

Семинар № 2

Биоэлектрические явления в возбудимых тканях

План

1. Характеристика возбудимых тканей(ВТ).
2. Мембранный потенциал (МП).
3. Потенциал действия (ПД).
4. Локальный ответ (ЛО).
5. Состояние возбудимости при возбуждении (рефрактерность).

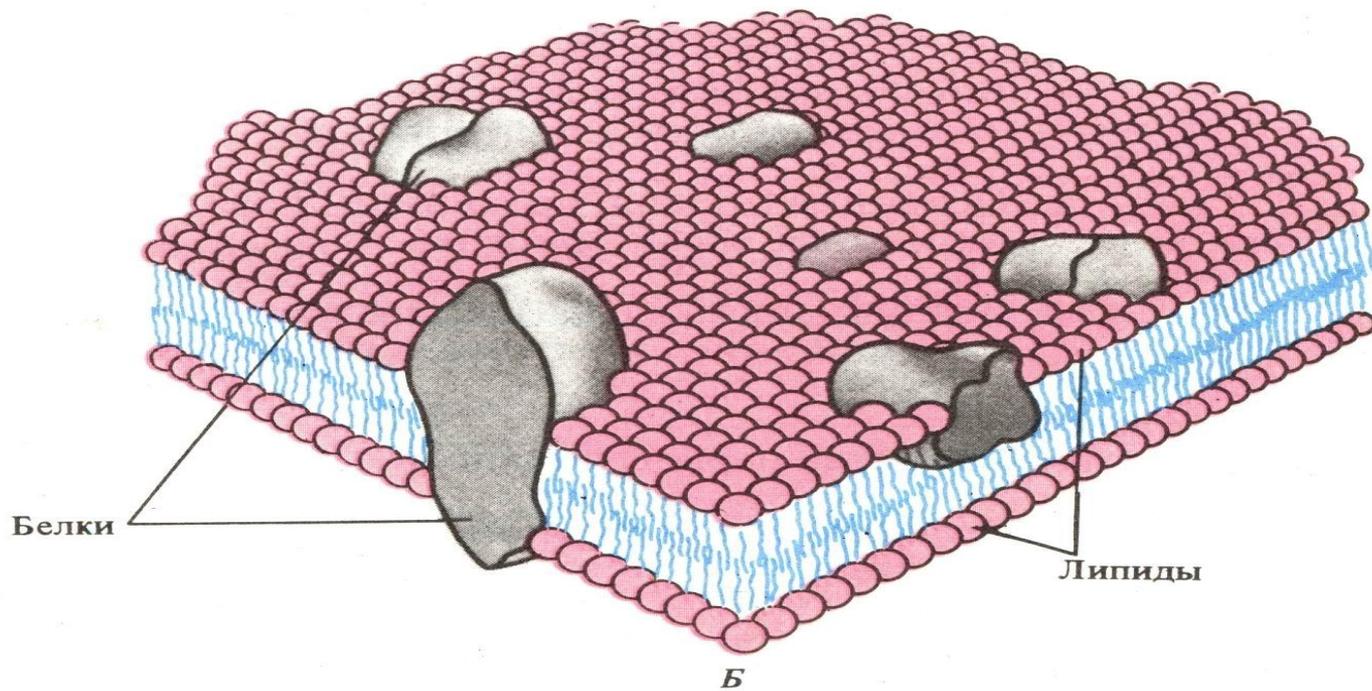
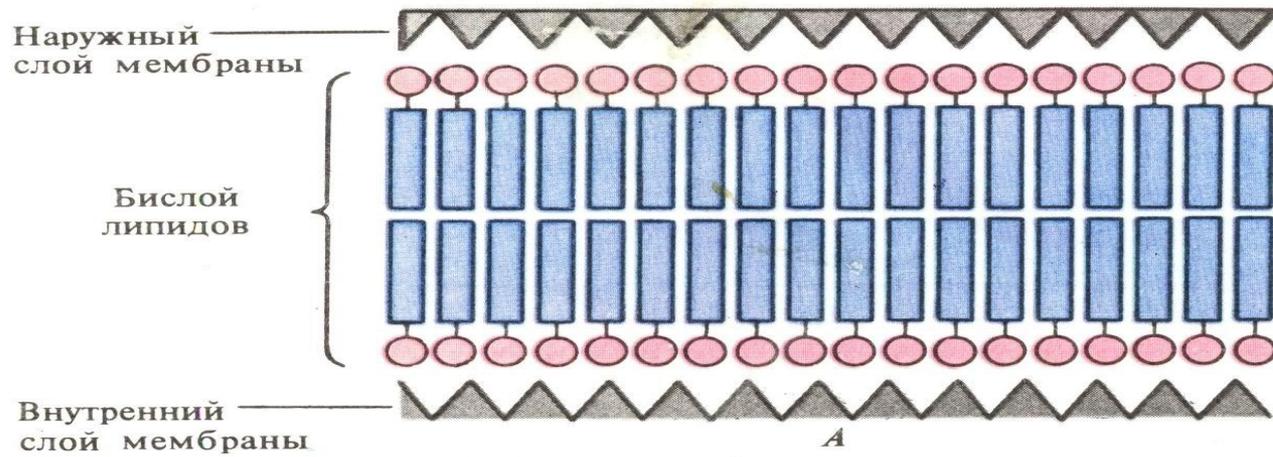
Установлено что в живых клетках существует разность потенциалов (“+” “-”) между двумя её точками (мембрана, плазма).

В этом смысле живой организм (миллиарды клеток) можно сравнить с аккумулятором - электрогенератором, вырабатывающим гальванический ток. Величина биотока одной клетки в среднем равно 60 – 120мв.

Все функции организма осуществляются, регулируются, взаимодействуют биопотенциалами (нейроны, мышцы, железы...) Для выработки биотоков используется энергия макроэргических соединений АТФ, АДФ и др., создающих градиент электролитов внутриклеточно и внеклеточно.

Биопотенциалы обусловлены свойствами
клеточной мембраны и физико-
химическими процессами в клетках.

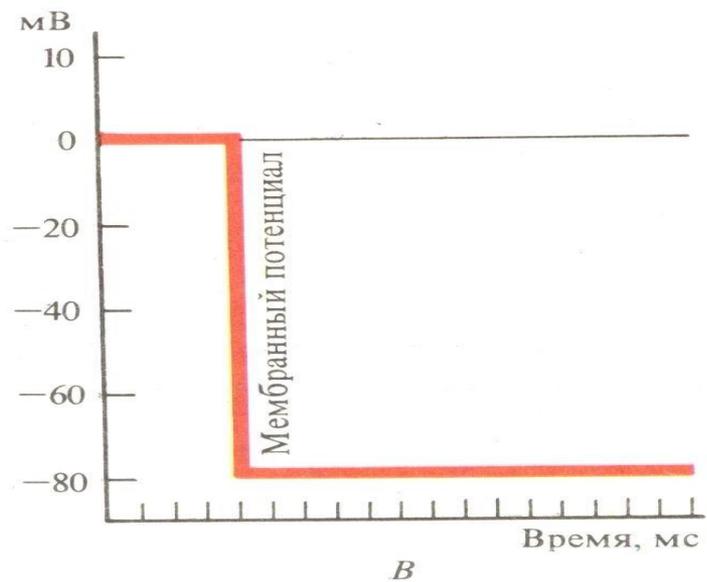
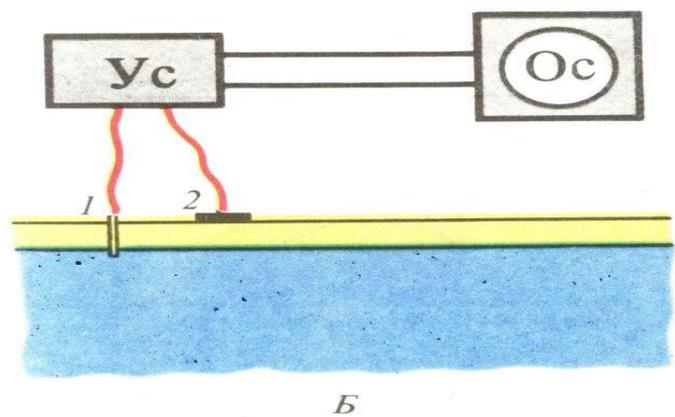
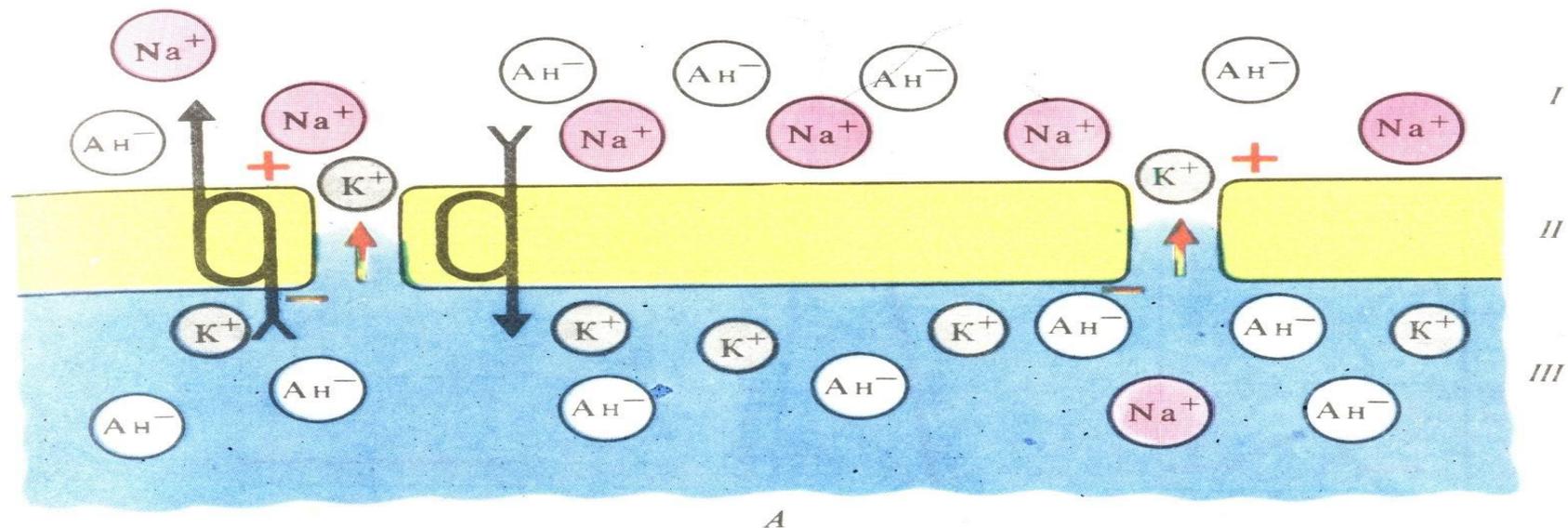
Для понимания биопотенциалов
необходимо представить общие законы
электростатики (диффузионные и
концентрационные потенциалы).

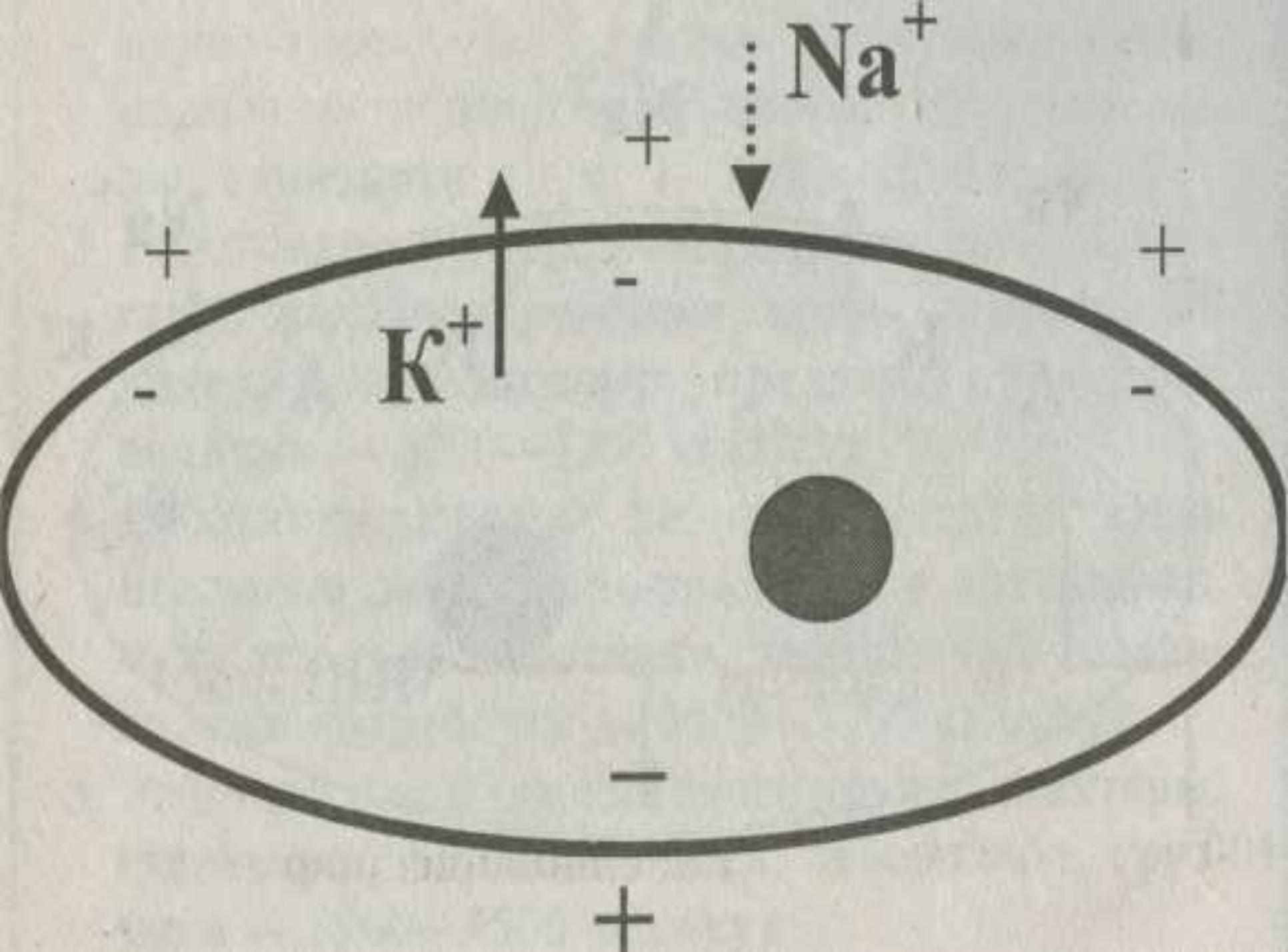


В организме различают биопотенциалы :

- потенциал покоя (ПП) - мембранный потенциал (МП)
- локальный ответ (ЛО)
- потенциал действия (ПД) - возбуждение
- постсинаптические потенциалы (ВПСП) (миниатюрные)
- тормозной потенциал (ТПСП)
- рецепторный
- генераторный потенциал
- вызванный потенциал

Основой всех биопотенциалов является ПП – т.е. разность электрических зарядов в протоплазме и внеклеточной среде, в связи с асимметрическим распределением “+” “-” зарядов (Na^+ K^+ Cl^- ...) по обе стороны мембраны. Это обеспечивается “ K^+ Na^+ насосом” мембраны, которая постоянно накачивает K^+ внутрь, а Na^+ вне клетку.





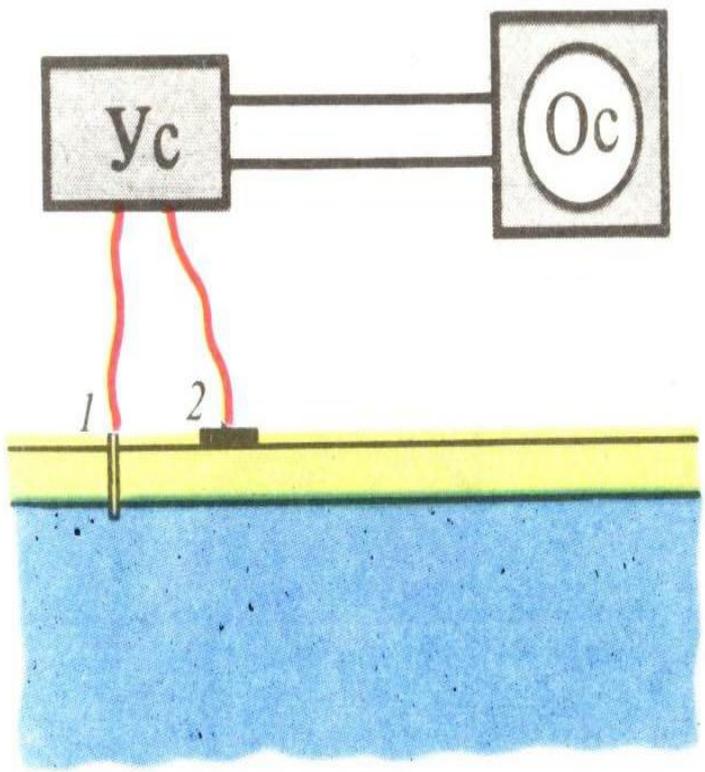
ПП обусловлен избирательной проницаемостью мембраны, а именно в покое она проницаема для K^+ (25 раз больше), чем для Na^+ .

Следовательно, K^+ (катион) диффундирует вне клетку по концентрационному градиенту, а их анионы (“-”) не проницаемы и удерживаются в цитоплазме, обуславливая “-” заряд протоплазмы.

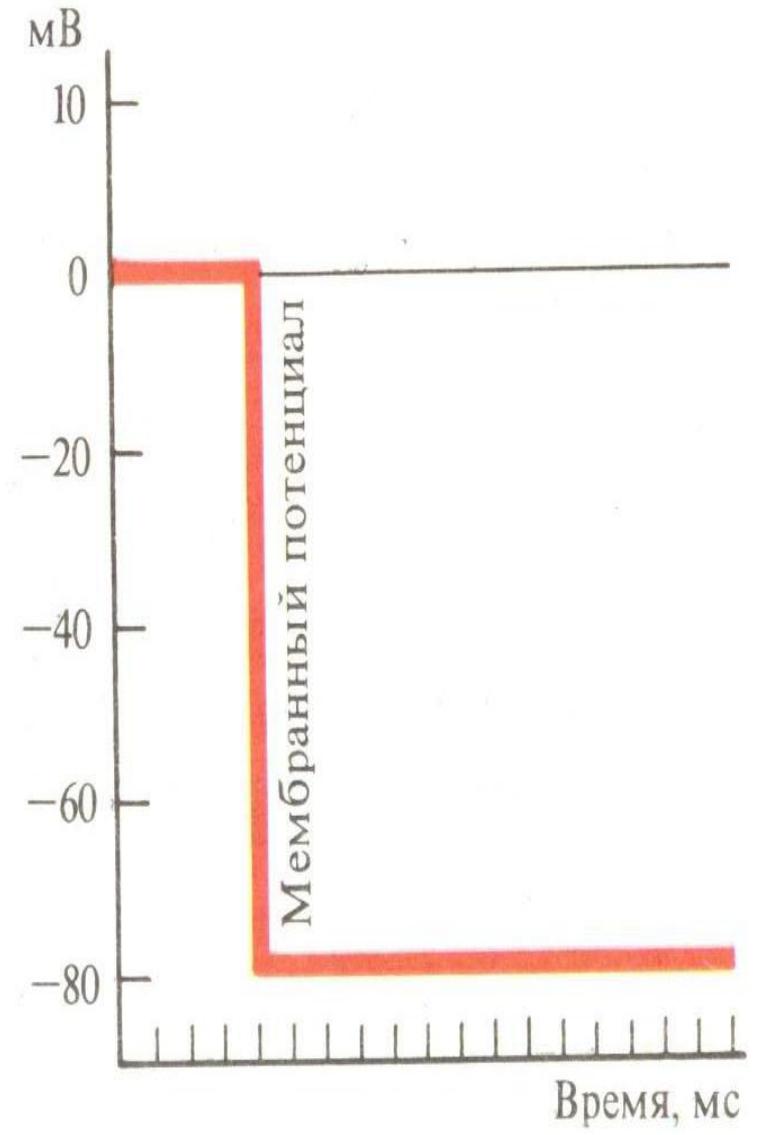
Во внеклеточной среде высока концентрация Na^+ и они по законам диффузии устремлены вовнутрь клетки, но в покое мембрана мало проницаема (непроницаема) для Na^+ и эти ионы располагаются на внешней поверхности мембраны, заряжая её «+»

Таким образом, наружная поверхность мембраны заряжается “+” (Na^+), а цитоплазма “-” (Cl^- , HPO_4^- , HCO_3^- , АТФ, аспар, янтар, глютамин. кислоты, белок, изоэтионат).

ПП можно зарегистрировать чувствительным гальванометром, приложив микроэлектроды на мембрану и в цитоплазму.



Б

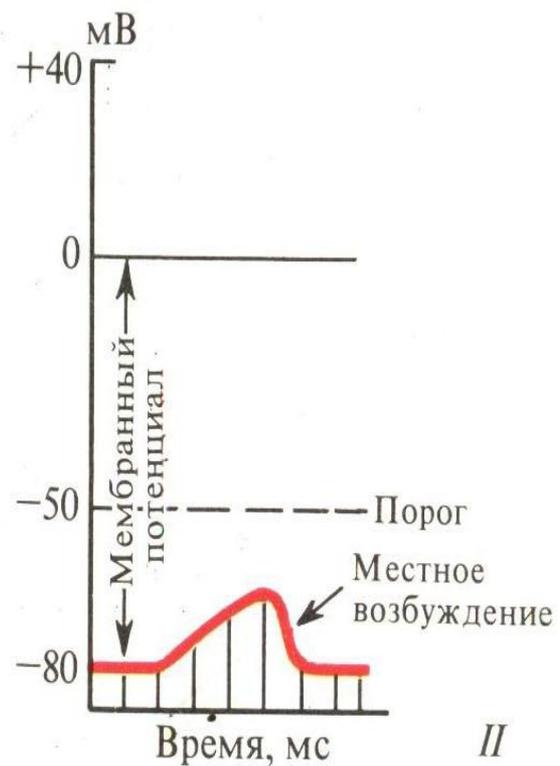
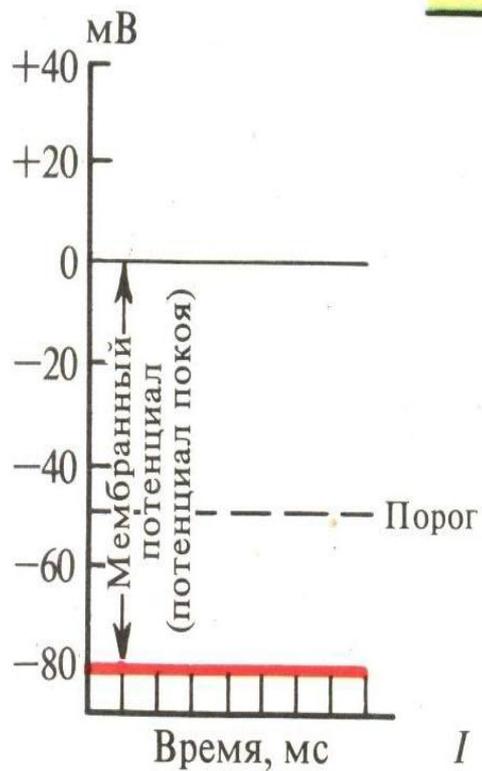
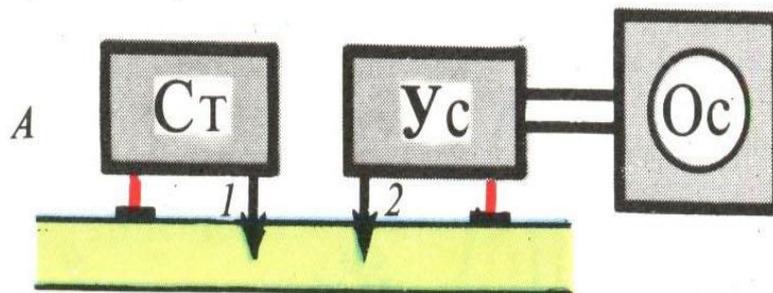


В

В эксперименте, при уравнивании концентраций K^+ внутри и в внеклеточной среде ПП не регистрируется, что указывает на роль K^+ в возникновении ПП, которую ещё называют калиевым током.

При воздействии на мембрану раздражения происходит повышение проницаемости её (q) для Na^+ во внутрь клетки и ПП уменьшается, происходит деполяризация.

При под пороговой силе раздражения происходит уменьшения ПП (на 10 – 20мв), в виде локального ответа (ЛО), которая не имеет латентного периода, зависит от силы, не распространяется, суммируется, затухает.



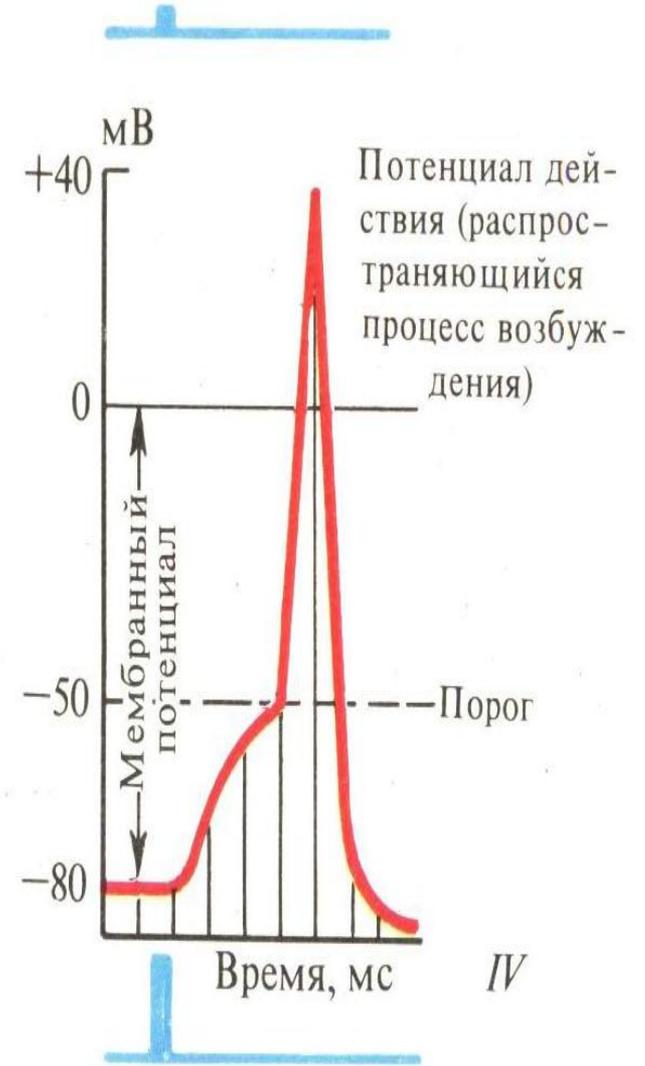
При воздействии пороговой (выше) силы раздражения ПП снижается до критического уровня деполяризации (КУД)... и в результате ПП быстро достигает “0” уровня (уравновешивание поляризации) и далее происходит обратная поляризация на 20 – 40 мВ (реверсия ПП) т.е. поверхность мембраны заряжается “-”, а аксоплазма “+” и в итоге возникает ПД - возбуждение.

Б

Стимулирующий ток

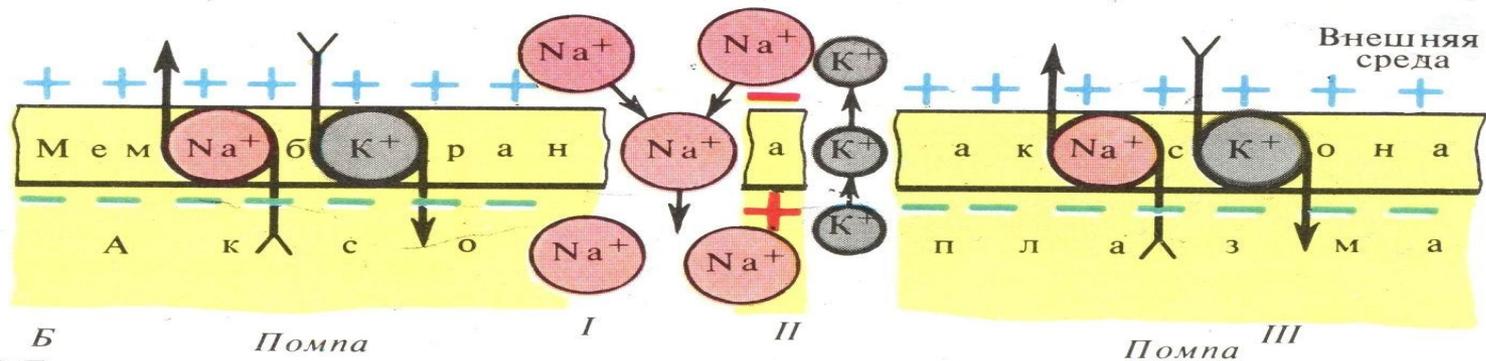
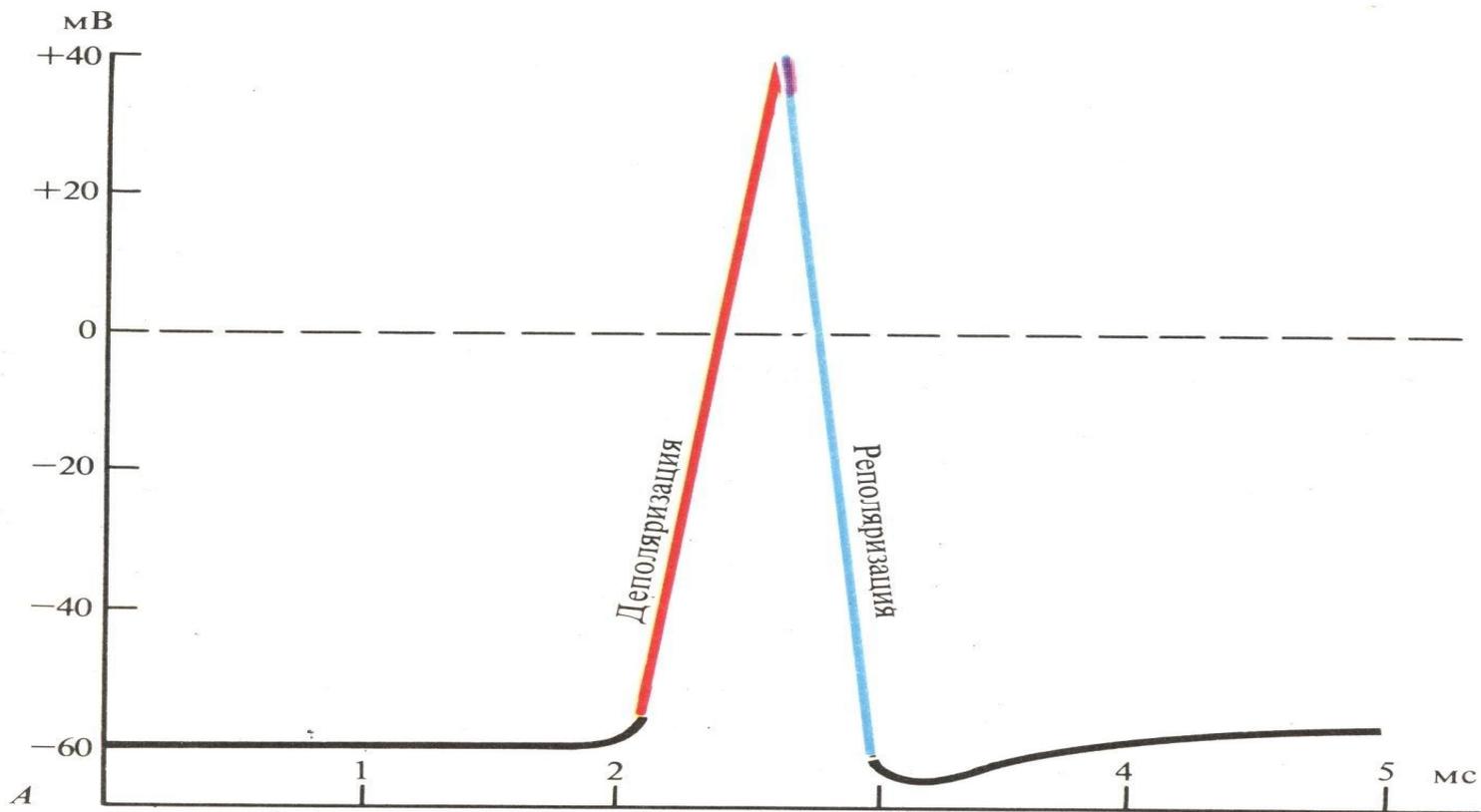


Стимулирующий ток



ПД (возбуждение) –это быстрое, кратковременное (1 мс) изменение ПП в ответ на раздражение достаточной силы, длительности и градиента силы. Величина ПД обычно равна в среднем 120мв и состоит из полного исчезновения ПП (80мв) до “0” и образование обратной поляризации (-40мв)

Амплитуда ПД не зависит от силы раздражителя, а имеет зависимость от вида возбудимой ткани.



ПД – регистрируется микроэлектродной техникой и состоит из фаз:

- деполяризации (подъём кривой)
- реполяризации (спад кривой)

Фаза деполяризации включает:

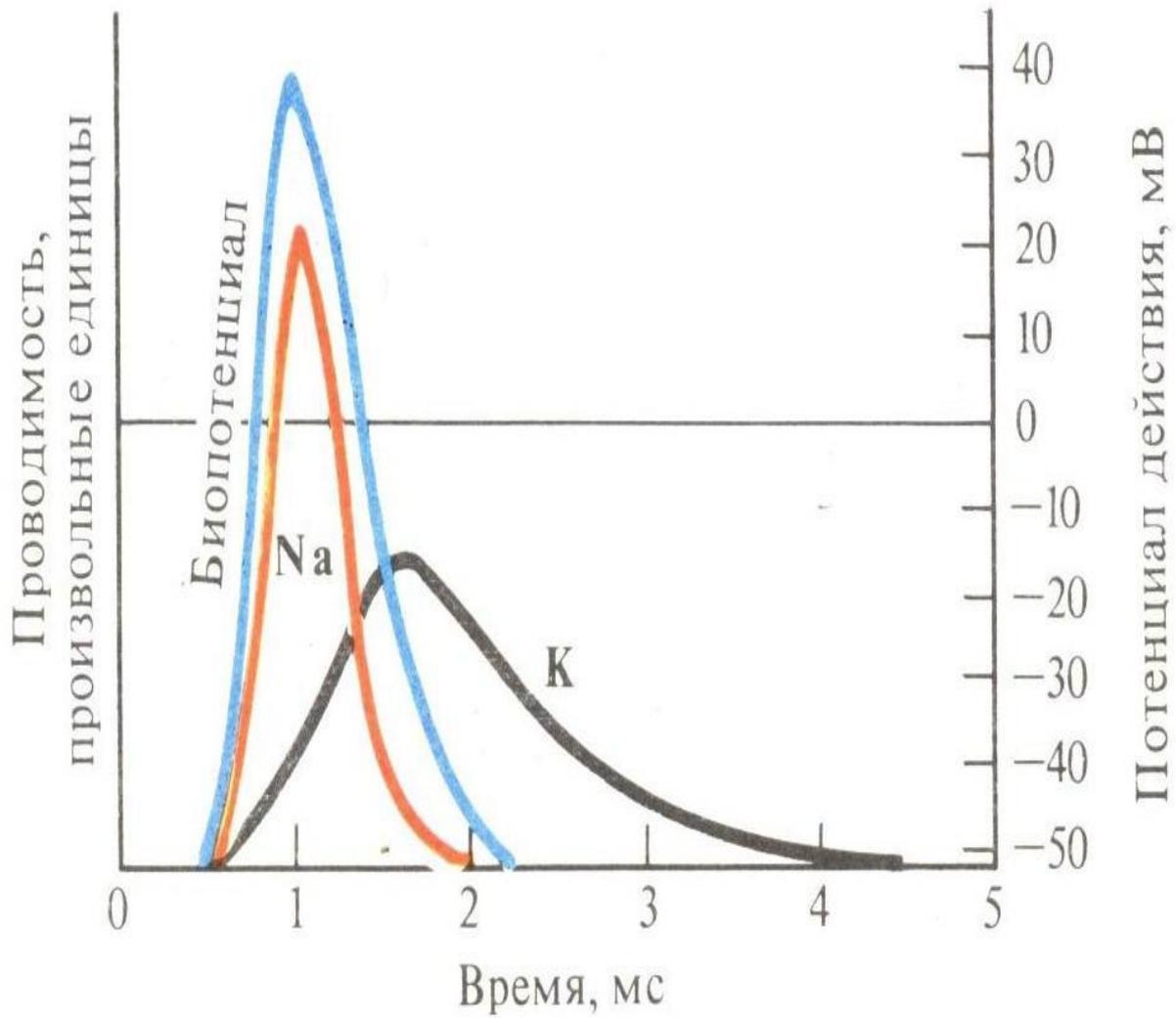
- локальный ответ
- деполяризация (до уровня “0”)
- обратную поляризацию (реверсию)

Фаза реполяризации состоит:

- исчезновение обратной поляризации
- поляризация мембраны (до уровня ПП)
- Следовые “-” и “+” потенциалы

Образование ПД начинается с повышения проницаемости (q) мембраны для Na^+ во внутрь клетки, которое ещё более повышает q Na^+ в клетку (регенеративно) Далее Na^+ массивно через Na активационные “ворота” устремляются в клетку, “+” заряжая аксоплазму.

На мембране существуют также Na^+ инактивационные «ворота», которые незначительно пропускают Na^+ в клетку. Они закрыты при работе Na^+ активационных «ворот».



При образовании ПД через 1мм^2 поверхности мембраны в клетку проникает 20000 ионов Na^+ и столько K^+ покидает клетку. (Это 1млнная доля запаса ионов клетки)

Запас ионов Na^+ K^+ хватит на $5 \cdot 10^5$ ПД. без подзарядки. Работа “ Na^+ K^+ насоса” постоянно поддерживает градиент ионов Na^+ K^+ внутри и вне клетки.

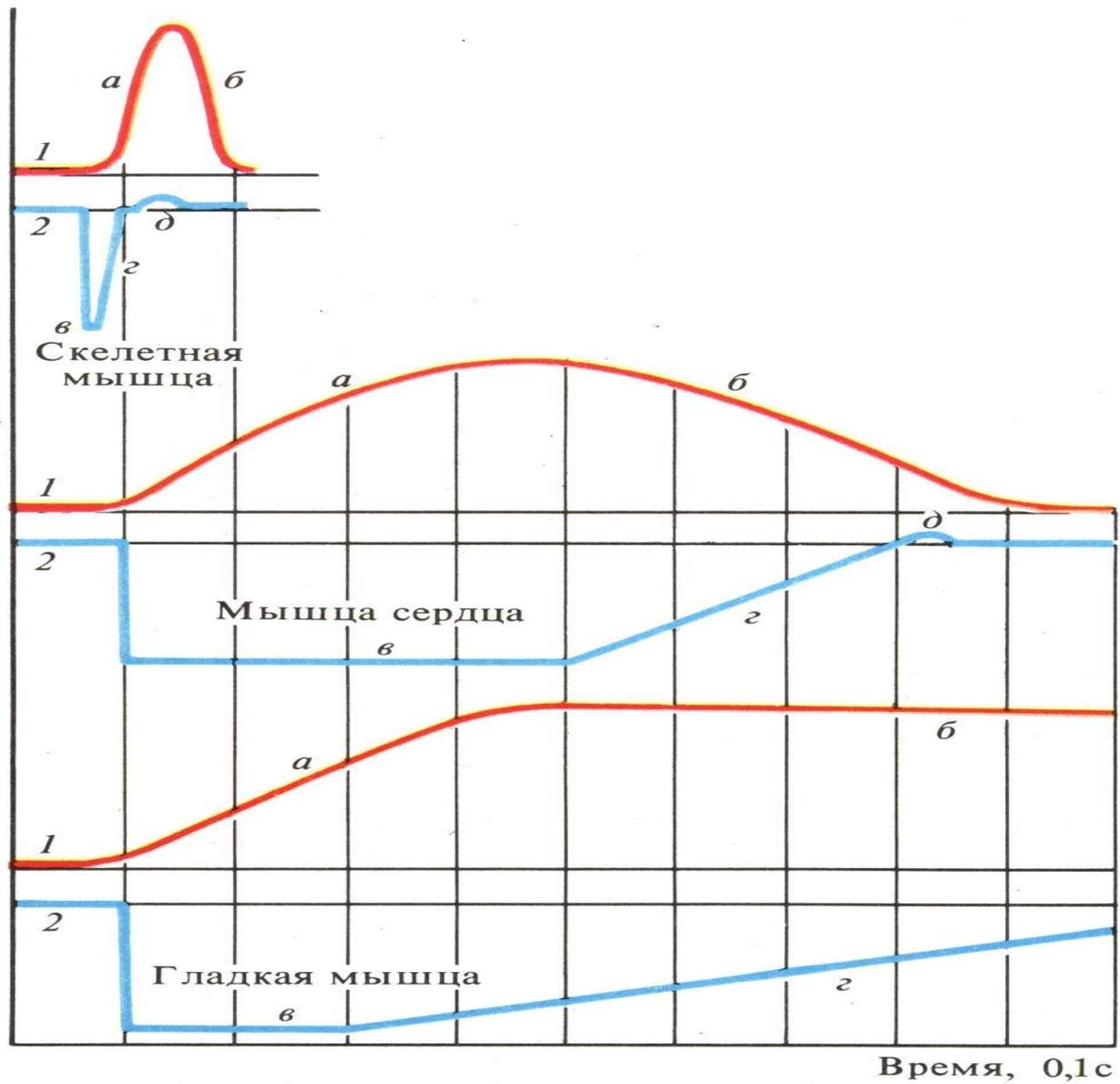
Возникший ПД обязательно распространяется по обе стороны от места образования, что называется **проведением**.

Проведение возбуждения (ПД) происходит электротонически от возбуждённого участка к невозбужденному (2сторонне) образованием новых ПД – величиной 120мв, которая в 5-6 раз превышает порог раздражения не возбуждённой точки мембраны. Это называется **фактором надёжности проведения** (5-6 раз).

В период образования ПД в возбудимых тканях происходит полное или частичное исчезновение возбудимости – рефрактерность (R), которая протекает в 4 фазы:

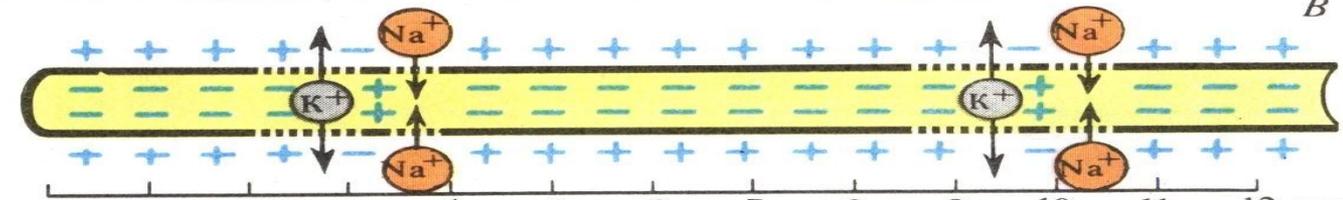
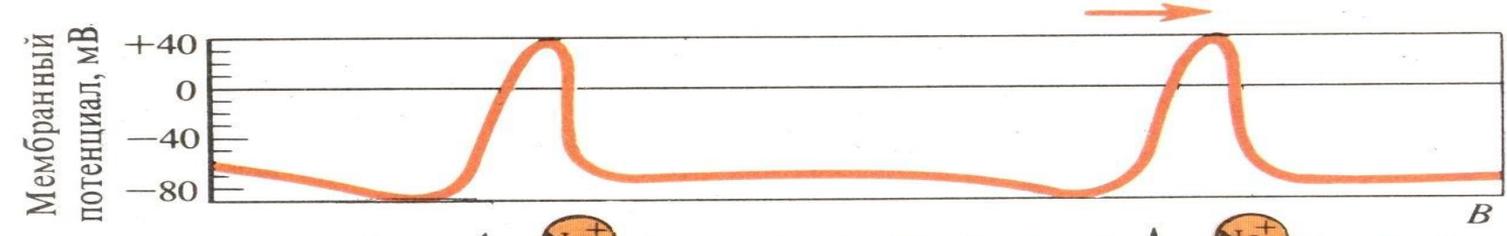
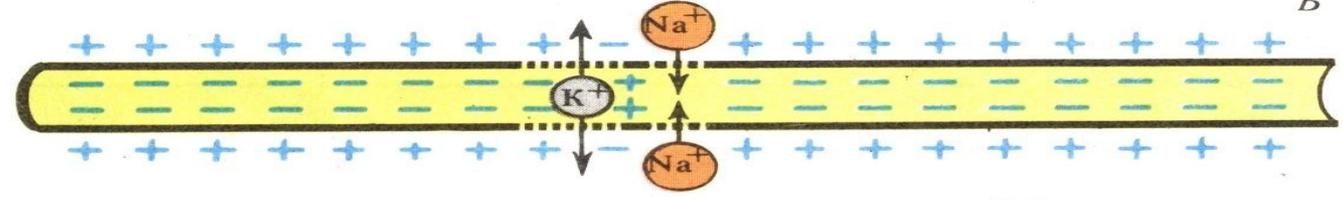
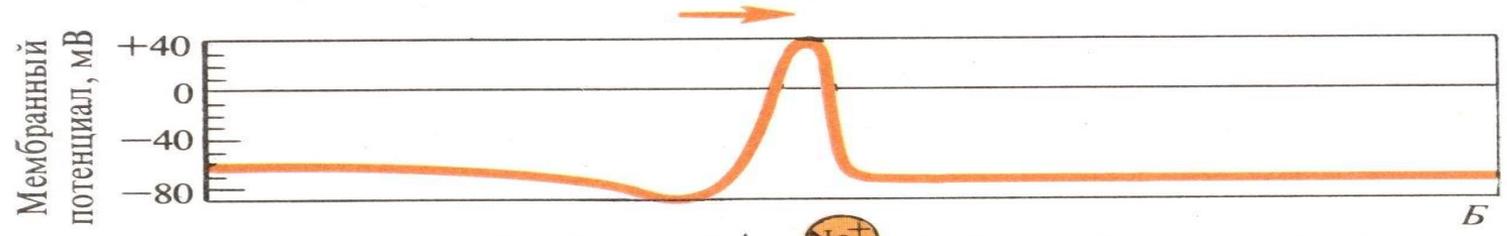
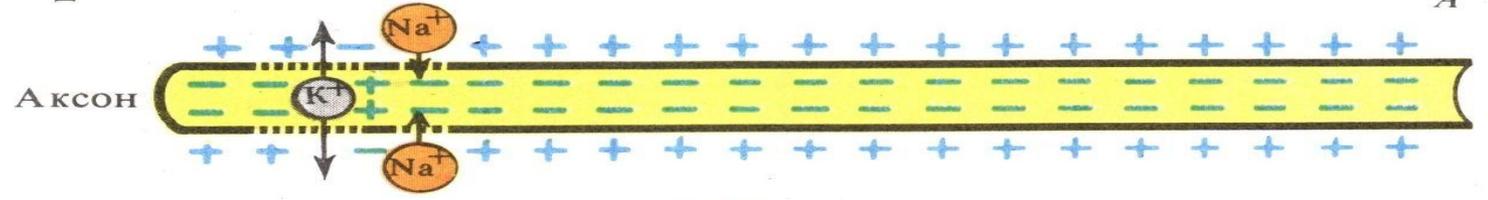
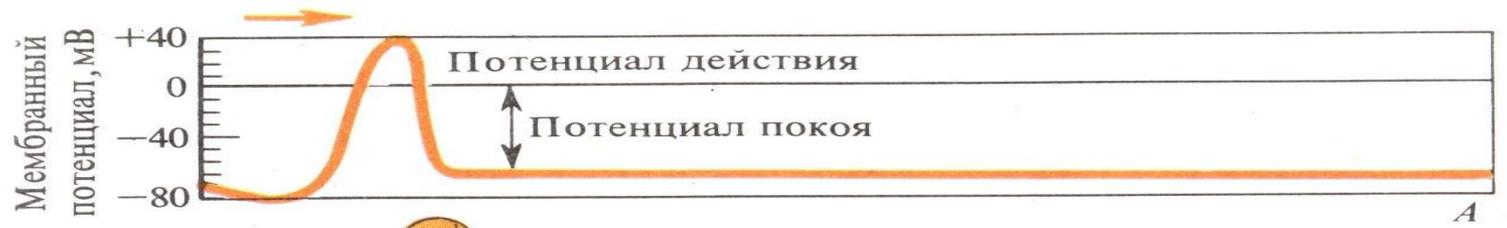
- абсолютная R.
- относительная R.
- экзальтация (супернормальный)
- субнормальный

R. обуславливает ряд процессов протекающих в норме и патологии в возбудимых тканях (парабиоз, экстрасистола, оптимум...)



В железистых клетках имеются ПП и ПД, которые имеют некоторые особенности:

- ПП не высокий и разность ПП в апикальной и базальной части мембраны не идентичны.
- Состояние активации клетки обусловлена гиперполяризацией мембраны ($\uparrow q$ Na^+ K^+) в не клетку, а Cl^- внутрь клетки.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 25 30 мс

0 5 10 15 20 25 30 см