что называется ацидозом и алкалозом?
5. Какие вещества относятся к буферным системам крови?
6. Какую роль играют легкие в нормализации рН крови?
7. Какую роль играют почки в нормализации рН крови?
8. Что называется щелочным резервом крови?
9. Какова роль осмотического давления крови?
10. Какова роль онкотического давления крови?
11. Каковы структура и функция эритроцитов?
12. Как построена молекула гемоглобина?
13. Как подсчитать количество эритроцитов в 1 мм^3 ?
14. Как определить содержание гемоглобина в крови?
15. Как вычислить цветной показатель крови?
16. Назовите известные соединения гемоглобина с газами.
17. Какие последствия имеет насыщение крови CO ?
18. Каковы последствия высокого содержания метгемоглобина в крови?
19. Что называется гемолизом и как выглядит гемолизированная кровь?
20. Какие виды гемолиза могут быть в организме?
21. Каков механизм осмотического гемолиза?
22. Как определить осмотическую резистентность эритроцитов?
23. Как определить скорость оседания эритроцитов и от чего она зависит?
24. Опишите эритропоэз и факторы, его стимулирующие.
25. Какова природа факторов Касла, в чем состоит их роль в процессе эритропоэза?
26. Как подсчитать количество лейкоцитов в крови?
27. Как определить лейкоцитарную формулу?
28. Назовите состав лейкоцитарной формулы. Каково значение «сдвига влево»?
29. Приведите примеры лейкоцитозов и лейкопений.
30. Каковы виды лейкоцитозов, возникающих у человека в разных условиях?
31. Перечислите основные функции лейкоцитов.
32. Какова роль Т- и В-зависимых лейкоцитов?
33. Опишите лейкопоэз и факторы, его стимулирующие.
34. Перечислите реакции агглютинации и групповые свойства крови.
35. Назовите групповые признаки крови представителей О, А, В и АВ групп.

36. Что такое Rh-фактор, и каково его значение в медицине?
37. Как определить группу крови?
38. Как определить наличие Rh-фактора?
39. Как сочетается кровь доноров всех групп с кровью реципиентов всех групп?
40. Реципиентам каких групп может быть перелита кровь доноров групп I, II, III и IV?
41. Какое правило надо знать, выявляя возможность переливания крови?
42. Действительно ли правило, принятое для оценки возможностей переливания крови, при массивном переливании?
43. Какие осложнения развиваются при переливании несовместимой группы крови?
44. Какие факторы составляют свертывающую систему крови?
45. Какие факторы относятся к противосвертывающим?
46. Опишите фазы процесса свертывания крови.
47. Как ускорить, замедлить и предотвратить свертывание крови?
48. Как определить время свертывания крови?
49. Как определить время кровотечения?
50. Опишите фибринолиз и его механизмы.
51. Сколько крови содержится в организме человека?

ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЦА

1. Из каких субклеточных структур состоят мышечные волокна сердца?
2. Какова функция митохондрий, саркоплазматического ретикула и лизосом мышечного волокна?
3. Каков механизм регуляции гликолиза и гликогенолиза в сердечной мышце?
4. В чем заключается механизм сокращения мышечных клеток сердца?
5. Какова ионная основа мембранного потенциала покоя и потенциала действия клеток миокарда?
6. Какова природа фазы реполяризации?
7. Из каких фаз состоит потенциал действия клеток миокарда?
8. Как развивались представления об автоматии сердца?
9. Каково значение диастолической деполяризации и порогового потенциала в поддержании автоматии сердца?
10. Дайте характеристику электрическим явлениям и ионным токам волокон — водителям ритма.
11. Из каких основных элементов состоит проводящая система сердца?
12. Каковы особенности распространения возбуждения в предсердиях и желудочках?
13. Каковы особенности распространения возбуждения через атрио-вентрикулярный узел?
14. В чем сущность аритмии сердца, связанной с нормальным рас-

пространением волны возбуждения по миокарду (трепетания и мерцания)?

15. В чем сущность современной гипотезы механизма сокращения миофибрилл миокарда?
16. Какова роль кальция в электромеханическом процессе мышечных волокон миокарда?
17. В чем сущность физико-химических процессов в период сокращения и расслабления миокарда?
18. Как влияет исходная длина волокон миокарда на силу сокращений?
19. Как влияет частота сердечбиений на регуляцию сократимости миокарда (хронотропию миокарда)?
20. Перечислите клапаны сердца и назовите их функцию.
21. Из каких фаз состоит сердечный цикл и какова их продолжительность?
22. В чем сущность асинхронизма деятельности правого и левого желудочков?
23. Как изменяется давление в полостях сердца, аорте и легочной артерии во время сердечного цикла?
24. Какие механизмы обеспечивают венозный приток крови к сердцу?
25. Назовите известные механические проявления сердечной деятельности и перечислите методы их исследования.
26. В чем заключается сущность ангиокардиографических, ультразвуковых и реографических методов исследования кинематики сердца?
27. Опишите методы измерения сердечного выброса.
28. Как изменяется сердечный выброс при различных физиологических состояниях?
29. Каков механизм возникновения тонов сердца?
30. В чем заключается принцип электрокардиографии и из каких элементов состоит электрокардиограмма?
31. В чем заключается общепринятая система электрокардиографических отведений?
32. Какие свойства сердца отражает электрокардиограмма?
33. На каком принципе основана вектор-кардиография?
34. Как осуществляется миогенная ауторегуляция сердца и каковы ее виды?
35. Какие факторы вызывают ауторегуляторные изменения частоты сердечбиений и каково значение миогенной регуляции?
36. Как влияют экстракардиальные нервы на ритм сокращения сердца?
37. При каких условиях проявляются «парадоксальные» хронотропные эффекты раздражения блуждающего нерва?
38. Как влияют блуждающие нервы на проводимость и возбудимость различных отделов сердца?
39. Какие предположительные механизмы вызывают ускользание сердца из-под влияния блуждающего нерва?

40. Опишите механизм влияния раздражения симпатического нерва на частоту сердечных сокращений.
41. Каков механизм влияния раздражения экстракардиальных нервов на силу сердечных сокращений?
42. Каковы особенности передачи нервных влияний в разных отделах сердца?
43. Как были открыты медиаторы? Каков механизм действия ацетилхолина?
44. Каков механизм синтеза, депонирования, выделения и инактивации катехоламинов в сердце?
45. В чем заключается инотропный эффект катехоламинов?
46. Какова роль вагусной иннервации сердца?
47. Какова роль симпатической иннервации сердца?
48. Как проявляются последствия денервации сердца?
49. Каково физиологическое значение взаимоотношений парасимпатической и симпатической иннервации сердца?
50. Какое влияние на сердце оказывают гормоны щитовидной железы (тироксин и трийодтиронин)?
51. Каковы основные принципы исследования рецепторных зон сердца?
52. Каковы физиологические особенности механорецепторов предсердий, желудочков и перикарда?
53. Какое значение имеют рефлекс с механорецепторов предсердий и желудочков?
54. По каким афферентным и эфферентным путям осуществляются рефлекс с рецепторов сосудов на сердце?
55. Какова характеристика рефлекс на сердце с аортально-каротидной зоны и рецепторов крупных артерий?
56. Как проявляются рефлекс на сердце с рецепторов внутренних органов и скелетных мышц?
57. Опишите рефлекс Гольца.
58. Опишите рефлекс Данини-Ашнера.
59. Как реагирует сердце на эмоциональные факторы?
60. Как выработать условно-рефлекторное изменение работы сердца?

ФИЗИОЛОГИЯ СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

1. Какие кровеносные сосуды называют «резистивными» и какие «емкостными»?
2. Какие кровеносные сосуды относят к системе микроциркуляции?
3. Вследствие чего кровь, выбрасываемая сердцем прерывисто, движется по сосудам непрерывно?
4. Что называют линейной скоростью кровотока?
5. Почему линейная скорость кровотока неодинакова в разных отделах сосудистой системы?
6. Чему равна линейная скорость кровотока в артериях, капиллярах и венах?

7. Что называют объемной скоростью кровотока?
8. С помощью какого уравнения можно вычислить объемную скорость кровотока?
9. Каково время кругооборота крови? Опишите методы его определения.
10. В каких сосудах происходит обмен веществ между кровью и тканями?
11. Какие кровеносные сосуды создают самое большое сопротивление кровотоку?
12. Каково должно быть систолическое, диастолическое и пульсовое давление у здорового человека 25-летнего возраста?
13. Какому давлению соответствует исчезновение звуковых явлений в плечевой артерии ниже наложенной на плечо манжетки, из которой выпускают воздух?
14. Какие факторы оказывают влияние на уровень артериального давления?
15. Чем обусловлено снижение артериального давления по мере продвижения крови по кровеносным сосудам и в какой части сосудистой системы происходит его резкое падение?
16. Какому давлению соответствует появление звуковых явлений в плечевой артерии ниже наложенной на плечо манжетки, из которой выпускают воздух?
17. Как может меняться уровень артериального давления при выполнении тяжелой физической работы?
18. Каково систолическое и диастолическое давление у практически здорового человека в возрасте 60 лет?
19. Каково происхождение пульсовых и дыхательных волн на кривой артериального давления?
20. Чем обусловлены волны III порядка?
21. Как определить пульсовое давление?
22. Назовите методы измерения кровяного давления у человека и животных.
23. Каков принцип непрямого измерения артериального давления у человека?
24. Как измеряют кровяное давление по способу Рива-Роччи?
25. Какова причина возникновения тонов Короткова?
26. В чем состоит преимущество измерения артериального давления аускультативным методом Короткова по сравнению с палпаторным по методу Рива-Роччи?
27. Чему равно давление в венах, лежащих вне грудной полости?
28. Какие факторы способствуют движению крови в венах?
29. Чему равна скорость распространения пульсовой волны и скорость течения крови в артериях?
30. Что такое артериальный пульс?
31. Какова причина возникновения дикротического зубца на сфигмограмме сонной и бедренной артерий?
32. Что означают зубцы *v*, *a*, *c* на флебограмме?
33. Что такое плетизмограмма?
34. Что такое реограмма?

35. Чем обеспечивается трансапиллярный кровоток?
36. Как изменится плетизмограмма указательного пальца правой руки при воздействии холода на предплечье этой же руки?
37. Чем обеспечивается юстакапиллярный кровоток?
38. Какие факторы определяют переход веществ из артериальной части капилляра в ткани?
39. Что называется реактивной гиперемией?
40. Какие факторы определяют переход веществ из тканей в венозную часть капилляра?
41. Что называется рабочей гиперемией?
42. Какие нервы оказывают вазоконстрикторный эффект, кто их открыл и в каком опыте?
43. Каков механизм местного расширения сосудов кожи при действии на нее горчичников?
44. Какие нервы оказывают сосудорасширяющий эффект?
45. На какие две группы можно разделить все рефлексы сосудистой системы?
46. Как изменится артериальное давление при раздражении центрального конца перерезанного синокаротидного нерва?
47. Какие нервы симпатической нервной системы оказывают сосудорасширяющий эффект?
48. Изменится ли и если да, то как, кровяное давление при раздражении центрального конца перерезанного депрессорного нерва?
49. Как и почему изменится артериальное давление, если сделать перерезку между спинным и продолговатым мозгом?
50. Изменится ли и если да, то как, просвет сосудов уха кролика при раздражении периферического конца перерезанного на этой же стороне шейного симпатического нерва?
51. Из каких отделов спинного мозга выходят вазоконстрикторные нервы?
52. Как изменится кровяное давление при раздражении задней группы ядер гипоталамуса?
53. Какое влияние на уровень кровяного давления оказывает раздражение периферического конца блуждающего нерва?
54. Как изменится кровяное давление при раздражении передней группы ядер гипоталамуса?
55. Как и на какие сосуды действует вазопрессин?
56. Как изменится кровяное давление при внутривенном введении адреналина?
57. Какие факторы стимулируют выработку ренина и каков механизм влияния ренина на уровень кровяного давления?
58. Какие продукты метаболизма вызывают расширение сосудов?
59. На сосуды каких органов адреналин оказывает сосудорасширяющий эффект?
60. В какую фазу сердечного цикла коронарный кровоток наиболее интенсивен?
61. Как изменится кровяное давление под действием ацетилхолина, гистамина и брадикинина?

62. Какие органы выполняют функцию кровяных депо?
63. Как изменится просвет кожных сосудов при вдыхании чистого диоксида углерода?
64. Как изменится просвет сосудов кожи и внутренних органов при низкой температуре окружающей среды?
65. Как изменится просвет сосудов кожи и внутренних органов при высокой температуре окружающей среды?

ДЫХАНИЕ

1. Какое значение для организма имеет процесс дыхания?
2. Что такое внешнее дыхание?
3. Каково значение воздухоносных путей в процессе дыхания?
4. Как осуществляется вдох при спокойном дыхании?
5. Как осуществляется выдох при спокойном дыхании?
6. Как происходит глубокий вдох?
7. Как происходит глубокий выдох?
8. Что такое грудной и брюшной тип дыхания?
9. Какие легочные объемы вы знаете?
10. Как определить величину жизненной емкости легких?
11. От каких факторов зависит величина жизненной емкости легких?
12. Что такое минутный объем дыхания?
13. Как определить величину минутного объема дыхания?
14. Как и почему изменяется внутриплевральное давление при вдохе и при выдохе?
15. Что такое эластическая тяга легких?
16. Чем обусловлена эластическая тяга легких?
17. Что такое пневмоторакс?
18. Чем по составу отличается выдыхаемый воздух от вдыхаемого?
19. Каков состав альвеолярного воздуха?
20. Чем объясняются отличия в составе выдыхаемого и альвеолярного воздуха?
21. Каков механизм газообмена между альвеолярным воздухом и кровью?
22. Каков механизм газообмена между кровью и тканями?
23. Что такое парциальное давление газа в газовой смеси?
24. Чем определяется растворимость газа в жидкости?
25. Что такое кислородная емкость крови?
26. Как осуществляется транспорт кислорода кровью?
27. Как осуществляется транспорт диоксида углерода кровью?
28. Какова роль эритроцитов в транспорте диоксида углерода?
29. Какова роль карбоангидразы в крови?
30. Как зависит количество образующегося в крови оксигемоглобина от парциального давления кислорода?
31. Как зависит количество образующегося в крови оксигемоглобина от напряжения диоксида углерода?
32. Что такое карбоксигемоглобин и каковы его свойства?

33. Каковы современные представления о структуре дыхательного центра?
34. Чем обусловлена правильная смена вдоха и выдоха?
35. Что такое апноэ, диспноэ, гиперпноэ?
36. Какие органы являются эффекторами в дыхательном рефлексе?
37. Какое влияние на дыхательный центр оказывает избыток диоксида углерода и недостаток кислорода в крови?
38. Что такое гиперкапния, гипокапния?
39. Что такое гипоксия?
40. Какие виды гипоксии вы знаете?
41. Что такое гипоксемия?
42. Какова роль хеморецепторов в регуляции дыхания?
43. Какова роль механорецепторов легких в регуляции частоты и глубины дыхания?
44. Чем обусловлен первый вдох ребенка?
45. Как осуществляется влияние изменений внешней среды на дыхание?
46. Каковы возрастные изменения функции дыхания?
47. В каких условиях и почему может возникнуть кессонная болезнь?
48. В чем причина возникновения высотной, или горной, болезни и как она проявляется?
49. Каковы приспособительные механизмы при длительном пребывании в горах?
50. Какие защитные дыхательные рефлексы вы знаете?

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

1. Что такое ассимиляция и диссимиляция?
2. Какова физиологическая роль белков в организме?
3. Сколько в среднем содержится азота в белках?
4. В чем выражается видовая специфичность белков?
5. Что такое азотистый баланс?
6. В каких случаях наблюдается положительный азотистый баланс?
7. В каких случаях наблюдается отрицательный азотистый баланс?
8. Что такое незаменимые аминокислоты?
9. Какие аминокислоты относятся к незаменимым?
10. Какие белки называются полноценными?
11. В каких пищевых продуктах содержатся полноценные белки?
12. Что такое белковое голодание и в каких случаях оно наступает?
13. Какова средняя суточная потребность человека в белках?
14. Как регулируется белковый обмен?
15. Какова роль печени в обмене белков?
16. Какова физиологическая роль жиров в организме?
17. Какова средняя суточная потребность человека в жирах?
18. Что такое жировое депо и каково его физиологическое значение?

19. Что происходит при недостатке жиров в пище в течение длительного времени?
20. Что происходит при избытке жиров в пище в течение длительного времени?
21. Какова роль печени в обмене жиров?
22. Как регулируется обмен жиров?
23. Каково физиологическое значение углеводов в организме?
24. Какова средняя суточная потребность человека в углеводах?
25. Что происходит при недостатке в пище углеводов в течение длительного времени?
26. Что происходит при избытке в пище углеводов в течение длительного времени?
27. Что такое гипогликемия?
28. Что такое гипергликемия?
29. Что такое гликогенез?
30. Что такое гликогенолиз?
31. Что такое гликонеогенез?
32. В каких органах происходит гликогенез?
33. Где происходит гликонеогенез?
34. Что такое анаэробный гликолиз?
35. Что такое аэробный гликолиз?
36. Какова физиологическая роль печени в обмене углеводов?
37. Как регулируется углеводный обмен?
38. Какова средняя суточная потребность человека в воде?
39. В чем заключается физиологическая роль минеральных солей в организме?
40. Как регулируется водно-солевой обмен?
41. Какова роль витаминов в обмене веществ?
42. Какие водорастворимые витамины вы знаете?
43. Какие жирорастворимые витамины вы знаете?
44. Что такое основной обмен?
45. Какие условия необходимо соблюдать при определении основного обмена?
46. В чем заключается метод прямой калориметрии при измерении энергетических затрат организма?
47. На чем основан метод непрямой калориметрии?
48. Что такое дыхательный коэффициент?
49. Чему равен дыхательный коэффициент при сгорании в организме углеводов, жиров, белков?
50. Что такое калорический эквивалент кислорода?
51. Как определить энергетические затраты организма, зная дыхательный коэффициент?
52. В чем заключается специфически динамическое действие пищи?

ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

1. В чем значение пищеварения для организма?
2. Какие методы применяют для исследования пищеварительного аппарата?

3. Назовите крупные слюнные железы человека.
4. Какова роль слюны в организме?
5. Как реагируют слюнные железы на пищевые и отвергаемые вещества?
6. Назовите ферменты слюны и укажите оптимальные условия их действия.
7. Назовите питательные вещества, расщепляемые ферментами слюны, и продукты их расщепления.
8. Какие методы применяют для исследования слюноотделения?
9. Назовите состав рефлекторных дуг, участвующих в безусловно-рефлекторном слюноотделении.
10. Как изучается условнорефлекторное слюноотделение?
11. Назовите состав рефлекторной дуги условнорефлекторного слюноотделения.
12. Как влияет раздражение парасимпатического и симпатического нервов на слюноотделение и состав слюны?
13. На какие отделы делится желудок?
14. Какие вещества и ферменты входят в состав желудочного сока?
15. Какие вещества и ферменты вырабатываются главными, обкладочными и добавочными клетками желудочных желез?
16. Назовите ферменты желудочного сока и укажите оптимальные условия их действия.
17. Назовите питательные вещества, на которые действуют ферменты желудочного сока, и продукты их расщепления.
18. Какова роль соляной кислоты в процессах пищеварения?
19. Какие методики применяют для изучения секреции желудочного сока в хроническом эксперименте на животных?
20. Какие методики позволяют получить чистый желудочный сок у собак?
21. Как получить желудочный сок у человека?
22. Назовите фазы желудочной секреции.
23. Назовите секреторные нервы желудка.
24. Какие опыты доказывают рефлекторный механизм желудочной секреции?
25. О чем свидетельствует желудочная секреция во время опыта мнимого кормления?
26. В чем различия регуляции секреции изолированных желудочков по Р. Гейденгайну и И. П. Павлову?
27. С каких рецептивных полей рефлекторно возбуждается желудочная секреция?
28. Где находится нервный центр, регулирующий секрецию желудочного сока?
29. Какие опыты доказывают гуморальный механизм желудочной секреции?
30. В чем выражаются различия секреции желудочного сока на молоко, хлеб и мясо?
31. Какие гормоны пищеварительного тракта регулируют секреторную функцию желез желудка?

32. Где образуются гастрогастрин и гастрогастрон и как они влияют на секрецию желудочного сока?
33. Где образуются энтерогастрин и энтерогастрон и как они влияют на секрецию желудочного сока?
34. Как изменяется секреторная функция желудка под влиянием гистамина?
35. Какова роль желудка в кроветворении?
36. Какие железы выделяют секрет в просвет двенадцатиперстной кишки?
37. Назовите ферменты кишечного сока и укажите оптимальные условия их действия.
38. Назовите питательные вещества, расщепляемые ферментами кишечного сока, и продукты их расщепления.
39. Назовите ферменты поджелудочного сока и укажите оптимальные условия их действия.
40. Назовите питательные вещества, расщепляемые ферментами поджелудочного сока, и продукты их расщепления.
41. Чем активируются трипсиноген и поджелудочная липаза?
42. Какие методики используют для изучения внешнесекреторной функции поджелудочной железы?
43. Какие механизмы регулируют внешнесекреторную функцию поджелудочной железы?
44. Какие опыты доказывают наличие рефлекторных механизмов регуляции выделения панкреатического сока?
45. Какие рецептивные поля и нервы участвуют в рефлекторной регуляции выделения панкреатического сока?
46. Какие опыты доказывают наличие гуморальных механизмов регуляции панкреатического сока?
47. Какие вещества и гормоны регулируют внешнесекреторную функцию поджелудочной железы?
48. Каков состав желчи?
49. Назовите методики, применяемые для изучения желчеобразования и желчевыделения.
50. Чем отличается пузырная желчь от печеночной?
51. Откуда, когда и как поступает желчь в двенадцатиперстную кишку?
52. Какова роль желчи в процессах пищеварения?
53. Какие механизмы регулируют деятельность печени?
54. Какими способами можно получить желчь для анализа у животного и человека?
55. Какова роль печени в процессах гемодинамики и кроветворения?
56. В чем выражается барьерная (защитная) функция печени и какими опытами это доказывается?
57. Какова роль печени в углеводном, белковом и жировом обмене?
58. Какова роль толстого кишечника в процессах пищеварения?
59. Что такое пристеночное пищеварение?
60. Где, в виде каких веществ и куда всасываются продукты расщепления жиров, белков и углеводов?

61. Какие механизмы обеспечивают процессы всасывания питательных веществ в пищеварительной системе?
62. Какие факторы влияют на скорость всасывания?
63. Чем отличается механизм активного транспорта веществ от пассивного?
64. Какова роль микроворсинок в процессе всасывания?
65. Что происходит с пищей в ротовой полости?
66. Какое значение имеет акт жевания?
67. В какой последовательности совершается рефлекс глотания?
68. Назовите состав рефлекторных дуг, участвующих в рефлесе глотания.
69. Назовите виды движений желудка.
70. Как происходит переход пищи из желудка в двенадцатиперстную кишку?
71. Какие виды движений различают в тонком отделе кишечника и каково их значение для процессов пищеварения?
72. Какие механизмы регулируют моторику пищеварительной системы?
73. Какие методы используют для изучения моторики пищеварительного тракта?
74. Что такое рвота и каков ее механизм?
75. Что такое дефекация и каков ее механизм?
76. Каково биологическое значение голода и жажды?
77. Где локализуется пищевой центр и каковы его функции?

ВЫДЕЛЕНИЕ

1. Какие органы участвуют в процессе выделения?
2. Какое физиологическое значение имеют органы выделения?
3. Какие функции выполняют почки?
4. Что является морфофункциональной единицей почки?
5. Каковы особенности кровообращения почек?
6. Чему равно давление крови в капиллярах клубочков почки?
7. Чему равно фильтрационное давление и как рассчитать его величину?
8. Чем отличается состав клубочкового фильтрата от состава плазмы крови?
9. Сколько клубочкового фильтрата (первичной мочи) образуется в почках за одни сутки?
10. Какие методы используют для определения величины клубочковой фильтрации?
11. Какие вещества реабсорбируются в почках?
12. Какие вещества секретируются в почках?
13. В каких отделах нефрона происходит реабсорбция и секреция веществ?
14. Какие вещества клубочкового фильтрата называют пороговыми?

15. Что такое облигатная и факультативная реабсорбция?
16. В каких отделах нефрона происходит облигатная и факультативная реабсорбция?
17. Какие процессы происходят в проксимальном извитом канальце нефрона?
18. Какие процессы происходят в нисходящем и восходящем коленах петли Генле?
19. Какие процессы происходят в дистальном извитом канальце нефрона?
20. Какие процессы происходят в собирательной трубке?
21. Каков механизм действия антидиуретического гормона (АДГ)?
22. Каково физиологическое значение ренина?
23. Каков механизм действия ренина?
24. Какие физиологические механизмы участвуют в регуляции деятельности почек?
25. Как осуществляется рефлекторная регуляция деятельности почек?
26. Как осуществляется гуморальная регуляция деятельности почек?
27. Какие опыты доказывают участие рефлекторных механизмов в регуляции деятельности почек?
28. Какие опыты доказывают участие гуморальных механизмов в регуляции деятельности почек?
29. Как изменяется деятельность почек при введении малых и больших доз адреналина?
30. Каково участие почек в регуляции осмотического давления крови?
31. Каково участие почек в поддержании уровня pH крови?
32. Каково участие почек в поддержании ионного состава крови?
33. Какова роль почек в регуляции кроветворения?
34. Почему организм погибает при поражении или удалении обеих почек?
35. На каком принципе основана работа аппарата «искусственная почка»?
36. Каков состав и суточное количество дефинитивной мочи у человека?
37. В каком отделе спинного мозга расположен центр мочеиспускания?
38. Какие нервы иннервируют мочевой пузырь и его сфинктер?
39. Как действует симпатический нерв на мышцы мочевого пузыря и его сфинктер?
40. Как действует парасимпатический нерв на мышцы мочевого пузыря и его сфинктер?
41. Каков механизм мочеиспускания?
42. Какую роль в выделительных процессах играет кожа?
43. В чем заключается выделительная функция легких?
44. Какова роль желудочно-кишечного тракта в выделительных процессах?

ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

1. Каково значение температуры для жизнедеятельности живых организмов?
2. Какие живые организмы называются пойкилотермными?
3. Какие живые организмы называются гомойотермными?
4. Какова нормальная температура тела человека?
5. Одинакова ли температура кожи в различных участках тела?
6. Что такое химическая терморегуляция?
7. Назовите основные очаги теплопродукции организма.
8. Какое значение имеет мышечная система в терморегуляции?
9. Какое значение имеет кровеносная система в терморегуляции?
10. Какое значение имеет дыхательная система для терморегуляции?
11. Какие методы исследования используют для изучения терморегуляции?
12. Что такое физическая терморегуляция?
13. Какие процессы обеспечивают теплоотдачу?
14. При каких условиях может совершаться теплоотдача за счет теплоизлучения?
15. При каких условиях может совершаться теплоотдача за счет теплопроводности?
16. При каких условиях может совершаться теплоотдача за счет испарения?
17. Какие органы и системы обеспечивают наибольшую теплоотдачу?
18. Какова роль нервных механизмов в терморегуляции?
19. Какое значение имеет симпатическая нервная система для терморегуляции?
20. Какое значение имеет гипоталамус для терморегуляции?
21. Какие опыты доказывают участие коры больших полушарий в процессах терморегуляции?
22. Какова роль гуморальных механизмов в терморегуляции?
23. Какова роль щитовидной железы в терморегуляции?
24. Как влияют на процессы терморегуляции факторы окружающей среды: температура, влажность и скорость движения воздуха?
25. Что такое гипотермия?
26. Как влияет гипотермия на функции сердечно-сосудистой системы?
27. Какое влияние оказывает гипотермия на дыхание?
28. Какое значение имеет гипотермия для клинической медицины?

ФИЗИОЛОГИЯ ЖЕЛЕЗ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ

1. Какова роль гипоталамо-гипофизарной системы?
2. Каков характер взаимодействия гипоталамуса с передней долей гипофиза?

3. Каков характер взаимодействия гипоталамуса с задней долей гипофиза?
4. Перечислите гормоны передней доли гипофиза, какова их роль?
5. Перечислите гормоны задней доли гипофиза, какова их роль?
6. Что такое механизм обратной связи?
7. Какие изменения возникают в организме при гиперфункции гипофиза?
8. Какие изменения возникают в организме при гипофункции гипофиза?
9. Перечислите гормоны, выделяемые щитовидной железой.
10. Какова функция тироксина, трийодтиронина, кальцитонина?
11. Какие изменения возникают в организме при гиперфункции щитовидной железы?
12. Какие изменения возникают в организме при гипофункции щитовидной железы?
13. Что подразумевается под термином «кретинизм»?
14. Чем характерен эндемический зоб?
15. Как влияет гормон щитовидной железы на обмен веществ (термогенез)?
16. Какова роль кальцитонина?
17. Какой гормон выделяют паращитовидные железы и в чем заключается его роль?
18. Какие изменения возникают в организме при гипо- и гиперфункции паращитовидных желез?
19. Какие гормоны выделяет островковый аппарат поджелудочной железы?
20. Какую роль в организме играет глюкагон?
21. Какова роль инсулина в организме?
22. Какие изменения возникают в организме при нарушении продукции инсулина?
23. Каков механизм повышенного диуреза при пониженной продукции инсулина?
24. Какое отношение имеет гипофункция инсулина к жировому обмену?
25. Какие гормоны выделяет корковое вещество надпочечника?
26. Какую роль в организме играют минералокортикоиды?
27. Какую роль в организме играют глюкокортикоиды?
28. Что такое «гормоны адаптации» по Г. Селье и какова их роль?
29. Что называют стрессом, стресс-факторами и общим синдромом адаптации?
30. Какими фазами характеризуется развитие стресса и адаптация к стресс-факторам?
31. Какие признаки указывают на избыток гормонов адаптации в организме?
32. Какова роль минералокортикоидов в организме?
33. Каков механизм регуляции содержания Na^+ в организме под влиянием альдостерона?
34. Какова роль андрогенов и эстрогенов, вырабатываемых надпочечниками?

35. Какие гормоны выделяет мозговое вещество надпочечника?
36. Какие изменения происходят в организме при повышенном выделении адреналина?
37. Каково биологическое значение симпатико-адреналовой системы?
38. Какова роль адреналина в реакции стресса?
39. Какие гормоны выделяют яичники?
40. Какие гормоны гипофиза контролируют выделение гормонов яичника?
41. Опишите менструальный цикл и его фазы.
42. Какие гормоны выделяются семенниками и какова их роль?

ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЦ И НЕРВОВ

1. Что называется раздражимостью?
2. Что такое возбудимость?
3. Что называется возбуждением?
4. Какие ткани принято относить к возбудимым?
5. Дайте определение порога раздражения.
6. Опишите первый опыт Л. Гальвани.
7. Какое явление лежит в основе второго опыта Л. Гальвани?
8. Что называют потенциалом покоя?
9. Какие процессы лежат в основе потенциала действия?
10. Изобразите схематически опыт К. Маттеучи.
11. Что называют мембранным потенциалом?
12. Какую аппаратуру используют для регистрации мембранного потенциала?
13. Какие электроды используют для регистрации мембранного потенциала нервной клетки?
14. Какими растворами заполняют стеклянные микроэлектроды?
15. Назовите основные параметры мембранного потенциала и потенциала действия?
16. Какие способы регистрации используют для анализа потенциала действия нерва?
17. Что называют деполяризацией?
18. Какие явления лежат в основе процесса реполяризации?
19. Что такое гиперполяризация?
20. Какие фрагменты мембраны принимают активное участие в сохранении мембранного потенциала?
21. Какие ионы принимают участие в поддержании потенциала покоя?
22. Какие ионы обеспечивают фазу реполяризации?
23. Что называют калий-натриевой помпой?
24. Какие следовые потенциалы возникают при развитии потенциала действия?
25. Изобразите потенциал действия нервной клетки, регистрируемый при внутриклеточном отведении.
26. Что называют критическим уровнем деполяризации мембраны?

27. Что называют местным возбуждением?
28. В чем различия между распространяющимся и местным возбуждением?
29. Как изменяется возбудимость при развитии местного возбуждения?
30. Как изменяется возбудимость при развитии распространяющегося возбуждения?
31. Сформулируйте закон «все или ничего».
32. Подчиняется ли закону «все или ничего» нервное волокно?
33. Зависит ли амплитуда локального ответа от силы раздражения?
34. Что называют латентным периодом?
35. Как изменится потенциал действия скелетной мышцы при нанесении на нее ритмического раздражения?
36. Объясните возникновение потенциала действия с точки зрения мембранно-ионной теории.
37. Зарисуйте основные структурные элементы плазматической мембраны.
38. Каково соотношение ионов Na, K и Cl в цитоплазме и внеклеточной среде?
39. Какие анионы не проникают через плазматическую мембрану?
40. Как изменяется проницаемость ионов Na при развитии потенциала действия?
41. Опишите последовательность ионных потоков при развитии потенциала действия.
42. Как доказать зависимость генерации потенциалов действия от метаболизма клетки?
43. Что является энергетическим источником калий-натриевой помпы?
44. Какова физиологическая роль распространяющегося возбуждения?
45. Перечислите основные параметры возбудимости.
46. Что называется хронаксией?
47. Что такое реобаза?
48. С какой целью используют метод хронаксиметрии?
49. Изобразите кривую силы — времени Гоорвега-Вейса.
50. Что называют полезным временем?
51. В какую фазу потенциала действия возникает относительная рефрактерность?
52. Чем отличается фаза абсолютной рефрактерности и фаза субнормальной возбудимости?
53. Как изменяется возбудимость при развитии локального ответа?
54. Как изменяется возбудимость при развитии потенциала действия?
55. Как изменяется возбудимость в зоне действия катода постоянного тока?
56. Что называют анэлектротонном?

57. Как меняется мембранный потенциал в зоне действия катода и анода постоянного тока?
58. Какое явление называют аккомодацией?
59. Какие процессы лежат в основе аккомодации?
60. Что называют лабильностью возбудимых тканей?
61. Что является мерой лабильности?
62. Какие возбудимые ткани обладают максимальной и минимальной лабильностью?
63. Как изменяется лабильность ткани при длительном раздражении?
64. Какие мышцы подчиняются закону «все или ничего»?
65. Каковы основные свойства сердечной мышцы?
66. Каковы основные свойства скелетной мышцы?
67. Что называется пластичностью мышцы?
68. Каковы различия между пластичностью и эластичностью мышечной ткани?
69. Что называется прямым раздражением мышцы?
70. Какое раздражение называется косвенным?
71. Какова величина абсолютного рефрактерного периода сердечной мышцы?

ФИЗИОЛОГИЯ ЦНС

1. Перечислите основные виды регуляции функций организма.
2. В чем различия нервного и гуморального типов регуляции функций?
3. Назовите основные функции центральной нервной системы.
4. Что такое рефлекс?
5. Какова биологическая роль рефлекса?
6. Кто ввел принцип рефлекса при оценке психической деятельности?
7. Что понимают под принципом детерминизма в рефлекторной деятельности?
8. Какова сущность принципа структурности в рефлекторной теории?
9. Какова сущность принципа анализа и синтеза в рефлекторной теории?
10. Что понимают под рефлекторной дугой?
11. Перечислите основные компоненты рефлекторной дуги.
12. Дайте сравнительную характеристику соматической и вегетативной рефлекторных дуг.
13. Какова функциональная роль афферентного звена рефлекторной дуги?
14. Какова функциональная роль центрального звена рефлекторной дуги?
15. Какова функциональная роль эфферентного звена рефлекторной дуги?
16. Какие рефлекторные дуги называются многоярусными?
17. Сформулируйте понятие «рецептивное поле» рефлекса.

18. Сформулируйте понятие «нервный центр».
19. Изобразите схематически нервный центр.
20. Опишите основные свойства нервных центров.
21. Какие явления лежат в основе суммации в нервном центре?
22. Какие процессы обуславливают явление пролонгирования?
23. Что понимают под явлением пространственной суммации?
24. Что понимают под явлением временной суммации?
25. Какие явления лежат в основе процесса иррадиации возбуждения?
26. Что понимают под явлением концентрации возбуждения?
27. Кто сформулировал понятие об общем конечном пути?
28. Какие структурные компоненты нервного центра определяют его высокую чувствительность к действию наркотических веществ?
29. Какие структурные элементы нервного центра обладают самой низкой лабильностью и почему?
30. Зарисуйте схематически строение синапса.
31. Каковы особенности пресинаптической мембраны?
32. Что такое синапс?
33. Какие медиаторы выделяются в синаптическую щель?
34. Какова функциональная роль медиаторов?
35. Чем отличается действие возбуждающих медиаторов?
36. Какова роль тормозных медиаторов?
37. В каких структурах синапса образуется медиатор?
38. Чем определяется количество выбрасываемого в синаптическую щель медиатора?
39. Как влияет медиатор на пресинаптическую мембрану?
40. Какие свойства отличают пресинаптическую и постсинаптическую мембраны?
41. Что понимают под эфферентной передачей возбуждения?
42. Как различаются синапсы по месту их расположения?
43. Какие методы используют для изучения синаптических механизмов передачи возбуждения?
44. Какие свойства характерны для медиаторов?
45. Опишите классический опыт, иллюстрирующий гуморальный способ передачи возбуждения с нерва на сердце.
46. Какой медиатор выделяется при раздражении блуждающего нерва?
47. Как действует холинэстераза на передачу возбуждения в синапсе?
48. Какие ионы играют ведущую роль в проведении возбуждения через синапс?
49. Обладает ли постсинаптическая мембрана чувствительностью к электрическому раздражению?
50. Что называется синаптической задержкой?
51. Какова скорость проведения возбуждения через синапс?
52. Какие структуры и как влияют на скорость проведения возбуждения в рефлекторной дуге?
53. Что называют скрытым временем рефлекса?

54. Что понимают под центральным временем рефлекса?
55. Сколько нейронов содержит простейшая рефлекторная дуга?
56. Зарисуйте схемы простого опыта для определения времени рефлекса.
57. Зарисуйте схемы простейших сухожильных рефлексов человека.
58. Какие структуры обуславливают одностороннее проведение возбуждения по рефлекторной дуге?
59. Приведите способы изменения физиологической целостности рефлекторной дуги.
60. В каком участке рефлекторной дуги происходит неизолированное проведение возбуждения?
61. Кто открыл явление центрального торможения?
62. Дайте современную трактовку «сеченовского торможения».
63. Какой вид торможения был открыт Ч. Шеррингтоном?
64. В каких отделах ЦНС возникает реципрокное торможение?
65. Что понимают под явлением постсинаптического торможения?
66. Каков механизм пресинаптического торможения?
67. Какой медиатор обуславливает развитие тормозного постсинаптического потенциала в мотонейронах спинного мозга?
68. Какой медиатор может вызывать и торможение, и возбуждение постсинаптической мембраны?
69. Как реагирует нейрон на развитие возбуждающего постсинаптического потенциала?
70. Какие виды постсинаптического торможения вы знаете?
71. Каковы механизмы пресинаптического, постсинаптического и пессимального торможения?
72. Что понимают под явлением «доминанты»?
73. Опишите основные функции спинного мозга.
74. Какова функциональная роль задних корешков спинного мозга?
75. Какова функциональная роль передних корешков спинного мозга?
76. Опишите функциональную роль гамма-мотонейронов.
77. Оцените биологическую роль межсегментарных связей на уровне спинного мозга.
78. Какие типы мотонейронов спинного мозга вы знаете?
79. Какие пути спинного мозга обеспечивают проведение тактильной чувствительности?
80. Какие пути спинного мозга ответственны за проведение проприоцептивной чувствительности?
81. Какие пути спинного мозга проводят болевую и температурную чувствительность?
82. Перечислите основные нисходящие пути спинного мозга.
83. Опишите восходящие пути спинного мозга.
84. Какие сегменты спинного мозга содержат центры, иннервирующие слюнные железы?
85. Какие сегменты спинного мозга связаны с управлением сосудами и потовыми железами?

86. Укажите сегменты спинного мозга, ответственные за регуляцию работы сердца.
87. Опишите явления спинального шока.
88. На каком уровне ЦНС производится перерезка для создания модели «спинального животного»?
89. Опишите различия между тоническими и фазическими рефлексам.
90. Опишите функции продолговатого мозга.
91. Дайте схематическую карту жизненно важных центров продолговатого мозга.
92. Какие центры защитных рефлексов расположены в продолговатом мозге?
93. При какой перерезке произойдет развитие децеребрационной ригидности?
94. Опишите основные функции среднего мозга.
95. Дайте сравнительную характеристику физиологической роли красных ядер и черной субстанции.
96. Какова функциональная роль передних и задних бугров четверохолмия?
97. Опишите основные функции промежуточного мозга.
98. Опишите функции таламуса.
99. Какие структуры таламуса ответственны за формирование чувства боли?
100. В чем различие специфических и ассоциативных ядер таламуса?
101. Опишите основные функции гипоталамуса.
102. В чем проявляется интегративная деятельность гипоталамуса?
103. В каких отделах центральной нервной системы располагается ретикулярная формация?
104. Каковы функции ретикулярной формации?
105. Опишите морфофункциональные взаимоотношения ретикулярной формации и коры больших полушарий.
106. Нарисуйте схему лимбической системы.
107. Дайте характеристику биологической роли лимбической системы.
108. Какова функциональная роль мозжечка?
109. Какие явления наблюдаются после удаления мозжечка?
110. Опишите функции симпатической нервной системы.
111. Зарисуйте схему и опишите функции парасимпатической нервной системы.
112. Что понимают под синергизмом и антагонизмом симпатической и парасимпатической нервной системы?
113. Опишите основные функции коры больших полушарий.
114. Что называется локализацией функций в коре больших полушарий?
115. Чем обусловлена неравномерность представительства различных частей тела в передней и задней центральной извилине коры?

116. Какова роль ассоциативных зон коры?
117. Какие методы используют для анализа механизмов деятельности коры больших полушарий?
118. Какова роль лобных отделов мозга?
119. Опишите механизмы генерации электроэнцефалограммы.
120. Какие открытия были сделаны с помощью метода «вызванных потенциалов»?
121. Какие вызванные потенциалы вы знаете?
122. Какие рефлексы называются безусловными?
123. Какова биологическая роль условных рефлексов?
124. Дайте сравнительную характеристику условных и безусловных рефлексов.
125. Приведите схему экстероцептивного условного рефлекса.
126. Что называется ориентировочным рефлексом?
127. Дайте сравнительную характеристику внутреннего и внешнего торможения.

ФИЗИОЛОГИЯ АНАЛИЗАТОРОВ

1. Что такое анализатор?
2. Каково значение каждого отдела анализатора?
3. Что такое рецептор?
4. Какие виды рецепторов вы знаете?
5. Какие рецепторы относятся к контактным рецепторам?
6. Какие рецепторы относятся к дистантным рецепторам?
7. Каковы основные физиологические свойства рецепторов?
8. Каковы механизмы возбуждения рецепторов?
9. В чем заключается явление адаптации рецепторов?
10. Каковы механизмы адаптации рецепторов?
11. Каковы основные элементы оптической системы глаза?
12. Что такое аккомодация глаза?
13. Что такое сферическая аберрация?
14. Что такое хроматическая аберрация?
15. Что называется астигматизмом?
16. Какие аномалии рефракции глаза вы знаете?
17. Как осуществляется их коррекция?
18. Как устроена рецепторная система глаза?
19. Каковы функциональные особенности палочек и колбочек?
20. Что такое желтое пятно, слепое пятно, центральная ямка?
21. Какие фотохимические процессы происходят в зрительных рецепторах под влиянием света?
22. Что такое абсолютная световая чувствительность глаза?
23. Каковы современные представления о механизмах цветного зрения?
24. Как регистрируется электроретинограмма и что она отражает?
25. Какие виды движения глаз вы знаете и как они осуществляются?
26. Что такое острота зрения?

27. Как определяется острота зрения?
28. Что такое поле зрения?
29. Как определяется поле зрения?
30. Почему глаз перестает различать отдельные точки, когда угол зрения меньше 1'?
31. В чем заключается явление одноименной и разноименной диспарации и каково его значение для бинокулярного зрения?
32. Как изменится поле зрения правого и левого глаза при полной перерезке левого глазного нерва на участке между глазом и перекрестом зрительного нерва; при полной перерезке правого глазного тракта после перекреста?
33. Где локализируются центральные участки зрительного анализатора и каковы их функции?
34. Где находятся слуховые рецепторы? Какова их структура и функция?
35. Как осуществляется проведение звуковых колебаний к слуховым рецепторам?
36. Какие виды электрических явлений в улитке вы знаете?
37. Каковы современные представления о механизмах восприятия звуковых колебаний различной частоты?
38. Какова структура и функция проводящих путей слухового анализатора?
39. Какова структура и функция центров слухового анализатора?
40. Каков диапазон частот, воспринимаемых органом слуха человека?
41. Как определяется острота слуха?
42. Как изменяется аудиограмма с возрастом и чем объясняются эти изменения?
43. Какова структура, функции и значение вестибулярного анализатора?
44. В чем заключается функциональная устойчивость вестибулярного анализатора и каково ее значение в сложно координированной мышечной деятельности?
45. Какие статические, статокINETические и тонические рефлексы от вестибулорецепторов вы знаете?
46. Что такое нистагм глаз и головы и в каких условиях это явление возникает?
47. Какие вестибуло-вегетативные рефлексы вы знаете?
48. Какое влияние оказывает состояние невесомости на деятельность вестибулярного анализатора?
49. Каковы структура и функции вкусового анализатора?
50. Какие основные виды вкусовых ощущений вы знаете?
51. Как определяют пороги вкусовой чувствительности?
52. В чем состоит сущность явлений «вкусового контраста» и «смешения вкусов»?
53. Какие изменения вкуса будут наблюдаться у человека, имеющего травматическое повреждение п. lingualis?
54. Каково строение и функции обонятельного анализатора?

55. Каковы современные представления о механизмах обонятельной рецепции?
56. В чем проявляется адаптация обонятельных рецепторов и в каких условиях она наступает быстрее?
57. Какой из отделов центральной нервной системы регулирует степень чувствительности обонятельных рецепторов и быстроту их адаптации?
58. Как определяют остроту обоняния?
59. Что такое висцерорецепторы, где они расположены и каково их физиологическое значение?
60. Какие виды висцерорецепторов вы знаете?
61. Какие висцерорецепторные рефлексы вы знаете?
62. Каково физиологическое значение болевой рецепции?
63. Каковы современные представления о болевой рецепции?
64. По каким волокнам проводятся в центральную нервную систему импульсы, вызывающие ощущение боли?
65. Какова роль таламуса и коры больших полушарий в ощущении боли?
66. В чем проявляется адаптация болевых рецепторов?
67. Какими явлениями сопровождаются болевые рефлексы?
68. Что такое анальгезия?
69. Что называют отраженными болями?
70. Какие виды терморецепторов вы знаете?
71. Каковы особенности холодовых и тепловых рецепторов?
72. В чем проявляется адаптация терморецепторов?
73. Как осуществляется тактильная рецепция?
74. В чем проявляется адаптация кожных рецепторов и от чего зависит скорость адаптации?
76. Какие виды проприорецепторов вы знаете?
77. Какова структура, функции и значение двигательного анализатора?
78. Каково значение взаимодействия различных анализаторов в функции двигательного аппарата?
79. Каково значение двигательного анализатора в функции других анализаторов?
80. Что такое кинестетические сигналы?

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1. Что назвал И. П. Павлов высшей нервной деятельностью?
2. В чем отличие высшей нервной деятельности человека от низшей?
3. Что такое безусловный рефлекс?
4. Дайте классификацию безусловных рефлексов.
5. Что такое ориентировочный рефлекс?
6. Что такое условный рефлекс?
7. Каково биологическое значение сигнальной функции условного рефлекса?
8. Что такое условный раздражитель?

9. Что такое безусловный раздражитель?
10. Что такое подкрепление и в чем его биологический смысл?
11. Каковы основные условия образования условных рефлексов?
12. Что такое натуральный условный рефлекс?
13. Что такое совпадающий (наличный) условный рефлекс?
14. Что такое следовой условный рефлекс?
15. Что такое отставленный условный рефлекс?
16. Как подразделяются условные рефлексы по рецепторному признаку?
17. В чем отличие экстероцептивных условных рефлексов от интероцептивных?
18. Как подразделяются условные рефлексы по типу подкрепления?
19. Как подразделяются условные рефлексы по характеру реакции?
20. Что такое условные рефлексы 1-го, 2-го и высших порядков?
21. Что такое простые, комплексные и цепные условные рефлексы?
22. В чем специфика временных связей, замыкающихся между индифферентными раздражителями?
23. Что такое торможение и в чем оно проявляется?
24. Что такое внешнее торможение?
25. Что такое гаснущий тормоз?
26. В чем заключается растормаживающее действие внешнего тормоза?
27. Что такое запредельное торможение и каково его биологическое значение?
28. Что такое внутреннее торможение?
29. Какие виды внутреннего торможения вы знаете?
30. Что такое угасательное торможение и как оно вырабатывается?
31. Что такое дифференцировочное торможение и как оно вырабатывается?
32. Что такое запаздывающее торможение и как оно вырабатывается?
33. Что такое условный тормоз и как он вырабатывается?
34. В чем отличие внешнего торможения от внутреннего?
35. Что такое динамический стереотип?
36. Каковы свойства нервных процессов?
37. Что называется силой нервных процессов и как она определяется?
38. Что такое уравновешенность нервных процессов и как она определяется?
39. Что называется подвижностью нервных процессов и как она определяется?
40. Какие критерии легли в основу определения типов высшей нервной деятельности животных и человека?
41. Какие вы знаете типы высшей нервной деятельности, общие для животных и человека?
42. Что называется первой сигнальной системой?

43. Что называется второй сигнальной системой?
44. Каковы основные свойства второй сигнальной системы?
45. Как назван И. П. Павловым тип высшей нервной деятельности человека с преобладанием первой сигнальной системы?
46. Как назван И. П. Павловым тип высшей нервной деятельности человека с преобладанием второй сигнальной системы?
47. В чем основные особенности психической деятельности человека?
48. Каковы основные формы активации психической деятельности человека?
49. Как отражаются различные формы активации психической деятельности в ЭЭГ человека?
50. Что такое сон?
51. Какие виды сна вы знаете?
52. Что такое гипнотический сон?
53. Какова физиологическая основа сновидений?
54. Какие фазы сна вы знаете?
55. Как отражаются различные фазы сна в ЭЭГ?
56. Каковы современные теории механизмов сна?
57. Что такое восприятие?
58. Каковы основные закономерности восприятия человека?
59. Что такое внимание?
60. Каковы нейрофизиологические механизмы внимания?
61. Какие виды внимания вы знаете? В чем отличия и каковы механизмы произвольного и непроизвольного внимания?
62. Что такое память?
63. Какие виды памяти вы знаете?
64. Каковы физиологические механизмы кратковременной памяти?
65. Каковы физиологические механизмы долговременной памяти?
66. Какова роль сознательного и подсознательного в запечатлении и воспроизведении информации?
67. В чем отличия произвольного запоминания и воспроизведения информации от непроизвольного?
68. Каковы современные теории памяти?
69. Что такое мышление?
70. Каковы основные закономерности мыслительной деятельности человека?
71. Что такое речь?
72. Каковы основные функции речи?
73. Каковы основные формы речевой деятельности?
74. Каковы нейрофизиологические основы речи?
75. Что такое мотивация?
76. Какие виды мотивации вы знаете?
77. Каков нервный субстрат мотиваций?
78. Что такое эмоции?
79. В чем заключается сигнальная функция эмоций?
80. В чем заключается регуляторная функция эмоций?
81. Каково биологическое значение положительных и отрицательных эмоций?

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие — Н. А. Агаджанян	3
Глава I. Аппаратура и методы изучения физиологических функций. — Л. К. Шельцын, К. М. Кулланда	
Схемы связей между приборами и объектом исследования	6
Электроды	10
Датчики	14
Усилители	19
Регистрирующие приборы (регистраторы) общего назначения	23
Электронные приборы специального назначения	31
Электростимуляторы	31
Эргометры	33
Камеры	33
Основные правила эксплуатации электронной аппаратуры	34
Глава II. Физиология крови	
Работа 1. Определение объемного соотношения плазмы и форменных элементов. — С. А. Чеснокова	35
Работа 2. Подсчет форменных элементов крови. — С. А. Чеснокова	36
Задача 1. Подсчет эритроцитов	38
Задача 2. Подсчет ретикулоцитов	39
Задача 3. Подсчет лейкоцитов	40
Задача 4. Дифференцированный подсчет абсолютного количества лейкоцитов по номограмме	40
Задача 5. Подсчет тромбоцитов	42
Работа 3. Автоматический подсчет форменных элементов. — С. А. Чеснокова	42
Задача 1. Подсчет эритроцитов	43
Задача 2. Подсчет лейкоцитов	43
Работа 4. Определение содержания гемоглобина в крови по методу Сали. — С. А. Чеснокова	44
Работа 5. Определение содержания гемоглобина в крови с помощью фотоэлектроколориметра. — С. А. Чеснокова	45
Работа 6. Вычисление цветного показателя крови. — О. Б. Шаханова	46
Работа 7. Определение цветного показателя по номограмме. — О. Б. Шаханова	47
Работа 8. Изучение различных видов гемолиза. — С. А. Чеснокова	48

Работа 9. Изучение осмотической резистентности эритроцитов. — С. А. Чеснокова	48
Работа 10. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ). — С. А. Чеснокова	49
Работа 11. Определение группы крови. — С. А. Чеснокова	49
Работа 12. Определение совместимости крови с помощью микроцентрифуги Шкляра. — С. А. Чеснокова	51
Работа 13. Определение резус-фактора (Rh-фактора). — С. А. Чеснокова	51
Работа 14. Определение времени свертывания крови. — С. А. Чеснокова	52
Работа 15. Определение времени кровотока. — С. А. Чеснокова	52
Работа 16. Тромбоэластография. — О. Б. Шаханова	53

Глава III. Физиология сердца. — В. А. Карягин

Работа 1. Изучение фаз сердечного цикла и степени автоматии различных отделов сердца лягушки (опыт с наложением лигатур Станниуса)	54
Работа 2. Определение длительности сердечного цикла у человека по пульсу	57
Работа 3. Блокада сердца и электрокардиостимуляция	58
Работа 4. Особенности возбудимости сердца, экстрасистола и реакция на ритмические раздражения	59
Работа 5. Электрокардиография	60
Работа 6. Функциональные пробы для оценки состояния сердца по электрокардиограмме	62
Работа 7. Телеэлектрокардиография	63
Работа 8. Фонокардиография	65
Работа 9. Баллистокардиография	66
Работа 10. Нервная регуляция деятельности сердца	68
Задача 1. Влияние раздражения смешанного вагосимпатического нерва на деятельность сердца лягушки	69
Задача 2. Влияние раздражения блуждающих и соматических нервов на деятельность сердца кошки	70
Задача 3. Влияние раздражения ядер блуждающего нерва на деятельность сердца (опыт И. М. Сеченова)	71
Задача 4. Экзогенные рефлексы на сердце	72
Задача 4а. Опыт Гольца	72
Задача 4б. Опыт Данини-Ашнера	72
Работа 11. Влияние гормонов и электролитов на работу изолированного (по Штраубу) сердца лягушки	73
Работа 12. Фазовый анализ деятельности сердца по данным синхронно зарегистрированных электрокардиограммы, фонокардиограммы и сфигмограммы сонной артерии	75

Глава IV. Физиология сосудистой системы. — И. Г. Власова

Работа 1. Измерение артериального давления у человека	77
Работа 2. Измерение артериального давления у человека с помощью тонометра	78

Работа 3. Измерение артериального давления в остром опыте с помощью электронного измерителя давления	79
Работа 4. Наблюдение кровообращения в плавательной перепонке лягушки	81
Работа 5. Длительная непрерывная регистрация частоты пульса с помощью пульсотомера	82
Работа 6. Запись пульса на сонной артерии (сфигмография)	83
Работа 7. Плетизмография. Изучение перераспределительных реакций сосудистой системы	85
Работа 8. Определение объемной скорости кровотока с помощью окклюзионной плетизмографии	88
Работа 9. Реография	89
Работа 10. Определение состояния венозного тонуса с помощью наклонно-поворотного стола	90
Работа 11. Сосудосуживающие нервы уха кролика (опыт Клода Бернара)	91
Работа 12. Нейрогуморальная регуляция кровяного давления	92
Работа 13. Влияние адреналина на кровеносные сосуды лягушки	95

Глава V. Дыхание. — Л. П. Дорина

Работа 1. Пневмография	97
Работа 2. Определение минутного объема дыхания в покое и при физической нагрузке	99
Работа 3. Спирометрия	100
Работа 4. Спирография	103
Работа 5. Пневмотахометрия	104
Работа 6. Взятие пробы альвеолярного воздуха для анализа	104
Работа 7. Определение химического состава воздуха	105
Задача 1. Определение химического состава воздуха с помощью аппарата Орса	106
Задача 2. Определение процентного содержания кислорода и диоксида углерода с помощью спиролита	107
Работа 8. Оксигеометрия и оксигеомография	108
Работа 9. Исследование влияния некоторых факторов на регуляцию дыхания	109

Глава VI. Обмен веществ и энергии. — К. Т. Ветчинкина

Работа 1. Расчет основного обмена по таблицам	111
Работа 2. Вычисление основного обмена по формуле Рива	111
Работа 3. Определение расхода энергии методом полного газового анализа	113
Задача 1. Определение расхода энергии в состоянии относительного покоя	113
Задача 2. Определение расхода энергии при мышечной работе	114
Работа 4. Определение расхода энергии методом неполного газового анализа	114

Глава VII. Физиология пищеварения. — Л. К. Щельцын

Работа 1. Некоторые методики наложения фистул различных отделов пищеварительного тракта	116
Проведение хирургических операций	117
Операция 1. Наложение фистулы околоушной слюнной железы	117
Операция 2. Эзофаготомия	118
Операция 3. Наложение фистулы желудка	118
Операция 4. Изолированный желудочек у собаки (по Павлову)	119
Операция 5. Фистула протока поджелудочной железы	121
Операция 6. Наложение фистулы кишечника по способу Тири-Велла	121
Работа 2. Исследование слюноотделения у собаки	122
Работа 3. Исследование слюноотделения у человека	123
Работа 4. Переваривание крахмала ферментами слюны человека	124
Работа 5. Исследование механизмов регуляции желудочного сокоотделения	125
Задача 1. Мнимое кормление	125
Задача 2. Наблюдение секреции желудочного сока изолированным (по Павлову) желудочком	126
Работа 6. Исследование ферментативных свойств желудочного сока	126
Работа 7. Регистрация моторики желудка	127
Работа 8. Электрогастрография (регистрация биотоков желудка у человека по методу М. А. Собакина)	128
Работа 9. Наблюдение секреции поджелудочного сока	129
Работа 10. Исследование ферментативной активности поджелудочного сока	130
Работа 11. Влияние желчи на жиры	131
Работа 12. Регистрация сокращения кишки у лягушки	131
Работа 13. Наблюдение моторики кишечника и ее изменений при раздражении блуждающего нерва	132
Работа 14. Регистрация сокращений изолированного отрезка кишки кролика	132
Работа 15. Перистальтика кишки, изолированной по способу Тири-Велла	133
Работа 16. Исследование всасывания растворов различной концентрации в тонком кишечнике	134

Глава VIII. Выделение. — Л. К. Щельцын

Работа 1. Изучение мочеотделения в остром опыте	135
Задача 1. Определение исходного уровня диуреза	136
Задача 2. Влияние на диурез гипертонического раствора NaCl	136
Задача 3. Влияние на диурез мочевины	136
Задача 4. Выделение метиленового синего почками	136
Задача 5. Влияние раздражения седалищного нерва на диурез	136
Задача 6. Влияние питуитрина на диурез	136
Работа 2. Изучение мочеотделения в хроническом опыте	137

Задача 1. Влияние водной нагрузки на диурез	138
Задача 2. Влияние физиологического раствора на диурез	138
Задача 3. Влияние мочевины на диурез	138
Задача 4. Влияние эмоционального состояния на диурез	138
Задача 5. Влияние болевого раздражения на диурез	138
Задача 6. Условно-рефлекторный диурез	139
Работа 3. Исследование выделительной способности легких	139
Работа 4. Исследование выделительной способности слизистой оболочки желудка	140
Работа 5. Экспериментальное исследование потоотделения	140
Работа 6. Исследование потоотделения у человека	141

Глава IX. Температура тела, терморегуляция и гипотермия. — Л. К. Щельцын

Работа 1. Измерение температуры тела	142
Работа 2. Роль кровообращения в поддержании температуры различных участков тела	143
Работа 3. Измерение температуры кожи в различных участках тела. Влияние на температуру кожи теплоизолирующих свойств одежды	144
Работа 4. Терморегуляция при физической работе	144
Работа 5. Исследование электрокардиограммы, артериального давления и дыхания в процессе искусственного охлаждения (гипотермии) го- мойотермного животного	145

Глава X. Факторы гуморальной регуляции функций

Работа 1. Влияние введения инсулина на белых мышей. — Коржова В. В.	148
Работа 2. Влияние адреналина, ацетилхолина и атропина на мышцы радужной оболочки глаз лягушки. — С. А. Чеснокова	148

Глава XI. Физиология мышц и нервов. — А. А. Башкиров, А. В. Коробков, К. М. Кулланда

Работа 1. Приготовление нервно-мышечного препарата и препарата изолированной икроножной мышцы лягушки	149
Работа 2. Прямое и не прямое раздражение мышцы	150
Работа 3. Исследование зависимости амплитуды сокращения изолированной мышцы от силы раздражения	151
Работа 4. Одиночные мышечные сокращения и суммация	152
Работа 5. Зубчатый и гладкий тетанус. Оптимум и пессимум частоты раздражения	154
Работа 6. Регистрация сокращений гладкой мышцы	155
Работа 7. Биологический метод демонстрации биоэлектрических явлений в возбудимых тканях (первый и второй опыты Л. Гальвани и опыт К. Маттеучи)	156
Задача 1. Воспроизведение первого опыта Гальвани (с металлом)	156
Задача 2. Воспроизведение второго опыта Гальвани (сокращение без металла)	157

Задача 3. Вторичный тетанус (опыт Маттеучи)	158
Работа 8. Микроэлектроды и техника их изготовления	159
Задача 1. Изготовление стеклянных микроэлектродов	159
Задача 2. Изготовление металлических микроэлектродов	160
Работа 9. Измерение мембранного потенциала одиночного мышечного волокна скелетной мышцы лягушки	162
Работа 10. Внутриклеточное отведение потенциалов действия от мышечного волокна скелетной мышцы лягушки	163
Работа 11. Внеклеточное отведение потенциала действия от нейронов коры больших полушарий кошки	165
Работа 12. Изучение действия кураре на организм животного	166
Задача 1. Влияние кураре на позу и поведение лягушки	166
Задача 2. Исследование действия кураре на сокращение мышц	166
Работа 13. Униполярный и биполярный методы регистрации потенциала действия нервного ствола	167
Работа 14. Определение скорости проведения возбуждения по нерву	171
Работа 15. Двустороннее проведение возбуждения по нерву	172
Работа 16. Действие постоянного тока на нервно-мышечный препарат. Физиологический электротон	173
Работа 17. Явление парабיוза. Фазовый характер парабютических явлений	174
Работа 18. Динамометрия. Исследование максимального мышечного усилия и силовой выносливости мышц кисти	175
Работа 19. Эргография	175
Задача 1. Зависимость работы от массы груза	176
Задача 2. Зависимость работы от частоты мышечных сокращений	176
Работа 20. Хронаксиметрия	177

Глава XII. Физиология центральной нервной системы. — А. А. Башкиров, К. М. Кулланда

Работа 1. Анализ рефлекторной дуги	178
Работа 2. Функции корешков спинного мозга	179
Задача 1. Перерезка вентральных и дорзальных корешков спинного мозга	179
Задача 2. Отведение биоэлектрических потенциалов от вентральных и дорзальных корешков спинного мозга	180
Работа 3. Определение времени спинномозгового рефлекса (по методу Тюрка)	181
Работа 4. Рецептивное поле спинномозгового рефлекса	181
Работа 5. Центральное торможение спинномозговых рефлексов (сеченовское торможение)	183
Работа 6. Электроэнцефалография. Спонтанная биоэлектрическая активность коры головного мозга	184
Работа 7. Регистрация биоэлектрической активности коры больших полушарий в остром эксперименте	186

Работа 8. Регистрация вызванных потенциалов коры больших полушарий головного мозга (первичные и вторичные ответы)	187
Работа 9. Анализ основных свойств вызванных потенциалов коры больших полушарий головного мозга	191
Задача 1. Вызванные ответы при изменении частоты стимуляции афферентного (седалищного) нерва	192
Задача 2. Зависимость амплитуды и длительности отдельных фаз вызванных потенциалов от силы раздражающего тока	193
Задача 3. Влияние некоторых нейротропных веществ на вызванные потенциалы	193
Работа 10. Биоэлектрические реакции коры больших полушарий головного мозга при ее прямом раздражении (прямой корковый ответ, или дендритный потенциал)	193
Задача 1. Исследование длительности, амплитуды и конфигурации прямого коркового ответа в зависимости от параметров раздражающих корковых стимулов	195
Задача 2. Зависимость основных параметров прямого коркового ответа от расстояния между раздражающим и регистрирующим электродами	196
Задача 3. Взаимодействие прямых корковых ответов между собой и другими вызванными потенциалами коры головного мозга	196
Задача 4. Влияние некоторых нейротропных веществ (стрихнин, ГАМК) на отдельные компоненты прямого коркового ответа	197
Работа 11. Регистрация прямых корковых «сенсорных» потенциалов и транскаллозальных вызванных потенциалов	198
Работа 12. Вызванные потенциалы коры мозжечка	200
Работа 13. Стереотаксическая техника. Регистрация вызванной биоэлектрической активности подкорковых структур. Раздражение таламических ядер	201
Задача 1. Регистрация вызванных потенциалов при отведении от специфического переключающего ядра таламуса (<i>n. VPL</i>)	204
Задача 2. Влияние предшествующего раздражения специфического переключающего ядра таламуса (<i>n. VPL</i>) на вызванные потенциалы коры головного мозга при раздражении седалищного нерва	204
Задача 3. Характер биоэлектрической активности коры головного мозга при ритмическом раздражении неспецифических ядер таламуса (<i>n. VA</i>)	204
Работа 14. Анализ эмоционального поведения животного при раздражении гипоталамических ядер в хроническом эксперименте с вживленными электродами	205
Работа 15. Хронические эксперименты на животных с вживленными электродами. Опыты Дж. Олдса по самораздражению животных	207

Глава XIII. Физиология анализаторов. — Ю. Л. Кислицын

Работа 1. Определение остроты зрения	209
Работа 2. Определение поля зрения	209
Работа 3. Демонстрация слепого пятна на сетчатке глаза (опыт Мариотта)	211
Работа 4. Исследование бинокулярного зрения	211

Работа 5. Опыт со смешением цветов	212
Работа 6. Исследование костной и воздушной проводимости звука	212
Работа 7. Определение остроты слуха (аудиометрия)	213
Работа 8. Исследование тактильной чувствительности	213
Работа 9. Исследование температурной чувствительности (термоэстезиометрия)	214
Работа 10. Адаптация терморепторов кожи к действию высокой и низкой температуры. Явление контраста	215
Работа 11. Определение порога вкусовой чувствительности	215
Работа 12. Определение остроты обоняния	216
Работа 13. Наблюдение нистагма головы и глаз	217
Работа 14. Исследование функциональной устойчивости вестибулярного анализатора при вращательных нагрузках	217

Глава XIV. Высшая нервная деятельность. Изучение психических функций у человека

Работа 1. Наблюдение безусловного слюноотделительного рефлекса у собаки. — И. И. Лизунова	219
Работа 2. Наблюдение натурального условного рефлекса. — И. И. Лизунова	219
Работа 3. Выработка условного пищевого слюноотделительного рефлекса. — И. И. Лизунова	219
Работа 4. Образование двигательного пищедобывательного условного рефлекса у голубя. — И. И. Лизунова	221
Работа 5. Выработка двигательного-оборонительного условного рефлекса у крысы. — И. И. Лизунова	222
Работа 6. Изучение интероцептивного условного рефлекса. — И. И. Лизунова	223
Работа 7. Выработка сосудистого условного рефлекса у человека. — И. И. Лизунова	224
Работа 8. Электрофизиологические корреляты условного рефлекса на звуковой раздражитель. — И. И. Лизунова	225
Работа 9. Изучение системности в работе коры больших полушарий головного мозга. — И. И. Лизунова	226
Работа 10. Наблюдение внешнего торможения. — И. И. Лизунова	227
Работа 11. Исследование угасательного торможения. — И. И. Лизунова	228
Работа 12. Выработка дифференцировочного торможения. — И. И. Лизунова	228
Работа 13. Образование условного тормоза. — И. И. Лизунова	228
Работа 14. Выработка запаздывательного торможения. — И. И. Лизунова	229
Работа 15. Определение силы процесса возбуждения при наблюдении за предельного торможения (возникающего в связи с увеличением темпа предъявления комплекса раздражителей). — И. И. Лизунова	229
Работа 16. Оценка силы нервных процессов по изменению латентного периода простейших реакций. — И. И. Лизунова	230
Работа 17. Оценка уравновешенности нервных процессов. — И. И. Лизунова	230

Работа 18. Оценка подвижности нервных процессов по переделке пожительной реакции в тормозную. — И. И. Лизунова	231
Работа 19. Оценка подвижности нервных процессов по скорости переделки сенсомоторных стереотипов. — И. И. Лизунова	232
Работа 20. Изучение взаимодействия сигнальных систем при выработке сосудистых условных рефлексов у человека. — И. И. Лизунова	232
Работа 21. Изучение взаимодействия сигнальных систем при выработке условнорефлекторных реакций на словесные раздражители. — И. И. Лизунова	233
Работа 22. Изучение типологических особенностей человека в зависимости от преобладающей роли первой или второй сигнальной системы. — П. Г. Шамров	233
Работа 23. Измерение времени простой психической реакции у человека. — Е. И. Лебединская	234
Работа 24. Измерение времени «реакции с выбором» у человека. — Е. И. Лебединская	235
Работа 25. Определение объема зрительного восприятия у человека в зависимости от степени осмысленности материала. — Е. И. Лебединская	235
Работа 26. Измерение величины иллюзии зрительного восприятия. — Е. И. Лебединская	236
Работа 27. Исследование переключения внимания в условиях активного выбора полезной информации. — Е. И. Лебединская	237
Работа 28. Исследование закономерностей распределения внимания у человека. — Е. И. Лебединская	238
Работа 29. Исследование кратковременной памяти. Определение объема непосредственного запоминания. — Е. И. Лебединская	239
Работа 30. Определение объема смысловой памяти. — Е. И. Лебединская	239
Работа 31. Исследование времени протекания мыслительных операций при решении арифметических задач различной степени сложности. — Е. И. Лебединская	240
Работа 32. Исследование уровней активации психической деятельности человека по электроэнцефалографическим показателям. — Е. И. Лебединская	240
Работа 33. Исследование эмоциональных реакций человека по электроэнцефалографическим показателям. — Е. И. Лебединская	241
Работа 34. Отражение активной умственной деятельности на электроэнцефалограмме человека. — Е. И. Лебединская	241
Глава XV. Изучение некоторых физиологических функций организма в условиях изменяющейся среды обитания и функциональной активности	
Работа 1. Влияние физической нагрузки на динамику электрокардиографических показателей у человека. — А. И. Елфимов	243
Задача 1. Оценка динамики ЭКГ-показателей у человека во время пробы Мастера	243
Задача 2. Оценка динамики артериального давления и ЭКГ-показателей у человека во время дозированной велоэргометрической пробы	245
Задача 3. Определение субмаксимальной физической работоспособности (тест PWC_{170})	246
Задача 4. Влияние гипоксемии на динамику ЭКГ-показателей у человека в покое (гипоксемическая проба)	247

Задача 5. Электрокардиография во время ортостатической пробы с нагрузкой	249
Задача 6. Количественная оценка вентиляторной реакции человека на гиперкапнию (повышение содержания CO_2 во вдыхаемом воздухе)	250
Работа 2. Функциональная проба с задержкой дыхания. — А. И. Елфимов	252
Работа 3. Влияние кислородного голодания на время выживания животного. — А. А. Башкиров	253
Задача 1. Резистентность к кислородному голоданию и возраст животного	254
Задача 2. Анализ индивидуальной чувствительности животных к кислородному голоданию	255
Задача 3. Влияние кислородного голодания на животных разных видов	255
Работа 4. Исследование жизнедеятельности животного в условиях замкнутого неветилируемого пространства. — А. А. Башкиров	256
Задача 1. Сравнительный анализ времени выживания теплокровных и холоднокровных животных в условиях гермообъема	257
Задача 2. Сравнительная оценка времени выживания животных различного возраста в условиях гермообъема	257
Задача 3. Оценка времени выживания животных в условиях гермообъемов различной емкости	258
Задача 4. Оценка индивидуальной устойчивости животных в условиях гермообъема	258
Работа 5. Исследование динамики биоэлектрической активности мозга и электрокардиограммы при нарушении внешнего дыхания и кровообращения. — А. А. Башкиров	258
Задача 1. Анализ динамики ЭЭГ, ЭКГ, дыхания и вызванных потенциалов при нарушении кровообращения мозга	259
Задача 2. Анализ динамики ЭЭГ, ЭКГ, дыхания и ВП при асфиксии	260
Работа 6. Влияние изменения температуры окружающей среды на условнорефлекторную деятельность крыс. — И. И. Лизунова	260
Глава XVI. Статистические методы обработки результатов физиологических экспериментов. — М. А. Куликов, С. А. Шастун	
Определение вида распределения и его параметров	264
Классификационный уровень	264
Интервальный уровень	266
Сравнение двух связанных выборок	267
Классификационный уровень	268
Порядковый уровень	269
Интервальный уровень	270
Сравнение двух независимых выборок	270
Классификационный уровень	271
Порядковый уровень	271
Интервальный уровень	272
Исследование связи между двумя переменными	274
Классификационный уровень	274

Порядковый уровень	276
Интервальный уровень	277
Приложения. — К. Т. Ветчинкина, М. А. Куликов	279
Контрольные вопросы и задания. — К. Т. Ветчинкина	292
Физиология крови	292
Физиология сердца	293
Физиология сосудистой системы	295
Дыхание	298
Обмен веществ и энергии	299
Физиология пищеварения	300
Выделение	303
Терморегуляция	305
Физиология желез внутренней секреции	305
Физиология мышц и нервов	307
Физиология ЦНС	309
Физиология анализаторов	313
Физиологические основы психической деятельности	315

Анатолий Витальевич Коробков, Александр Алексеевич Башкиров,
 Каринэ Тиграновна Ветчинкина, Николай Александрович Агаджанян,
 Инна Гавриловна Власова, Лидия Петровна Дорина,
 Вячеслав Андрианович Карягин, Юрий Леонидович Кислицын,
Константин Михайлович Куланда, Елена Ивановна Лебединская,
 Ирина Ивановна Лизунова, Софья Александровна Чеснокова,
 Леонид Константинович Щельцын, Александр Иванович Еяфимов,
 Валентина Васильевна Коржова, Михаил Алексеевич Куликов,
 Петр Григорьевич Шамров, Сергей Антонович Шастун,
 Ольга Борисовна Шаханова

ПРАКТИКУМ ПО НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

Редактор А. С. Орлова
 Художник Б. К. Мирошин
 Художественный редактор Т. А. Коленкова
 Технический редактор Т. А. Новикова
 Младший редактор В. А. Золотова
 Корректор С. К. Завьялова

ИБ № 2949

Изд. № Е-386. Сдано в набор 08.02.83. Подп. в печать 23.06.83. Формат 60×90/16.
 Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 20,5 усл. печ. л.
 20,56 усл. кр.-отт. 22,98 уч.-изд. л. Тираж 55 000 экз. Зак. № 131. Цена 90 коп.
 Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете
 СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль,
 ул. Свободы, 97.