

Тема лекции:

«Общая
физиология
возбудимых
тканей.

Показатели
возбудимости.

Природа
Биоэлектрических
явлений».

Что такое возбудимость?

Возбудимость - это способность возбудимой ткани в ответ на действие раздражителя переходить из состояния функционального покоя в состояние возбуждения.

Такой способностью обладают только **возбудимые** ткани.

К ним относят:

- ✓ Нервную;
- ✓ Мышечную;
- ✓ Железистую.

Возбуждение - это активный физиологический процесс, сопровождающийся генерацией потенциала действия (перезарядкой наружной клеточной мембраны).

Раздражители и их классификация

Раздражитель - это любое качественное или количественное изменение внешней или внутренней среды, воспринимаемое клетками и вызывающее ответную реакцию.

А) Классификация по природе

- **Физические** (механические, звуковые, световые, температурные, электрический и др.);
- **Химические** (кислоты, щелочи, соли);
- **Физико-химические** (изменение осмот. давления, pH);
- **Биологические** (яды, токсины и др);
- **Социальные** (напр., словесный)

Классификация раздражителей

Б) По физиологической значимости:

- **адекватные** - естественные, к восприятию которых данная ткань приспособлена в процессе эволюционного развития (например, свет - для сетчатки глаза)
- **неадекватные** - искусственные, к восприятию которых ткань не приспособлена.

В) По силе:

- **пороговый** - наименьший по силе раздражитель, который вызывает возбуждение ткани
- **подпороговый** - раздражитель, сила которого меньше пороговой, т.е. он не вызывает возбуждения (генерации потенциала действия)
- **сверхпороговый** - раздражитель, сила которого больше пороговой

Показатели возбудимости

- Для оценки степени возбудимости используются силовые и временные показатели.
- К силовым показателям возбудимости относят:

А) **Пороговую силу** - это наименьшая сила раздражителя, которая вызывает возбуждение ткани (т.е., генерацию ПД);

Б) **Реобазу** - этот термин введен для электрического тока (как раздражителя, который чаще всего используется учеными в эксперименте, т.к. имеет ряд преимуществ перед другими). Реобаза - это пороговая сила эл. тока, то есть - наименьшая сила электрического тока, которая вызывает возбуждение ткани.

Показатели возбудимости

• К временным показателям возбудимости относят:

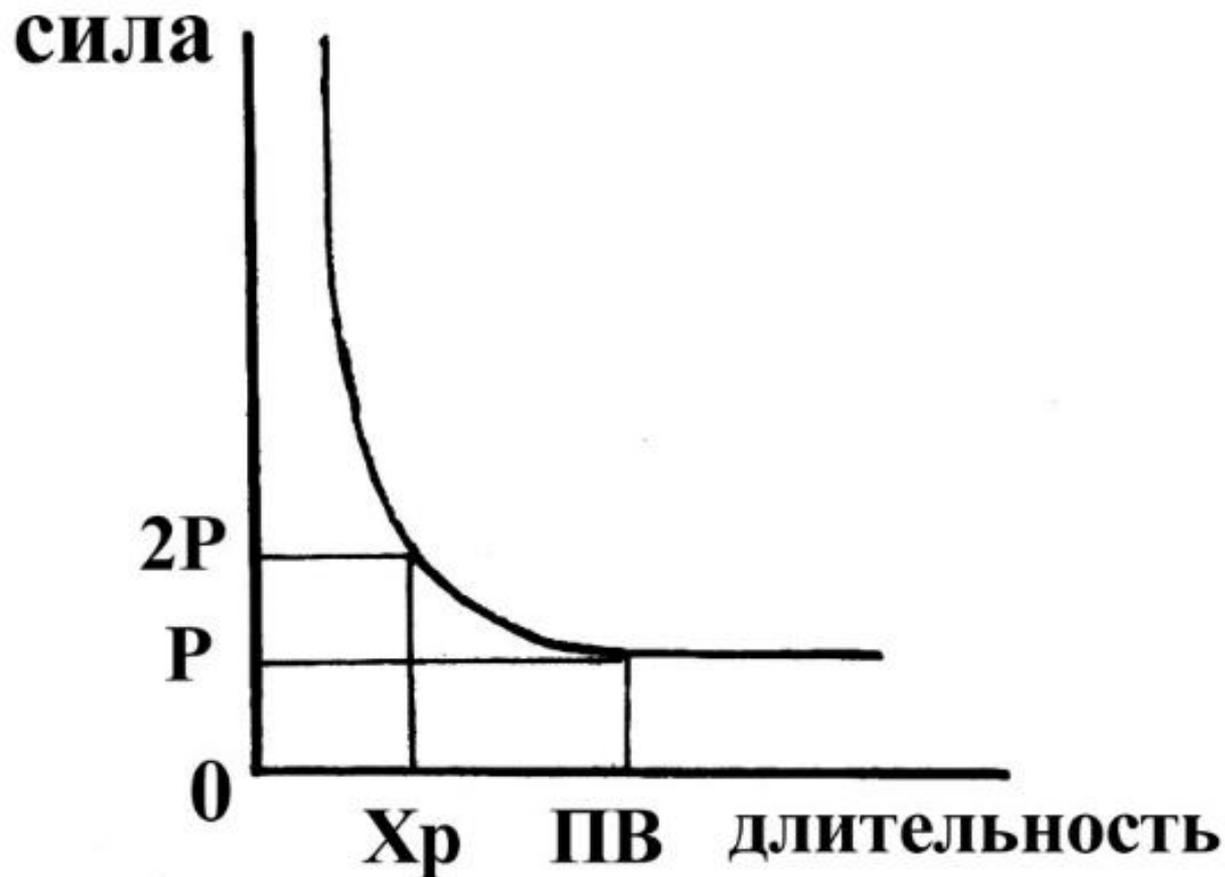
А) **Пороговое** или полезное время раздражения - это наименьшее время, в течение которого эл. ток силой в одну реобазу вызывает возбуждение ткани;

Б) **Хронаксию** - это наименьшее время, в течение которого эл. ток силой в две реобазы вызывает возбуждение ткани. На оценке этого показателя основана методика хронаксиметрии, кот. в медицинской практике позволяет диагностировать повреждения нерва при различных травмах;

В) **Лабильность** - это функциональная подвижность возбудимой ткани, скорость протекания в ней элементарных реакций. Мера лабильности - это максимальное число импульсов, которое может возникать в ткани в единицу времени. Так, нервное волокно способно воспроизводить до 1000 импульсов в сек., поперечно-полосатая мышца только 200-250 имп/сек.

Кривая «силы - времени»

Выражает обратную зависимость: чем больше сила раздражения, тем меньше времени требуется, чтобы вызвать возбуждение ткани и наоборот.



P - реобаза

$ПВ$ полезное
время

$Хр$ - хронаксия

Биологические мембраны

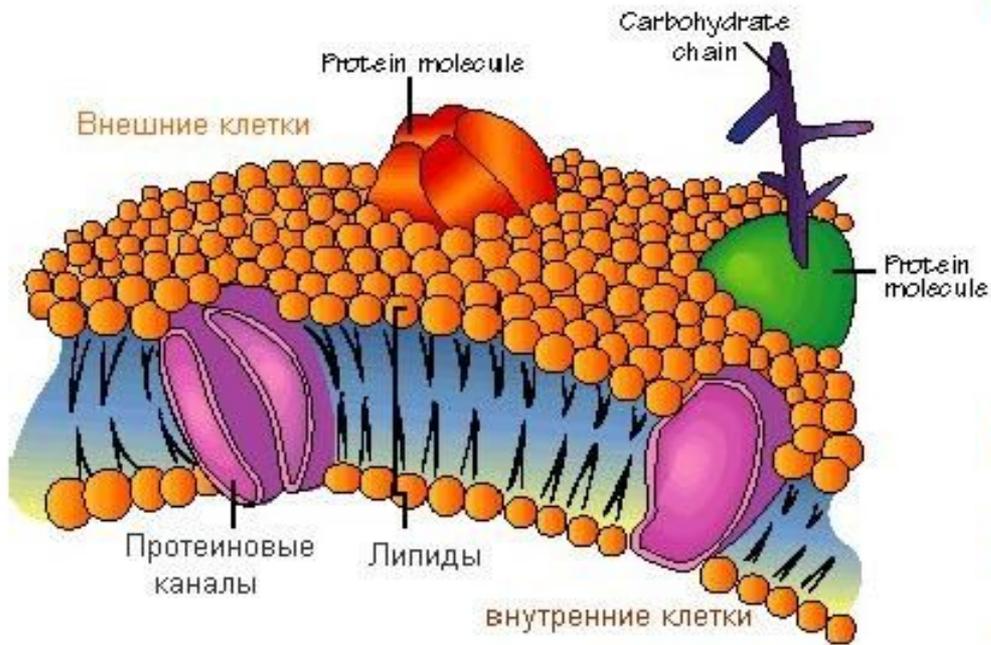
Возбудимость и возбуждение тесно связаны с особенностями мембран клетки.

Биологические мембраны - это функционально активные структуры клеток, ограничивающие цитоплазму и большинство внутриклеточных структур.

Функции мембран:

- ✓ формирование клеточных структур;
- ✓ барьерная (защитная);
- ✓ транспортная;
- ✓ поддержание внутриклеточного гомеостаза;
- ✓ создание электрического заряда клетки;
- ✓ рецепторная (восприятие сигналов);
- ✓ выработка биологически активных веществ (простагландины, тромбоксаны, лейкотриены)

I. Клеточная мембрана



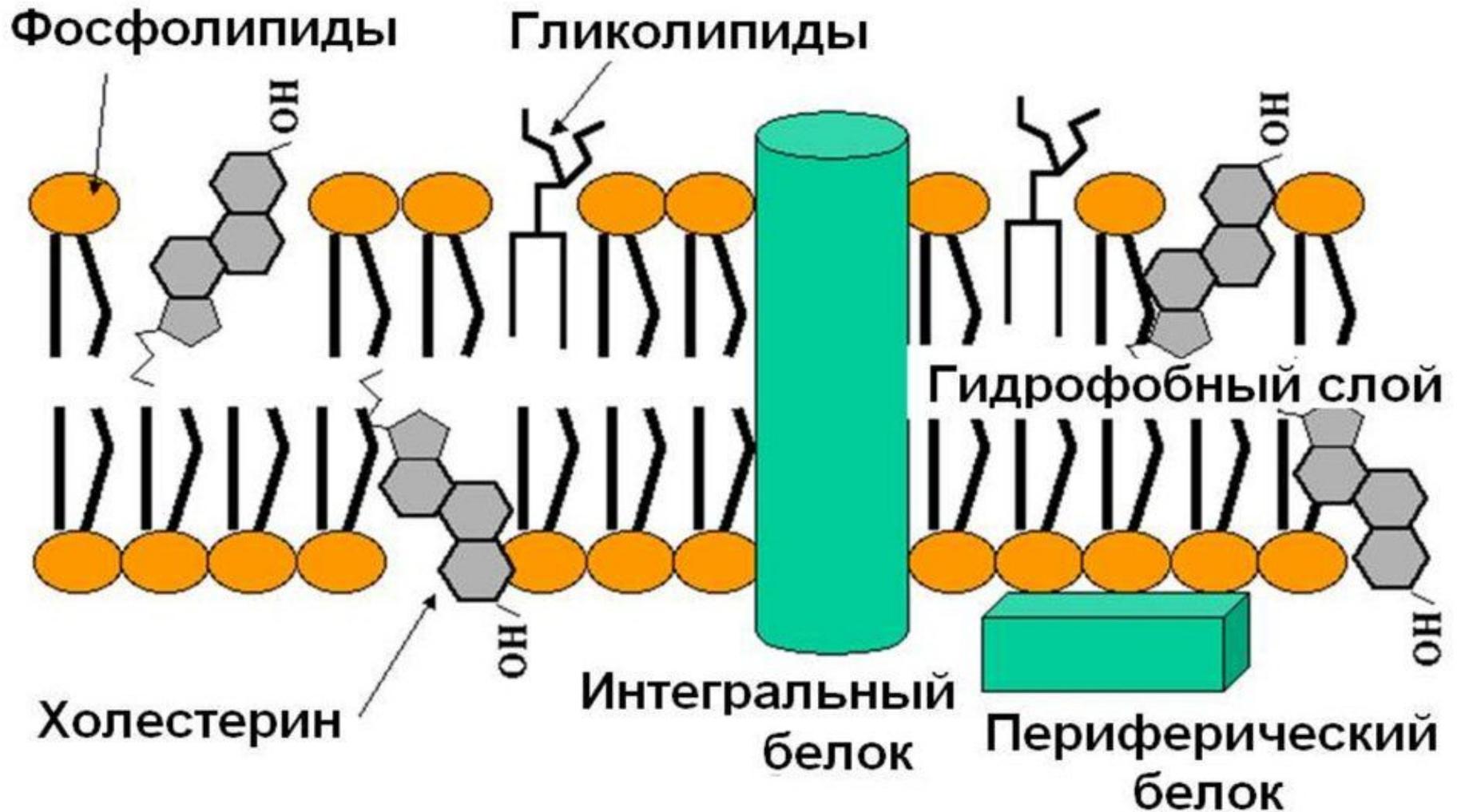
- Двойной слой фосфолипидов с пронизывающими его молекулами белков.
- Функции:
 1. Защитная (барьер).
 2. Транспортная (избирательная регуляция обмена в-в.)
 3. Контакт с соседними клетками.

- Обладает самозамыкаемостью, что обеспечивает эндоцитоз (пиноцитоз, фагоцитоз) и экзоцитоз.

Биологические мембраны

- Большинство известных заболеваний человека является прямым следствием нарушений клеточных мембран либо связанными с ними процессами.;
- Структурная основа мембраны — двойной слой фосфолипидов, в который встроены мембранные белки. Молекулы липидов амфотерны, своими гидрофильными частями они обращены в сторону водной среды (межклеточная жидкость и цитоплазма), гидрофобные части молекул направлены внутрь липидного бислоя.
- Белковые молекулы образуют каналы, ионные насосы, рецепторы. Один и тот же белок может быть рецептором, ферментом и насосом.

Строение биологической мембраны



Транспорт веществ через мембраны

- **Пассивный транспорт** - без затраты энергии АТФ.
 - а) **диффузия** - совершается по концентрационному градиенту: частицы (ионы) движутся из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией;
 - б) **осмос** - движение молекул по осмотическому градиенту;
 - в) **фильтрация** - движение воды и растворенных в ней веществ из области с высоким гидростатическим давлением в область с более низким давлением.
- **Активный транспорт** - осуществляется с затратой энергии, против концентрационного, электрического и др. градиентов. Активный транспорт ионов (Na, K, Ca и др.) насосами клеточных мембран обеспечивает поддержание ионных градиентов по обе стороны мембраны.

История открытия «животного электричества»

- Началом экспериментального изучения электрических явлений в животных тканях следует считать опыты итальянского врача Луиджи Гальвани (1791). В опытах он использовал препараты задних лапок лягушки, соединенных с позвоночником. Подвешивая эти препараты на медном крючке к железным перилам балкона, он обратил внимание, что, когда лапки лягушки раскачивались ветром, их мышцы сокращались при каждом прикосновении к перилам. На основании этого Гальвани пришел к выводу, что подергивания лапок были вызваны "животным электричеством", зарождающимся в спинном мозге лягушки и передаваемым по металлическим проводникам (крючку и перилам балкона) к мышцам задних лапок.
- Против этого положения выступил физик Алессандро Вольта. Он повторил опыты Гальвани и установил, что источником тока служил не спинной мозг лягушки, а цепь, образованная из разнородных металлов - меди и железа.

**Луиджи
Гальвани**
(1737-1798 г.)

**ИТАЛЬЯНСКИЙ
ФИЗИК,
АНАТОМ
И ФИЗИОЛОГ**

ВЫЯВИЛ НАЛИЧИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ
В ТКАНЯХ ЖИВОТНЫХ ОРГАНИЗМОВ



Второй (истинный) опыт Л. Гальвани

- В ответ на возражение Вольты Гальвани произвел второй опыт, уже без участия металлов. Конец седалищного нерва он набрасывал, стеклянным крючком на предварительно поврежденный участок икроножной мышцы лягушки и наблюдал её сокращение.

История открытия «животного» электричества

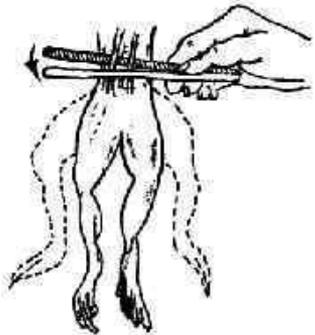
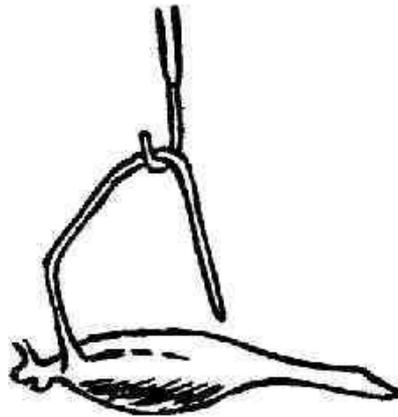


Рис. 5. Первый опыт Гальвани
/ второй вариант/



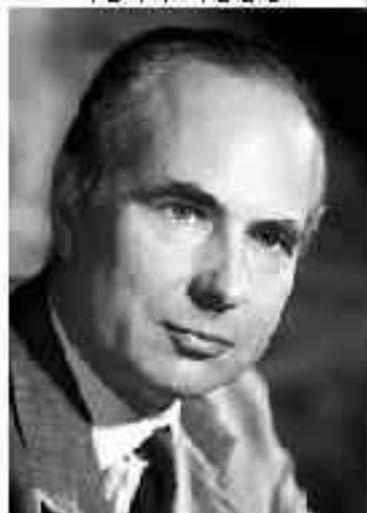
- Причиной сокращения мышцы явилась разность зарядов, в поврежденном (-) и неповрежденном (+) участках мышцы, она и вызвала генерацию ПД в седалищном нерве.

Первый («балконный») и второй опыты Л. Гальвани

Мембранно-ионная теория генерации ПД



Alan Hodgkin,
1914-1998



Andrew Huxley,
1917-2012

- В 1939 в опытах на гигантских аксонах (диаметр до 1 мм) кальмара Хаксли и Ходжкин показали, что заряд мембраны во время ПД не просто уменьшается до «0», но меняет свой знак на противоположный.
- В 1949 А. Ходжкин и Бернард Кац обнаружили, что если удалить из внеклеточной среды Na^+ , то ПД не возникает.
- В 1963 Хаксли и Ходжкин (совместно с Джоном Эклсом) стали лауреатами Нобелевской премии «за открытия, касающиеся ионных механизмов возбуждения и торможения в периферических и центральных участках мембраны нервных клеток».

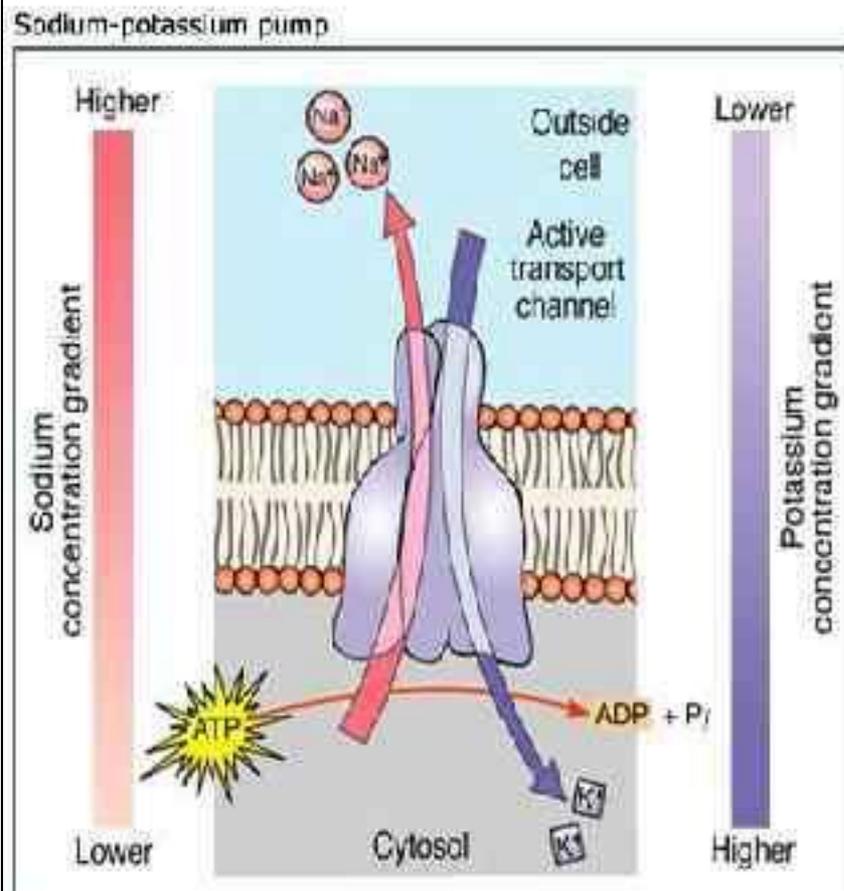
Природа биопотенциалов

- **Мембранный потенциал** (или потенциал покоя) - это разность потенциалов между наружной и внутренней поверхностью мембраны в состоянии относительного физиологического покоя. Потенциал покоя (ППП) возникает в результате двух причин:
 - 1) неодинакового распределения ионов по обе стороны мембраны. Внутри клетки находится больше всего ионов K , снаружи его мало. Ионов Na и ионов Cl больше снаружи, чем внутри. Такое распределение ионов называется ионной асимметрией;
 - 2) избирательной проницаемости мембраны для ионов. В состоянии покоя клеточная мембрана в 25 раз более проницаема для ионов K , малопроницаема для ионов Na и непроницаема для органических веществ.
- За счет этих двух факторов создаются условия для движения (диффузии) ионов. Катионы калия по градиенту концентрации выходят из клетки наружу, создавая на внешней поверхности мембраны положительный заряд (+).

Природа потенциала покоя

- Анионы органических веществ устремляются за K^+ наружу, но их задерживает мембрана. Они скапливаются на внутренней поверхности мембран и своим отрицательным зарядом изнутри удерживают катионы K и Na снаружи. Это и есть поляризация покоя (ПП) - «минус» изнутри - «плюс» снаружи.
- Величина ПП колеблется в разных клетках от - 30 мВ до 90 мВ.
- Для поддержания ионной асимметрии в клетке есть другой механизм - натрий-калиевый насос (активный транспорт ионов). В клеточной мембране имеется система переносчиков, каждый из которых связывает три иона Na , которые находятся внутри клетки, и выводит их наружу. С наружной стороны переносчик связывается с двумя ионами K , находящимися вне клетки, и переносит их в цитоплазму. Энергия берется при расщеплении АТФ.

Работа натрий-калиевого насоса

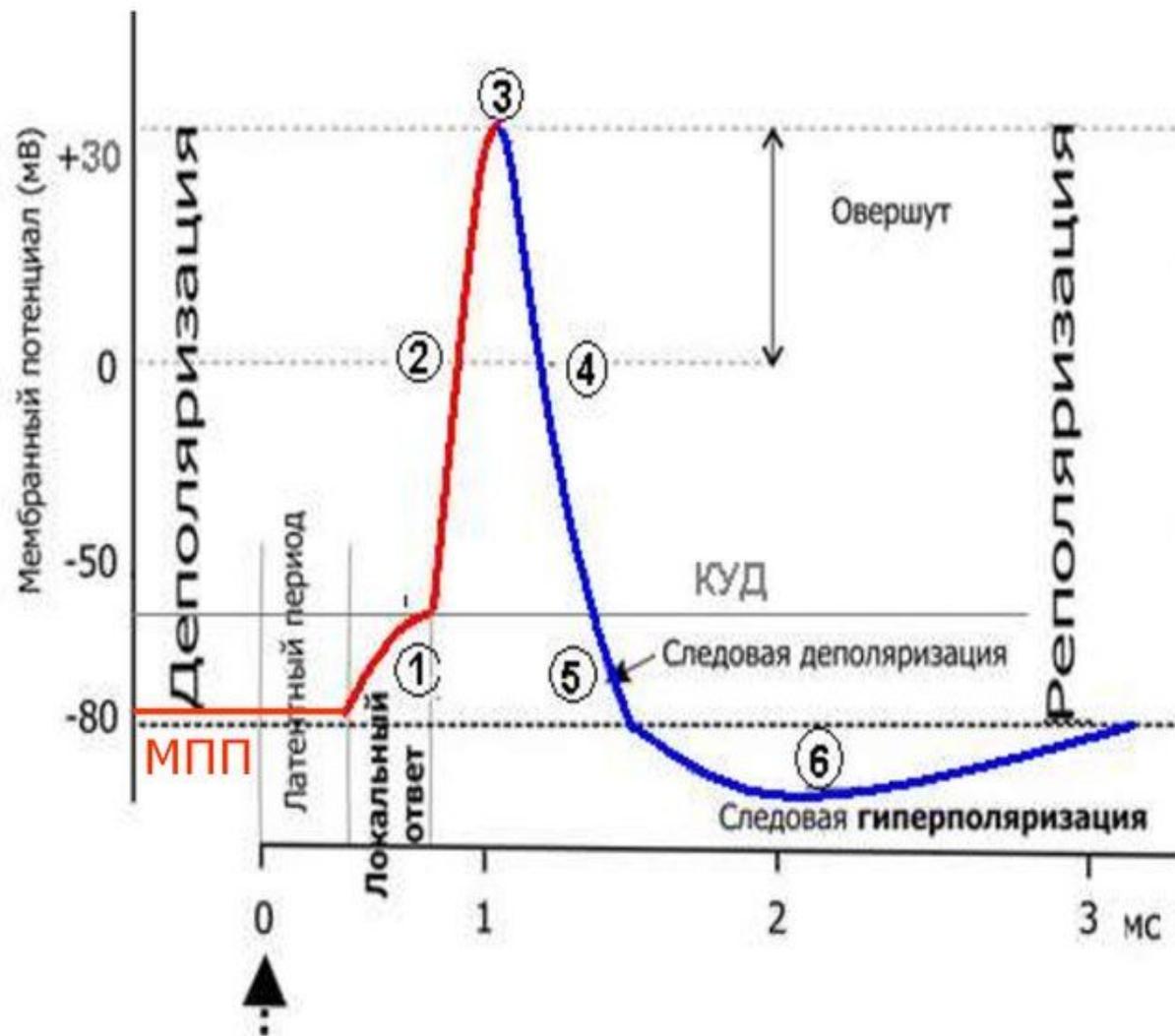


- Na^+, K^+ - АТФаза «забирает» из клетки **три иона Na^+** , затем расщепляет молекулу АТФ и присоединяет к себе фосфат.
- «Выбрасывает» ионы Na^+ и присоединяет **два иона K^+** из внешней среды.
- Отсоединяет фосфат и выбрасывает два иона K^+ внутрь клетки. В итоге:
- 1) во внеклеточной среде создается высокая концентрация ионов Na^+ , а внутри клетки — высокая концентрация K^+ ;
- 2) на внешней стороне мембраны создается положительный заряд, на внутренней — отрицательный

Природа потенциала действия

- **Потенциал действия (ПД)** - это сдвиг мембранного потенциала, возникающий в ткани при действии порогового и сверхпорогового раздражителя, что сопровождается перезарядкой клеточной мембраны.
- При действии раздражителя проницаемость клеточной мембраны для ионов изменяется в различной степени. Для ионов Na она повышается в 400-500 раз.
- Na лавинообразно входит внутрь клетки по концентрационному градиенту - сначала уменьшая разность зарядов до нуля (деполяризация). Затем меняя заряд внутренней поверхности мембраны на положительный (инверсия заряда). Наружная поверхность мембраны приобретает отрицательный заряд, внутренняя - положительный (т.е. происходит перезарядка). Но через короткий период в результате инактивации натриевых каналов и восстановления проницаемости мембраны для K происходит восстановление ПП (реполяризация).

График ПД



Фазы ПД

- 1 – местная деполяризация (локальный ответ)
- 2 – распространяющаяся деполяризация, восходящая часть «спайк»-потенциала
- 3 – овершут (инверсия)
- 4 – реполяризация (нисходящая часть «спайк»-потенциала)
- 5 – следовая деполяризация (следовой отрицательный потенциал)
- 6 – следовая гиперполяризация (следовой положительный потенциал)

Две формы возбуждения

- Различают две формы возбуждения - местное (локальный ответ) и импульсное (распространяющееся).
- **Локальный ответ (ЛО)** - возникает на подпороговую силу раздражения, когда она приближается к пороговому значению. При этом активируются натриевые каналы, Na устремляется внутрь клетки, что сопровождается уменьшением разности зарядов на мембране (деполяризацией). Если сила раздражения не достигла пороговой, то возбудимая ткань так и будет реагировать - в виде местного возбуждения. Это возбуждение локальное, т. е. оно не распространяется на большие пространства.
- **Импульсное возбуждение** возникает тогда, когда раздражитель достигает пороговой величины, а уровень деполяризации становится пороговым (или критическим). Следовательно, при критическом уровне деполяризации (КУД) местный потенциал (ЛО) переходит в импульсный (распространяющийся) потенциал.

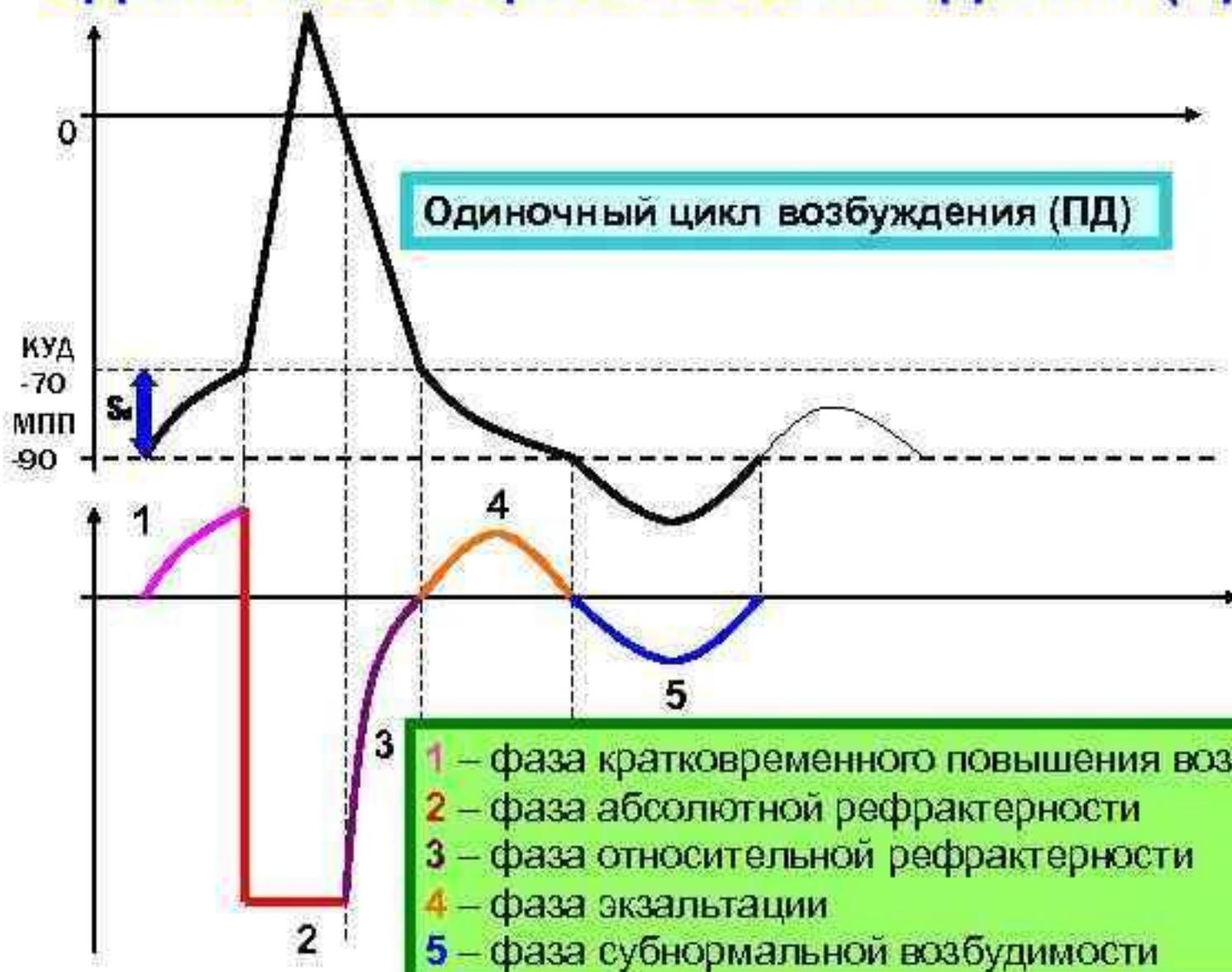
Свойство рефрактерности

- Возбуждение (генерация ПД) сопровождается рефрактерностью (потерей возбудимости) - способности ткани реагировать на повторный стимул. Причем, каждой фазе ПД соответствует соответствующая фаза изменения возбудимости.
- Во время местного (локального) возбуждения, когда уровень деполяризации не достиг критического, но приблизился к КУД - возбудимость клеток повышена, т.е. в этом состоянии ткань ответит даже на подпороговый раздражитель.
- Фазе деполяризации ПД и инверсии - соответствует фаза абсолютной рефрактерности, т.е. ткань полностью теряет способность отвечать даже на сильный - сверхпороговый раздражитель.
- Фазе реполяризации ПД соответствует фаза относительной рефрактерности. Возбудимость все еще снижена, но гипотетически ткань может отреагировать на сильные сверхпороговые раздражения.

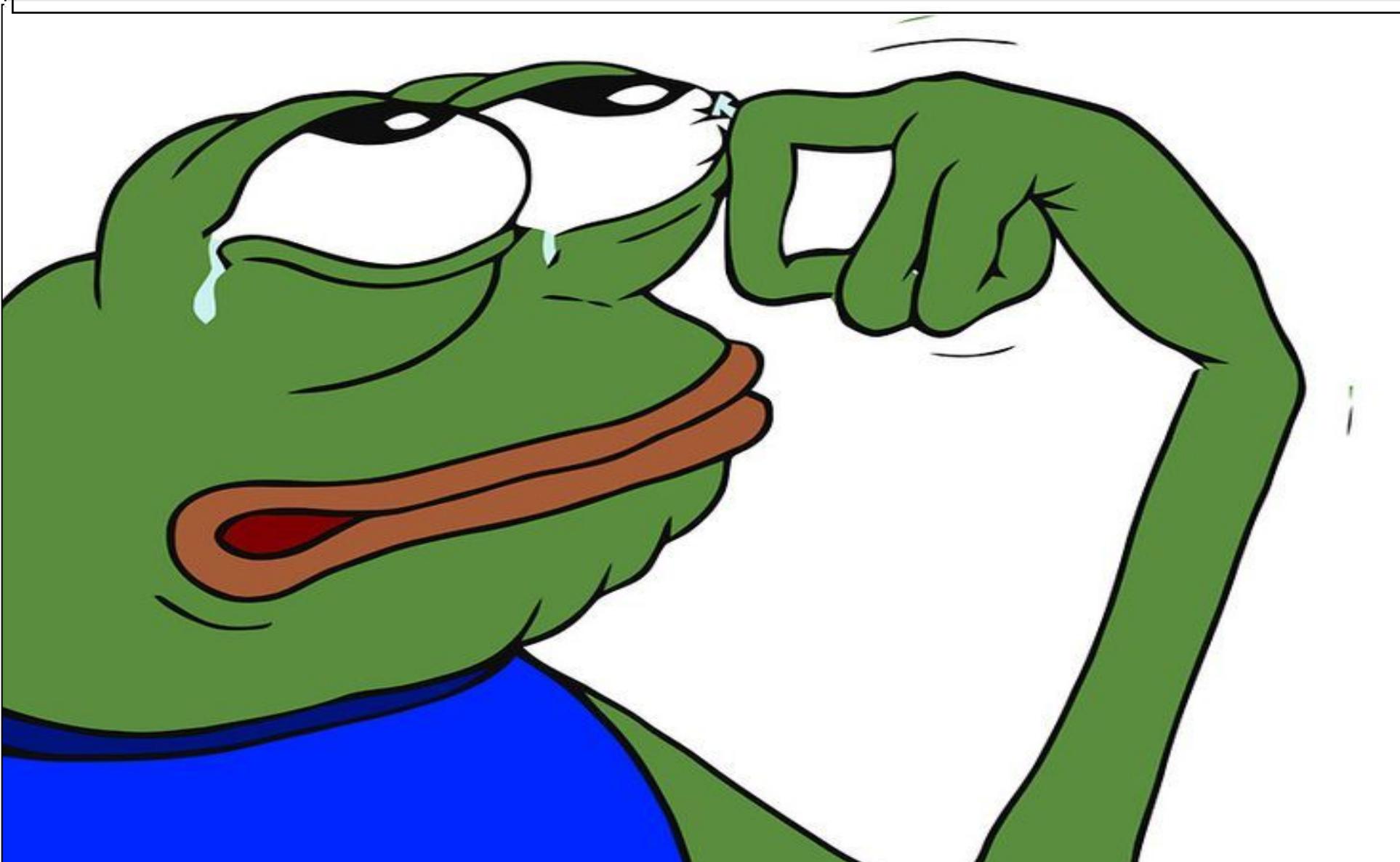
Следовые потенциалы

- Импульсный потенциал сопровождается следовыми явлениями. Различают отрицательный следовый потенциал (или следовая деполяризация) и положительный следовый потенциал (или следовая гиперполяризация).
- При следовой деполяризации КУД понижен, в этом состоянии возбудимые клетки ответят даже на подпороговый раздражитель. Этой фазе ПД соответствует супернормальная возбудимость (фаза экзальтации).
- При следовой гиперполяризации КУД повышен, ткань в этом состоянии не ответит на пороговый раздражитель. Этому состоянию соответствует фаза субнормальной (пониженной) возбудимости.

ИЗМЕНЕНИЕ ВОЗБУДИМОСТИ ВО ВРЕМЯ ОДИНОЧНОГО ЦИКЛА ВОЗБУЖДЕНИЯ (ПД)



Лью слёзы по Луиджи Гальвани, он ушел... а я надеялся стать героем «третьего» опыта, чтобы войти в историю физиологии!



ВАШИ ВОПРОСЫ!?????

