

Физиология возбудимых тканей

1. Свойства возбудимых тканей:

- раздражители нервов и мышц.
- понятие о возбудимости и возбуждении;
- показатели возбудимости;

2. Законы раздражения:

- закон «всё или ничего»;
- закон силы (силовых соотношений);
- значение фактора времени в возникновении возбуждения.
- действие постоянного тока на возбудимые ткани:
 - а) закон полярного действия постоянного тока,
 - б) электротон, периэлектротон.

Возбудимые ткани –
ткани, способные
отвечать на действие
раздражителя

Раздражители мышцы и нервов



Свойства возбудимых тканей

```
graph TD; A[Свойства возбудимых тканей] --- B[раздражимость]; A --- C[возбудимость]; A --- D[проводимость]; A --- E[сократимость (для мышечной ткани)];
```

раздражимость

возбудимость

проводимость

сократимость
(для мышечной ткани)

- **Раздражимость** – способность тканей отвечать на действие раздражителя неспецифической реакцией (изменение обменных процессов)
- **Возбудимость** – способность тканей отвечать на действие раздражителя специфической реакцией (возбуждением).

➤ **Проводимость** – способность тканей проводить возбуждение

➤ **Сократимость** – способность мышечных тканей изменять свою длину под действием раздражителя

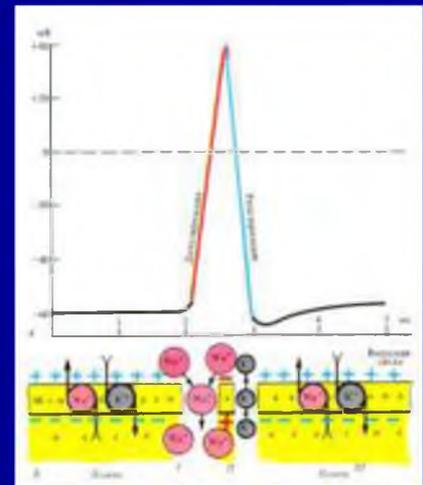
Возбуждение – переход от
состояния покоя к деятельности
или генерация потенциала
действия

для нерва – нервный импульс;

для мышцы – генерация
биопотенциала и сокращение

Мембранные потенциалы:

потенциал покоя – разность зарядов между наружной и внутренней сторонами мембраны, обусловленная разной концентрацией K^+ и Na^+ , поддерживаемая работой K - Na насоса

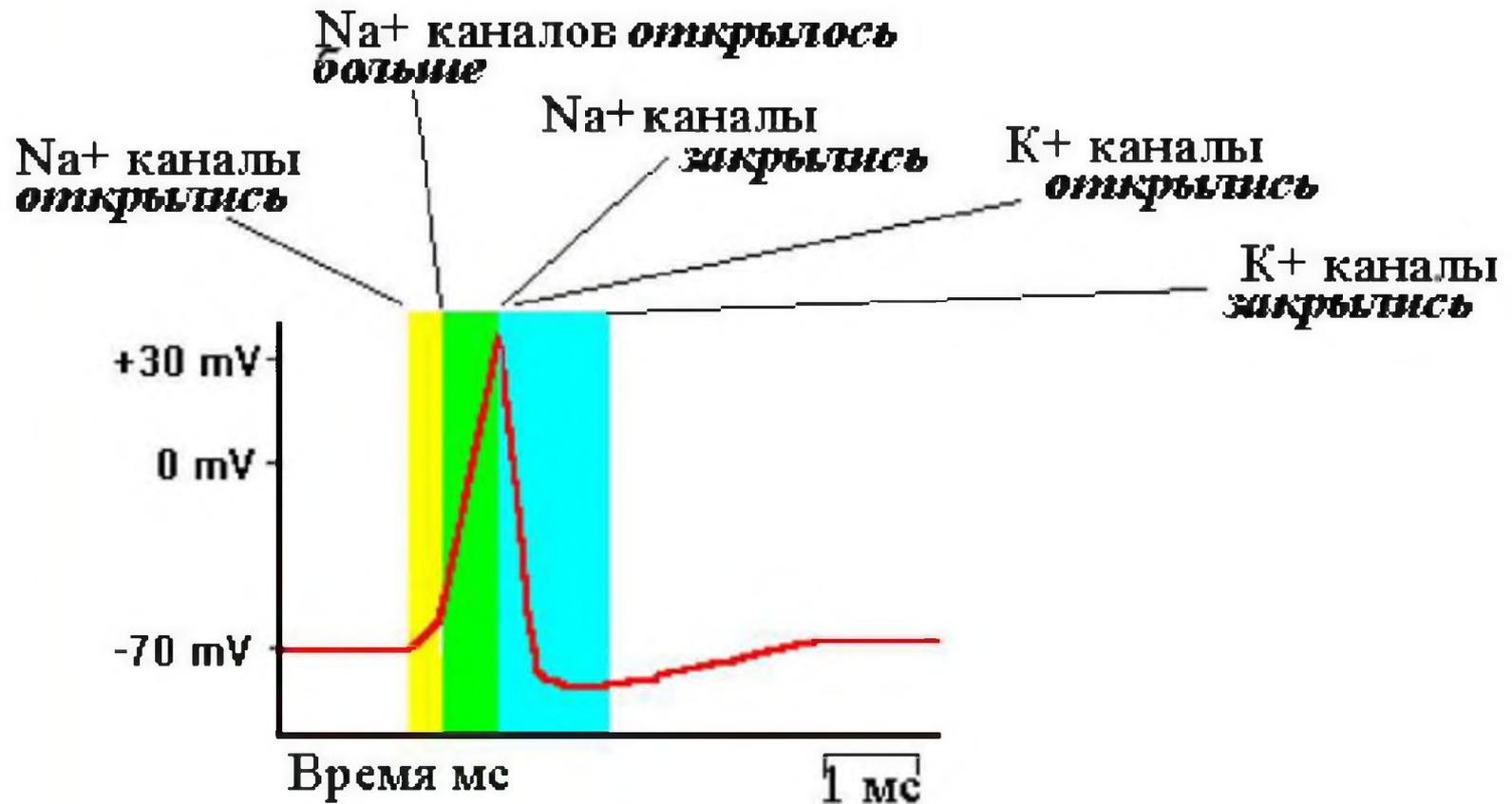


Мембранный потенциал (потенциал покоя)
теория Ходжкина-Хаксли

Мембранные потенциалы:

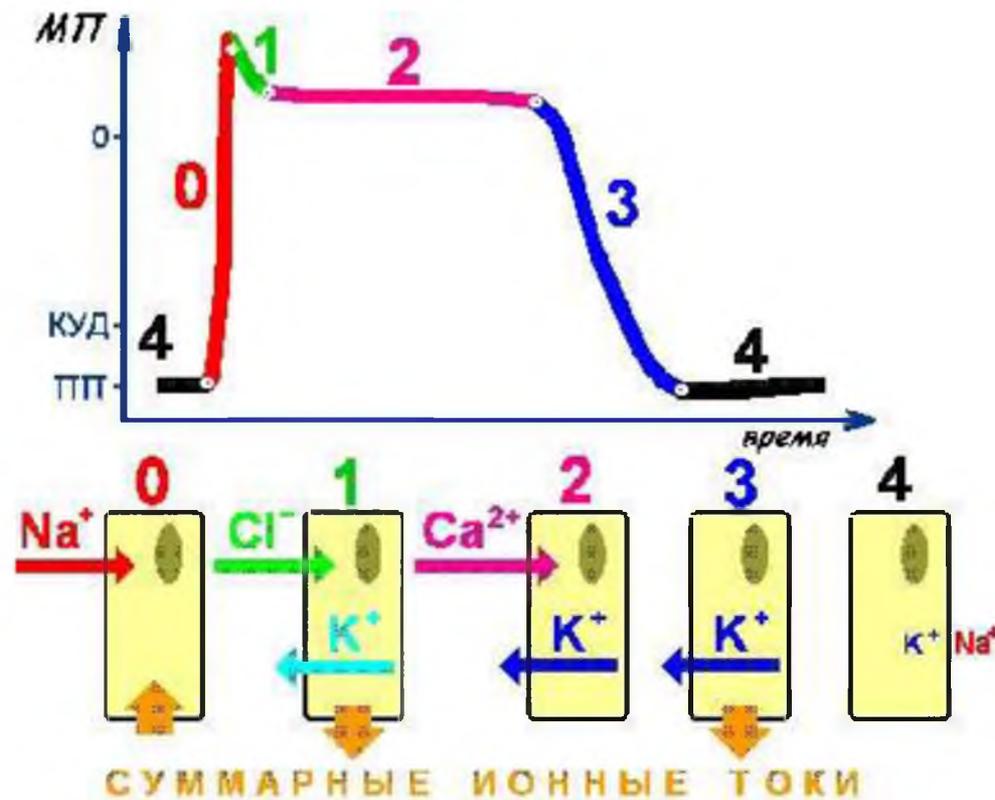
- **потенциал действия** — быстрое колебание мембранного потенциала, сопровождающееся перезарядкой мембраны и обусловленное работой ионных каналов

Потенциал действия



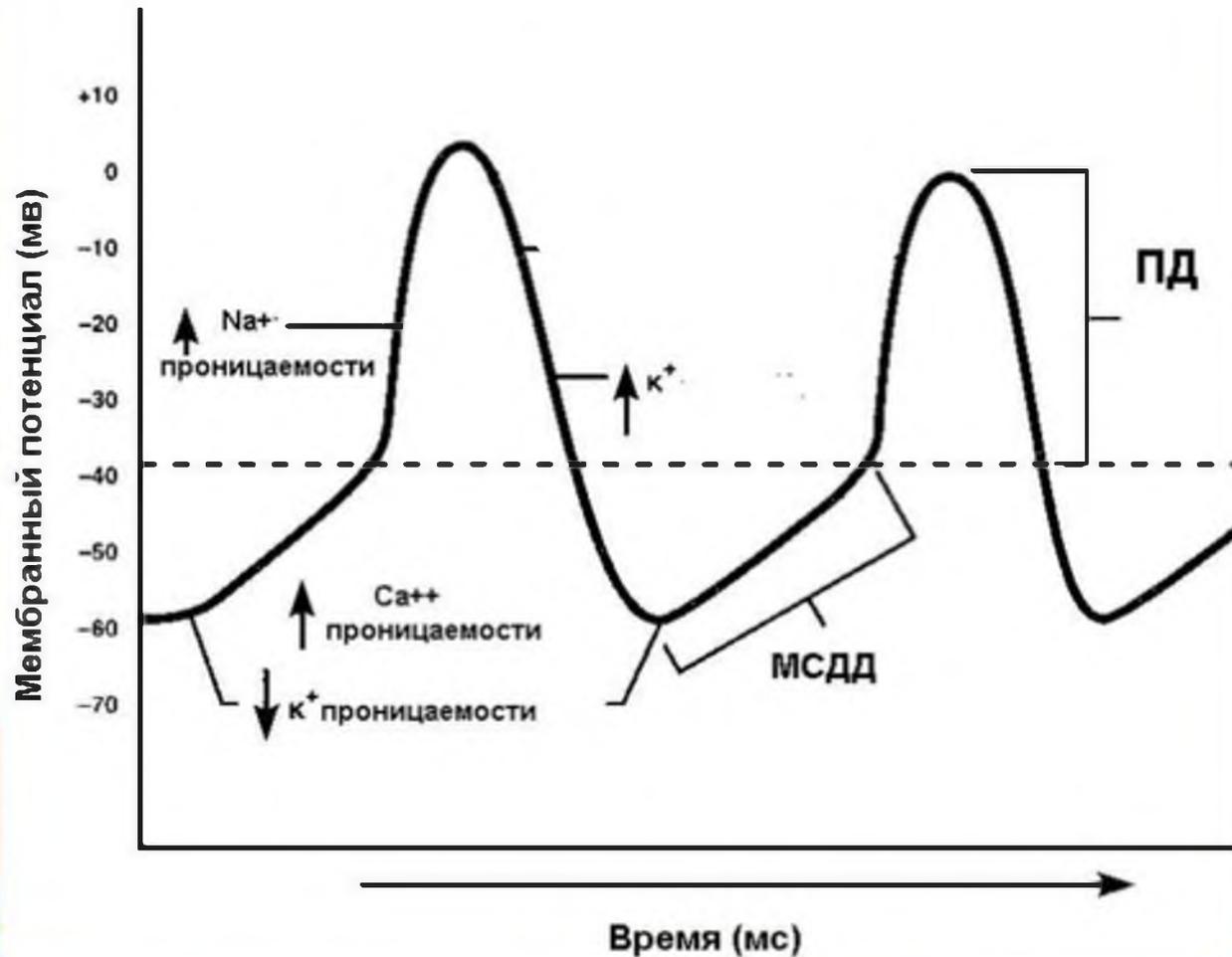
рабочий кардиомиоцит

Ионный механизм формирования фаз потенциала действия при быстром ответе



атипичный кардиомиоцит

ПД синусного узла



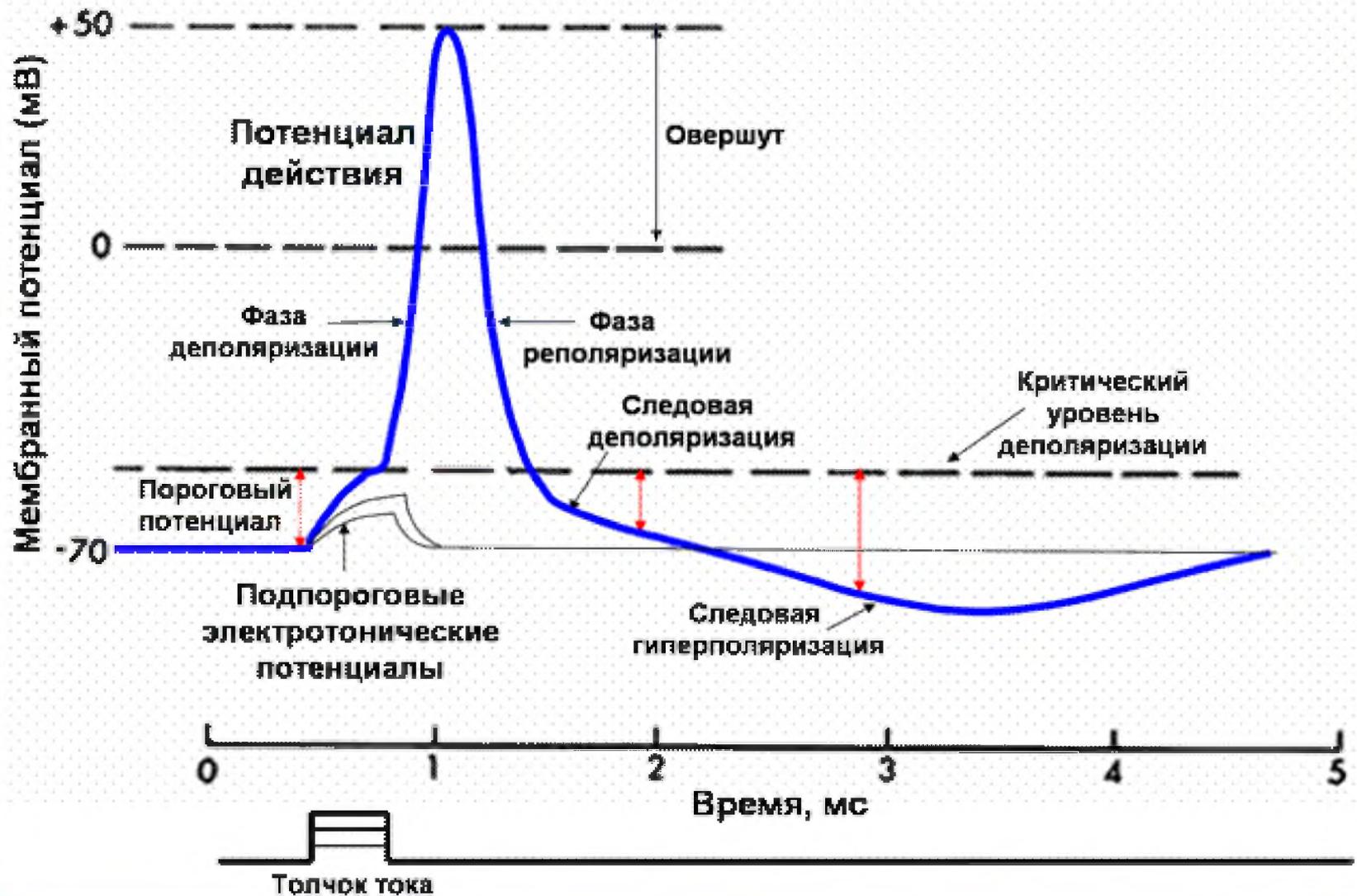
Гладкая мышца

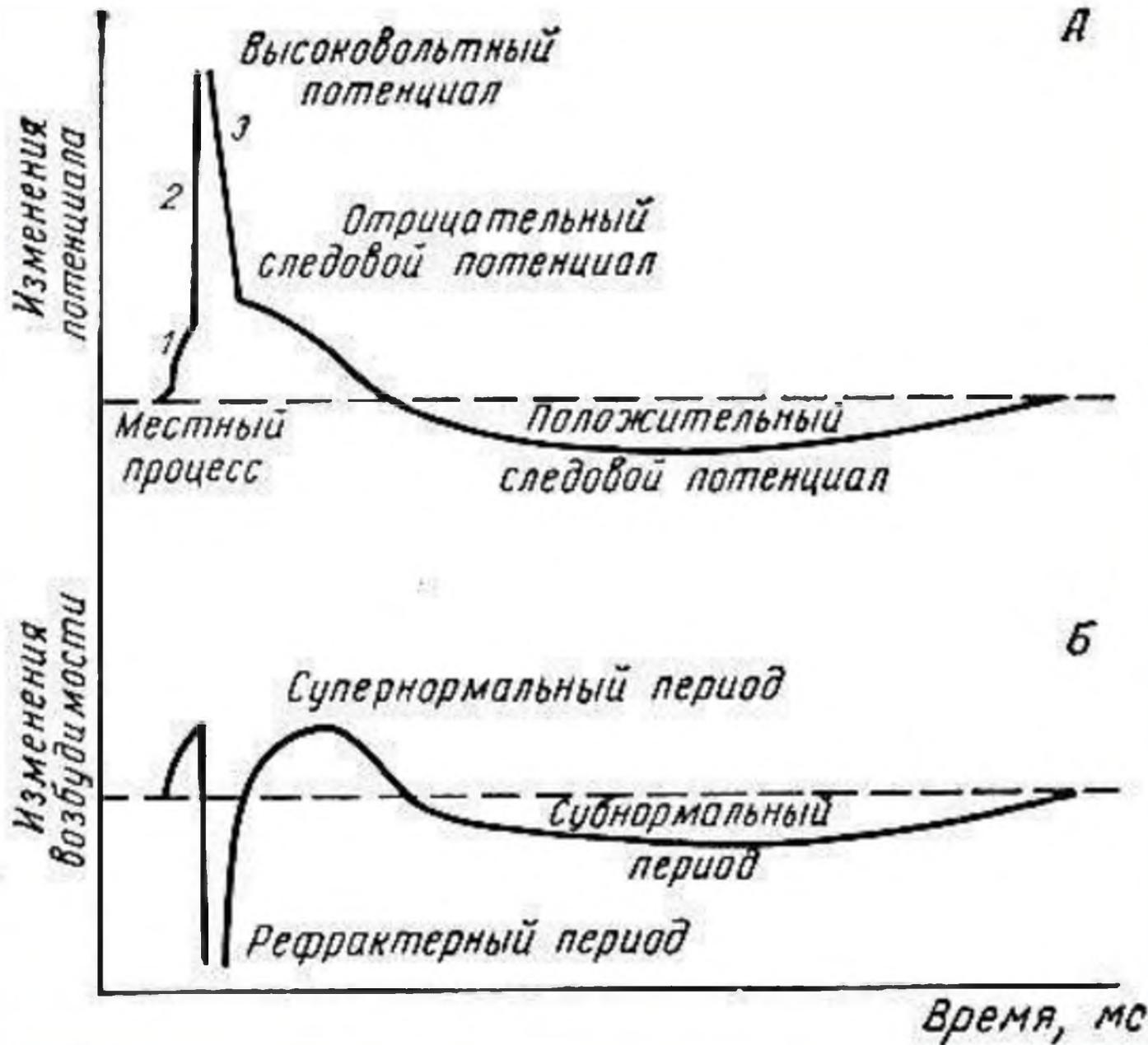


Генерирование потенциалов действия в гладком мышечном волокне в результате спонтанных деполяризаций мембраны (пейсмейкерных потенциалов).

Фазы потенциала действия:

- деполяризации – формируется за счет активации натриевых каналов и поступления Na^+ в клетку
- реполяризации – формируется за счет активации калиевых каналов и выхода K^+ из клетки
- сдвиги мембранного потенциала





Следовые потенциалы:

- непостоянные компоненты потенциала действия
- отрицательный – замедление реполяризации за счет ↑ проницаемости мембраны для Na^+
- положительный - гиперполяризация за счет выхода K^+

Фаза абсолютной рефрактерности (не возбудимости)

- ❖ возбудимость ↓ до 0 (соответствует фазе деполяризации);
- ❖ возникает в процессе инактивации натриевой системы;
- ❖ максимальная рефрактерность наблюдается на пике деполяризации;
- ❖ при стойкой деполяризации (каким-либо веществом) ткань теряет возможность ответить на приходящее следующее возбуждение.

Фаза относительной рефрактерности

- возбудимость постепенно восстанавливается в результате восстановления потенциала покоя (соответствует периоду реполяризации);
- возможен ответ на действие надпорогового раздражителя;

Фаза супернормальной возбудимости (экзальтации)

- наступает после относительной рефрактерности
- соответствует (-) следовому потенциалу

Фаза субнормальной возбудимости

- соответствует (+) следовому потенциалу

Показатели возбудимости:

- 1) порог раздражения – минимальная сила раздражителя, вызывающая минимальную ответную реакцию (возбуждение);
- 2) функциональная лабильность (подвижность) – скорость протекания одного цикла возбуждения или количество циклов возбуждения, воспроизводимых без искажения (при высокой возбудимости – лабильность выше и наоборот)
- 3) хронаксия – минимальное время, которое необходимо для возникновения минимального возбуждения при силе тока в 2 реобазы (порога). Чем выше возбудимость - тем ниже хронаксия.

Виды хронаксии:

- ❖ **двигательная** – по двигательным точкам (для мышц сгибателей < мышц разгибателей, т.к. у первых возбудимость больше);
- ❖ **чувствительная** – субъективный метод (состояние рецепторного аппарата);
- ❖ **рефлекторная** – по рефлекторному ответу;
- ❖ **субординационная** – зависит от состояния ЦНС (при торможении ЦНС хронаксия ↑; при высокой возбудимости ЦНС все виды хронаксии ↓);
- ❖ **конституциональная** – при исключении влияния ЦНС сначала хронаксия удлиняется, а потом снижается или восстанавливается до нормы.

Степень возбудимости:

- соматических нервов > вегетативных;
- скелетных фазных мышц > тонических;
- скелетных мышц > миокарда > гладких

Законы раздражения:

- Закон «Все или ничего»
- Закон силовых отношений (силы)
- Закон градиента (аккомодации)
- Зависимость «сила-время»
- Закон полярного действия электрического тока (Пфлюгера)

Закон «Всё или ничего»:

- при действии раздражителя, ниже пороговой величины – реакции нет;
- когда величина раздражителя достигает порогового значения – получаем максимальный ответ.
- Закон применим к сердечной мышце и отдельной клетке

Закон силовых отношений

- с увеличением силы раздражителя ответная реакция возрастает до определённого предела:
- частота, при которой получается максимальный ответ — оптимум частоты;
- ↓ ответной реакции при ↑ частоты наносимых раздражений — пессимум частоты.
- Закон применим к целому нерву или мышце

Закон градиента (аккомодации)

закон Дюбуа-Реймона

при длительном раздражении время не
имеет значения,

**имеет значение быстрота
изменения величины тока в
момент замыкания и размыкания**

Зависимость «сила-время»

Значение фактора времени для раздражения

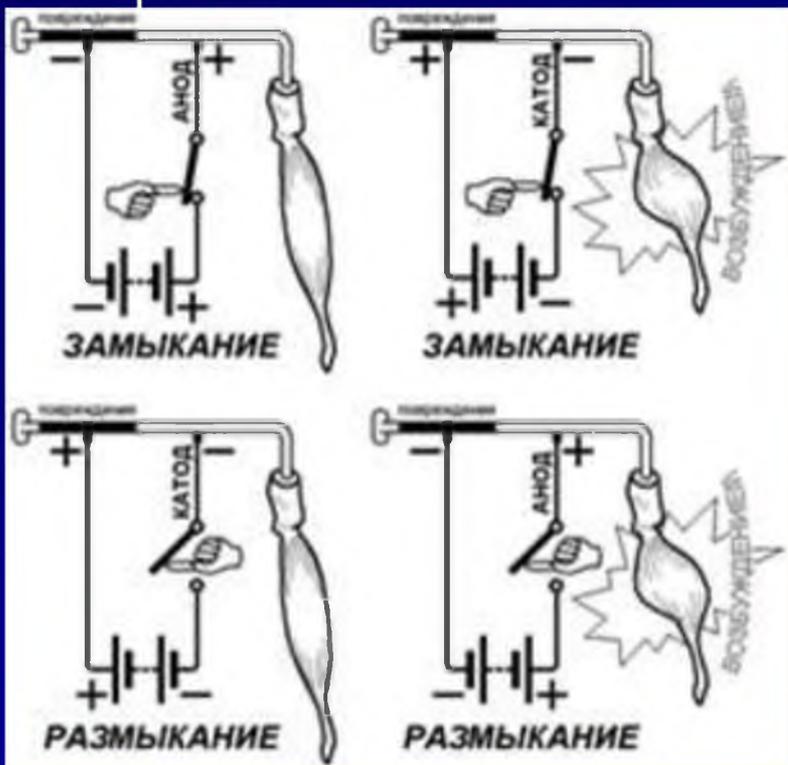
- Фактор времени имеет значение в возникновении возбуждения при кратких интервалах раздражения (мсек).
- Продолжительность времени раздражения зависит от силы тока: чем выше сила тока, тем меньше полезное время (кривая Гоорвега-Вейса)

Продолжительность времени раздражения зависит от силы тока (кривая Гоорвега-Вейса)



Лапик и Бургиньон

Закон полярного действия электрического тока (Пфлюгера):



ПОСТОЯННЫЙ ТОК ДЕЙСТВУЕТ
СВОИМИ ПОЛЮСАМИ – КАТОДОМ
И АНОДОМ;

В МОМЕНТ ЗАМЫКАНИЯ
РАЗДРАЖАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ
ОКАЗЫВАЕТ КАТОД, А В МОМЕНТ
РАЗМЫКАНИЯ – АНОД;

РАЗДРАЖАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ
КАТОДА СИЛЬНЕЕ, ЧЕМ АНОДА,
ПОЭТОМУ ПОРОГ ДЛЯ КАТОДА
БУДЕТ МЕНЬШЕ, ЧЕМ АНОДА.

- При слабом токе – только КЗС;
- При токе средней силы – КЗС и АРС;
- При сильном токе – зависит от направления тока, т.е. от расположения электродов: если ближе к мышце располагается анод – ток восходящий; если ближе к мышце располагается катод – ток нисходящий.
- При действии сильного тока под анодом происходит гиперполяризация и возбуждение от катода дойдёт до анода, но не пройдёт через участок гиперполяризации до мышцы и КЗС не будет
- Анодом можно достичь полной блокады проведения нервного импульса

- ❖ Электротон — это изменение возбудимости и проводимости под электродами
- ❖ Катэлектротон — увеличение возбудимости и проводимости при замыкании или пропускании постоянного тока под катодом.
- ❖ Анэлектротон — снижение в то же самое время возбудимости и проводимости под анодом.



При продолжительном действии
постоянного тока или пропускании
сильного постоянного тока происходит
извращение электротонических изменений:

катодическая депрессия Вериго

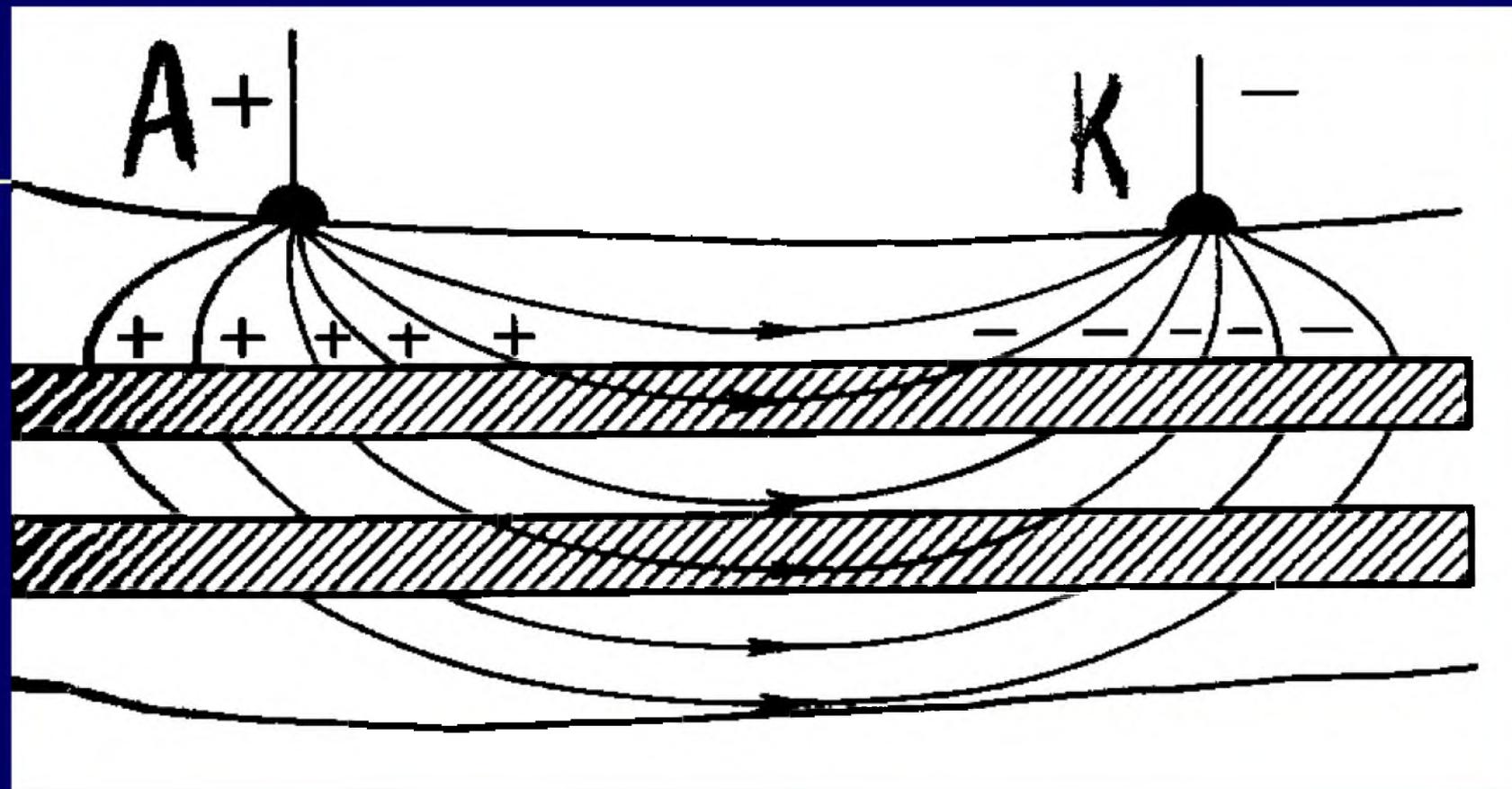
↓ *возбудимости и проводимости под
катодом*

анодическое облегчение

↑ *возбудимости и проводимости под
анодом*

Периэлектротонические изменения

- имеют противоположный электротону характер (Н.Е.Введенский).
- Катодический периэлектротон — ↓ возбудимости и проводимости около катода
- Анодический периэлектротон — ↑ возбудимости и проводимости около анода



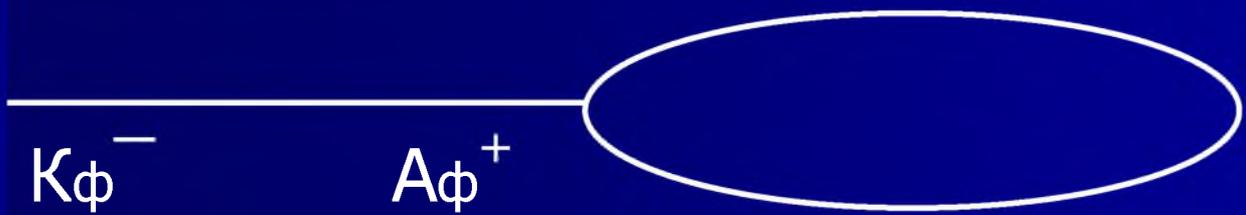
A^+

K^-

$K3C$

$K3C < A3C < APC$

$K3C < A3C < APC < KPC$



$K\phi^-$

$A\phi^+$

Электро-диагностическая формула:

Порог раздражения для:

$$\mathbf{KЗС < АЗС < АРС < КРС}$$

или

$$KЗС < K_{\phi}ЗС < АРС < A_{\phi}РС$$

Возбудимость:

$$KЗС > АЗС > АРС > КРС$$

или

$$KЗС > K_{\phi}ЗС > АРС > A_{\phi}РС$$