

# 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.

Общие закономерности регуляции физиологических функций

# Функциональная организация организма.

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

Организм имеет сложное строение. Основной структурной единицей организма является клетка. Но жизненные функции, которые имеют значение для всего организма, выполняет не одна клетка и даже не один орган, а несколько. Следовательно, функциональная организация, то есть объединение органов для выполнения определенной физиологической функции организма, отличается от структурной. 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 поддержке 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 и длительностью влияния.**

**Нервная регуляция осуществляется посредством нервных клеток, которые образуют нервную систему.** Отличительной чертой нервной регуляции является достаточно быстрая и 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 и создают единственную нейрогуморальную регуляцию.**

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.

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.

Все рефлексы И. П. Павлов разделил на две группы — безусловные и условные.

**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, является одним из наиболее характерных признаков возбуждения, они имеют еще название биоэлектрических явлений. Биоэлектрические явления, которые наблюдаются в нервных структурах, получили название нервных импульсов, благодаря которым нервные клетки включают в действие эффекторы — мышцы, железы. Нервные импульсы являются тем «языком мозга», на котором он выполняет все свои функции — восприятие информации, анализ ее, 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 выходя 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 вследствие перемещения ионов в клетку и из клетки, и 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.**

Уровень потенциала, при котором деполяризация приводит к потенциалу действия, называется **порогом**.

**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 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 - 30с 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 Na , а также необходимы его высокие внеклеточные концентрации.

В) Повышение проницаемости для K является важным фактором реполяризации мембраны.

Итак, потенциал действия обусловлен циклическим процессом поступления Na в клетку и выхода 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.

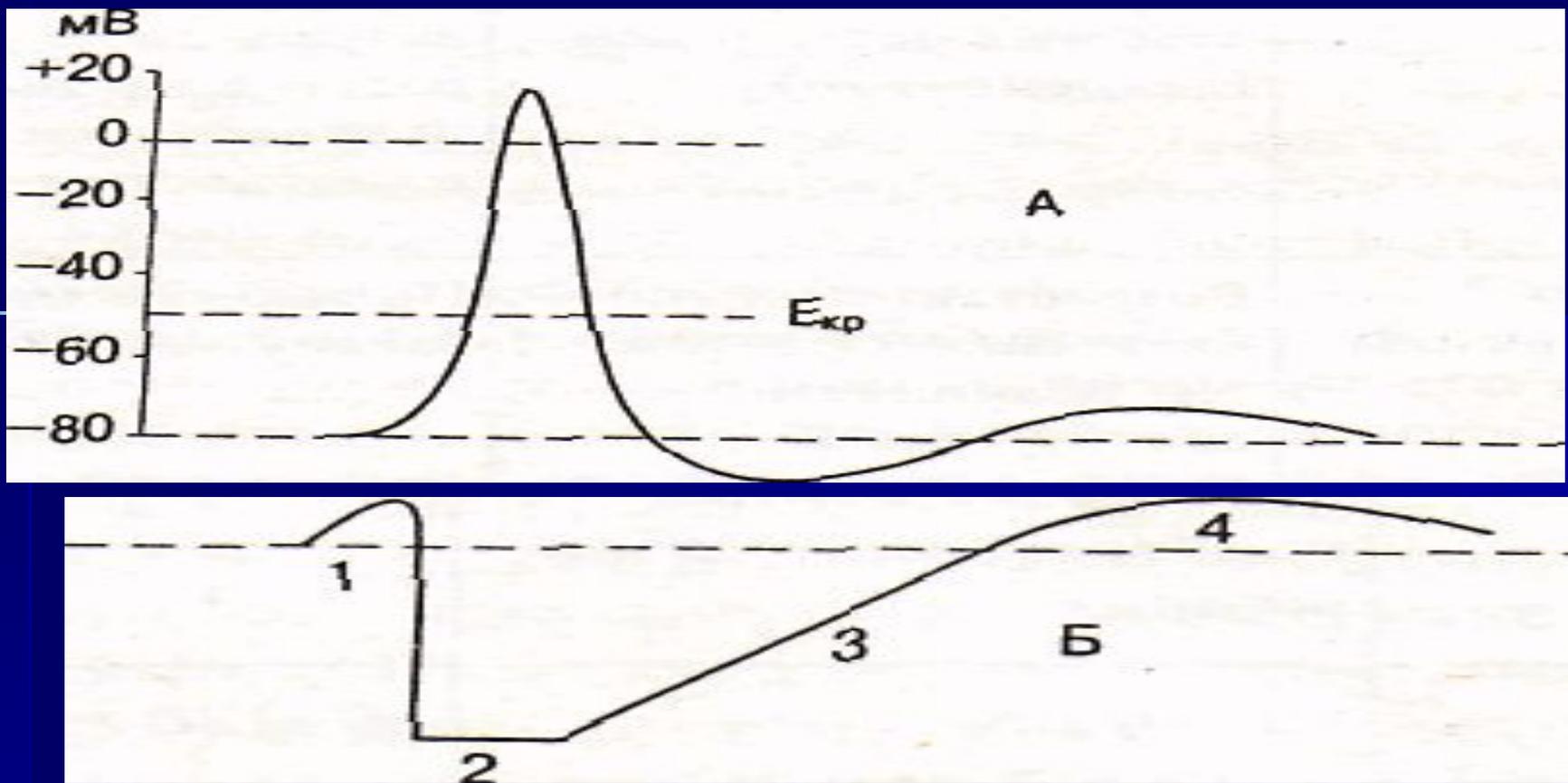


Рис. 1. ПД (А) и фазовые изменения возбудимости клетки (Б):

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.**

- 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.
- 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.