

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
"Брянский государственный аграрный университет"

Институт ветеринарной медицины и биотехнологии

Кафедра нормальной и патологической морфологии и физиологии  
животных

**Физиология и этология животных**

# **Физиология возбудимых тканей и нервной системы**

Методические рекомендации к лабораторным  
занятиям для студентов очной и заочной форм обучения  
по специальности 36.05.01 «Ветеринария»



Брянская область  
2016

УДК. 636:612:636:612.81 (075)

ББК 46

О 34

Овсеенко Ю.В., Кривопушкина Е.А., Горшкова Е.В. Физиология возбудимых тканей и нервной системы: методические рекомендации / Овсеенко, Е.А. Кривопушкина, Е.В. Горшкова. – Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2016 г. – 40 с.

Методические рекомендации предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по специальности 36.05.01 «Ветеринария». Методические рекомендации содержат теоретический и практический материал по разделам: «Физиология возбудимых тканей» и «Физиология нервной системы». В них приведены работы, предусмотренные программой, актуализированной в соответствии с ФГОС ВО по специальности 36.05.01 утвержденных приказом Минобрнауки РФ от 3 сентября 2015 г. № 962.

**Рецензент:** кандидат биологических наук, доцент кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветсанэкспертизы Бобкова Г.Н.

*Рекомендовано к изданию методической комиссией института ветеринарной медицины и биотехнологии Брянского ГАУ, протокол №5 от 12.02.2016 года.*

© Брянский ГАУ, 2016

© Ю.В. Овсеенко, 2016

© Е.А. Кривопушкина, 2016

© Е.В. Горшкова, 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Физиология возбудимых тканей и нервная система - наиболее сложные и разделы физиологии. Изучение этих разделов необходимо для понимания процессов, происходящих в клетках, тканях, органах, системах органов и целостном организме, для разработки мер профилактики и лечения ряда заболеваний.

Лабораторные работы, предусмотренные в данных методических указаниях, проводятся с использованием живых объектов (лягушек, морских свинок).

В ходе изучения этих разделов физиологии студенты приобретают навыки постановки и проведения экспериментов на лабораторных животных, анализа полученных результатов.

Данные методические указания помогут студентам самостоятельно выполнить лабораторные работы, более тщательно готовиться к лабораторно - практическим занятиям, коллоквиуму и экзамену.

Перед занятием студент должен ознакомиться с теоретической частью, ходом выполнения работы и ответить на контрольные вопросы.

Лабораторные работы выполняются группой по 2-3 студента.

# Физиология возбудимых тканей

Все живые клетки обладают раздражимостью, т.е. способностью отвечать на воздействия внешней или внутренней среды изменением своего состояния или деятельности. Для характеристики процессов, протекающих в нервной, мышечной и железистой тканях, используют термин «возбудимость», а сами ткани называют «возбудимыми тканями». Возбудимые ткани способны в ответ на действие раздражителя переходить из состояния физиологического покоя в состояние возбуждения.

**Возбуждение** – сложная биологическая реакция, характеризующаяся усиленным обменом веществ, перераспределением ионов и возникновением биоэлектрических токов.

Различают общую и частную (специфическую) ответную реакцию возбудимых тканей на раздражение.

**Общая ответная реакция** для всех тканей – это возникновение биоэлектрических токов (потенциалов действия).

**Частная (специфическая) ответная реакция:** для нервной ткани – возникновение и проведение нервного импульса, для мышечной – сокращение, для железистой – образование и выделение секрета.

**Раздражитель** – любой фактор, под воздействием которого изменяется физиологическое состояние организма и его структура.

Раздражители классифицируются по энергетической природе, биологическому действию и силе. По энергетической природе раздражители подразделяют на физические (механические, термические, электрические, звуковые, световые, радиоактивные и др.); химические (соли, кислоты, щелочи, гормоны и др.) и физико-химические (осмотическое давление, pH).

По биологическому действию различают раздражители адекватные (специфические), действующие на ткань в обычных условиях ее существования (для мышцы – нервный импульс, для сетчатки глаза – свет и т.д.) и неадекватные (общие), действию которых ткань в обычных условиях не подвергается.

По силе различают раздражители пороговые (раздражители минимальной силы, способные вызвать возбуждение ткани независимо от времени действия), подпороговые (сила которых меньше пороговой, неспособные вызвать возбуждение) и сверхпороговые (сила которых превышает пороговую).

## Работа 1. Приготовление нервно-мышечного препарата

Изучение свойств возбудимых тканей проводят на нервно-мышечном препарате. **Нервно-мышечный препарат** представляет собой единую морфофункциональную систему, состоящую из кусочка позвоночника, седалищного нерва и икроножной мышцы лягушки. (Кусочек

позвоночника необходим для сохранения целостности нерва и удобства обращения с ним).

Для выполнения некоторых работ удобно использовать **реоскопическую лапку** - препарат, состоящий из кусочка позвоночника, седалищного нерва, голени и лапки.

**Ход работы.** Для обездвиживания лягушки применяют один из следующих способов:

1. Декапитация с последующим разрушением спинного мозга. Завернуть лягушку в марлевую салфетку и отсечь ножницами верхнюю челюсть на уровне заднего конца барабанных перепонок. Ввести иглу в позвоночный канал на 1,5-2 см и разрушить спинной мозг.

2. Разрушение головного и спинного мозга иглой. Через затылочную ямку ввести иглу в полость черепа и разрушить головной мозг. Затем повернуть иглу в противоположном направлении и ввести ее в спинномозговой канал.

3. Наркотизация. Для наркотизации лягушки применяется 2%-ный раствор эфира или 10%-ный раствор спирта. Лягушку опускают в раствор на 10-15 мин. Расслабление мускулатуры и отсутствие двигательной активности показатели достаточного действия наркоза.

Перерезать позвоночник на расстоянии 1 см от копчикового сочленения. Держа лягушку за задние лапки, удалить ножницами свисающую переднюю половину туловища с внутренностями. Захватить рукой (через салфетку) позвоночник и быстрым движением снять кожу с обеих лапок (рис. 1).

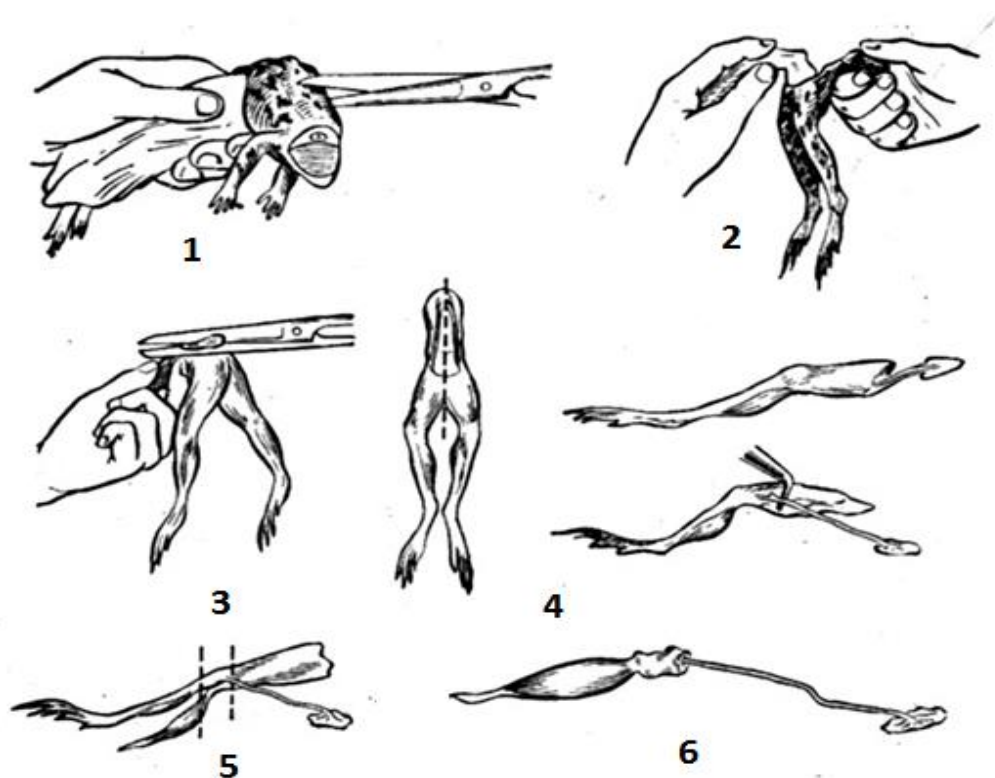


Рис. 1. Приготовление нервно-мышечного препарата

Удалить конец копчиковой кости. Отделить одну лапку от другой путем продольного разреза позвоночника и лобкового сочленения. Отделить кусочек позвоночника от тазовой кости. Отпрепарировать седалищный нерв от бедренного сочленения до коленного сустава. Удалить бедренную кость с мышцами.

При работе с нервно-мышечным препаратом его периодически смачивать физиологическим раствором и не травмировать.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое нервно-мышечный препарат?
2. Как приготовить нервно-мышечный препарат?
3. Что такое реоскопическая лапка?

### **Работа 2. Биоэлектрические явления в тканях (опыты Л. Гальвани)**

Основателем учения о биоэлектричестве явился итальянский ученый Луиджи Гальвани, который в 1791 году установил существование «животного электричества». Каждая живая клетка в состоянии покоя имеет электрический заряд (потенциал покоя).

**Потенциал покоя (ПП)** – разность зарядов между наружной и внутренней поверхностями клеточной мембраны в состоянии покоя. Разность потенциалов обусловлена неравномерным распределением различных ионов между внутренней и внешней стороной мембраны: внутри клетки преобладают катионы калия и анионы органических кислот, снаружи - катионы натрия. Неравномерное распределение связано с размерами ионов и неодинаковой их проницаемостью через мембрану. Поддержанию такого ионного состояния способствует и работа «натрий-калиевого насоса» - механизма, обеспечивающего активный транспорт ионов натрия и калия через мембрану против электрического и концентрационного градиента.

Клеточная мембрана практически непроницаема для крупных анионов органических кислот, белков, аминокислот, которые и создают отрицательный заряд внутренней поверхности мембраны. Ионы натрия, преобладающие в межклеточной жидкости, гидратированы (окружены водной оболочкой), имеют большой диаметр, вследствие чего их проникновение в клетку затруднено. Проницаемость мембраны для ионов  $K^+$  в состоянии покоя выше по сравнению с ионами  $Na^+$ , они выходят из клетки, сосредотачиваются у наружной поверхности мембраны и определяют ее положительный заряд.

**Потенциал действия (ПД)** - кратковременное изменение мембранного потенциала, возникающего при возбуждении клетки (рис. 2). В потенциале действия различают пик и следовые потенциалы. Пик имеет две фазы:

1 фаза - восходящая - обусловлена временным (0,5-1,5 мс) повышением проницаемости мембраны для ионов натрия (проницаемость повышается в 500 раз по сравнению с состоянием покоя). Поступление большого количества положительных ионов  $\text{Na}^+$  приводит к уменьшению заряда внутренней поверхности мембраны до нуля - **деполяризация мембраны**, а затем появлению заряда, но с противоположным знаком. Происходит перезарядка мембраны – **реверсия**.

2 фаза - нисходящая - связана с закрытием натриевых и открытием калиевых каналов. По мере выхода  $\text{K}^+$  из клетки положительные заряды удаляются, мембранный потенциал возвращается к уровню покоя - **реполяризация**, а затем наступает **следовая гиперполяризация**. Закачивается фаза закрытием калиевых каналов и восстановлением проницаемости мембраны, характерной для состояния покоя.

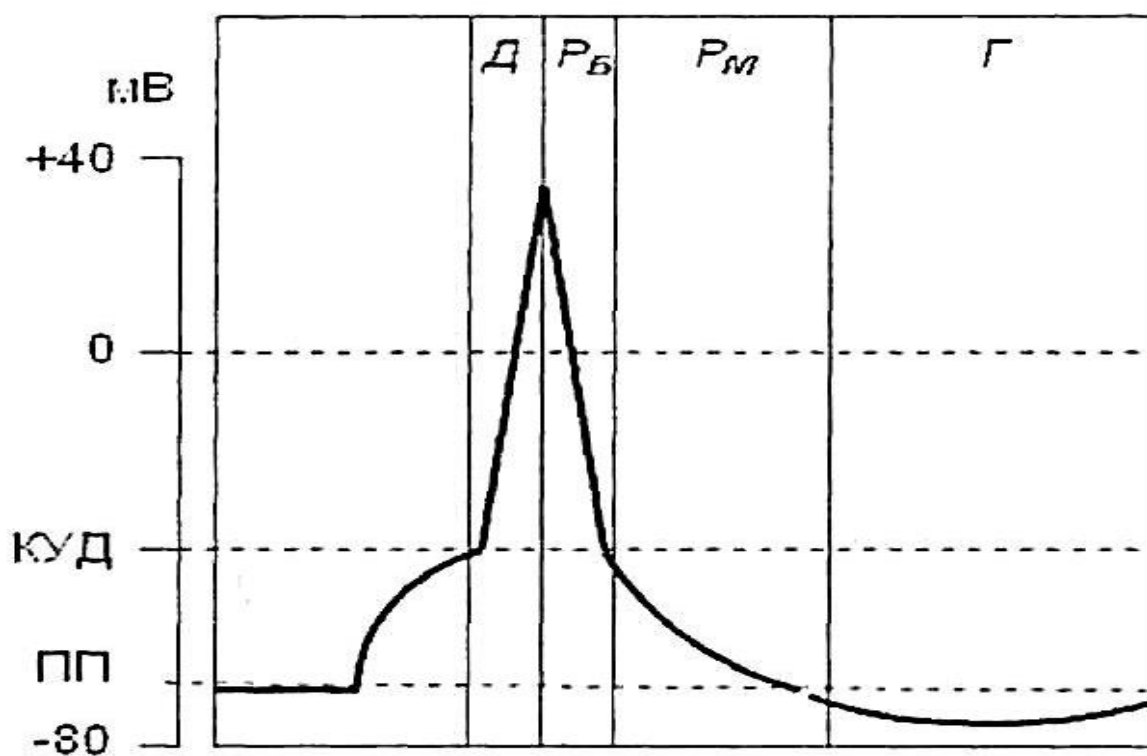


Рис. 2. Мембранный потенциал действия. КУД (критический уровень деполяризации) - местное возбуждение. Д – деполяризация. Р<sub>Б</sub> - реполяризация быстрая. Р<sub>М</sub> - реполяризация медленная (отрицательный следовой потенциал). Г - следовая гиперполяризация (положительный следовой потенциал)

В процессе возникновения потенциала действия возбудимость мембраны изменяется. В период деполяризации мембрана невозбудима - **абсолютная рефрактерность**, а в период реполяризации отмечается понижение возбудимости - **относительная рефрактерность**.

За периодом относительной рефрактерности наступает **фаза экзальтации** (повышенная возбудимость), после чего возбудимость несколько снижается - **фаза субнормальности**, что соответствует **следовой гиперполяризации** (рис. 3).

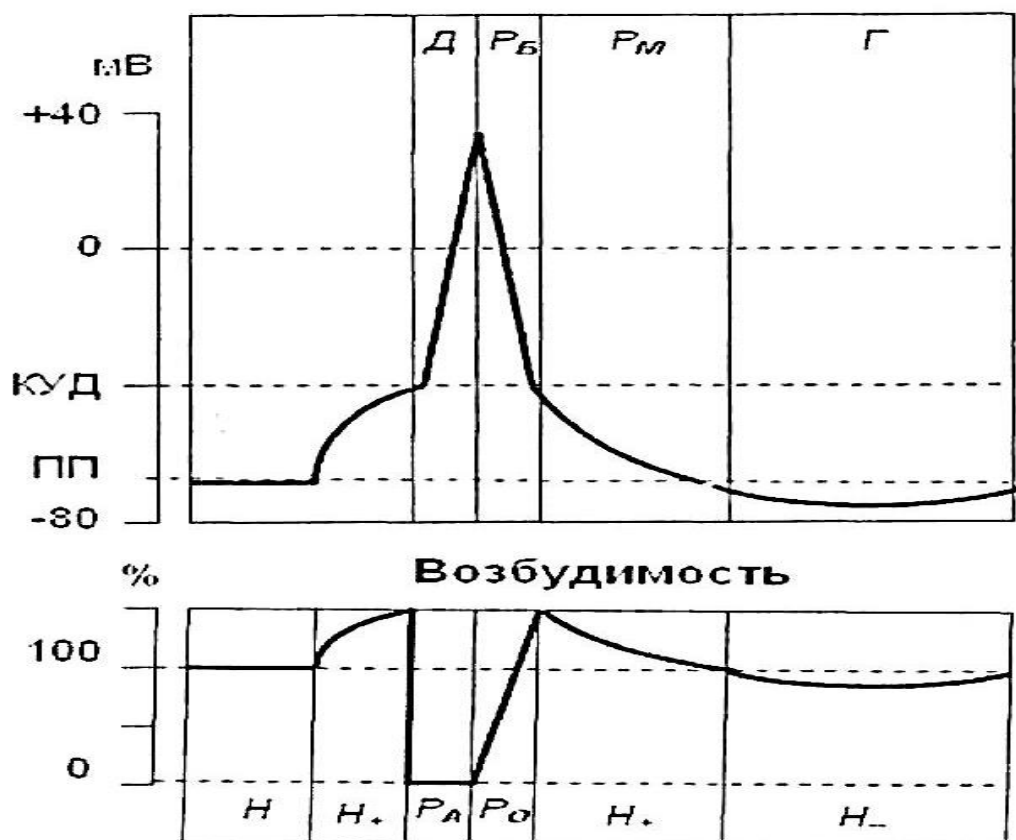


Рис. 3. Изменение возбудимости мембраны в процессе возбуждения. Н - нормальная возбудимость. Н<sub>+</sub> - повышение возбудимости. P<sub>А</sub> - рефрактерность абсолютная. P<sub>О</sub> - рефрактерность относительная. Н<sub>+</sub> - повышение возбудимости (фаза экзальтации). Н<sub>-</sub> - пониженная возбудимость (фаза субнормальности)

### Первый опыт Л. Гальвани

**Ход работы.** Приготовить препарат обеих лапок лягушки без кожи. Подвесить его на медной проволоке за корешки нервов так, чтобы конечности соприкасались с пластинкой из цинка (или другого металла), предварительно прикрепленной к медной проволоке (рис. 4).

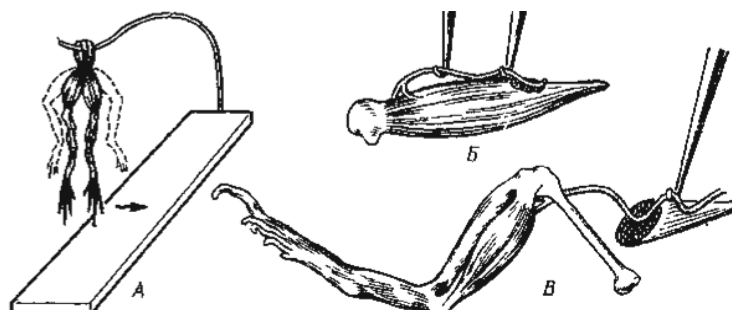


Рис. 4. Опыты Л. Гальвани  
А - первый опыт Гальвани, В - второй опыт Гальвани

При каждом соприкосновении лапок с металлом происходит сокращение мышц конечностей. Л. Гальвани объяснял это явление существо-



ванием «животного электричества». При замыкании цепи, по мнению Л. Гальвани, возникает электрический ток между отрицательно заряженным нервом и положительно заряженной мышцей, что и приводит к сокращению.

По мнению соотечественника Л. Гальвани, физика Алесандро Вольта препарат сокращается не в результате наличия «животного электричества», а в результате разности потенциалов между двумя металлами, где препарат служит проводником, замыкающим цепь.

## **Второй опыт Л. Гальвани**

**Ход работы.** Приготовить препарат реоскопической лапки и поместить его на деревянную дощечку. Предварительно рассечь ножницами мышцу бедра другой лапки. Приподнять седалищный нерв стеклянным крючком и быстро набросить его на мышцу бедра так, чтобы он одновременно коснулся поврежденного и неповрежденного участков. Поврежденный участок мышцы имеет отрицательный заряд, а неповрежденный - положительный и поэтому при замыкании нервом цепи наблюдается подергивание лапки.

## **Контрольные вопросы**

1. Что такое потенциал покоя и потенциал действия? Чем они обусловлены?
2. Что такое деполяризация, реверсия, реполяризация и следовая гиперполяризация?
3. Что такое абсолютная и относительная рефрактерность, экзальтация и субнормальность?
4. Как изменяется возбудимость ткани в процессе возбуждения?
5. Какие опыты подтверждают наличие «животного электричества»?

## **Работа 3. Определение порога возбудимости нерва и мышцы**

Мерой возбудимости ткани являются - порог возбудимости (реобаза), полезное время и хронаксия.

**Реобаза** - минимальная сила раздражителя, способная вызвать возбуждение. Порог возбудимости нерва ниже, чем мышцы или железы. Порог возбудимости зависит не только от вида ткани, но и от ее функционального состояния.

**Полезное время** - время, в течение которого должен действовать раздражитель пороговой силы, чтобы вызвать возбуждение.

**Хронаксия** - время, в течение которого должен действовать раздражитель равный по силе удвоенной реобазе, чтобы вызвать возбуждение. Определение хронаксии (хронаксиметрию) применяют в экспериментах, клинической практике и криминалистике. С помощью

хронаксиметрии определяют функциональную активность возбудимых тканей, устанавливают локализацию повреждения нерва или время смерти организма.

**Ход работы.** Приготовить нервно-мышечный препарат, и поместить его на деревянную дощечку. Установить тумблер регуляции напряжения электростимулятора на отметке 0,01 и повернуть рукоятку регулятора напряжения в начальное положение. Рукоятку частоты установить на отметке 1 Гц. Наложить электроды на нерв (непрямое раздражение мышцы) и постепенно увеличивать напряжение до тех пор, пока мышца не начнет сокращаться. После этого нанести электроды на мышцу (прямое раздражение мышцы), убедиться, что сокращение отсутствует, так как порог возбудимости мышцы лежит выше. Постепенно увеличивать напряжение и определить порог возбудимости мышцы. Записать величину порога возбудимости нерва и мышцы. Сделать выводы о возбудимости нерва и мышцы.

### Контрольные вопросы

1. Что такое порог возбудимости?
2. Что такое прямое и непрямое раздражение мышц?
3. Какая ткань является более возбудимой и почему?

### Работа. 4. Изучение свойств нерва

**Нерв** - совокупность нервных волокон (отростков нервных клеток) заключенных в общую соединительно-тканную оболочку - эпинервий (рис. 5).

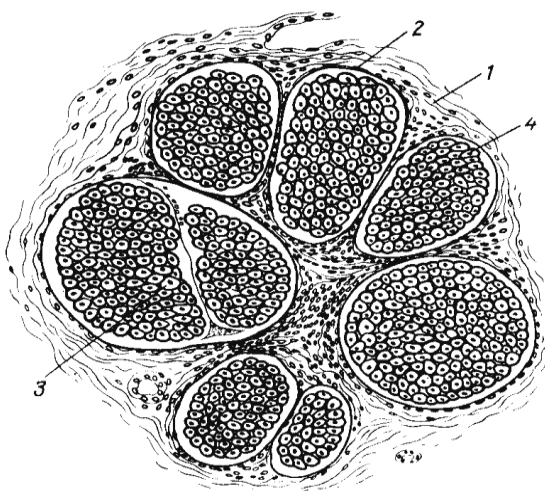


Рис. 5. Строение многопучкового нерва. 1. Эпинервий. 2. Перинервий. 3. Эндонервий. 4. Нервный пучок

Нерв обладает возбудимостью, проводимостью, высокой лабильностью и высокой работоспособностью (низкой утомляемостью).

**1. Возбудимость** - способность ткани отвечать на раздражение возбуждением.

**2. Проводимость** - способность нерва проводить возбуждение. Проведение возбуждения - возможно при сохранении анатомической и функциональной целостности возбудимой мембраны нервного волокна;

- осуществляется в обе стороны от места действия раздражителя (двустороннее);

- происходит изолированно по каждому нервному волокну.

**3. Лабильность или функциональная подвижность** - способность возбудимой ткани воспроизводить потенциалы действия в соответствии с ритмом раздражителя.

Н.Е. Введенский определил лабильность как скорость, с которой в ткани возникает и успевает закончиться полный период отдельного импульса возбуждения. Мерой лабильности является максимальное число импульсов возбуждения, которое способна воспроизвести ткань за 1 с. Лабильность безмиелиновых нервных волокон составляет - 200 импульсов в секунду. Возбуждение в них распространяется медленно - 0,5-3 м/с - вдоль всей мембраны от одного возбужденного участка к другому, при этом часть токов рассеивается и затухает (рис. 6).

Лабильность миелиновых нервов (в условиях эксперимента) составляет 500-1000 импульсов в секунду, Миелин представляет собой жироподобное вещество, обладающее высоким сопротивлением к электрическому току. Поэтому потенциал действия может возникнуть только в участках, лишенных этого вещества (перехваты Ранвье). В связи с этим, возбуждение в миелиновых нервных волокнах передается скачкообразно от одного перехвата к другому с высокой скоростью (до 120 м/с) и небольшими затратами энергии.

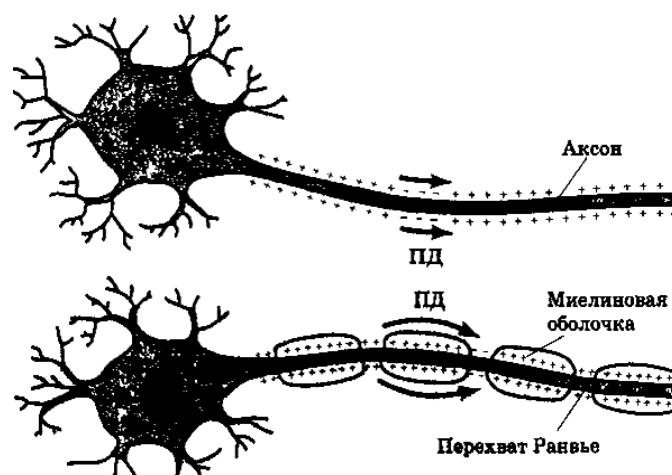


Рис. 6. Проведение возбуждения в нервных клетках.  
А – безмиелиновое волокно, Б – миелиновое волокно

**4. Высокая работоспособность нерва** обусловлена низким уровнем обмена веществ. Так, при возбуждении в нерве выделяется энергии в 100000 раз меньше, чем в мышце. В опытах Н.Е. Введенского нерв со-

хранял возбудимость и проводимость в течение 12 часов непрерывного раздражения.

**а) Изучение возбудимости нерва**

Существует три закона раздражения: закон силы, закон длительности (времени) и закон градиента (рис. 7).

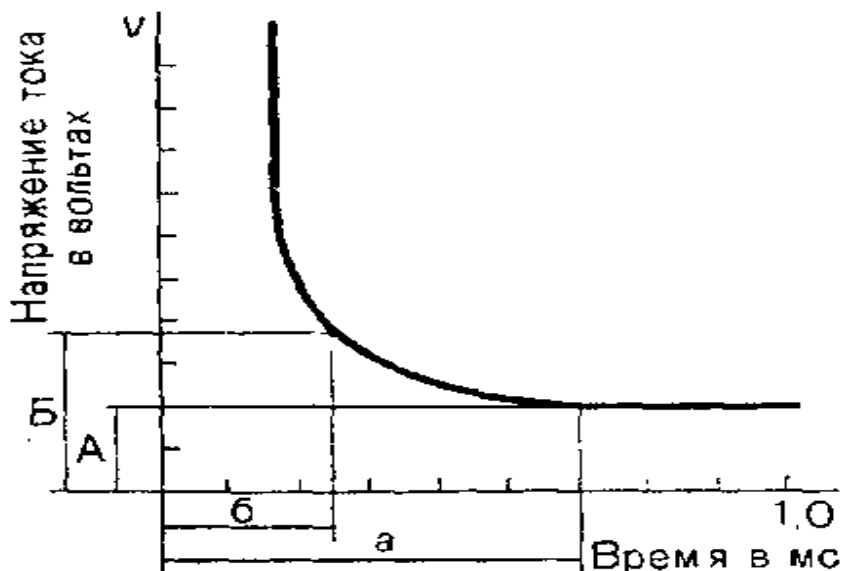


Рис. 7. Зависимость между силой тока и временем его действия (кривая силы – времени)

**Закон силы** – чем сильнее раздражение, тем сильнее (до определенного предела) ответная реакция ткани.

**Закон длительности** – чем дольше раздражение, тем сильнее (до определенного предела) ответная реакция ткани.

**Закон градиента** – для возбуждения ткани необходима определенная быстрота (скорость) нарастания силы раздражителя. При медленно нарастающей силе раздражителя в ткани развиваются изменения, которые значительно повышают порог возбудимости, происходит приспособление ткани (аккомодация) и ткань не отвечает на раздражение. При ударе пинцетом по нерву происходит сокращение икроножной мышцы, а при медленном надавливании ответная реакция отсутствует.

**Ход работы.** Приготовить две реоскопические лапки. Одну из них поместить в физиологический раствор (для холоднокровных животных - 0,65 % раствор NaCl), а другую - на деревянную дощечку.

Поочередно нанести на нерв следующие раздражения:

- а) механическое – щипок пинцетом, удар стеклянной палочкой;
- б) электрическое – наложить электроды электростимулятора на нерв и раздражать электрическим током;
- в) термическое – прикоснуться нагретой стеклянной палочкой;
- г) химическое - наложить на нерв кристаллик NaCl.

Убедиться, что различные по природе раздражители вызывают в нерве возбуждение.

### **б) Изучение проводимости нерва**

**Ход работы.** Поместить вторую реоскопическую лапку на деревянную дощечку.

а) Сильно перетянуть нерв ниткой (ближе к участку спинного мозга). После этого подействовать электрическим током на участке между позвончиком и местом перетяжки.

б) Наложить на нерв (за участком перетянутым ниткой) ватку, смоченную 2 % раствором новокаина (или лидокаина) и, спустя 2 минуты, нанести раздражение электрическим током на участок нерва между перетяжкой и ваткой с новокаином.

в) Наложить на свободный участок нерва ватку, смоченную раствором аммиака, и спустя 2 минуты, нанести раздражение электрическим током выше места воздействия аммиаком. Отмыть нерв в физиологическом растворе и снова раздражать током, убедиться, что сокращения мышцы отсутствуют так, как под действием аммиака в нерве произошли необратимые изменения.

г) Перерезать нерв ножницами, набросить один конец на другой и нанести раздражение электрическим током (пороговой силы) на участок до места перерезки.

Убедиться, что при нарушении анатомической или функциональной целостности нерва возбуждение через него не передается.

## **Контрольные вопросы**

1. Перечислите свойства нерва.
2. Что называется возбудимостью и возбуждением?
3. Перечислите особенности проведения возбуждения по нерву.
4. Что такое общая и специфическая ответная реакция ткани на раздражение?
5. Что называется лабильностью? Мера лабильности?
6. Как классифицируются раздражители?
7. Перечислите законы раздражения.

## **Работа 5. Вторичное сокращение**

### **А) Опыт К. Маттеуччи**

**Ход работы.** Поместить две реоскопические лапки на сухой дощечке, нерв первого препарата положить продольно на икроножную мышцу второй лапки (рис. 8).

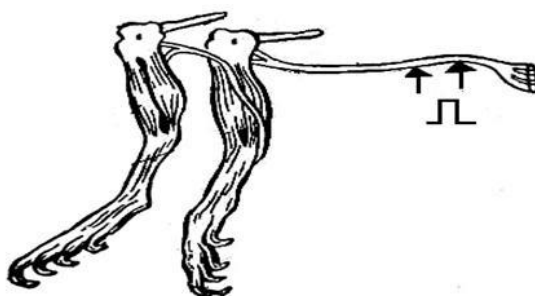


Рис. 8. Опыт К. Маттеуччи

Нерв второго препарата раздражать пороговым импульсом тока частотой 20-30 Гц. При этом мышцы первой лапки также начинают сокращаться.

### Б) Опыт Кёлликера–Мюллера

**Ход работы.** Вскройте грудобрюшную полость, обнажите сердце и снимите перикард. перевяжите дуги аорты и уздечку. Изолируйте сердце и поместите его в чашку Петри в раствор Рингера. Набросьте седалищный нерв стеклянным крючком на сокращающееся сердце. Наблюдайте сокращения мышц лапки лягушки (рис.9).

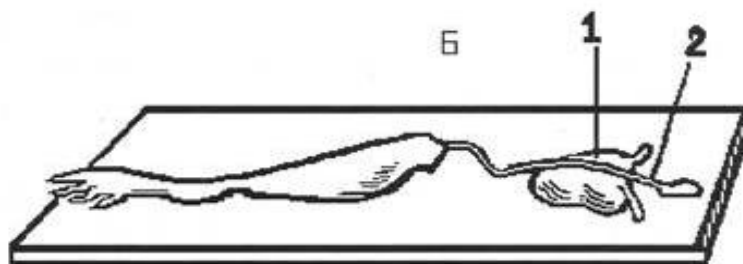


Рис. 9. Опыт Кёлликера–Мюллера  
1. Сердце. 2. Седалищный нерв

### Работа 6. Одиночное и тетаническое сокращение мышц

**Одиночное мышечное сокращение** - это ответная реакция мышцы на одиночное раздражение. Между моментом нанесения раздражения и ответной реакцией мышцы проходит определенное время (0,01 с) - латентный (скрытый) период. За латентным периодом следует сокращение мышцы, которое длится примерно 0,05 с, после чего происходит ее расслабление, равное по времени периоду сокращения (0,05 с). Таким образом, полный период одиночного сокращения икроножной мышцы лягушки составляет 0,11 с. Если нанесение каждого последующего раздражения превышает этот период времени, то происходит одиночное сокращение, так как за это время мышца успевает сократиться и полностью расслабиться. В условиях жизнедеятельности организма поперечнополосатые мышцы не сокращаются по типу одиночных, так как продолжительность их сокращения составляет более 0,1 с (минуты и даже часы). В организме скелетные мышцы получают из центральной нерв-

ной системы ритмические импульсы с частотой 30-40 Гц, вызывающие тетанические сокращения (рис. 10).

**Тетаническое сокращение** – длительное и сильное сокращение мышцы, вызванное серией импульсов. При раздражении мышцы с интервалом меньше 0,11 секунды, но больше 0,05 с (10 -15 Гц), то есть когда каждое последующее раздражение приходится в фазу расслабления мышцы, получается зубчатый тетанус. При раздражении более частыми импульсами с интервалами менее 0,05 с (20 и более Гц), каждое последующее раздражение приходится на период сокращения мышцы и получается гладкий тетанус.

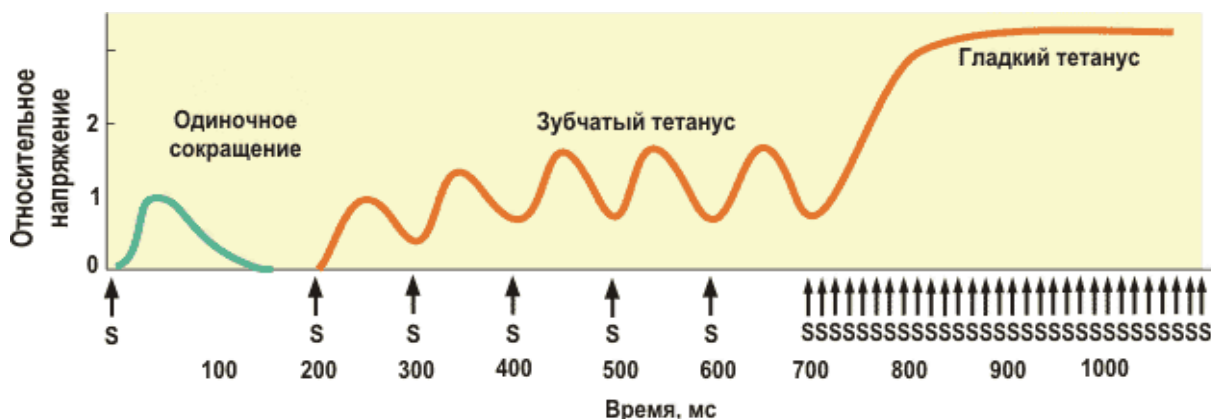


Рис. 10. Миограмма икроножной мышцы лягушки

Различают два типа мышечных сокращений: **изотоническое** (сокращение, при котором мышца укорачивается, но ее напряжение не меняется) и **изометрическое** (сокращение при котором длина мышцы не изменяется, а напряжение увеличивается).

**Ход работы.** Приготовить нервно-мышечный препарат, сохранив кусочек бедренной кости. Закрепить препарат бедренной костью в штативе, ахиллово сухожилие соединить при помощи крючка с писчиком. Подвести писчик к цилиндру кимографа и произвести графическую запись сокращений мышцы (рис. 11). Полученные кривые зарисовать в тетрадь и проанализировать.

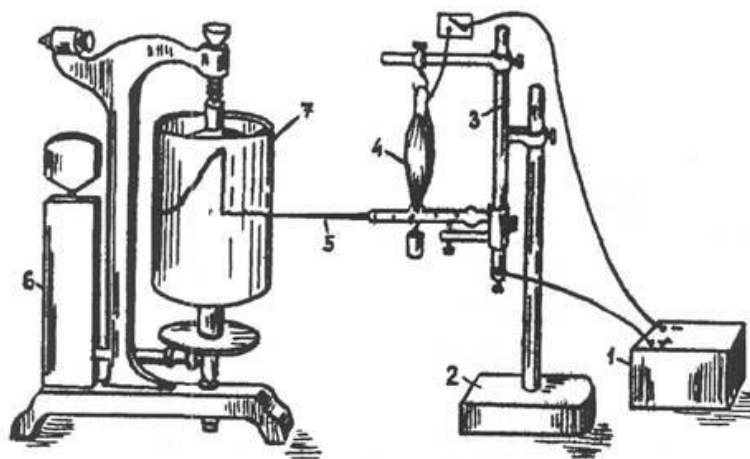


Рис. 11. Запись сокращений мышцы. 1-электростимулятор; 2-3 штатив писчика; 4 - икроножная мышца; 5 - писчик ; 6 - часовой механизм; 7- барабан кимографа.

## Контрольные вопросы

1. Что такое одиночное сокращение мышцы и как его получить?
2. Что такое латентный период и какова его продолжительность?
3. Какова продолжительность одиночного сокращения мышцы?
4. Что такое тетаническое сокращение мышц и как его получить?
5. Виды тетанического сокращения.
6. Что такое изотоническое и изометрическое сокращение мышц?

### Работа 7. Определение оптимума и пессимума частоты раздражителя

При оптимальной частоте раздражителя происходит полная суммация сокращений и при этом отмечается наибольшая амплитуда (оптимум частоты раздражителя). Это объясняется тем, что каждое последующее раздражение приходится в фазу наибольшей возбудимости (фаза экзальтации). При большой частоте раздражителя часть импульсов поступает в период пониженной возбудимости (относительная рефрактерность) или в период ее полной невозбудимости (абсолютная рефрактерность), при этом отмечается снижение амплитуды сокращения мышцы - пессимум частоты раздражителя (рис. 12).



Рис. 12. Зависимость сокращения мышцы от частоты раздражения.  
1 – одиночное сокращение; 2-4 – зубчатый тетанус; 5-7 – гладкий тетанус; 7 – оптимум частоты; 8 – пессимум частоты раздражителя

**Ход работы.** Произвести запись сокращений мышцы (на нервно-мышечном препарате из предыдущей работы) при различной частоте раздражителя (20, 30, 50, 100, 200, 300 и 400 Гц).

Отметить при какой частоте наблюдается наибольшая величина сокращения мышцы, и при какой она снижается.

## Контрольные вопросы

1. Что такое оптимум и пессимум частоты раздражителя?
2. При какой частоте отмечается наибольшая амплитуда (сила) сокращения мышцы?



## Работа 8. Парабиоз

Под влиянием различных химических веществ (хлороформ, эфир, новокаин спирт и др.) в нерве возникает особое состояние, названное Н.Е. Введенским **парабиозом** (гр. para около, bios жизнь). Состояние парабиоза характеризуется наличием трех последовательных стадий - **уравнительной, парадоксальной и тормозной**. Под действием отравляющих веществ в нерве происходят функциональные изменения, которые приводят к снижению его лабильности.

**В уравнительную стадию** при раздражении нерва разными по частоте (или силе) раздражителями мышца отвечает одинаковыми по силе сокращениями (рис. 13).

**В парадоксальную стадию** на редкие (или слабые) раздражения мышца отвечает сильным сокращением, а на частые (или сильные) реагирует слабо. Это объясняется значительным снижением лабильности нерва и возрастанием периода абсолютной рефрактерности. При этом состояние возбуждения, возникшее на отдельный импульс, исчезает медленно, и большинство импульсов попадает в фазу абсолютной рефрактерности.

**В тормозную стадию** мышца не сокращается при воздействии на нерв раздражителем любой частоты (или силы), так как фаза абсолютной рефрактерности в альтерированном (подвергнутом изменению) участке слишком продолжительна. По мнению Н.Е. Введенского в эту стадию отмечается стойкое, неколеблущееся возбуждение.

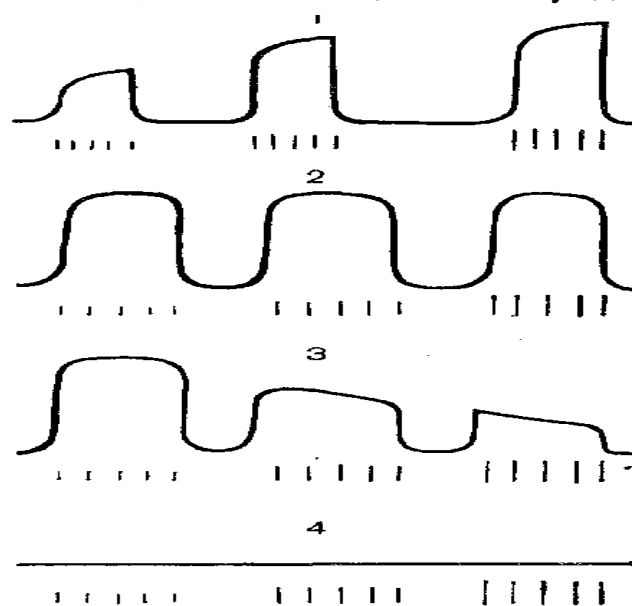


Рис. 13. Стадии парабиоза.

1. Норма. 2. Уравнительная. 3. Парадоксальная. 4. Торможение

Возбуждение и торможение - это различные реакции ткани на раздражение. При высокой лабильности импульсы возбуждения проводятся без изменения, а при низкой - задерживаются, и возникает торможение.

**Ход работы.** Приготовить нервно-мышечный препарат и подготовить его к записи сокращений. Наложить на участок нерва ватку, смоченную эфиром (или 2% раствором новокаина, или лидокаином). Через каждые три минуты, раздражая нерв током (пороговой силы) малой частоты (1-5 Гц), средней (20-40 Гц) и высокой (100 и более), произвести запись сокращений мышцы. Отметить появление фаз парабриоза.

### Контрольные вопросы

1. Что такое парабриоз и чем он вызывается?
2. Что происходит в нерве при парабриозе?
3. Назовите фазы парабриоза и дайте им характеристику.
4. В чем значение теории о парабриозе Н.Е. Введенского?

### Работа 9. Сила и работа мышц

**Сила мышцы** определяется максимальной величиной груза, который она в состоянии поднять (**абсолютная сила мышцы**). Сила мышцы зависит от количества мышечных волокон и их расположения (рис. 14). Наибольшей силой обладают мышцы с перистым расположением волокон, имеющие наибольший физиологический поперечник (поперечный разрез мышцы, перпендикулярный ходу ее волокон). Для сравнения различных мышц определяют их относительную силу, т.е. частное от деления абсолютной силы мышцы на площадь ее физиологического поперечника (сечение перпендикулярное волокнам). Относительная сила икроножной мышцы лягушки равна 2-3 кг/см<sup>2</sup>, а у человека 5 – 6 кг/см<sup>2</sup>.

**Работа мышцы** определяется произведением массы поднятого груза на величину укорочения мышцы по следующей формуле:

$$A = P \cdot h,$$

где А – работа, г/мм;

Р - масса груза, г;

h - укорочение мышцы, мм.

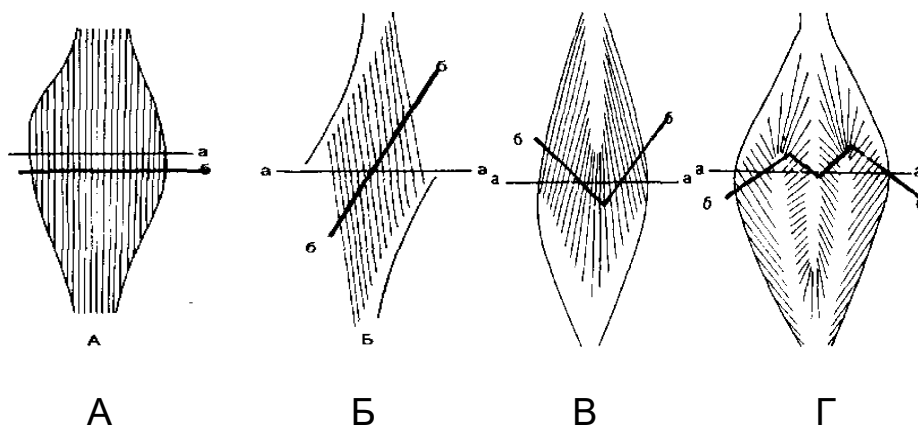


Рис. 14. Типы мышц.

А - параллельно волокнистый; Б - одноперистый; В - двуперистый;  
Г - многоперистый

**Ход работы.** Приготовить нервно-мышечный препарат, подсоединить его к кимографу для записи сокращений. Под писчиком установить упор, чтобы мышца не растягивалась под действием груза вне периода сокращения. Записать высоту мышечного сокращения без нагрузки, а затем с нагрузкой 20, 50, 100 граммов и т.д. до тех пор, пока мышца не утратит способность поднимать груз. Измерить диаметр икроножной мышцы лягушки, определить площадь ее поперечного сечения и рассчитать относительную силу. Измерить высоту зубцов на барабане кимографа при различных нагрузках и рассчитать работу. Сделать вывод, при каких нагрузках мышца совершает наибольшую работу.

**Исследование максимального мышечного усилия и силовой выносливости мышц кисти** (Динамометрия лат. dynamis сила, гр. metreo измеряю).

**Ход работы.** В положении стоя взять динамометр и отвести вытянутую руку в сторону под прямым углом к туловищу (рис. 15). Вторая свободная рука опущена и расслаблена. Сжать динамометр максимально и по шкале снять результат.

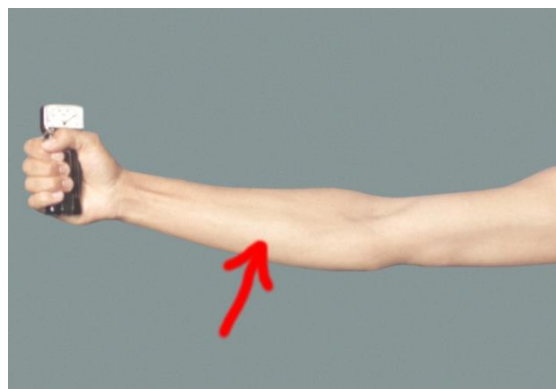


Рис. 15. Динамометр кистевой ДК0100

Затем обследуемый выполняет 10 раз максимальные усилия с частотой один раз в 5 секунд. Результаты записывают и определяют работоспособность мышц по формуле:

$$P = (F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{10}) : b,$$

где P - уровень работоспособности;

F<sub>1</sub>-F<sub>10</sub> - показатели динамометра при отдельных мышечных усилиях;

b - количество попыток.

Нормы показателей силы правой кисти у ребят в возрасте 18-19 лет должны составлять 46-51 кг, у девушек - 31-34 кг. Динамометрия руки в среднем составляет 65-80% массы тела у мужчин и 48-50% у женщин.

## Контрольные вопросы

1. От чего зависит сила мышц?
2. Что такое абсолютная и относительная сила мышц?
3. Что такое работа мышц и как ее определить?
4. При каких нагрузках мышца совершает наибольшую работу?
5. Чему равна относительная сила икроножной мышцы человека и лягушки?

### Работа 10. Утомление мышц

**Утомление** - частичная или полная утрата работоспособности мышцы.

Утомление наступает при снижении проводимости и возбудимости мембраны клетки в результате накопления конечных продуктов обмена веществ (молочной, фосфорной и угольной кислот, аммиака и др.). Под действием конечных продуктов обмена нарушается деятельность Na-K насоса, что приводит к снижению лабильности ткани. Немаловажным фактором, оказывающим влияние на утомление мышц, является расходование макроэргических соединений (гликогена, АТФ, креатинфосфата), необходимых для сокращения мышцы.

#### а) Зависимость скорости утомления от частоты раздражителя

**Ход работы.** Приготовить два нервно-мышечных препарата. Один из них закрепить в штативе и подсоединить к барабану кимографа. К рычагу писчика подвесить груз 20 г. Повернуть барабан кимографа на один полный оборот, записать на нем нулевую линию. Установить на электростимуляторе частоту 1 Гц. Подвести электроды к седалищному нерву и пустить кимограф. Запись производить до полного прекращения сокращений. Сменить препарат и повторить тот же опыт при частоте раздражителя 5 Гц. Обратит внимание, что в процессе развития утомления увеличивается время сокращения и расслабления мышцы, снижается амплитуда (сила) сокращения и развивается контрактура (неполное расслабление мышцы).

#### б) Влияние нагрузки на скорость утомления

**Ход работы.** Приготовить два нервно-мышечных препарата. Установить на электростимуляторе частоту 1 Гц. К рычагу писчика подвесить груз 20 г. Произвести запись сокращений мышцы до ее полного утомления. Заменить препарат. Подвесить груз 100 г и снова произвести запись сокращений до полного утомления мышцы.

#### в) Локализация утомления в нервно-мышечном препарате

Передача возбуждения с нервного волокна на иннервируемую им клетку (нервную, мышечную, секреторную) осуществляется при помощи специального, структурного образования – синапса. Синапс - место контакта нервных клеток друг с другом или с иннервируемыми ими тканями. Синапс состоит из пресинаптического полюса (утолщенное окончание

аксона), в котором находятся пузырьки с медиатором, пресинаптической мембраны, постсинаптического полюса с постсинаптической мембраной, синаптической щели (рис. 16).

Нервный импульс, достигнув нервного окончания, вызывает выделение медиатора (**ацетилхолина**) из синаптических пузырьков. Медиатор диффундирует в синаптическую щель и достигает постсинаптической мембраны. Достигнув постсинаптической мембраны, ацетилхолин взаимодействует с имеющимся в ней рецептором (**холинорецептором**), что приводит к изменению структуры белка мембраны и повышению ее проницаемости для ионов натрия. В результате чего происходит деполяризация постсинаптической мембраны и возникновение ПД. Запас ацетилхолина в пузырьках небольшой (на 2500-5000 импульсов).

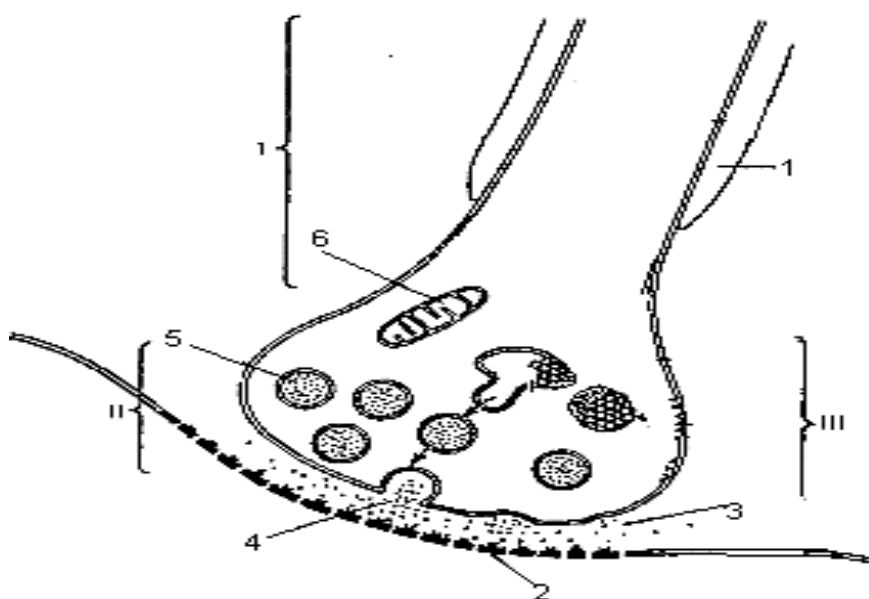


Рис. 16. Строение синапса.

- I – нервное волокно; II – синапс III – пресинаптический полюс;  
 1. Аксон. 2. Постсинаптическая мембрана. 3. Синаптическая щель.  
 4. Медиатор

Имеющийся в синаптической щели фермент **холинэстераза** расщепляет выделившийся ацетилхолин и тем самым восстанавливает исходный заряд мембраны.

**Свойства синапса:**

1. Одностороннее проведение возбуждения.
2. Наличие синаптической задержки (0,2-0,5 мс).
3. Низкая лабильность (30–40 импульсов в сек).
4. Прямопропорциональная зависимость величины постсинаптического ПД от количества выделившегося медиатора.
5. Повышенная утомляемость.
6. Высокая чувствительность к лекарствам и ядам.

**Ход работы.** Приготовить нервно-мышечный препарат, подсоединить его к кимографу для записи сокращений. Наложить электроды электростимулятора на нерв (непрямое раздражение мышцы) и раздражать нерв с частотой 1 Гц до тех пор, пока мышца не перестанет сокращаться. После этого нанести электроды непосредственно на мышцу (прямое раздражение мышцы). Мышца снова начнет ритмично сокращаться. Известно, что нерв практически не утомляем, поэтому можно сделать вывод, что при непрямом раздражении мышцы утомление в нервно-мышечном препарате наступает в нервно-мышечных синапсах.

### Контрольные вопросы

1. Что называется утомлением?
2. Каковы причины, вызывающие утомление?
3. Как изменяется миограмма при утомлении?
4. Как влияет на время наступления утомления частота раздражителя и величина груза?
5. Что называется синапсом? Строение синапса.
6. Как осуществляется передача возбуждения в синапсе?
7. Свойства синапса.
8. Где и почему наступает утомление в нервно-мышечном препарате при непрямом раздражении мышцы?

### Работа 11. Эластические свойства мышц

Различают поперечнополосатые и гладкие мышцы.

**Поперечнополосатые мышцы** состоят из мышечных пучков, содержащих тысячи волокон. Мышечное волокно представляет собой клетку цилиндрической формы (диаметром 20 - 100 мкм и длиной до 12-16 см), содержащую 1000 - 2000 и более миофибрилл. Миофибрилла состоит из большого количества тонких (актиновых) и толстых (миозиновых) нитей белка, чередующихся между собой. Структурно-функциональной единицей миофибриллы является **саркомер** - повторяющийся участок миофибриллы. В состав каждого саркомера входит полный А-диск (миозиновый), по обеим сторонам которого располагаются половинки I-дисков (актиновые) (рис. 17).

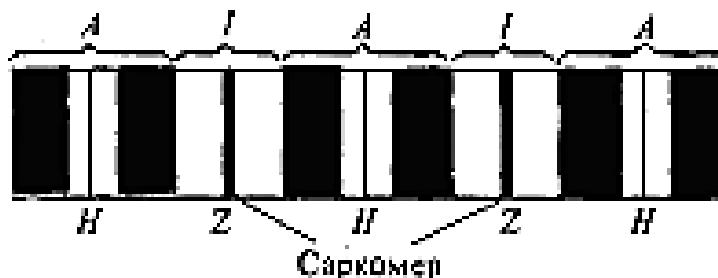


Рис. 17. Строение миофибриллы.

А – анизотропные диски; I – изотропные диски; Н - пластинка; Z- мембрана

### Функциональные особенности поперечнополосатых мышц:

- поперечнополосатые мышцы более возбудимы (ПД 120 мВ), чем гладкие;
- возбуждение по мышечным волокнам проводится изолированно;
- высокая скорость проведения возбуждения (от 3 до 15 м/с);
- высокая упругость и эластичность;
- сокращаются быстро, сильно, произвольно и несинхронно;
- иннервируются соматической нервной системой.

**Гладкие мышцы** состоят из **миоцитов** – клеток веретенообразной формы (диаметром 4-8 мкм и длиной 100-200 и более мкм) (рис. 17). Актиновые и миозиновые нити распределены в них неравномерно, поэтому под микроскопом гладкие мышцы не имеют поперечной исчерченности. Гладкие мышцы расположены в полых внутренних органах, стенке сосудов, коже.

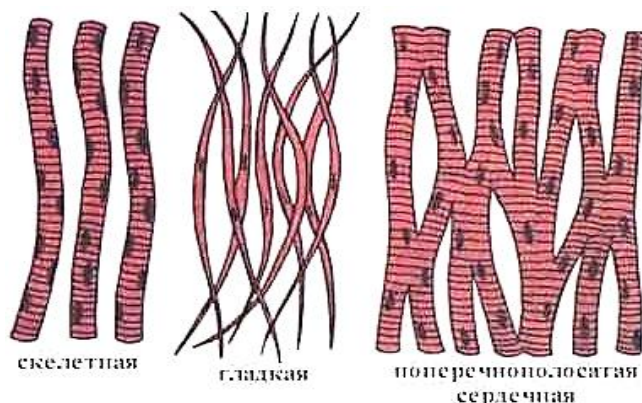


Рис. 18. Типы мышц

### Функциональные особенности гладких мышц:

- менее возбудимы, чем скелетные (ПД 60 мВ);
- скорость проведения возбуждения невысокая (0,2 - 0,3 м/с);
- высокая пластичность (способны длительно сохранять приданную форму);
- сокращаются медленно, синхронно, произвольно;
- сила сокращения невысокая, но мышцы очень выносливые;
- имеют низкий уровень обмена веществ;
- чувствительны к растяжению и действию химических веществ;
- иннервируются вегетативной нервной системой;
- некоторые обладают автоматией.

В основе мышечных сокращений лежит взаимодействие между актиновыми и миозиновыми нитями миофибрилл, вследствие образования поперечных мостиков между ними (рис. 19).

При сокращении происходит втягивание (скольжение) тонких актиновых нитей, прикрепленных к поперечной мембране (Z – мембрана), между миозиновыми, что приводит к укорочению саркомера.

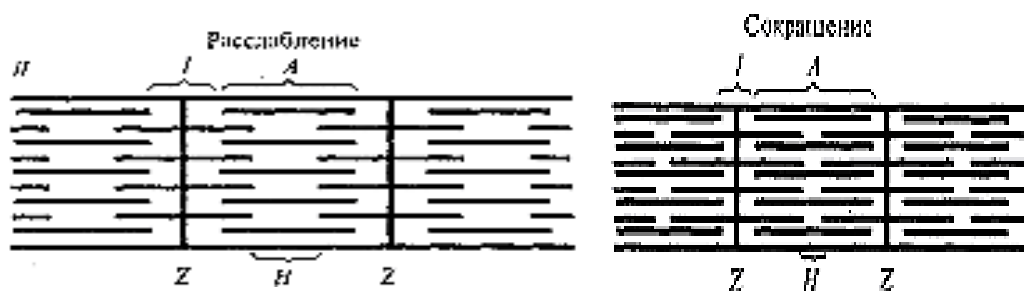


Рис. 19. Схема мышечного сокращения.

**Ход работы.** Приготовить нервно-мышечный препарат и подготовить его к записи сокращений. Записать на барабане кимографа исходную длину мышцы (без нагрузки). Остановить барабан кимографа, подвесить к рычагу писчика груз 20 граммов и записать величину растяжения мышцы. Постепенно увеличивать груз и каждый раз производить запись растяжения мышцы. Однако нельзя допускать чрезмерной нагрузки, которая может привести к нарушению целостности мышечных волокон. Поочередно снимая груз, произвести запись в обратном порядке. Убедиться, что после снятия нагрузки мышца возвращается в исходное состояние.

Опустить икроножную мышцу в кипяток и повторить опыт.

### Контрольные вопросы

1. Морфологические особенности гладких и поперечнополосатых мышц.
2. Перечислите свойства гладких и поперечнополосатых мышц.
3. Что лежит в основе сокращения мышц?

## Физиология нервной системы

Центральная нервная система включает в себя спинной и головной мозг. Она обеспечивает взаимосвязь между органами и системами органов, осуществляет координацию их деятельности, устанавливает взаимосвязь организма с внешней средой.

В основе деятельности нервной системы лежит **рефлекс**.

**Рефлекс** – ответная реакция организма на действие внешнего или внутреннего раздражителя, осуществляемая при участии центральной нервной системы.

Структурной единицей нервной системы является **нейрон** (нервная клетка, нейроцит). В нейроне различают тело (сома) и отростки – аксон и дендриты (рис. 1).



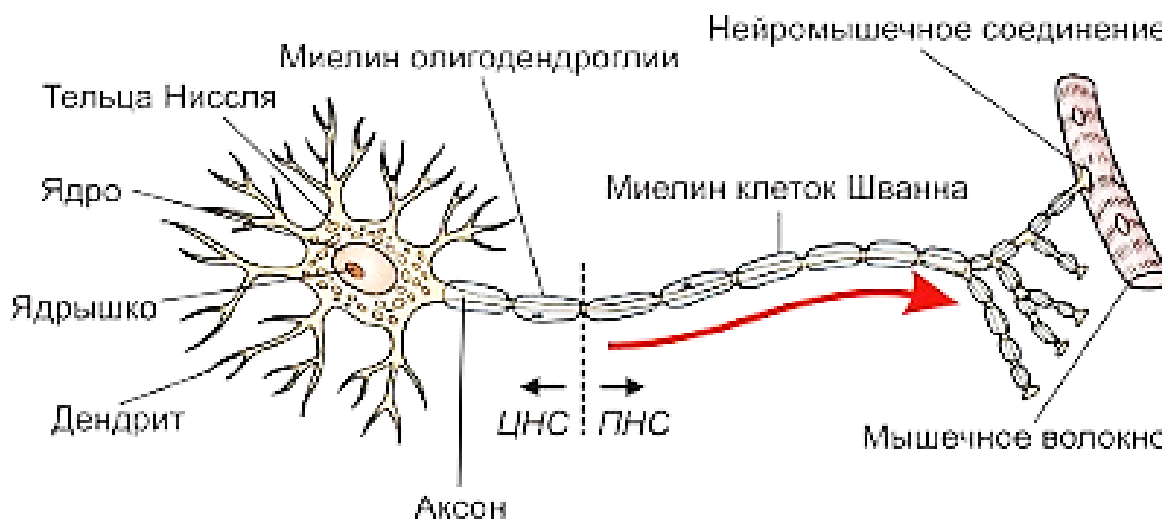


Рис. 1. Строение нейрона.

По дендриту нервный импульс идет к телу нейрона, по аксону – от тела. В зависимости от функции нейроны подразделяются на афферентные (чувствительные, сенсорные), вставочные (контактные), эфферентные (двигательные, эффекторные).

### Работа 1. Рефлексы спинного мозга и их рецептивные поля

Рефлекс начинается с раздражения определенных участков тела, в которых заложены рецепторы. Участок тела с расположенными на нем рецепторами, при раздражении которых возникает рефлекс, называется **рецептивным полем** (рефлексогенной зоной) данного рефлекса. У каждого рефлекса свое рецептивное поле. В то же время, один и тот же участок может быть рецептивным полем нескольких рефлексов (рис. 2).

**Ход работы.** Приготовить препарат **спинальной лягушки** (с удаленным головным мозгом). Для этого, введя браншу ножниц в ротовую щель, удалить череп за глазными буграми, остановить кровотечение. Укрепить препарат за нижнюю челюсть на крючке штатива и, спустя 5-8 мин. (после исчезновения шоковых явлений), приступить к выполнению опытов. Каждый опыт проводить с интервалом 2-3 минуты. После воздействия кислотой каждый раз обмывать лягушку, погружая ее в стакан с водой (вода не должна попадать на мозг).

- а) ущипнуть пинцетом кожу одной, а затем другой лапки;
- б) наложить небольшой кусочек (1 см<sup>2</sup>) фильтровальной бумаги, смоченный 0,5% раствором серной кислоты, на заднюю поверхность одной из лапок;
- в) наложить бумажку с кислотой на область анального отверстия;
- г) наложить бумажку с кислотой на брюшко лягушки между передними лапками;
- д) наложить бумажку с кислотой на боковую поверхность брюшка;

е) наложить бумажку с кислотой на боковую поверхность брюшка, придерживая заднюю лапку этой стороны рукой;

ж) наложить бумажку, смоченную 1% раствором серной кислоты, на спинку лягушки.

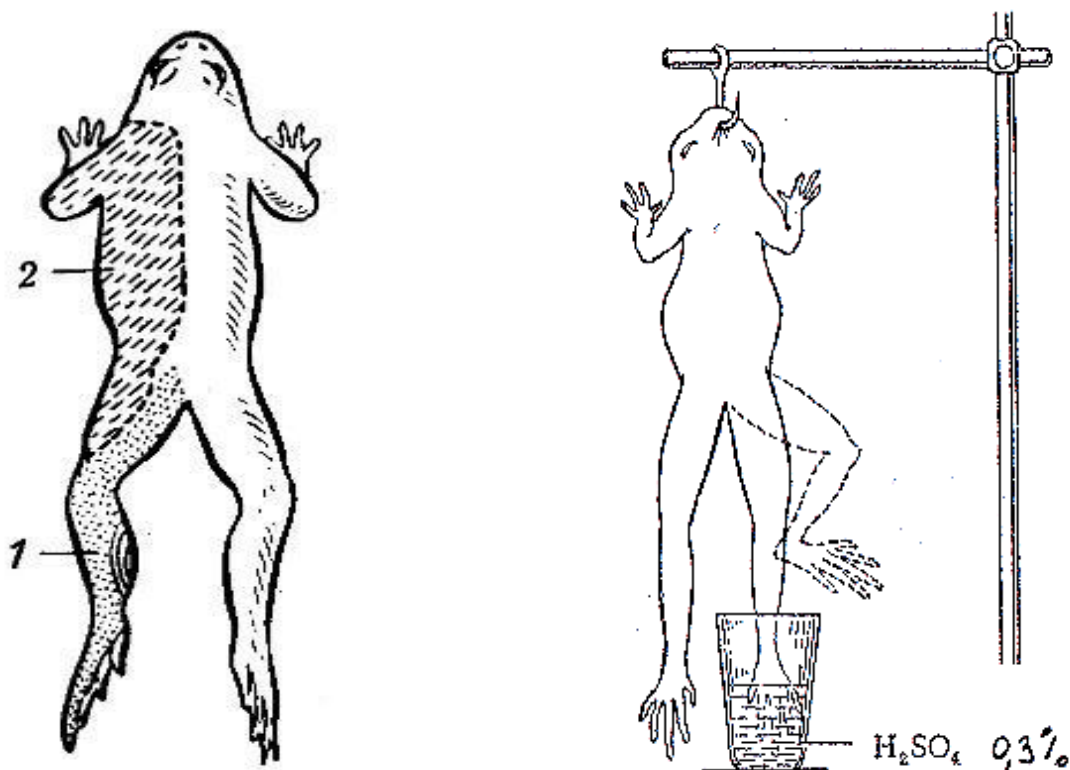


Рис. 2. Рецептивные поля спинномозговых рефлексов.

Обратить внимание на целесообразный приспособительный характер рефлексов и на связь отдельных рецептивных полей с определенной группой мышц. После каждого опыта сделать запись в тетради и объяснить результат.

### Контрольные вопросы

1. Назовите функции ЦНС.
2. Строение и классификация нейронов по функции.
3. Что называется рефлексом?
4. Что называется рецептивным полем?

### Работа 2. Анализ дуги спинномозговых рефлексов

**Рефлекторная дуга** – структурное образование, через которое осуществляется рефлекс; - путь, по которому проходит нервный импульс от рецептора до исполнительного органа (рис. 3).

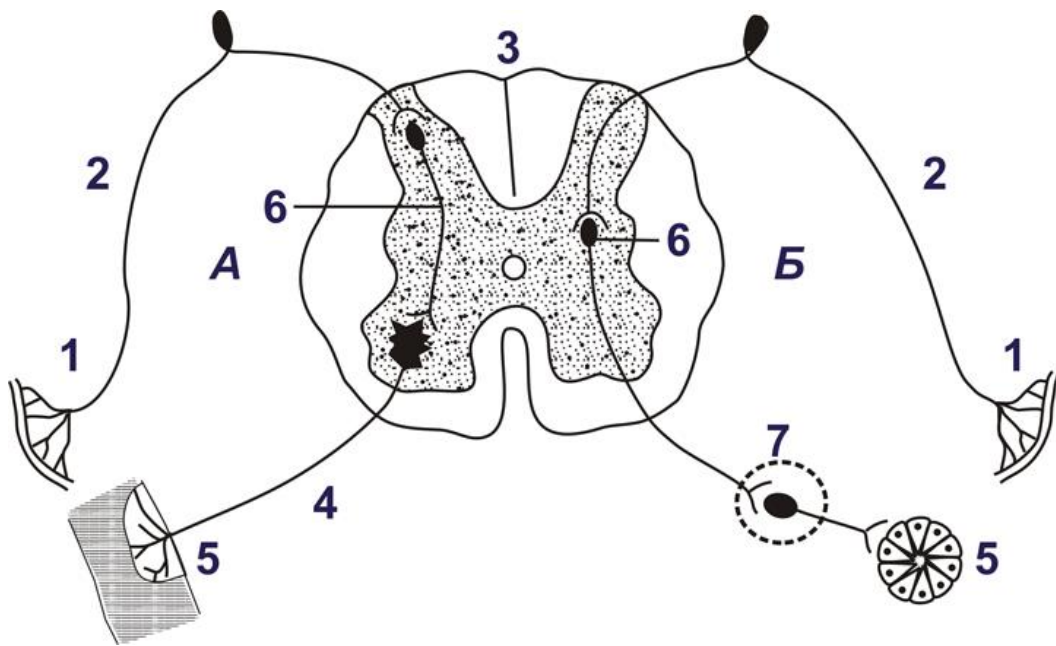


Рис. 3. Рефлекторная дуга.

1. Рецептор.
2. Аfferентный путь.
3. ЦНС
4. Эfferентный путь.
5. Рабочий орган.

Рефлекторная дуга может быть образована разным количеством нейронов. В образовании рефлекторной дуги участвуют афферентные (чувствительные, рецепторные), вставочные (контактные, интернейроны) и эфферентные (двигательные, эффекторные, мотонейроны) нейроны. Рефлекторные дуги могут быть моносинаптическими и полисинаптическими. Как правило, возбуждение с афферентного нейрона передается вначале на систему вставочных нейронов, а затем на эфферентный нейрон, поэтому большинство рефлекторных дуг полисинаптические. В такой рефлекторной дуге различают пять звеньев: рецептор, афферентный (чувствительный) нейрон, центральное звено (спинной или головной мозг), эфферентный (двигательный) нейрон, рабочий орган (эффектор).

Для осуществления рефлекса необходима целостность всех звеньев рефлекторной дуги.

**Ход работы.** Подвесить спинальную лягушку к крючку штатива. Наложить на правую лапку лягушки бумажку, смоченную 0,5% раствором серной кислоты, и убедиться в наличии сгибательного рефлекса. Затем сделать круговой разрез кожи правого бедра и снять кожу с лапки. Через 2-3 минуты наложить на обнаженную голень бумажку, смоченную 0,5%, а затем 1% раствором серной кислоты и убедиться в отсутствии рефлекса. Наложить на спинку лягушки бумажку, смоченную 1% раствором серной кислоты, убедиться, что в двигательной реакции принимает участие и правая лапка, лишенная кожи. Обмыть лягушку водой.

Сделать продольный разрез кожи дорсальной поверхности левого бедра длиной 1,5-2 сантиметра, раздвинуть мышцы, отпрепарировать седалищный нерв. Подвести под нерв нитку, но не завязывать ее. Про-

верить наличие рефлекса сгибания при накладывании на кожу голени бумажки, смоченной 0,5% раствором серной кислоты (или при пощипывании пинцетом пальцев лягушки). Затем, подтянув нерв за нитку, положить под него ватку, смоченную лидокаином. Через каждые 1-2 минуты проверять наличие сгибательного рефлекса. После исчезновения рефлекса на нижнюю часть спинки наложить бумажку, смоченную 1% раствором серной кислоты. В возникшей рефлекторной реакции принимает участие и левая лапка.

Лидокаин блокирует в первую очередь чувствительные нервные волокна, а спустя некоторое время и двигательные волокна седалищного нерва. В результате полного паралича волокон седалищного нерва рефлекс не возникает при раздражении любого участка левой лапки, правая лапка двигательную активность сохраняет.

Убедившись в наличии рефлекса, разрушить спинной мозг и наблюдать исчезновение всех рефлексов и тонуса мышц конечностей.

**Тонус мышц** – состояние некоторого (незначительного) напряжения мышц, которое возникает под действием редких импульсов, поступающих из мотонейронов спинного мозга.

### Контрольные вопросы

1. Что называется рефлекторной дугой, из каких звеньев она состоит?
2. Виды рефлекторных дуг.
3. Почему исчезает рефлекс при удалении кожи с лапки?
4. Как проявляется действие лидокаина на чувствительные и двигательные волокна седалищного нерва?

### Работа 3. Зависимость времени рефлекса от силы раздражителя

**Время рефлекса** – период от момента нанесения раздражения до начала ответной реакции. Время рефлекса складывается из:

- времени, необходимого для возбуждения рецепторов и проведения импульсов по афферентному нервному волокну к нервному центру;
- времени распространения возбуждения по нервному центру;
- времени прохождения возбуждения по эфферентному нерву;
- времени, необходимого для осуществления рабочим органом ответной реакции.

Время рефлекса зависит от силы раздражителя, площади рецепторного поля, строения рефлекторной дуги (количества синапсов) и вида нервных волокон.

**Ход работы.** Приготовить препарат спинальной лягушки, подвесить его за нижнюю челюсть на крючке штатива. Погрузить лапку лягушки в стаканчик с 0,1% раствором серной кислоты и засечь время с момента погружения лапки до наступления ответной реакции. Обмыть лапку в

стакане с водой. Повторить опыт, погружая ту же лапку в стаканчик с 0,3%, а затем с 0,5% раствором кислоты (рис. 4), каждый раз определяя время рефлекса.

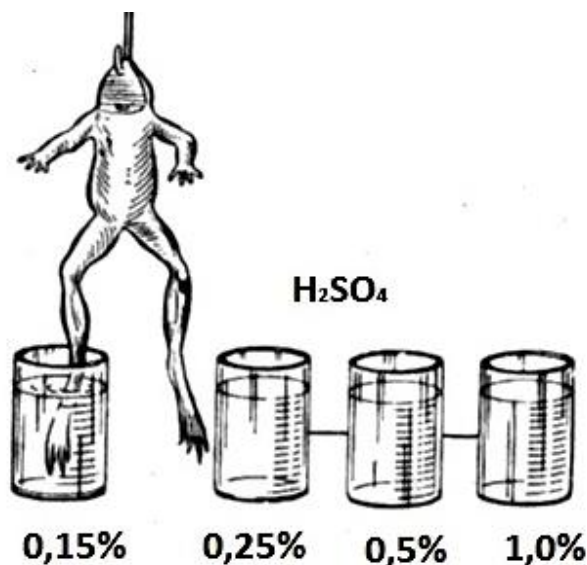


Рис. 4. Схема опыта по определению времени рефлекса.

### Контрольные вопросы

1. Что называется «временем рефлекса»?
2. Из чего складывается время рефлекса?
3. От чего зависит время рефлекса?

### Работа 4. Суммация возбуждения в нервных центрах

**Нервный центр** – совокупность нейронов в центральной нервной системе, участвующих в регуляции определенной функции.

Одним из свойств нервных центров является **суммация**. Различают временную (последовательную) и пространственную суммацию.

**Временная суммация** возникает в случае, если несколько допороговых раздражителей следуют друг за другом с малым временным интервалом, в результате чего происходит суммация возбуждающих постсинаптических потенциалов (ВПСП) и суммарный ВПСП достигает пороговой величины, достаточной для возникновения импульса возбуждения.

Если допороговые импульсы приходят по разным путям к одному нейрону (от разных рецепторов), возникает ВПСП в разных участках клеточной мембраны нейрона, суммация которых может достигать порогового уровня - происходит **пространственная суммация**.

**Ход работы.** Поместить спинальную лягушку на стол. Установить на электростимуляторе частоту раздражения 1 Гц и определить силу тока, при которой происходит вздрагивание лапки, но общая двигательная реакция отсутствует. После этого установить на электростимуляторе ча-

стоту раздражений 300-400 Гц (не меняя силу тока) и снова нанести электроды на голень лягушки. В результате суммации частых раздражений происходит возбуждение нервных центров (временная суммация) и наступает общая двигательная реакция - лягушка прыгает.

Подвесить спинальную лягушку за нижнюю челюсть на крючке штатива. Поместить фильтровальную бумажку, смоченную 0,1% раствором серной кислоты на спинку лягушки. Реакция отсутствует. После этого наложить несколько (5-10) таких же бумажек на разные участки туловища. В результате раздражения слабой кислотой большого количества рецепторов наступает общая двигательная реакция (пространственная суммация).

### Контрольные вопросы

1. Что называется нервным центром?
2. Что такое суммация возбуждений в нервных центрах, почему она происходит?
3. В чем разница между временной и пространственной суммацией?

### Работа 5. Торможение спинномозговых рефлексов

Нервная деятельность складывается из двух взаимосвязанных функционально противоположных процессов – возбуждения и торможения.

**Торможение** - это активный процесс, характеризующийся ослаблением или полным прекращением какой-либо деятельности. Благодаря наличию торможения достигается ограничение распространения возбуждения в ЦНС и обеспечивается координированное осуществление рефлекторных актов.

Торможение в дуге одного рефлекса может быть вызвано возбуждением в рефлекторной дуге другого рефлекса, так называемое **сопряженное торможение**.

**Ход работы.** Приготовить препарат спинальной лягушки.

а) Поместить лягушку на стол брюшком кверху и определить время, через которое она перевернется.

Надеть на брюшко резиновое кольцо и повторить опыт. Рефлекс переворачивания затормаживается.

б) Подвесить спинальную лягушку за нижнюю челюсть на крючке штатива. После исчезновения шоковых явлений, опустить лапку лягушки в стаканчик с 0,5% раствором серной кислоты и определить время рефлекса. Затем на переднюю лапку этой же стороны надеть пружинный зажим Мора и снова определить время рефлекса. В результате «конфликта» возбуждений время рефлекса увеличивается.

в) Заднюю лапку спинальной лягушки, подвешенной за нижнюю челюсть на крючке штатива, погрузить в 0,5% раствор серной кислоты и

определить время рефлекса. Промыть лапку водой. Погрузить ее снова в раствор серной кислоты и одновременно раздражать вторую заднюю лапку сильным пощипыванием пальцев пинцетом. Если оба раздражения начинают действовать одновременно, рефлекс не возникает. Если прекратить пощипывание, рефлекс возникает со значительной силой. Записать результаты опытов и сделать выводы.

### Контрольные вопросы

1. Что называется торможением? Почему оно происходит?
2. Что называется сопряженным торможением?

### Работа 6. Центральное торможение по И.М. Сеченову

В 1862 году И.М. Сеченов установил наличие центрального торможения. При накладывании кристалликов поваренной соли на зрительные бугры (рис. 5), он отмечал резкое торможение спинномозговых рефлексов. По мнению И.М. Сеченова, возбуждение зрительных бугров кристалликами соли вызывало торможение двигательных центров спинного мозга.

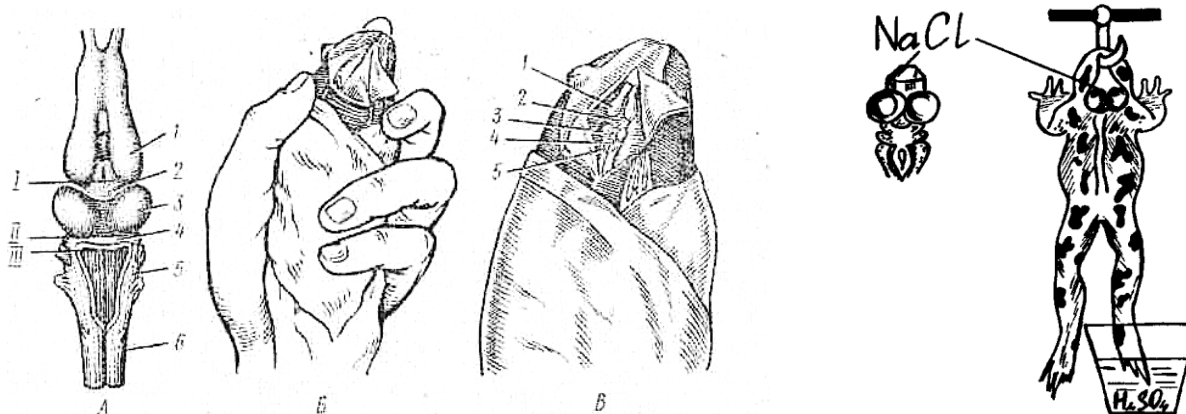


Рис. 5. Схема опыта И.М. Сеченова с раздражением зрительных бугров лягушки

**Ход работы.** Предварительно подготовленную таламическую лягушку (с промежуточным мозгом) подвесить за нижнюю челюсть на крючке штатива и определить время рефлекса, погружая лапку в стаканчик с 0,3% раствором серной кислоты. Наложить кристаллик поваренной соли на зрительные бугры и снова определить время рефлекса.

### Контрольные вопросы

1. В чем суть центрального торможения?

## Работа 7. Иррадиация возбуждения в спинном мозге

Распространение возбуждения с одного нервного центра на другие называется **иррадиацией**. Это свойство связано с тем, что аксон афферентного нейрона, попадая в спинной мозг, вступает в связь не только с двигательным нейроном данного сегмента, но взаимодействует с большим количеством вставочных нейронов (и двигательных) в выше- или нижележащих отделах спинного мозга. Многие волокна чувствительных нейронов через систему вставочных нейронов могут взаимодействовать и с отделами головного мозга. В результате чего на действие раздражителя возникает не **локальная ответная реакция** - сгибание только раздражаемой конечности, а обобщенная, **генерализованная** - общедвигательная реакция всех конечностей и туловища лягушки.

Ненаправленное распространение возбуждения в центрах сдерживается **торможением**, которое обеспечивает координированное завершение рефлекторного акта. Торможение, возникшее в центрах, определяет последовательный переход возбуждения с одной рефлекторной дуги на другую, в результате чего организм совершает координированную и биологически целенаправленную реакцию. Такое явление получило название **направленной иррадиации возбуждения**.

**Ход работы.** Приготовить спинальную лягушку и подвесить ее на штативе. Наносить раздражения на заднюю лапку сначала такой силы, чтобы вызвать локальный сгибательный рефлекс. Затем увеличить силу раздражения и наблюдать последовательность включения различных конечностей в общую двигательную реакцию лягушки. При максимальной силе раздражения вся лягушка приходит в движение.

### Контрольные вопросы

1. Физиологическая сущность явления генерализации.
2. Понятие об иррадиации возбуждения.
3. Анатомическая основа иррадиации возбуждения в центрах.
4. Физиологическая роль торможения.
5. Понятие о направленной иррадиации возбуждения, его физиологическое обоснование и биологическое значение.

## Работа 8. Доминанта в нервных центрах

**Ход работы.** Подвесить лягушку на крючок штатива за нижнюю челюсть. Наблюдать за движением лягушки, направленным на освобождение от крючка (рефлекс снятия с крючка). Как только лягушка успокоится, нанести механическое раздражение на различные участки кожи. Каждый раз в ответ на раздражение возникают движения, направленные на освобождение от крючка, независимо от рефлексогенной зоны, на ко-



торую наносится раздражение. Этот опыт был впервые описан А.А. Ухтомским.

Примером доминанты может служить обхватывательный рефлекс у весенних самцов лягушек (в период икрометания). Если погладить пальцем грудь самца лягушки, то передними лапками он захватит палец настолько крепко, что может повиснуть на нем. В это время нанесите механическое раздражение на кожу одной из задних лапок (например, пинцетом). При этом происходит усиление обхватывательного рефлекса.

## **Работа 9. Исследование рефлексов позы**

Ведущим фактором в проявлении рефлексов позы является изменение положения головы по отношению к туловищу, что приводит к активации вестибулорецепторов, проприорецепторов мышц шеи, кожных рецепторов шеи. Соответствующие афферентные возбуждения запускают рефлекторные механизмы перераспределения тонуса мышц шеи, туловища, конечностей, направленные на формирование новой адекватной позы.

**Ход работы.** Посадить морскую свинку на стол. Передние и задние лапки согнуты и приведены к туловищу, голова ориентирована теменем вверх, шея и туловище располагаются по продольной оси тела.

Взять морскую свинку за мордочку и поднять ее голову вверх. При этом передние лапки животного разгибаются, задние остаются согнутыми, что обусловлено особенностями типичной позы.

### **Исследование выпрямительного рефлекса**

Эти рефлексy возникают при нарушении нормальной позы, например, при повороте тела морской свинки на  $180^\circ$  (положение на спине) или на  $90^\circ$  (положение на боку). Они представляют собой цепь тонических рефлексов, направленных на восстановление нормальной позы. Выпрямление головы запускается с рецепторов отолитового аппарата вестибулярного анализатора и с рецепторов кожи.

**Ход работы.** В качестве подопытного животного используется кролик или морская свинка. Поднимите животное вверх, придерживая ее за плечевой пояс. Повернуть туловище относительно продольной оси на  $180^\circ$ , прижимая ее голову пальцами так, чтобы она была направлена теменем книзу. Затем освободить голову, при этом она немедленно принимает нормальное положение, поворачиваясь теменем вверх.

Перевести туловище животного в вертикальное положение, головой вниз, взяв его за таз. Отметьте, что и в этих условиях голова принимает нормальное положение теменем вверх.

Осторожно уложите животное на один бок, прижимая голову и туловище ладонью или дощечкой к плоскости опоры. Удерживайте ее в таком положении до тех пор, пока животное не успокоится. Затем голову освободите. Голова принимает нормальное положение – теменем вверх.

ху. Выпрямление туловища запускается с проприорецепторов мышц, сухожилий шеи, кожных рецепторов туловища.

Уложите морскую свинку на один бок, прижимая голову и туловище ладонью. Затем освободите голову и плечевой пояс – голова поворачивается теменем кверху, за ней поворачивается передняя часть туловища. После этого освободите заднюю часть туловища. Отметьте, что животное принимает естественную позу, приподнимаясь на лапах и поворачивая туловище на  $90^\circ$  спиной кверху.

Поднимите животное вверх, переверните его спиной книзу и отпустите, предоставляя возможность свободного падения. Голова животного тут же принимает исходное положение, вслед за ней поворачивается передняя часть туловища и передние лапки, затем таз и задние лапки. Животное переворачивается в воздухе на  $180^\circ$  и приземляется на все четыре лапки.

## **Работа 10. Статокинетические рефлексy**

Статокинетические рефлексy возникают в результате активного или пассивного перемещения тела в пространстве и направлены на сохранение равновесия. В зависимости от характера движения эти рефлексy подразделяются на две подгруппы: возникающие под влиянием прямолинейного ускорения во время поступательного движения и возникающие под влиянием углового ускорения во время вращения.

### **Исследование лифтных рефлексов**

**Ход работы.** Морскую свинку поместите на дощечку и быстро переместите животное вместе с дощечкой сначала вниз, затем вверх.

В начале быстрого спуска передние и задние лапки выпрямляются, а туловище и голова приподнимаются. В момент внезапной остановки в конце спуска лапки сгибаются, голова и туловище прижимаются к плоскости опоры. При подъеме рефлексорные движения возникают в обратном порядке.

### **Рефлекс приземления**

**Ход работы.** Приподнимите животное и удерживайте его в воздухе: лапки у морской свинки в этой ситуации оказываются полусогнутыми. Быстро продвиньте животное по направлению к земле. Отметьте, что во время движения передние и задние лапки животного разгибаются и вытягиваются вперед, а пальцы расходятся веером. В момент приземления (столкновения с землей) конечности пружинят и предохраняют голову и туловище животного от удара о землю.

### **Исследование вращательного рефлексa**

**Ход работы.** Животное помещается на лоток, а лоток на вращающуюся плоскость. С большим ускорением достигается максимально возможная скорость вращения, затем вращательное движение прекращается. В процессе вращения обратите внимание на вращение головы тела относительно оси вращения. Отметьте, что в начале вращения, ко-

гда сказывается действие положительного углового ускорения, голова животного поворачивается в сторону, противоположную направлению вращения. Вслед за головой в ту же сторону изгибается туловище. После окончания вращения исходная поза восстанавливается.

## **Работа 11. Исследование у животных рефлексов, имеющих клиническое значение**

Некоторые соматические и вегетативные рефлексy используются в клинике для определения степени возбудимости центральной и вегетативной нервной системы и в качестве тестов функционального состояния двигательного аппарата.

Исследования лучше проводить на лошадях, имеющих хорошо развитый локомоторный аппарат и достаточно высокую возбудимость нервной системы. Подходя к животному, соблюдают меры предосторожности.

### **Кожные рефлексy**

**Рефлекс холки.** При легком прикосновении к коже холки происходит сокращение подкожной мышцы.

**Брюшной рефлекс.** Прикосновение к брюшной стенке вызывает сильное сокращение мышц брюшного пресса.

**Рефлекс хвоста.** Прикосновение к коже внутренней поверхности хвоста вызывает резкое подтягивание хвоста к промежности.

**Анальный рефлекс.** Прикосновение к коже в области ануса вызывает сокращение наружного анального сфинктера.

### **Вегетативные рефлексy**

**Глазо-сердечный рефлекс (Даньини-Ашнера).** Постепенно усиливающееся давление на глазное яблоко вызывает через 15-30 с падение кровяного давления и замедление пульса. Учитывать число сокращений сердца по пятисекундным интервалам до и после начала раздражения. Рефлекс считается нормальным, если пульс замедляется на  $\frac{1}{4}$  исходного числа ударов. Резко положительный рефлекс указывает на повышенную возбудимость блуждающего нерва (вагуса).

**Губо-ушно-сердечный рефлекс.** Наложение закрутки на губу или корень уха вызывает замедление сердцебиения, выраженное в такой степени, как при глазо-сердечном рефлексе. Подсчет сердечных толчков ведется с помощью фонендоскопа.

## **Работа 12. Исследование рефлексов у человека**

**Надбровный рефлекс.** Возникает при ударе неврологическим молоточком по краю надбровной дуги.

Рефлекторная дуга: глазной нерв (1 ветвь тройничного нерва), чувствительное ядро тройничного нерва, двигательное ядро лицевого нерва, лицевой нерв. Ответная реакция – смыкание век.

**Корнеальный рефлекс.** Возникает при осторожном прикосновении ваткой либо мягкой бумагой к роговице над радужной оболочкой.

Рефлекторная дуга та же, что и у надбровного рефлекса.

Ответная реакция - смыкание век.

**Нижнечелюстной рефлекс.** Возникает при постукивании молоточком по подбородку при слегка открытом рте.

Рефлекторная дуга: чувствительные волокна нижнечелюстного нерва (3-я ветвь тройничного нерва), чувствительное ядро тройничного нерва, двигательное его ядро в мосту, двигательные ветви 3-й ветви тройничного нерва.

Ответная реакция - сокращение жевательных мышц.

**Рефлекс с сухожилия сгибателя верхней конечности.** Возникает при ударе неврологическим молоточком по сухожилию двуглавой мышцы в локтевом сгибе (рис. 6).

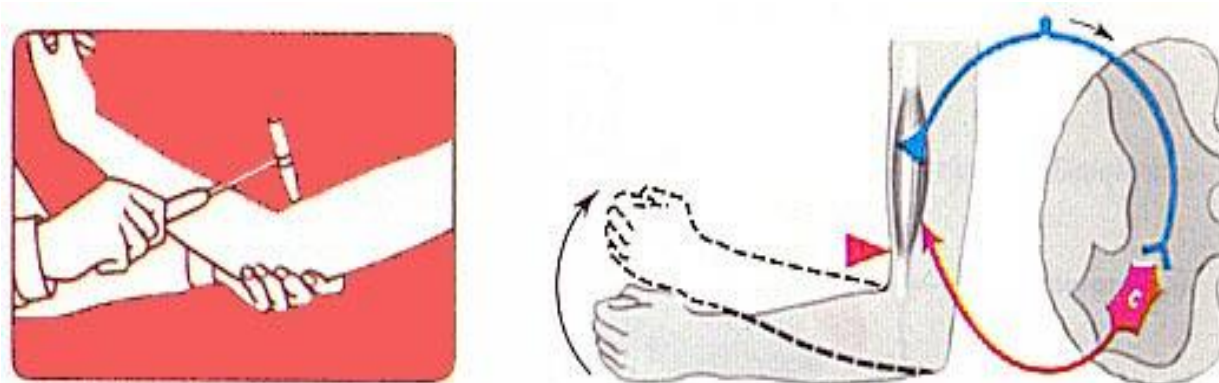


Рис. 6. Сгибательно-локтевой рефлекс

При определении локтевого рефлекса полусогнутая и расслабленная рука испытуемого находится на ладони экспериментатора. Большой палец руки экспериментатора ложится на сухожилие двуглавой мышцы испытуемого. Удар молоточком наносится по большому пальцу испытуемого. Отметить, сгибается ли предплечье.

Рефлекторная дуга: мышечно-кожный нерв, V и VI шейные сегменты спинного мозга. Ответная реакция - сокращение мышц и сгибание руки в локтевом суставе.

**Рефлекс с сухожилия разгибателя верхней конечности.** Возникает в результате удара молоточком по сухожилию трехглавой мышцы (рис. 7).

При определении рефлекса с трехглавой мышцы плеча экспериментатор становится сбоку от испытуемого, отводит его плечо кнаружи до горизонтального уровня и поддерживает его левой рукой у локтевого сгиба так, чтобы предплечье свисало под прямым углом. Удар неврологическим молоточком наносится у самого локтевого сгиба. Отметить, разгибается ли предплечье.

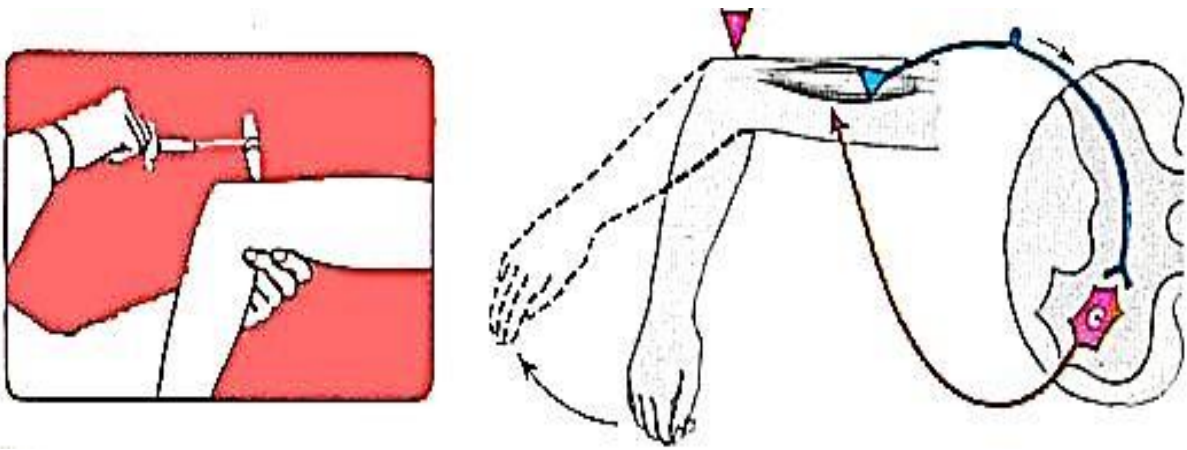


Рис. 7. Разгибательно-локтевой рефлекс.

Рефлекторная дуга: мышечно-кожный нерв, VII и VIII шейные сегменты спинного мозга. Ответная реакция - сокращение трехглавой мышцы плеча и сгибание руки в локтевом суставе.

**Коленный рефлекс.** Возникает при ударе молоточком по плотной связке надколенника ниже коленной чашечки (рис. 8).

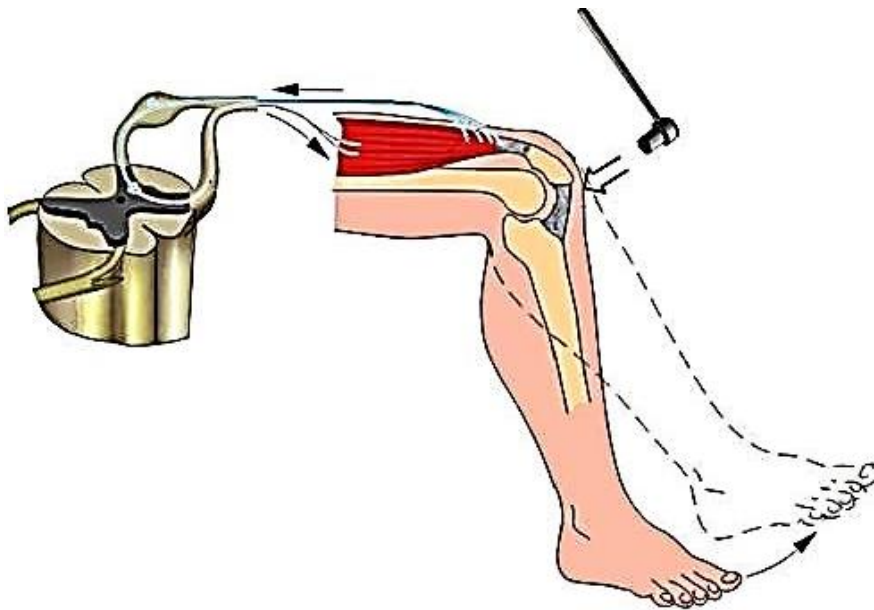


Рис. 8. Коленный рефлекс.

Для определения коленного рефлекса испытуемому предлагают сесть на стул и положить ногу на ногу. Наносят легкий удар неврологическим молоточком по сухожилию четырехглавой мышцы.

В норме произвольное разгибание хорошо отслеживается при правильном положении ноги и еще более усиливается, если обследуемый сильно сожмет пальцы рук.

Рефлекторная дуга: бедренный нерв, III и IV поясничные сегменты спинного мозга.

**Ахиллов рефлекс.** Определение ахиллова рефлекса производится у испытуемого, стоящего колени на стуле (рис. 9). Ступни ног свободно свисают. Неврологическим молоточком наносится легкий удар по пяточному (ахиллову) сухожилию. В норме наблюдается подошвенное сгибание стопы.

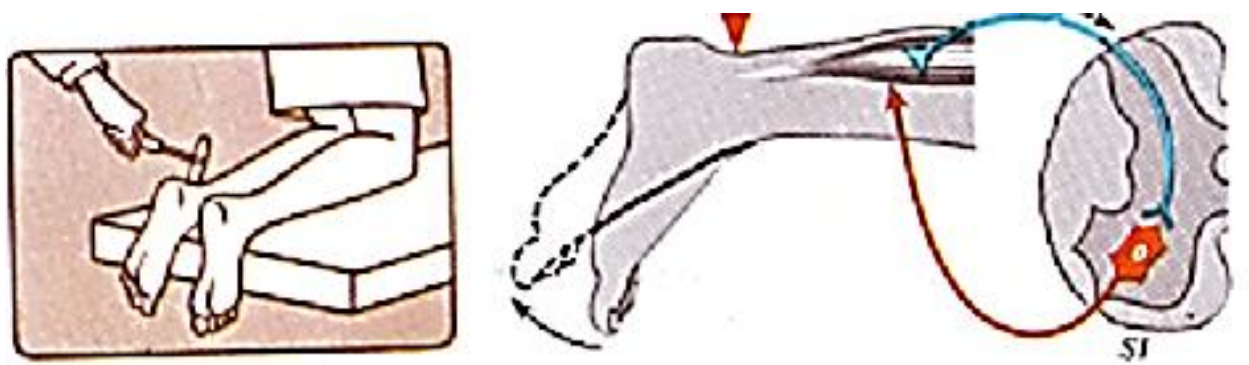


Рис. 9. Ахиллов рефлекс.

**Брюшные рефлексы.** У обследуемого (в положении лежа на спине, руки вдоль туловища, ноги свободно вытянуты) исследуется верхний, средний и нижний брюшные рефлексы справа и слева. Верхний брюшной рефлекс вызывается штриховым раздражением кожи живота ниже на 1-2 см реберной дуги и параллельно ей, средний брюшной – на уровне пупка, нижний – выше на 1-2 см и параллельно паховой складке. В процессе нанесения раздражения следует прикладывать одинаковое усилие и наблюдать за ответной мышечной реакцией обследуемого (его наличием, симметричностью).

**Подошвенный рефлекс.**

У обследуемого (в положении лежа) выявляется рефлекторное сгибание пальцев ноги в ответ на штриховое раздражение наружного края подошвы в направлении от пятки к большому пальцу.

**Контрольные вопросы**

1. Назовите основные рефлексы, имеющие клиническое значение.
2. Значение вегетативных, сухожильных рефлексов.

## Список рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Физиология и этология животных / В.Ф. Лысов, В.И. Максимов. - М.: КолосС, 2012. - 605 с.
2. Максимов, В. И. Практикум по физиологии и этологии животных / В.И. Максимов. - М.: КолосС, 2005. - 256 с.

### Дополнительная литература

3. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский.- М.: Агропромиздат, 1990. - 511 с.
4. Голиков А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных/ А.Н., Голиков, Н.У Базанова, Э.К. Кожебеков. и др.; под ред. А.Н. Голикова - М.: Агропромиздат, 1991. - 432 с.
5. Максимов, В.И. Основы физиологии: учебное пособие / В.И. Максимов. - СПб.: Лань 2013.-288 с.
6. Минченко В.Н. Анатомия животных: учебно-методическое пособие./ В.Н. Минченко, Д.А. Ткачев. – Брянск: Издательство БГАУ, 2015. – 32 с.
7. Овсеенко, Ю.В. Курс лекций «Физиология и этология животных»: учебно-методическое пособие для студентов специальности «Ветеринария» / Ю.В. Овсеенко. - Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2015. – 298 с.
8. Овсеенко, Ю.В. Словарь физиологических терминов / Ю.В. Овсеенко, Е.В. Овсеенко. – Брянск: Издательство БГСХА, 2014 – 174 с.
9. Овсеенко, Ю.В. Физиология возбудимых тканей. Физиология ЦНС: учебно-методическое пособие / Ю.В. Овсеенко, Е.А. Кривопушкина. - Брянск: Издательство БГСХА, 2008 г. – 52 с.
10. Овсеенко Ю.В. Физиология и этология животных: задания в тестовой форме, Часть 1: учебно-методическое пособие для студентов специальности «Ветеринария» / Ю.В. Овсеенко, Е.А. Кривопушкина. - Брянск: Издательство БГСХА, 2014. – 124 с.
11. Овсеенко Ю.В. Физиология и этология животных: задания в тестовой форме. Часть 2: учебно-методическое пособие для студентов специальности «Ветеринария» / Ю.В. Овсеенко, Е.А. Кривопушкина. - Брянск: Издательство БГСХА, 2014. – 116 с.

Учебное издание

Овсеенко Ю.В.  
Кривопушкина Е.А.  
Горшкова Е.В.

**Физиология и этология  
животных**

## **Физиология возбудимых тканей и нервной системы**

Методические рекомендации к лабораторным занятиям по физиологии  
и этологии животных для студентов очной и заочной форм обучения  
по специальности 36.05.01 «Ветеринария»

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 01.04. 2016 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,32 Тираж 50 экз. Изд. № 4997

---

243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино,  
Брянский государственный аграрный университет