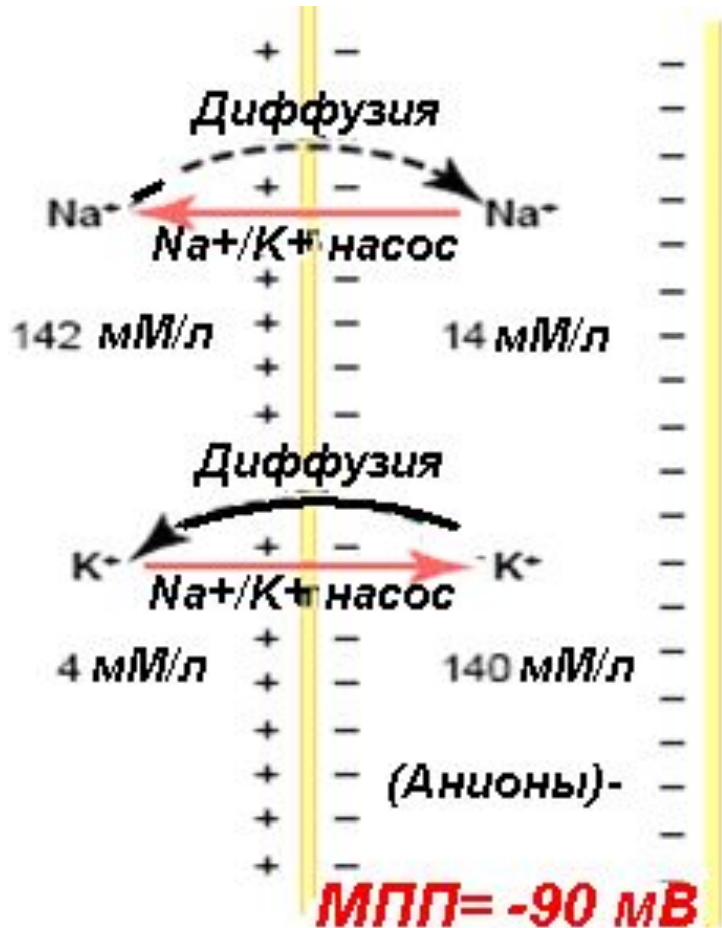


Повторение материала по теме
«Потенциал покоя и потенциал
действия»

Краткие выводы по теме «Мембранный транспорт»



- ✓ В покое мембрана практически непроницаема для ионов Na⁺ и Cl⁻, поэтому ионы K⁺ вносят основной вклад в формирование МПП (мембранный потенциал покоя).
- ✓ Ионы K⁺ устремляются из клетки во внеклеточную жидкость через каналы утечки согласно градиента концентрации.
- ✓ Большие органические анионы не способны проникать через мембрану, поэтому не могут сопровождать ионы K⁺. Они создают отрицательный заряд внутри клетки.
- ✓ Положительно заряженные ионы K⁺, покидающие клетку, создают дополнительную электроотрицательность внутри клетки.
- ✓ Na⁺/K⁺ помпа восстанавливает ионные градиенты по обе стороны мембраны, обеспечивая непрерывность движения ионов через клеточную мембрану.

- Мембранный потенциал покоя (МПП):
- Относительно стабильная разница потенциалов между внутренней и наружной поверхностями плазматической мембраны находящейся в состоянии относительного покоя клетки.
- Состояние поляризации.

Механизм формирования потенциала покоя (ПП).

Мембрана клетки в состоянии покоя заряжена отрицательно изнутри и положительно снаружи.

Проницаемость мембраны в покое для K^+ в 25 раз выше, чем для Na^+ .

По закону диффузии K^+ выходит из клетки (т.к. его концентрация внутри клетки в 40 раз больше, чем вне клетки). Органические анионы из-за своих больших размеров выйти из клетки не могут и они создают отрицательный заряд на внутренней поверхности мембраны. Таким образом, главным ионом, который создает ПП является ион K^+ .

Потенциал действия

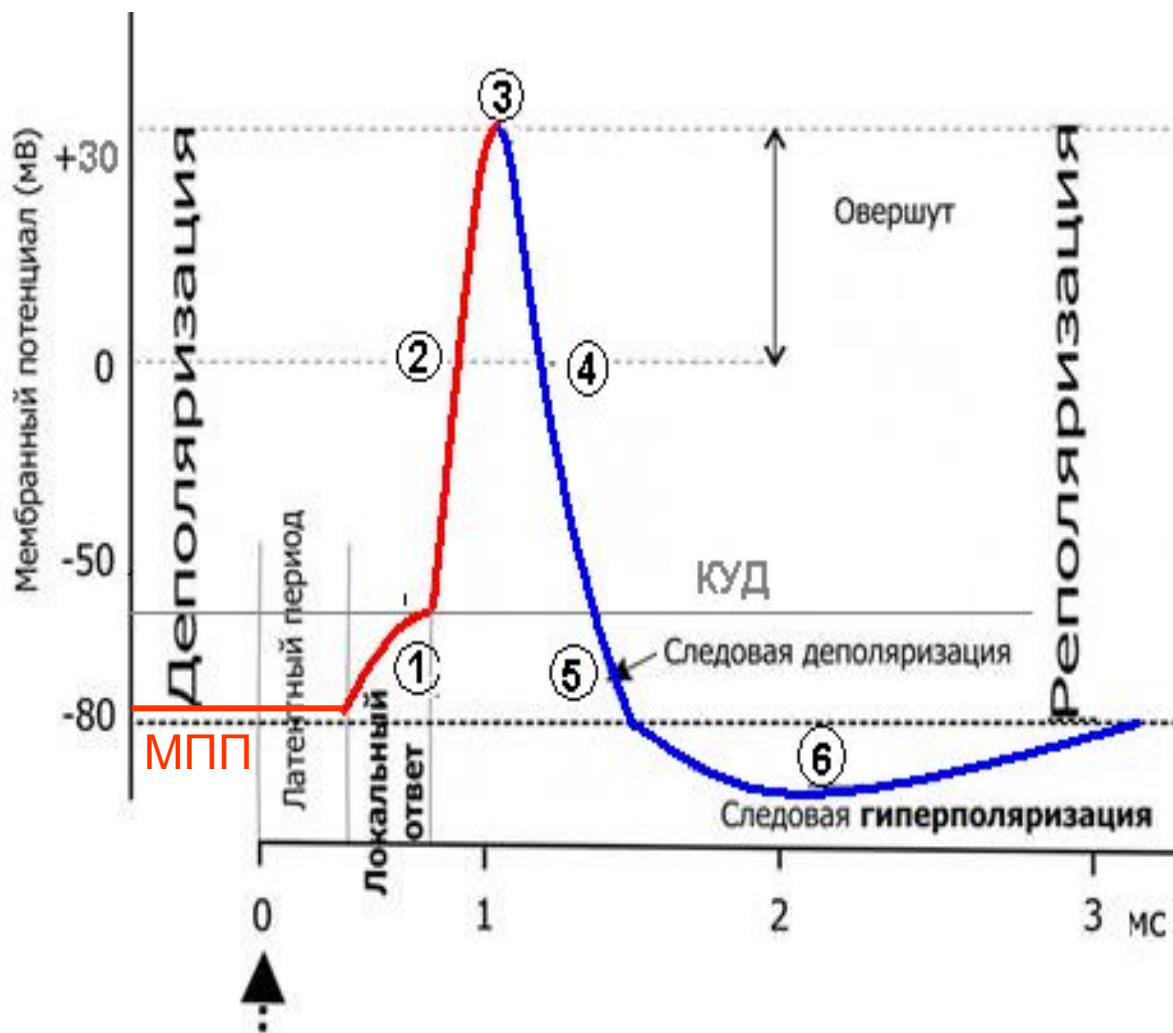
Потенциал действия (ПД) – это электрофизиологический процесс, выражающийся в быстром колебании мембранного потенциала вследствие резкого изменения проницаемости клеточной мембраны и диффузии ионов в клетку и из клетки.

Роль ПД: основной способ передачи сигналов между нервными клетками, нервными центрами и рабочими органами, в мышцах ПД обеспечивает процесс электромеханического сопряжения.

Фазы потенциала действия

- 1.- **Фазу деполяризации** (т.е. уменьшение мембранного потенциала до нуля);
- 2.- **Инверсии** (изменение знака заряда на обратный: *внутренняя* поверхность мембраны приобретает положительный заряд, *наружная* – отрицательный);
- 3.- **Фазу реполяризации** – восстановление первоначального заряда мембраны (минус изнутри, плюс – снаружи);
- 4.- **Следовые потенциалы** (следовая деполяризация и следовая гиперполяризация)
Гиперполяризация – увеличение уровня поляризации мембраны, по сравнению с уровнем покоя; смещение потенциала мембраны в более отрицательную область

График ПД



Фазы ПД

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

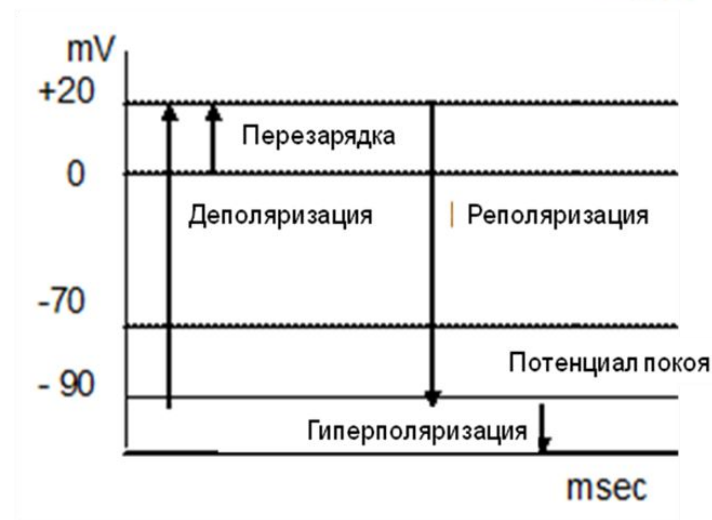
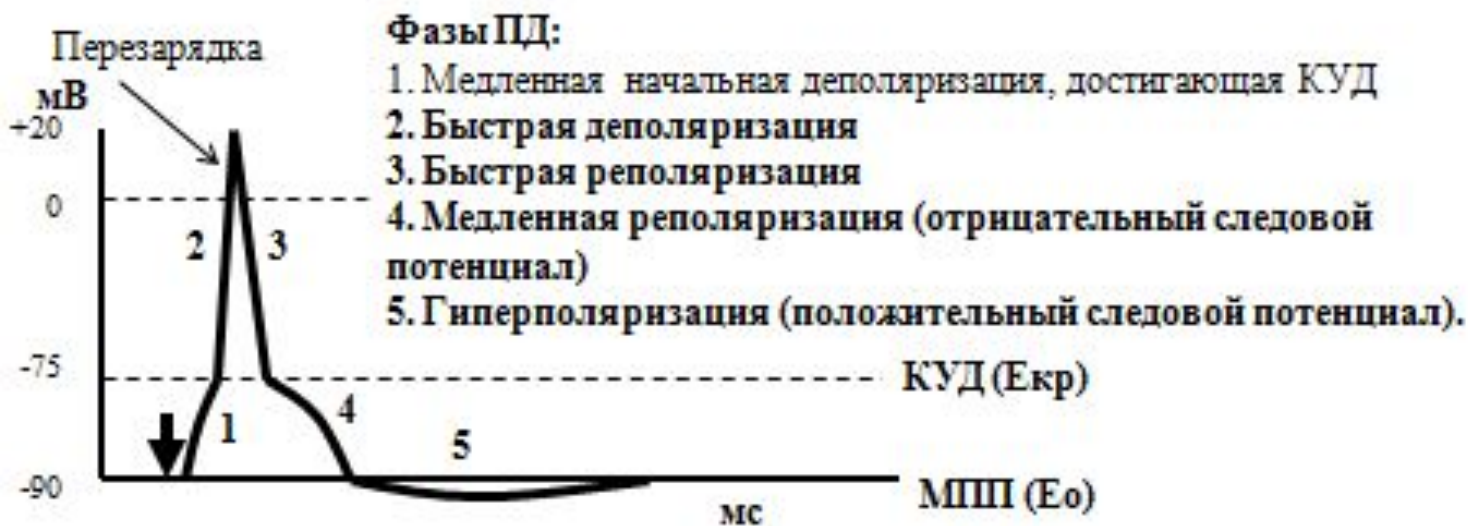
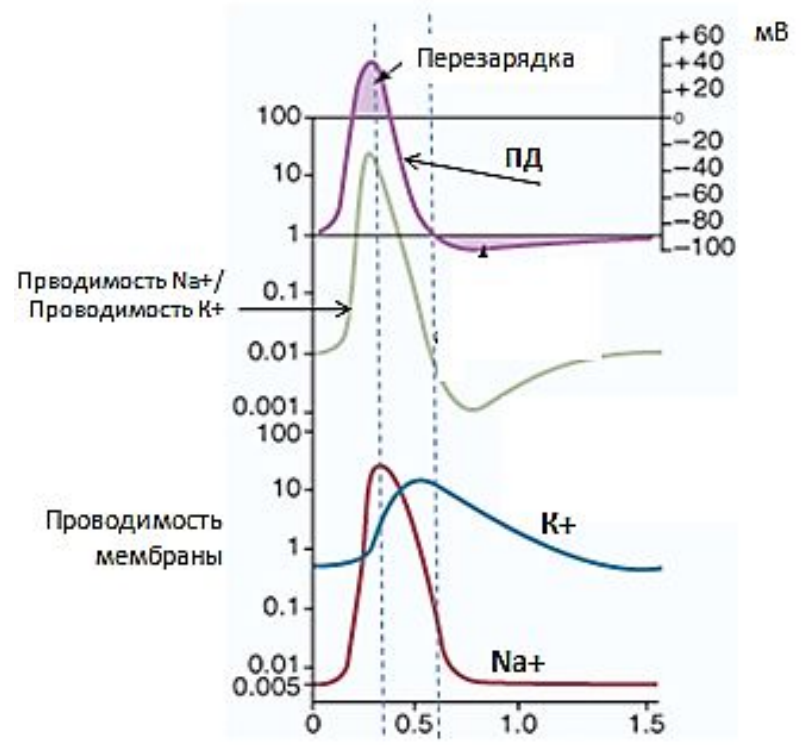


Рис. Изменения проводимости мембраны для ионов натрия и калия во время генерации ПД.



Локальный ответ

При действии **допороговых раздражителей** (сила раздражителя меньше пороговой) на мембране возникает **местная деполяризация**, или **локальный ответ**. КУД – критический уровень деполяризации.



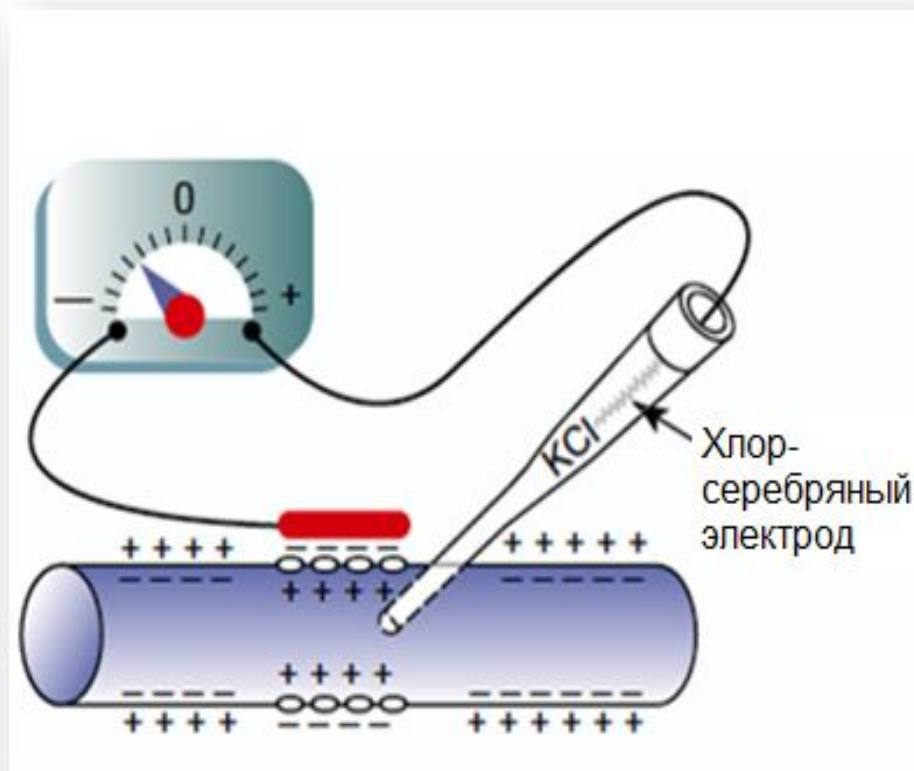
Свойства локального ответа:

- 1) Амплитуда зависит от силы раздражителя (закон силы).
- 2) Способен к суммации.
- 3) Во время локального ответа возбудимость повышена.
- 4) Распространяется с затуханием амплитуды на небольшое расстояние (в пределах 1 мм)

Основная функциональная роль локального ответа:

деполярирует мембрану до критического уровня деполяризации, что приводит к развитию потенциала действия.

В процессе возбуждения происходит быстрое (в течение долей секунды) изменение проницаемости мембраны для ионов



Мембрана становится более проницаемой для Na⁺ чем для K⁺ и входящий ток Na⁺ вызывает перезарядку поверхности мембраны.

Ионная природа потенциала действия

Действие порогового или надпорогового раздражителя → открытие управляемых натриевых каналов → медленное увеличение проницаемости мембраны для натрия → **медленная деполяризация, достигающая КУД**

Медленная деполяризация вызывает активацию быстрых потенциалзависимых натриевых каналов (натриевая активация) – открытие активационных ворот

При достижении КУД открываются все потенциал зависимые натриевые каналы (закон «всё или ничего») проницаемость для натрия лавинообразно увеличивается (механизм положительной обратной связи) → **быстрая деполяризация мембраны с перезарядкой**

Инактивация натриевых каналов (закрытие инактивационных ворот), открытие потенциал зависимых калиевых каналов + активация натрий-калиевого насоса → суммарное движение положительных зарядов наружу → **быстрая реполяризация мембраны**

При достижении КУД скорость реполяризации уменьшается - **медленная реполяризация (отрицательный следовой потенциал)**

После закрытия натриевых каналов некоторые калиевые каналы остаются открытыми → **гиперполяризация плазматической мембраны (положительный следовой потенциал)**

Полное закрытие потенциалзависимых калиевых каналов и функционирование натрий-калиевого насоса возвращают МП к исходному уровню поляризации

Механизм ПД

ВОСХОДЯЩАЯ ФАЗА ПД:

- раздражитель пороговой или сверхпороговой силы увеличивает проницаемость мембраны для ионов Na^+ ; согласно электрохимическому градиенту ионы Na^+ входят внутрь клетки и вызывают ее локальную деполяризацию (-40...-50 мВ);
- при уменьшении МП до КУД (критический уровень деполяризации) происходит активация потенциал-зависимых натриевых каналов (открытие быстрых m-ворот);
- проницаемость мембраны для ионов Na^+ резко увеличивается и входящий натриевый ток превышает выходящий калиевый – деполяризация приобретает **регенеративный характер**;
- внутренняя поверхность мембраны заряжается положительно по отношению к наружной – инверсия заряда, овершут (+30...+50 мВ);
- постепенная инактивация натриевых каналов (открытие медленных h-ворот)

НИСХОДЯЩАЯ ФАЗА ПД

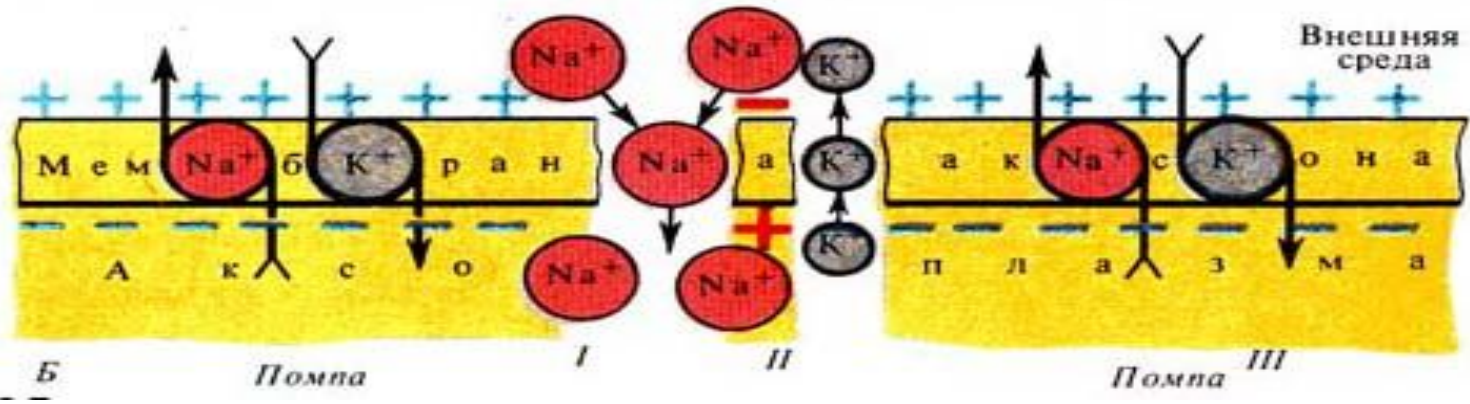
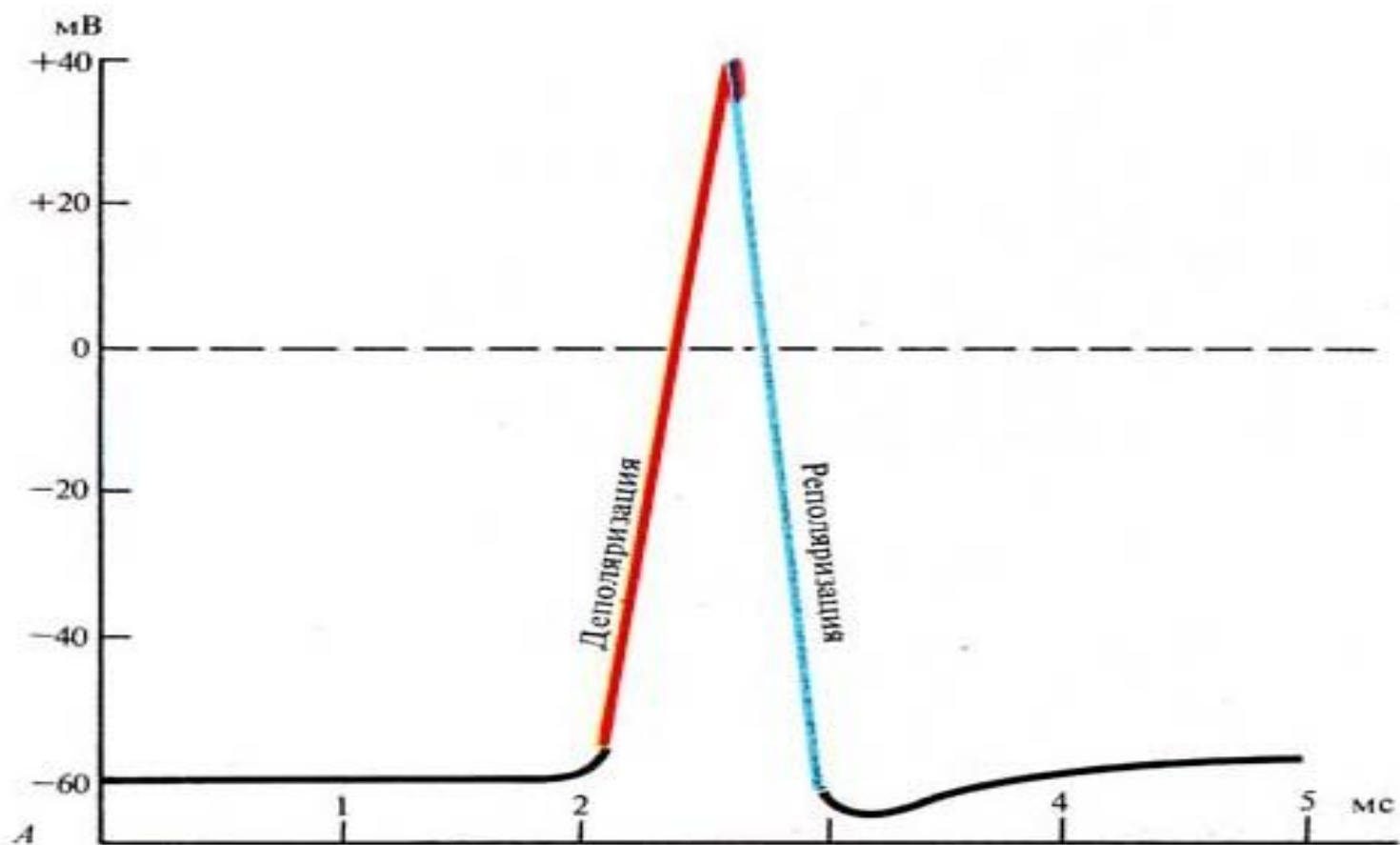
- активация потенциалзависимых калиевых каналов и инактивация натриевых каналов, восстановление заряда мембраны до исходного уровня

СЛЕДОВЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

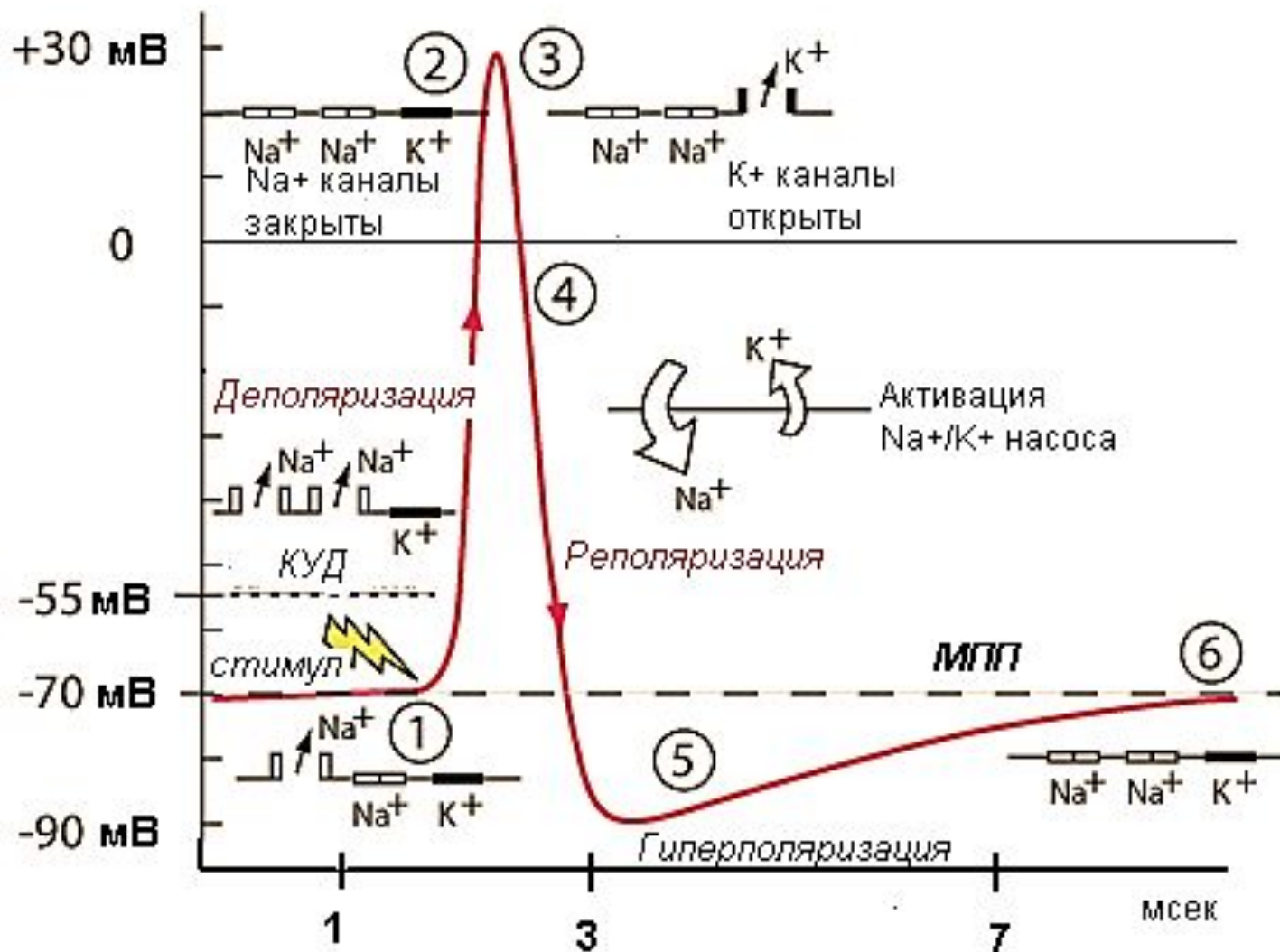
- активация Na^+/K^+ насоса;
- восстановительные процессы в клетке вслед за возбуждением

Свойства потенциала действия

- Возникает в ответ на действие пороговых и сверхпороговых раздражителей (подчиняется закону «**всё или ничего**»).
- Возникает на фоне местной деполяризации (**локального ответа**), которая по величине должна достигнуть критического уровня – **КУД**.
- ПД **не растет ни во времени, ни в пространстве** при усилении раздражителя и увеличении времени его действия.
- ПД распространяется без затухания (**бездекрементный процесс**).
- При действии частотного раздражителя отдельно возникнувшие ПД в ответ на действие каждого раздражителя **не суммируются**.
- Длительность ПД в среднем значении 1-3 мс, амплитуда – 110-120 мВ



Механизм ПД



Возбуждение – такое состояние возбудимой ткани, которое характеризуется быстрым колебанием электрического потенциала клеточной мембраны, что проявляется в конечном итоге формированием специфического ответа – нервного импульса, мышечного сокращения или секреторного ответа.



Универсальные физиологические свойства возбудимых тканей:

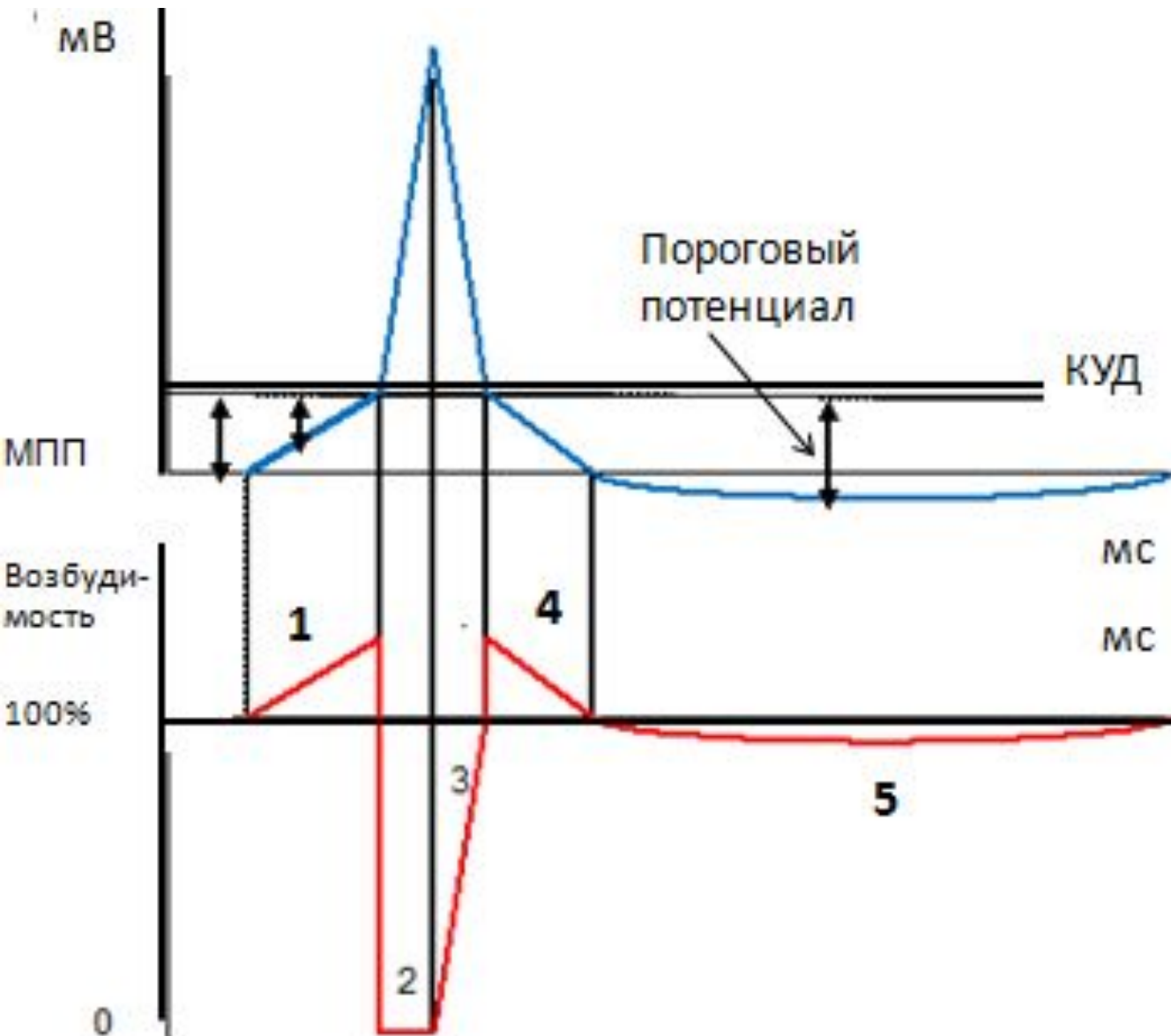
- 1) Возбудимость
- 2) Проводимость

Биологические потенциалы: основные понятия

Биопотенциалы возбудимых тканей

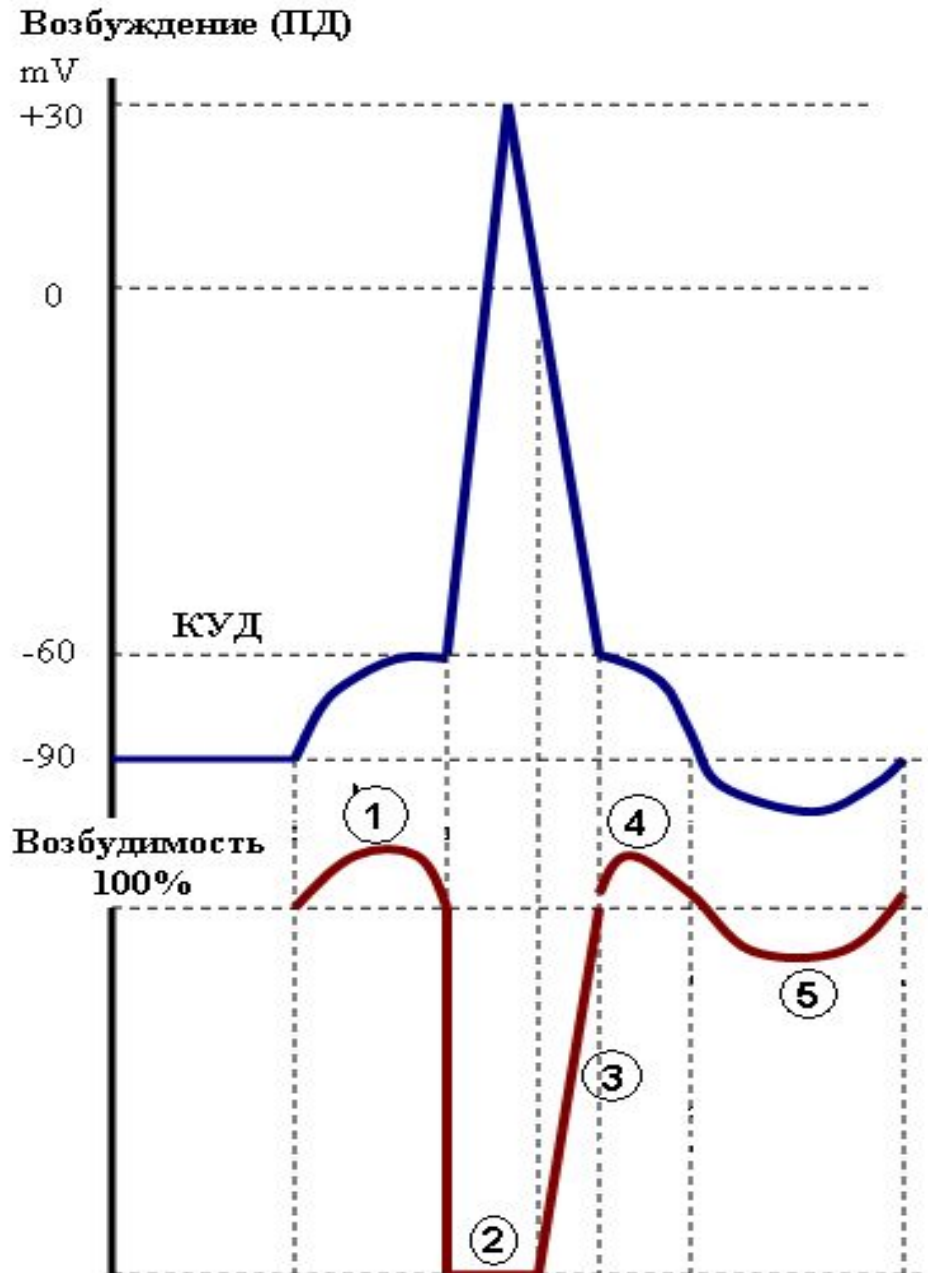


Изменения возбудимости мембраны во время генерации ПД



1. Во время локальной деполяризации (до достижения КУД) возбудимость мембраны увеличивается
2. Абсолютный рефрактерный период
3. Относительно рефрактерный период
4. Супернормальная возбудимость (экзальтация)
5. Субнормальная возбудимость

4. Изменение возбудимости в процессе возбуждения



ФАЗЫ ВОЗБУДИМОСТИ

1 – супернормальная возбудимость,

2 – абсолютная рефрактерность,

3 – относительная рефрактерность,

4 – супернормальная возбудимость,

5 – субнормальная возбудимость

