

# Лекция №1.

## тема: ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕГУЛЯЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ ФИЗИОЛОГИИ

Физиология – наука о динамике жизненных процессов. Она изучает функции здорового организма, механизмы деятельности его клеток, органов и систем органов, закономерность взаимодействия организма со средой, которая его окружает.

# Функциональная организация организма.

- Физиологическая функция — это проявление деятельности организма или отдельных его частей. Она имеет приспособительное значение, то есть благодаря изменению физиологической функции организм приспособливается к тем условиям окружающей среды, которые сложились.

Организм имеет сложное строение. **Основной структурной единицей организма является клетка.**

Функциональная организация это объединение органов для выполнения определенной физиологической функции организма.

Если схему структурной организации можно представить такой: клетка, ткань, орган, организм, то функциональной — функциональная единица, физиологическая система органов, функциональная система.

**Функциональная единица** — клетка или группа клеток, способных выполнять определенную функцию. Интенсивность деятельности каждого органа регулируется количеством работающих функциональных единиц. Если не все функциональные единицы одновременно втянуты в деятельность, то орган работает медленно, а если большинство из них, — то с максимальным напряжением. Попеременная работа функциональных единиц дает возможность органу работать долго без утомления.

Объединение органов для выполнения определенной функции получило название **физиологической системы**. Выделяют такие физиологические системы: крови, кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения, центральную нервную, желез внутренней секреции, размножения (половую), органов движения.

В клетках каждого органа одновременно происходят такие взаимосвязанные процессы:

1) восприятие раздражений, которые поступают из внешней для клетки среды;

2) реакция на эти раздражения, которая характеризуется изменением интенсивности специфической функции;

3) превращение энергии, необходимой для выполнения специфической функции (энергетическое обеспечение функции);

4) создание биополимеров (ферментов, структурных образований), необходимых для воссоздания функции (пластическое обеспечение функции).

Кроме того, в клетках происходят процессы, которые определяют рост организма и размножение.

**Обмен веществ — это процесс поступления из внешней среды разных веществ, усвоение их, использование организмом и выделение продуктов распада.**

- Обмен веществ является необходимым условием существования живых организмов. В его основе лежит единство двух процессов: ассимиляции и диссимиляции. В результате диссимиляции всегда высвобождается энергия, которая используется клеткой для своих потребностей.
- Процесс обмена веществ называют еще метаболизмом. Образование новых органических соединений (метаболитов) называется анаболизмом, а разрушение — катаболизмом. Для определения разных сторон обмена веществ существует еще понятие «пластический обмен» — образование специфических для клетки веществ из продуктов, которые поступают из окружающей среды.

**Раздражимость (возбудимость)** — одно из основных физиологических свойств клетки. При действии на клетку определенного вида энергии в ней происходят изменения обмена веществ, и она переходит из состояния физиологического покоя в состояние деятельности.

**Способность клеток отвечать на раздражение изменением обмена веществ назвали раздражимостью.**

Некоторые клетки (нервные, мышечные, железистые) способны отвечать на раздражение быстро, и их реакция распространяется на другие клетки. Такие клетки получили название возбудимых. При действии раздражителя в них возникает возбуждение, в результате которого появляется электрический ток. **Способность ткани воспринимать раздражение и отвечать на него возбуждением называют возбудимостью.**

- В развитии процесса возбуждения решающую роль играют клеточные мембраны. Физико-химические изменения на мембране вызывают соответствующие изменения в органелах и цитоплазме клетки и сопровождается температурными, биохимическими и функциональными изменениями.



## Пластическое обеспечение, функции клетки.

Длительная интенсивная деятельность приводит к преобладанию процессов катаболизма, в результате которых нарушается структура клетки. Но уже во время деятельности и особенно после прекращения работы в клетке проходит активное образование ферментов и структур клеток. Это происходит по общей схеме ДНК—РНК - белок. Этот механизм биосинтеза работает настолько четко, что всегда появляется необходимое количество белков в необходимое время. Ответ клетки на раздражение (ее функция) может быть нормальным только тогда, когда она будет должным образом обеспечена ферментами и структурными белками, то есть пластическими веществами.

## Энергетическое обеспечение функций

клетки. Функционирование клетки всегда сопровождается затратами энергии. Обеспечение возбудимости, возбуждения, раздражимости, проявление специфической деятельности, биосинтез новых молекул происходят только благодаря тому, что расщепляются химические соединения и энергия, которая находится в их межатомных связях, переходит из одного вида в другой, от одного вещества к другому. При этом клетка может использовать энергию, только тогда, когда она аккумулирована в молекуле аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). АТФ — это соединение, которое является единственным и универсальным источником энергии для клеток человека.

**Гомеостаз.** Нормальная деятельность клетки возможна только при сохранении определенных условий – температуры, давления, концентрации различных химических соединений (солей, анионов, катионов, кислот и т.д.). Внешней средой клетки является межклеточная жидкость, которая окружает ее со всех сторон. Межклеточная жидкость и кровь составляют внутреннюю среду организма. Относительное постоянство состава и физико-химических свойств внутренней среды, называется гомеостазом. Колебания отдельных показателей гомеостаза возможны лишь в очень узких границах. Выход показателей гомеостаза за определенные границы приводит к нарушению не только функции, но и структуры отдельных элементов клетки.

**Деятельность всех регулирующих физиологических механизмов сводится прежде всего к поддержанию гомеостаза.**

Регуляция функций в организме. Организм является системой способной к саморегуляции, работает он как единое целое. Согласования работы клеток, органов и физиологических систем осуществляется благодаря наличию двух механизмов регуляции — химического, или гуморального, и нервного.

Гормоны — продукты деятельности желез внутренней секреции, это химические вещества, которые изменяют скорость и характер обмена веществ не только в одной клетке, а, поступая в тканевую жидкость, и в соседних клетках этих органов. После того как эти химические соединения поступают в сосудистое русло и с кровью разносятся в органы и ткани, изменяется обмен веществ во всем организме. Некоторые из этих веществ имеют большую физиологическую активность, то есть в очень малых концентрациях способны вызывать значительные изменения функций организма.

Взаимодействие разных частей организма посредством химических веществ получило название гуморальной регуляции (от лат. гумор— влага, жидкость).

Гуморальная регуляция не имеет определенного «адресата». Химическое вещество, поступив в кровеносную систему:

- действует на все клетки организма, которые имеют рецепторы для связывания этого химического вещества,

- характеризуется более медленным воздействием

- длительностью влияния (пролонгированный эффект).

**Нервная регуляция осуществляется посредством нервных клеток, которые образуют нервную систему.**

Отличительной чертой нервной регуляции является:

- достаточно быстрая
- точная реакция организма на раздражения, которые поступают из внешней и внутренней сред.

В основе нервной регуляции лежит принцип рефлекса.

**Рефлекс — это ответ организма на раздражение, который осуществляется при участии нервной системы.**

Путь, которым проходит возбуждение, называется **рефлекторной дугой**. Он состоит из:

- 1) рецептора
- 2) афферентного, центростремительного нервного пути
- 3) нервного центра
- 4) эфферентного, центробежного нервного пути
- 5) исполнительного (рабочего) органа, или эффектора

Нервная регуляция — это сложная взаимосвязь безусловных и условных рефлексов.

Нервные и гуморальные механизмы регуляции физиологических функций действуют одновременно - нейрогуморальная регуляция.

Химические вещества— гормоны или другие метаболиты — изменяют проницаемость мембраны, что, в свою очередь, ведет к изменениям возбудимости клеток, вызывая повышение чувствительности их к нервным импульсам. Это касается клеток не только эффекторов, но и клеток нервной системы. Железы внутренней секреции также осуществляют свою деятельность под воздействием нервных импульсов, которые поступают из центральной нервной системы.

**Рецепторы - воспринимают раздражение.** Они

находятся в коже, мышцах, внутренних органах или органах чувств (глаз, ухо и др). Под воздействием любого раздражения в рецепторе возникает возбуждение — нервный импульс.

**Нервный центр** - Это совокупность одной или нескольких групп нервных клеток, которые обеспечивают рефлекторный ответ или организацию определенной физиологической функции и главный элемент функциональной организации нервной.

**Безусловные рефлексы** это врожденные, наследственные.

**Условные рефлексы** формируются в течение жизни, в результате образования **временных связей** в высших отделах центральной нервной системы. Условные рефлексы **имеют сигнальный характер**. Они развиваются как «предупредительная (И. П. Павлов) деятельность», которая прогнозирует ход последующих событий.



# Физиология возбуждения

Электрические изменения, или электрические импульсы, являются одним из наиболее характерных признаков возбуждения, их еще называют биоэлектрические явления, благодаря которым нервные клетки включают в действие эффекторы — мышцы, железы, другие нейроны. Нервные импульсы являются тем «языком мозга», на котором он выполняет все свои функции — восприятие информации, ее анализ, сохранение и синтез.

Способность клеток воспринимать раздражение и переходить из состояния покоя в деятельное состояние предопределяется строением и свойствами клеточной мембраны.

# Структура и свойства клеточных мембран.

## Потенциал покоя

Потенциал покоя – представляет собой диффузный потенциал ионов, которые пассивно перемещаются (за счет процессов диффузии) через каналы в мембране (в основном обусловлен диффузией калия), а так же трансмембранные концентрации ионов поддерживаются с помощью работы Na/K-насоса (процесс, требующий затрат энергии).

- Возникновение мембранного потенциала покоя можно объяснить исходя из свойств мембраны — избирательно пропускать или задерживать разные ионы. Клеточные мембраны в покое хорошо проницаемы для ионов  $K^+$  и мало проницаемы для ионов  $Na^+$  и анионов ( $A^-$ ) органических веществ. В результате процессов активного транспорта ионов через мембрану концентрация ионов  $K^+$  в середине клетки в 30 ... 50 раз выше, чем во внеклеточной жидкости. Концентрация  $Na^+$  в 10 раз, а  $Cl^-$  в 50 раз больше снаружи клетки.

**Асимметрия концентраций разных ионов в  
середине и снаружи клетки является  
предпосылкой возникновения мембранного  
потенциала.**

Мембранный потенциал нервной и мышечной клеток остается постоянным в течение длительного времени, если только клетка не активируется каким-либо внешним воздействием.

**Мембранный потенциал покояющейся клетки называется потенциалом покоя.** Потенциал покоя нервной и мышечной клеток всегда отрицателен; для каждого типа клеток характерны свои постоянные значения потенциала покоя.

## Потенциал действия.

Кратковременное изменение мембранного потенциала носит название потенциала действия, или электрического импульса.

Потенциал действия (ПД) — это электрофизиологический процесс, выражающийся в быстром колебании мембранного потенциала (заряда) вследствие перемещения ионов в клетку и из клетки, способный распространяться без декремента (без затухания). ПД обеспечивает передачу сигналов между нервными клетками, нервными центрами и рабочими органами; в мышцах ПД обеспечивает процессе электромеханического сопряжения.

## **Условия возникновения ПД:**

**1. Сила раздражителя – пороговый или надпороговый**  
(Уровень потенциала, при котором деполяризация приводит к потенциалу действия, называется порогом)

**2. Критический уровень деполяризации мембраны – это уровень деполяризации, достигнув которого наблюдается спонтанное и резкое нарастание потенциала мембраны.**

При пороговом потенциале заряд мембраны становится нестабильным и посредством внутренних механизмов ведет к быстрой реверсии полярности, т. е. к нарастанию потенциала действия до пика. **Это состояние автоматического прогрессирующего нарушения мембранного заряда называется возбуждением.**

**Клетки, в которых можно вызвать потенциал действия, называются возбудимыми.**

**Возбудимость – типичное свойство нервных, железистых и мышечных клеток. Клетки каждого типа характеризуются собственным постоянным временным ходом потенциала действия.**

**Амплитуда ПД не зависит от силы раздражения – она всегда максимальна для данной клетки в конкретных условиях.**

**Возбуждение протекает по закону «все или ничего».**  
**То есть, если раздражение не достигает пороговой величины, то ПД совсем не возникает, либо возникает и достигает максимальной величины если раздражение является пороговым или сверхпороговым.**

# Потенциал действия имеет характерную структуру.

Различают кратковременный пик (овершут), который состоит из восходящей и нисходящей частей, и следовые потенциалы — положительный и отрицательный.

В основе возникновения потенциала действия лежит изменение проницаемости мембраны для ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ . Во время раздражения клетки, проницаемость для  $\text{Na}^+$  увеличивается в 20 раз, а выход  $\text{K}^+$  наружу только в 9 раз. Этот факт имеет большое значение для возникновения потенциала действия. Ионы  $\text{Na}^+$ , проникая в клетку через мембрану, нейтрализуют отрицательный внутренний заряд, а это, в свою очередь, вызывает еще большее, лавинообразное проникновение их в клетку и деполяризацию мембраны.

При этом ионов  $\text{Na}^+$  поступает такое количество, что наступает инверсия (изменение знака) мембранного потенциала. **Внешняя часть мембраны принимает отрицательный, а внутренняя положительный заряд.**

- Переход ионов  $\text{Na}^+$  внутрь клетки вызывает электрический ток, направленный внутрь, и предопределяет восходящую фазу потенциала действия, а выход ионов  $\text{K}^+$  обеспечивает реполяризацию мембраны и предопределяет нисходящую фазу потенциала действия. Пик потенциала действия в зависимости от функциональных свойств тканей колеблется в пределах 100... 120 мВ, а его длительность—0,5-5 мс. По завершении пика потенциала действия мембрана в течение 15 – 30мс остается еще частично деполяризованной, что отражается как следовой потенциал.

Его возникновение связано с тем, что вход ионов  $\text{Na}^+$  в клетку в это время уменьшается, а выход ионов  $\text{K}^+$  увеличивается.



Поскольку токи  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  противоположно направлены, то соотношение их поддерживает мембрану частично деполяризованной. Постепенно поступление ионов  $\text{Na}^+$  в середину клетки прекращается совсем, а ионы  $\text{K}^+$  продолжают еще выходить наружу, вынося позитивный заряд, тем самым увеличивая мембранный потенциал выше того уровня, который был до возбуждения. Этот период называется периодом **гиперполяризации** мембраны, или **следовым положительным потенциалом**. Деполяризация мембраны обеспечивается работой натриевого насоса (помпы), который выкачивает ионы из клетки и возобновляет исходную разницу концентраций.

# Ионные механизмы возникновения потенциала действия:

А) В основе возбуждения лежит повышение проницаемости мембраны для  $\text{Na}^+$ , а также необходимы его высокие внеклеточные концентрации.

В) Повышение проницаемости для  $\text{K}^+$  является важным фактором реполяризации мембраны.

Итак, потенциал действия обусловлен циклическим процессом поступления  $\text{Na}^+$  в клетку и выхода  $\text{K}^+$  из нее.

В процессе восстановления после потенциала действия работа калий-натриевого насоса обеспечивает «откачку» ионов натрия и «накачивание» ионов калия, т. е. возвращение к исходным концентрациям ионов по обе стороны мембраны, что приводит к восстановлению исходного уровня поляризации мембраны (потенциала покоя).

# Механизм распространения возбуждения.

- Потенциал действия, который возникает при возбуждении, способен к распространению за счет тех электрических токов, которые он вызывает.
- Движение ионов образует круговые электрические токи, которые деполяризуют мембрану на невозбужденном участке. Когда деполяризация достигает до критического уровня, возникает новый потенциал действия и процесс возбуждения перемещается на следующий участок. Дальше возникает цепная реакция. Потенциал действия, «самовоспроизводясь», распространяется по нервному или мышечному волокну. Скорость распространения нервного импульса зависит от функциональных свойств ткани и колеблется в пределах 2 ... 120 м/с.

# Изменение возбудимости клетки во время ее возбуждения. Лабильность.

Различают несколько фаз изменения возбудимости, каждая из которых строго соответствует определенной фазе ПД и так же, как и фазы ПД, определяется состоянием проницаемости клеточной мембраны для ионов. Схематично эти фазы представлены на рис.

- Рефрактерные периоды.
- Развитие рефрактерности мембраны связано с инактивацией Na-системы во время потенциала действия. Т.е. во время развития потенциала действия мембрана полностью теряет возбудимость.
- Состояние полной невозбудимости, которое в нервных клетках длится около 1 мс, называется периодом абсолютной рефрактерности.
- За ним следует относительный рефрактерный период, когда путем значительной деполяризации можно вызвать потенциал действия, но его амплитуда будет снижена по сравнению с нормой.
- Возвращение к нормальной ситуации соответствует окончанию относительного рефрактерного периода.
- Фаза экзальтации – это период повышенной возбудимости, соответствует периоду следовой деполяризации.
- Абсолютный период рефрактерности ограничивает максимальную частоту генерирования потенциалов действия.
- Частота потенциалов действия в основном около и ниже 500/с. характеризует лабильность нервных клеток

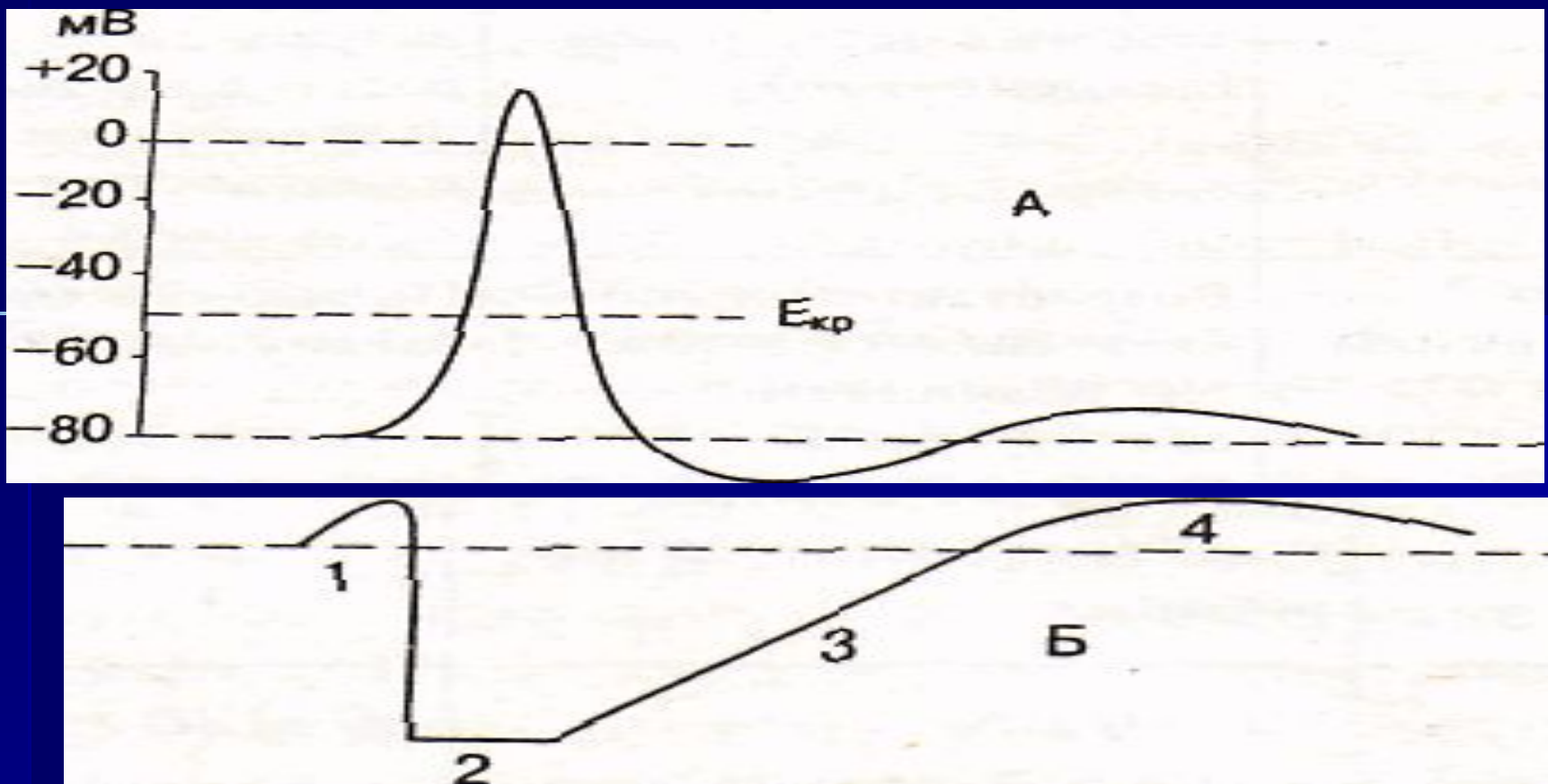


Рис. 1. ПД (А) и фазовые изменения возбудимости клетки (Б):

1,4 — возбудимость повышена; 2 — абсолютная рефрактерная фаза;

3 — относительная рефрактерная фаза.

Лабильность, или функциональная подвижность (Н. Е. Введенский) — это скорость протекания одного цикла возбуждения, то есть ПД. Как видно из определения, лабильность ткани зависит от длительности ПД. Это означает, что лабильность, как и ПД, определяется скоростью перемещения ионов в клетку и из клетки, которая, в свою очередь, зависит от скорости изменения проницаемости клеточной мембраны. При этом особое значение имеет длительность рефрактерной фазы — чем больше рефрактерная фаза, тем ниже лабильность ткани.

Мерой лабильности является максимальное число ПД, которое ткань может воспроизвести в 1 с.

Лабильность ткани понижается при длительном бездействии органа и при утомлении, что необходимо учитывать в процессе тренировки спортсменов.

Следует отметить, что при постепенном увеличении частоты ритмического раздражения лабильность ткани повышается, т. е. ткань отвечает более высокой частотой возбуждения по сравнению с исходной частотой. Это явление открыто А. А. Ухтомским и называется **усвоением ритма раздражения**.

Важным условием, обеспечивающим возникновение возбуждения при действии раздражителя, является его **длительность**.

**Пороговое время** – наименьшее время, в течение которого должен действовать раздражитель пороговой силы, чтобы вызвать возбуждение. Чем меньше пороговое время, тем выше возбудимость ткани.

Взаимозависимость между временем действия раздражителя и сверхпороговой силой, необходимыми для вызова возбуждения, заключается в том, что с увеличением времени действия раздражителя его сила, необходимая для вызова возбуждения, уменьшается, и наоборот.

## Подпороговые стимулы:

Деполаризация дендритов и тел нервных клеток часто едва достигает порогового уровня, поэтому от очень небольших различий ее интенсивности зависит, перейдет ли информация в форму потенциала действия или нет.

Генерирование потенциала действия при достижении порога происходит потому, что деполаризация вызывает повышение натриевой проводимости и возникающий в результате поток натрия в клетку становится таким большим, что мембрана продолжает деполаризовываться автоматически.

При подпороговом раздражении происходят локальные изменения в мембране, возбуждение развивается не полностью, оно остается локальным процессом и не распространяется.



