

Министерство сельского хозяйства РФ  
ФГБОУ ВПО «Брянская государственная  
сельскохозяйственная академия»

Кафедра нормальной и патологической морфологии и  
физиологии животных

# ФИЗИОЛОГИЯ И ЭТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

## Возбудимые ткани. Центральная нервная система

Учебно-методическое пособие к лабораторно практическим занятиям для студентов 2- го курса факультета ветеринарной медицины и биотехнологии по направлению 111801 «Ветеринария»

Брянск - 2012

## 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 ткани, 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 ответную реакцию возбудимых тканей на раздражение и частную (специфическую).

**Общей ответной реакцией** для всех тканей является возникновение биоэлектрических токов (потенциалов действия).

**Частной (специфической) ответной реакцией** для нервной ткани является возникновение и проведение нервного импульса, для мышечной - сокращение, для железистой - образование и выделение секрета.

**Раздражитель** - любой, фактор внешней или внутренней среды, воздействующий и изменяющий состояние организма, органа, ткани, клетки.

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 величину).

### 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 и удобства обращения с нервом.

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

**Ход работы.** Завернуть лягушку в марлевую салфетку и отсечь ножницами верхнюю челюсть вместе с черепной коробкой. Для обездвиживания лягушки ввести иглу в позвоночный канал на 1,5-2 см и разрушить спинной мозг.

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).

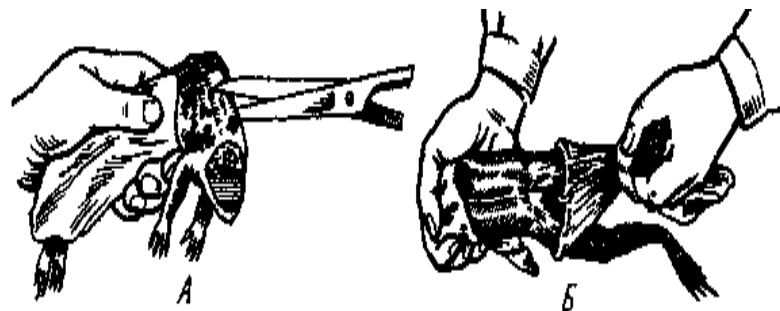


Рисунок 1 - Приготовление нервно-мышечного препарата. А - перерезка спинного мозга; Б - снятие кожи с лапок лягушки.

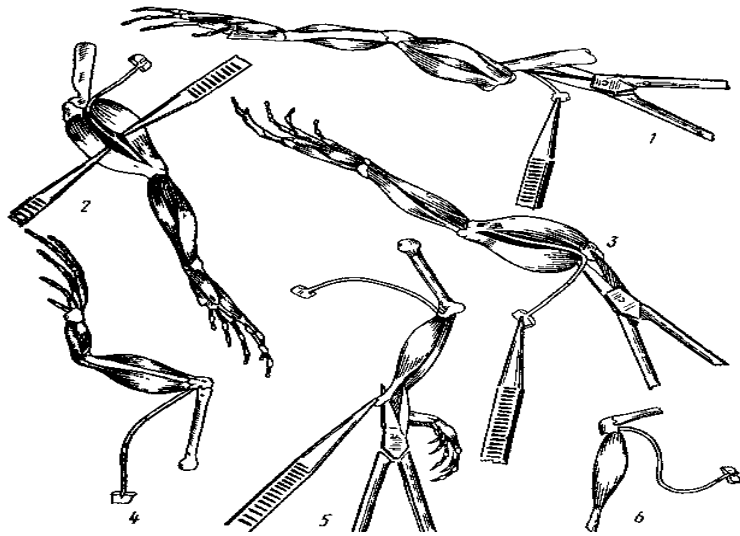


Рисунок 2 - Последовательные стадии приготовления нервно-мышечного препарата.

Удалить конец копчиковой кости. Отделить одну лапку от другой путем продольного разреза позвоночника и лобкового сочленения. Отделить кусочек позвоночника от тазовой кости.

Отпрепарировать нерв от бедренного сочленения до коленного сустава. Удалить бедренную кость с мышцами (рис.2).

При работе нерв 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 клет-

ка 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 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 (оказаны водной оболочкой), имеют большой диаметр, вследствие чего их проникновение в клетку затруднено. Проницаемость мембраны для ионов  $K^+$ , по сравнению с ионами  $Na^+$ , значительно выше.

**Потенциал действия (ПД)** - кратковременное изменение мембранного потенциала, возникающее при возбуждении клетки (рис. 3). В потенциале действия различают:

**Предспайк** - процесс медленной деполяризации мембраны до критического уровня деполяризации (КУД, местное возбуждение, локальный ответ).

**Пиковый потенциал**, или **спайк**, состоящий из восходящей части (деполяризация мембраны) и нисходящей части (реполяризация мембраны).

**Отрицательный следовой потенциал (следовая деполяризация, реполяризация медленная)** - от критического уровня деполяризации (КУД) до исходного уровня поляризации мембраны.

**Положительный следовой потенциал (следовая гиперполяризация)** - увеличение мембранного потенциала и постепенное возвращение его к исходной величине.

**Пиковый потенциал** 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  $Na^+$  приводит к уменьшению заряда внутренней поверхности мембраны до нуля - **деполяризация мембраны**, а затем появлению заряда, но с противоположным знаком - **реверсия**.

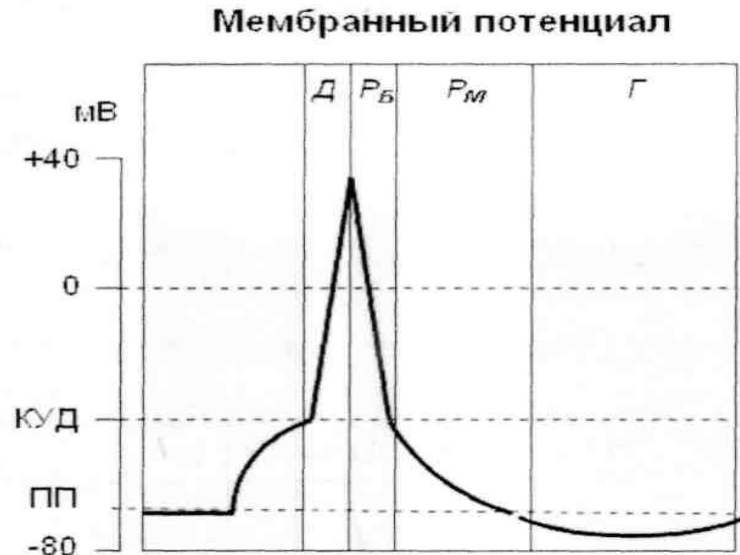


Рисунок 3 - Мембранный потенциал действия.

КУД (критический уровень деполяризации) - местное возбуждение; Д - деполяризация; Р<sub>Б</sub> - реполяризация быстрая; Р<sub>М</sub> - реполяризация медленная; Г - следовая гиперполяризация.

2 фаза - нисходящая - связана с закрытием натриевых и открытием калиевых каналов. По мере выхода  $K^+$  из клетки положительные заряды удаляются, мембранный потенциал воз-

вращается к уровню покоя - **реполяризация**, а затем наступает **следовая гиперполяризация**.

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

За периодом относительной рефрактерности наступает **фаза экзальтации** (повышенная возбудимость), соответствующая периоду медленной реполяризации, после чего возбудимость несколько снижается - **фаза субнормальности**, что соответствует **следовой гиперполяризации** (рис. 4).

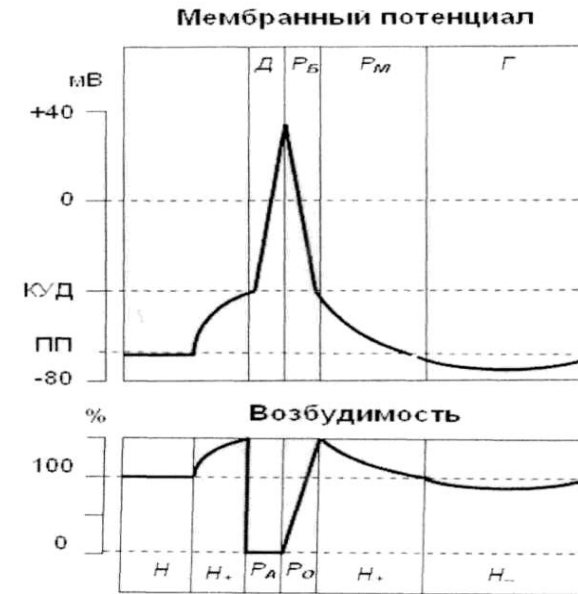


Рисунок 4 - Изменение возбудимости мембраны в процессе возбуждения.

Н - нормальная возбудимость; Н<sub>+</sub> - повышение возбудимости; Р<sub>А</sub> - рефрактерность абсолютная; Р<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. 5).

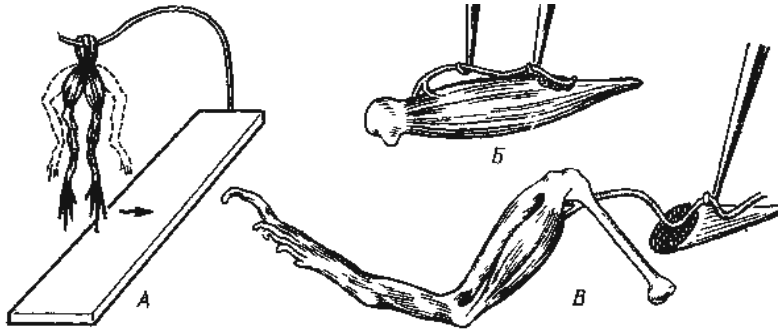


Рисунок 5 - Опыты Л.Гальвани. А - первый опыт, Б и В - второй опыт.

При каждом соприкосновении лапок с металлом происходит сокращение мышц конечностей. Л.Гальвани объяснял это явление существованием «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 Алессандро 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 (быстрая и медленная) 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 является порог возбудимости - **реобаза**.

**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.

Время, в течение которого должен действовать раздражитель пороговой силы, чтобы вызвать возбуждение, называется **полезным временем**.

Время, в течение которого должен действовать раздражитель равный по силе удвоенной реобазе, чтобы вызвать возбуждение, называется **хронаксией**. 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. Исследование возбудимости и проводимости нерва

**Нерв** представляет собой совокупность нервных волокон (обычно несколько десятков тысяч), окруженных общей соединительнотканной оболочкой. **Нервное волокно** - отросток нервной клетки, покрытый оболочкой (клетками нейроглии - леммоцитами). Различают миелиновые и безмиелиновые нервные волокна.

Нерв обладает следующими свойствами: 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.

Возбуждение распространяется в обе стороны от места действия раздражителя (двустороннее проведение возбуждения).

Возбуждение распространяется 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 до 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).

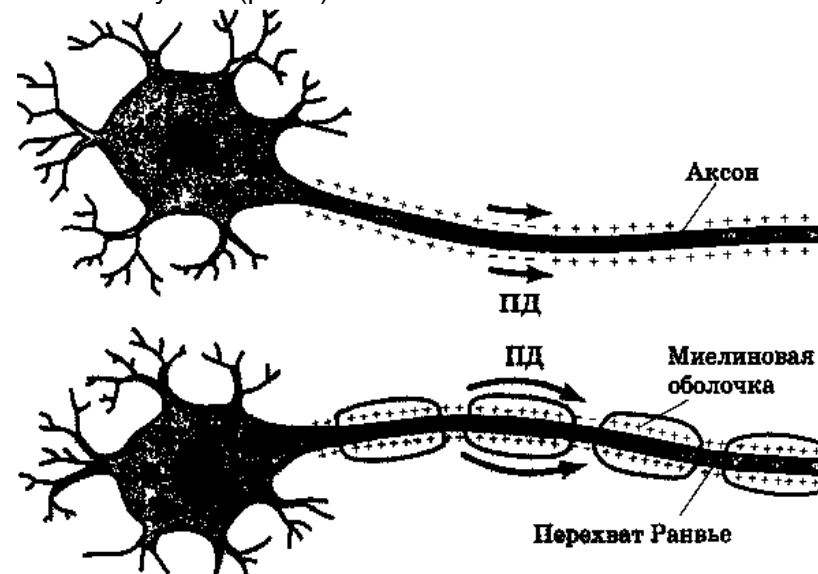


Рисунок 6 - Проведение возбуждения в нервных клетках. А – безмиелиновое волокно, Б – миелиновое волокно.

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.

**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 сохранял возбудимость и проводимость в течение 12 часов непрерывного раздражения.

#### Изучение возбудимости нерва

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

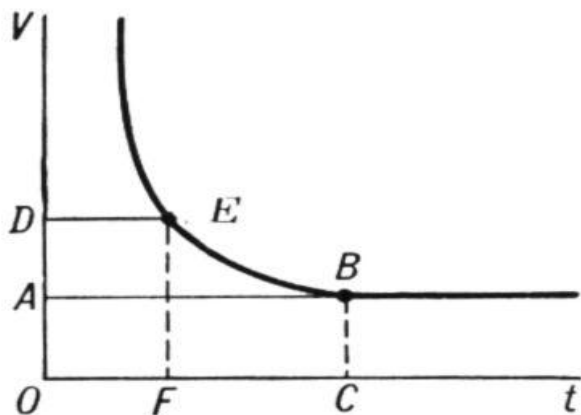


Рисунок 7 - Зависимость между силой тока и временем его действия (кривая силы - времени).

**Закон силы** - для возникновения возбуждения необходим раздражитель пороговой силы. Чем сильнее раздражение, тем сильнее (до определенного предела) ответная реакция ткани.

**Закон времени** - для возникновения возбуждения пороговый раздражитель должен действовать определенное время (полезное время). 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: **механическое** - щипок пинцетом, удар стеклянной палочкой; **электрическое** - наложить электроды электростимулятора на нерв и раздражать электрическим током; **термическое** - прикоснуться нагретой стеклянной палочкой; **химическое** - наложить на нерв кристаллик NaCl.

#### Изучение проводимости нерва

**Ход работы.** а) Поместить вторую реоскопическую лапку на деревянную дощечку и сильно перетянуть нерв ниткой (ближе к участку спинного мозга). После этого подействовать электрическим током на участке между позвоночником 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.

Полученные результаты занести в тетрадь и сделать выводы.

### 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. 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 нервной системы ритмические импульсы с частотой 30-40 Гц, вызывающие **тетанические** сокращения (рис.8).

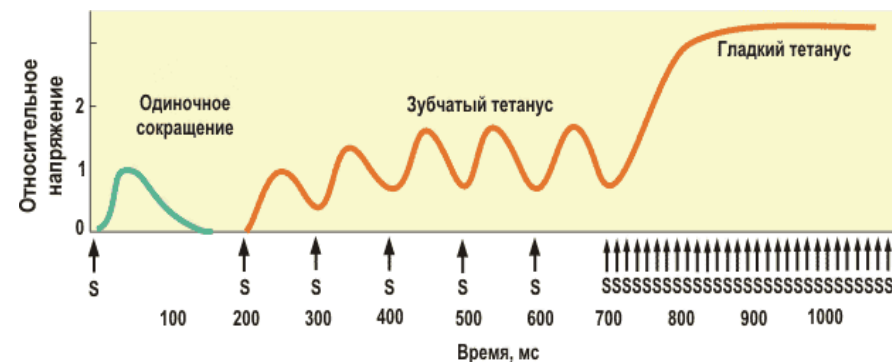


Рисунок 8 - Миограмма икроножной мышцы лягушки.

**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 на 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.

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 запись сокращений мышцы (рис. 9).

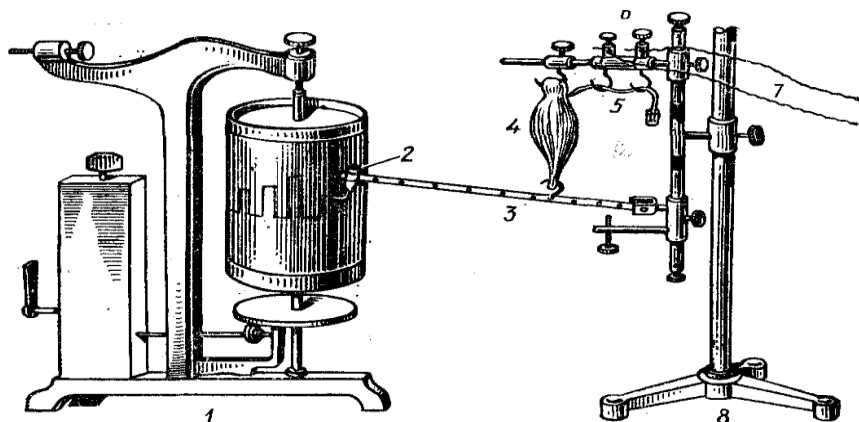


Рисунок 9 - Запись сокращений мышцы.  
1 - кимограф; 2,3 - писчик; 4 - икроножная мышца; 5 - седалищный нерв; 6,7 - электроды; 8 - штатив.

### Контрольные вопросы

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

### Работа 6. 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.10).

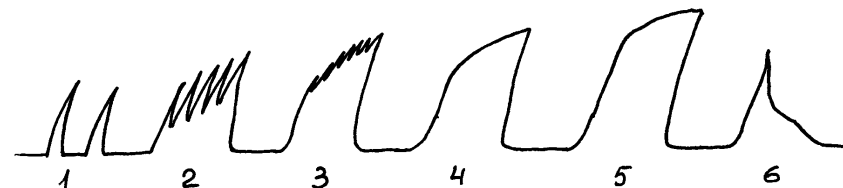


Рисунок 10 - Зависимость сокращения мышцы от частоты раздражения.

1 - одиночное сокращение; 2,3 - зубчатый тетанус; 4,5 - гладкий тетанус; 5 - оптимум частоты; 6 - 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 7. 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.11).

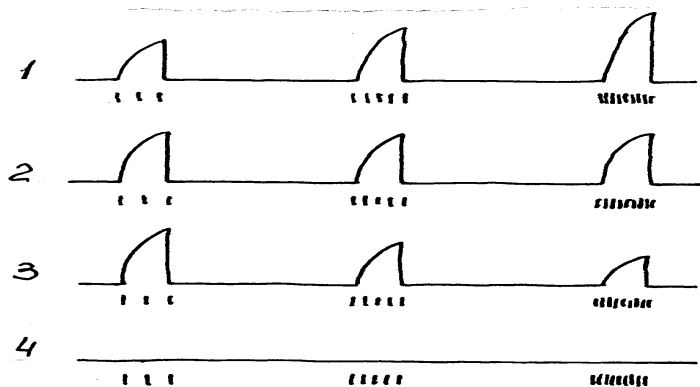


Рисунок 11 - Парабиоз.

1 – нормальная реакция мышцы; 2 – уравнительная стадия; 3 – парадоксальная стадия; 4 – тормозная стадия.

**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, колеблющееся возбуждение.

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). 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.

### Контрольные вопросы

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

## Работа 8. Сила и работа мышц

Сила мышцы определяется максимальной величиной груза, который она в состоянии поднять.

Отношение максимальной силы к ее физиологическому поперечнику - **абсолютная сила**, а отношение максимальной силы к анатомическому поперечнику (перпендикулярно длине мышцы) - **относительная сила**.

Сила мышцы зависит от количества мышечных волокон и их расположения (рис.12).

Наибольшей силой обладают мышцы с перистым расположением волокон, имеющие наибольший **физиологический поперечник** (поперечный разрез мышцы, перпендикулярный ходу ее волокон). 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  $A$  - работа, г/мм;  
 $P$  - масса груза, г;  
 $h$  - укорочение мышцы, мм.

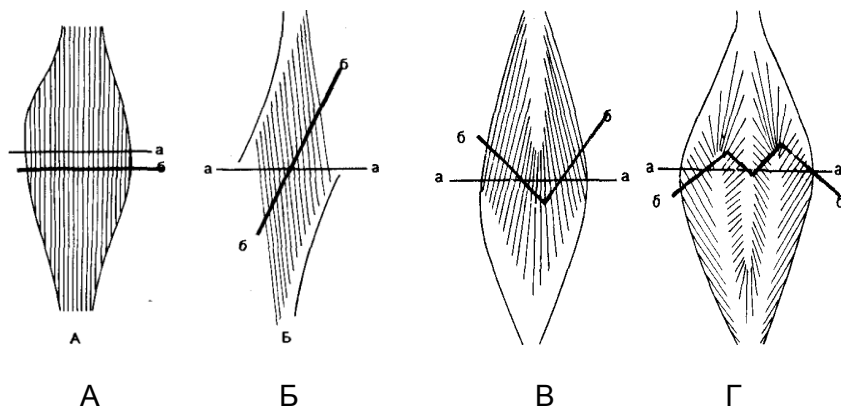


Рисунок 12 - Типы мышц.

A - 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.

#### 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 9. Утомление мышц

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

**Причины утомления.** Утомление вызывается снижением 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 веществ нарушается деятельность Na-K насоса, при этом снижается лабильность 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.

Обратить 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. Подве-

силь 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.13).

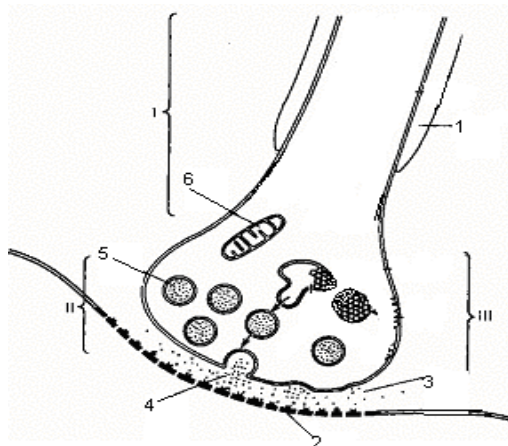


Рисунок 13 - Строение синапса.

I - нервное волокно; II - синапс III - пресинаптический полюс;

1 - шванновская клетка, 2 - постсинаптическая мембрана; 3 - синаптическая щель; 4 - выход медиатора; 5 - пузырьки с медиатором; 6 - митохондрии; 7 - пресинаптическая мембрана.

Нервный импульс, достигнув нервного окончания, вызывает выделение **медиатора (ацетилхолина)** из синаптических пузырьков. Медиатор диффундирует в синаптическую щель и достигает постсинаптической мембраны. Достигнув постсинаптической мем-

браны, 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).

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 секунду);
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 навести 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 10. 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).

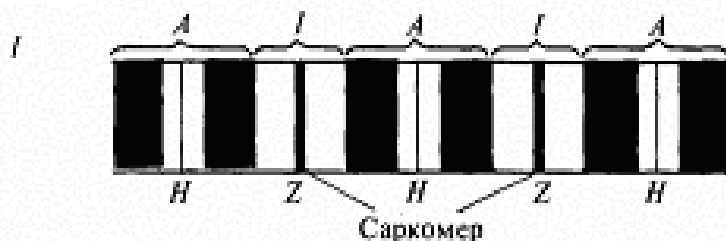


Рисунок 14 - Строение мышечного волокна и миофибриллы.

I - строение мышечного волокна; II - 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). 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.

**Функциональные особенности гладких мышц:** Гладкие мышцы 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. 15).

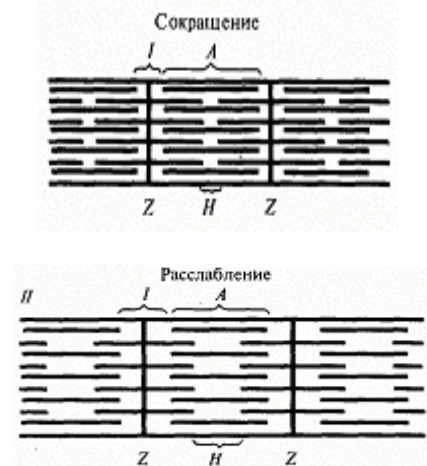


Рисунок 15 - Схема мышечного сокращения.

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

**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.

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

Структурной единицей нервной системы является **нейрон**. В нейроне различают тело (сома) и отростки - аксон и дендриты (рис.16).

По дендриту нервный импульс идет к телу нейрона, по аксону – от тела. В зависимости от функции нейроны подразделя-

ются на афферентные (чувствительные, сенсорные), вставочные (контактные), эфферентные (двигательные, эффекторные).

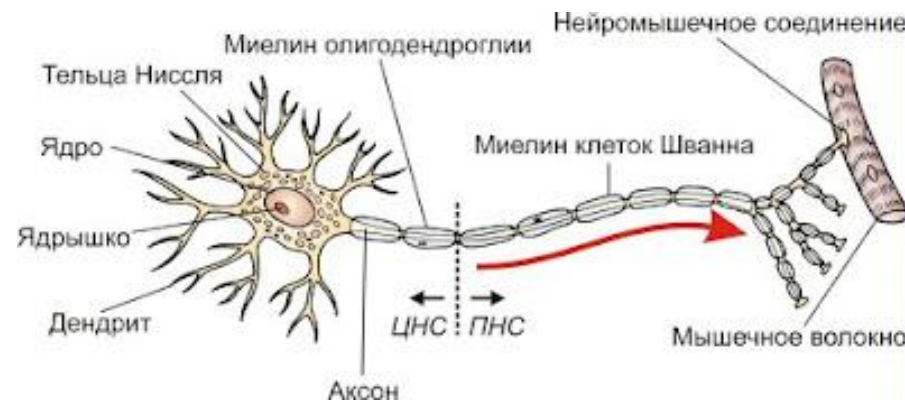


Рисунок 16 - Строение нейрона

### Работа 11. 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.17).

**Ход работы.** Приготовить препарат **спинальной лягушки** (с удаленным головным мозгом). Для этого, введя бритву 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 поочередно 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.

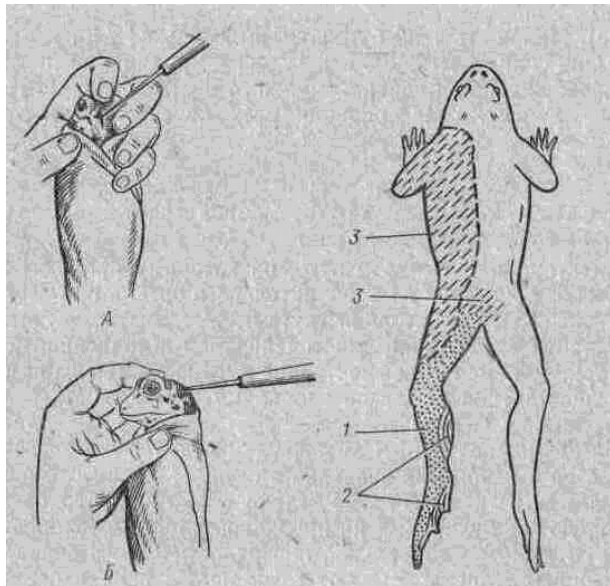


Рисунок 17 - Рецептивные поля.

1. Сгибательного рефлекса. 2. Разгибательного рефлекса. 3. Обтирательного рефлекса. 4. Общее рецептивное поле левой и правой лапок.

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 12. Анализ дуги спинномозговых рефлексов

**Рефлекторная дуга** - путь, по которому проходит нервный импульс от рецептора до исполнительного органа (рис.18).

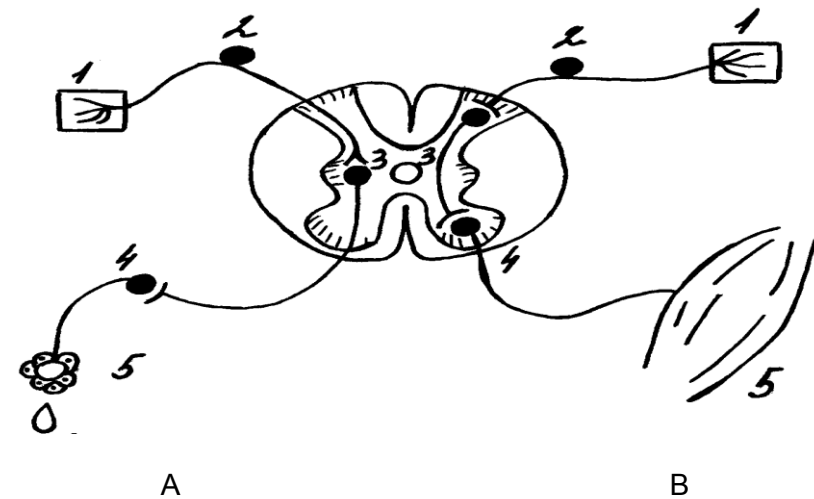


Рисунок 18 - Рефлекторная дуга.

А - вегетативного рефлекса; В - соматического рефлекса.

1 - рецептор, 2 - афферентный нейрон, 3 - вставочный нейрон, 4 - эфферентный нейрон (мотонейрон), 5 - эффектор (рабочий орган).

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 рефлекторной дуге различают пять звеньев: рецептор; афферентный нейрон; **центральное звено (ЦНС); эфферентный 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 см, раздвинуть мышцы, отпрепарировать седалищный нерв. Подвести под нерв нитку, но не завязывать ее. Проверить наличие рефлекса сгибания при наложении на кожу голени бумажки, смоченной 0,5% раствором серной кислоты (или при пощипывании пинцетом пальцев лягушки). Затем, подтянув нерв за нитку, подложить 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 во-

локна 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 13. 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.19), каждый раз определяя время реф-лекса.

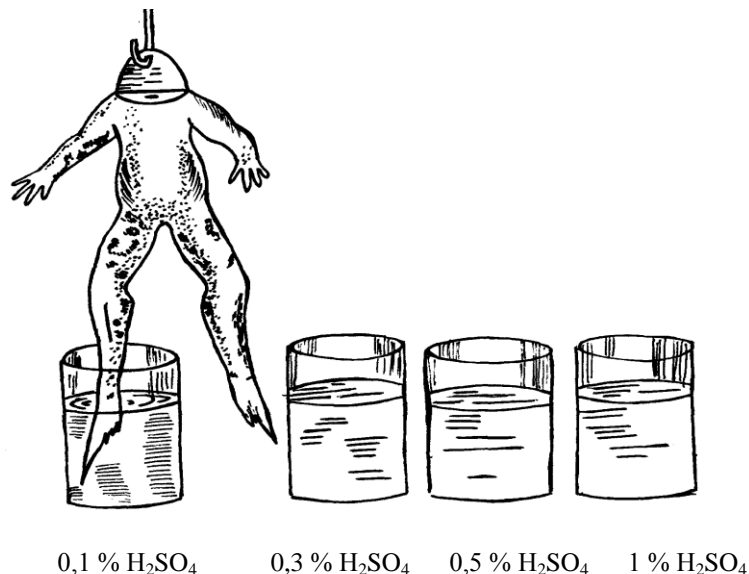


Рисунок 19 - Схема опыта по определению времени рефлекса.

### Контрольные вопросы

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

### Работа 14. 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 частоту 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?

### Работа 15. 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?

### Работа 16. Центральное торможение по И.М. Сеченову

В 1862 году И.М.Сеченов установил наличие центрального торможения. При накладывании кристалликов поваренной соли на зрительные бугры, он отмечал резкое торможение спинномозговых рефлексов. По мнению И.М.Сеченова, возбуждение

зрительных бугров кристалликами соли вызывало торможение двигательных центров спинного мозга.

**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 (рис. 20) и снова определить время рефлекса.

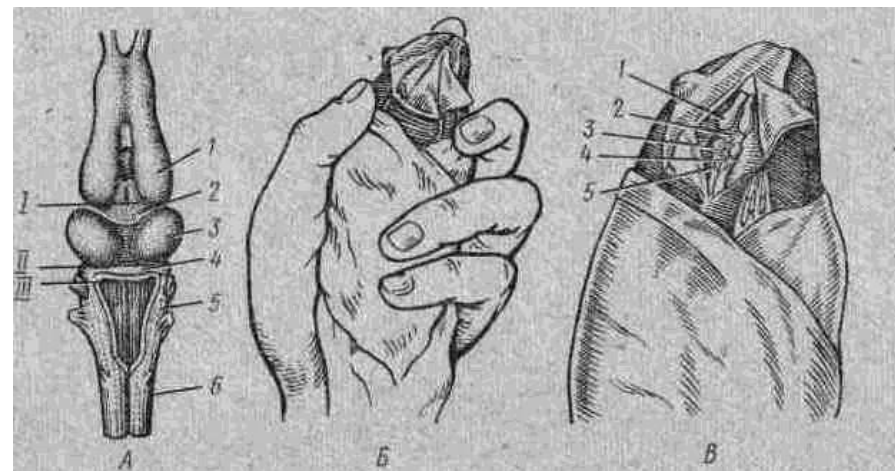


Рисунок 20 - Схема опыта И.М.Сеченова с раздражением зрительных бугров.

### Контрольные вопросы

1. В чем суть центрального торможения?

### Работа 17. 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 ниже-

лежащих 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 18. 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.

#### **Глубокие сухожильные рефлексy**

**Коленный рефлекс.** Легкое поколачивание молотком по прямым связкам вызывает сильное разгибание конечности в коленном суставе (центр рефлекса - в третьем-четвертом поясничном сегменте).

**Ахиллов рефлекс.** Удар по ахиллову сухожилию вызывает небольшое разгибание скакательного сустава при одновременном сгибании нижерасположенных суставов (центр рефлекса - в крестцовом отделе спинного мозга). Для исследования сухожильных рефлексов в стоячем положении тяжесть тела животного должна быть распределена на обе грудные конечности и одну тазовую. Исследуемой тазовой конечностью, согнутой в суставах, животное должно опираться на зацеп.

#### **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 поло-

жительный 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.

### 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.21).



Рисунок 21 - 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. 22).

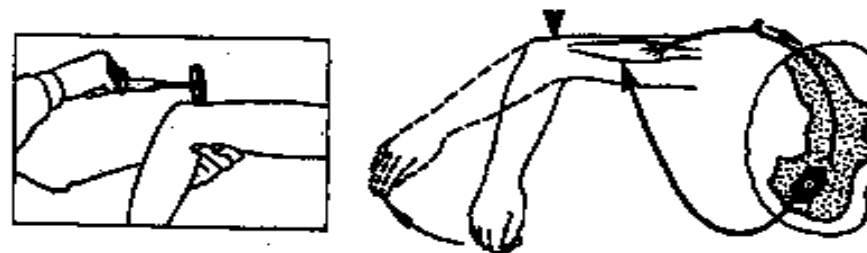


Рисунок 22 - Разгибательно-локтевой рефлекс.

При определении рефлекса с трехглавой мышцей 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.

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.23).

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



Рисунок 23 - Коленный рефлекс

вой мышцы. Сравнивают рефлекс слева и справа. Рефлекторная дуга: бедренный нерв, III и IV поясничные сегменты спинного мозга. Ответная реакция: сокращение четырехглавого разгибателя бедра и разгибание голени.

**Ахиллов рефлекс.** Вызывается ударом молоточка по пяточному (ахиллову) сухожилию (рис. 24).

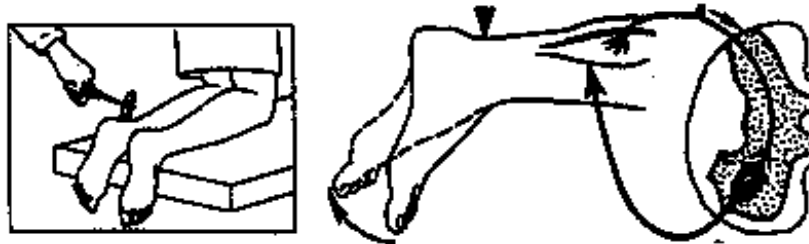


Рисунок 24 - Ахиллов рефлекс

Определение ахиллова рефлекса производится у испытуемого, стоящего коленями на стуле. Ступни ног свободно свисают. Неврологическим молоточком наносится легкий удар по пяточному (ахиллову) сухожилию. Отмечают, сгибаются ли стопы. Рефлекторная дуга: большеберцовый нерв (ветвь седалищного нерва), I и II крестовые сегменты. Ответная реакция - сгибание стопы.

#### Контрольные вопросы

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