

Общие свойства возбудимых тканей

Лекция №2
Для ветеринарного факультета

*Кафедра физиологии и биохимии НГСХА
доцент Продиус Петр Анатольевич
2017 г.*

План лекции

- 1. Понятие о возбудимых тканях и их свойства
- 2. История открытия биотоков
- 3. Мембранный потенциал и его происхождение
- 4. Потенциал действия, его фазы и их происхождение.
- 5. Клиническое значение биотоков

Основные понятия в физиологии возбудимых тканей

Раздражимость – способность живой материи активно отвечать на воздействие внешней и внутренней среды изменением обменных процессов.

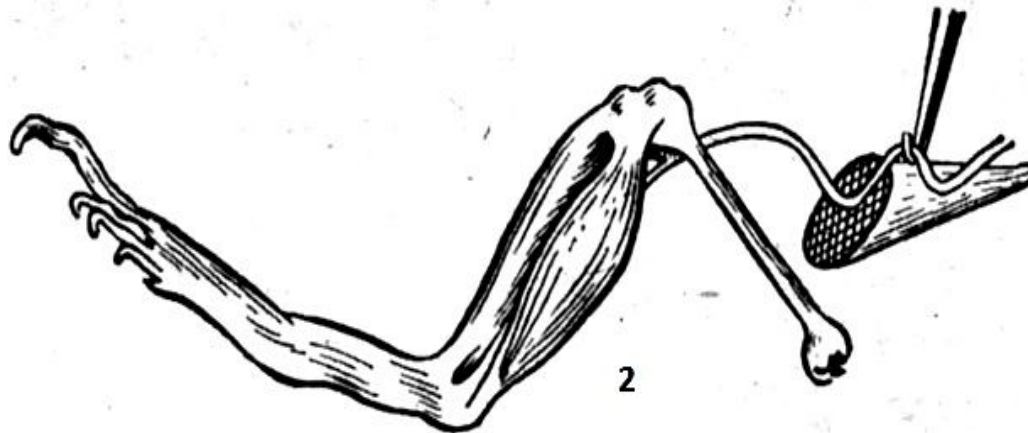
Раздражитель – это изменение внешней или внутренней среды организма, воспринимаемое клетками и вызывающее ответную реакцию.

Возбудимость - способность ткани отвечать на раздражение быстрой колебанием мембранного потенциала, т.е. генерацией потенциала действия (ПД).

Возбуждение – процесс, характеризующийся изменением обмена клетки в ответ на раздражение в виде временной быстрой деполяризации мембраны, т.е. генерации ПД.

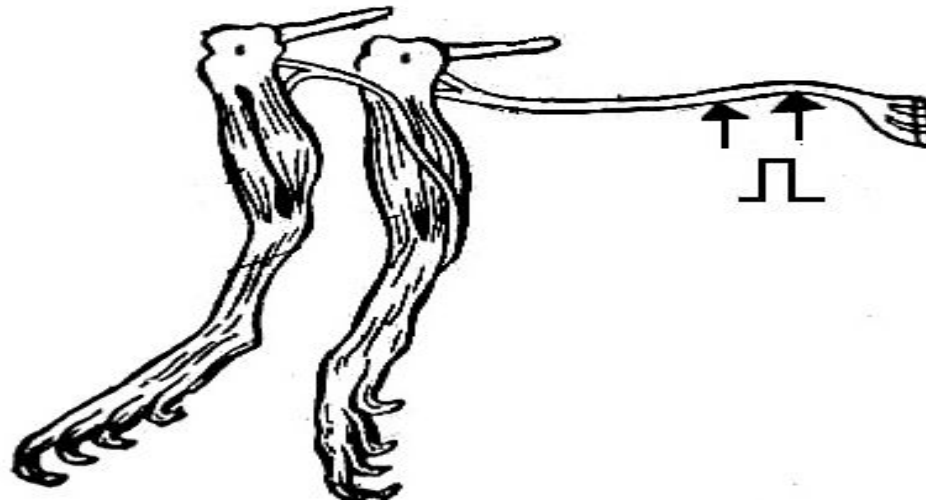
Ток покоя (повреждения)

- Открыт в 1794 г. во **втором опыте Гальвани** – при набрасывании нерва на поврежденный и неповрежденный участок мышцы наблюдали мышечное сокращение .



Ток действия

- Открыт в 1840 г. в опыте **Маттеуччи** (**вторичный тетанус**) – при раздражении индукционным током нерва первой реоскопической лапки наблюдали сокращение мышцы у первого и второго препаратов.



МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ

Мембранный потенциал покоя (МПП) – разность потенциалов между наружной и внутренней сторонами мембраны.

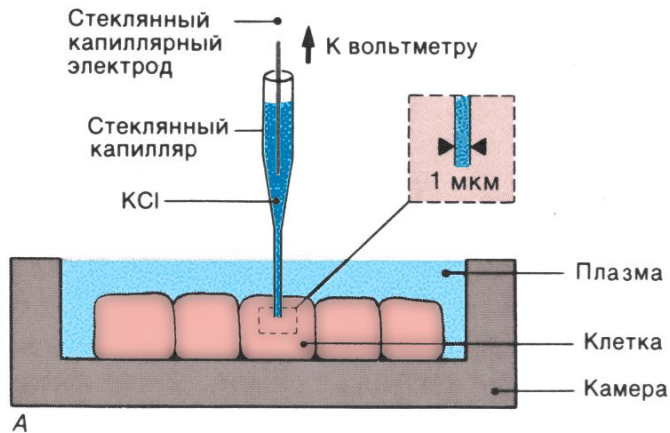
Дюбуа-Реймон: Поврежденный участок мембраны – заряжен «-», а неповрежденный – «+».

Бернштейн 1902 г. – расчет гипотетического мембранного потенциала по формуле Нернста.

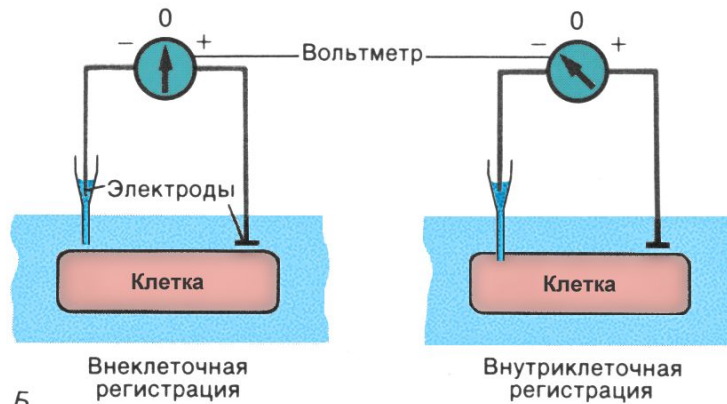
Мембранно–ионная теория (Ходжкин, Хаксли, Катц (1949-1952)).
Нобелевская премия в 1963 году.

- **Суть теории – мембранный потенциал покоя возникает благодаря направленному движению заряженных частиц.**
- В основном это диффузия **ионов K^+** через мембрану клетки из внутриклеточной среды во внеклеточную.

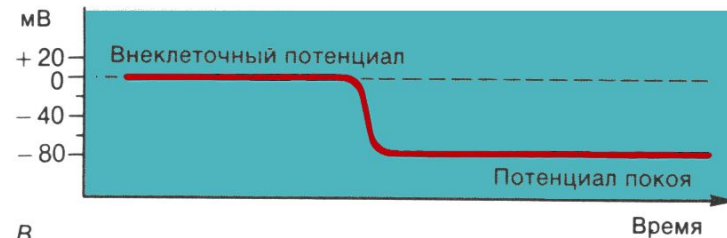
Методы регистрации МПП



А



Б



В

- *Обнаружить МПП можно с помощью второго опыта Гальвани (ток покоя).*

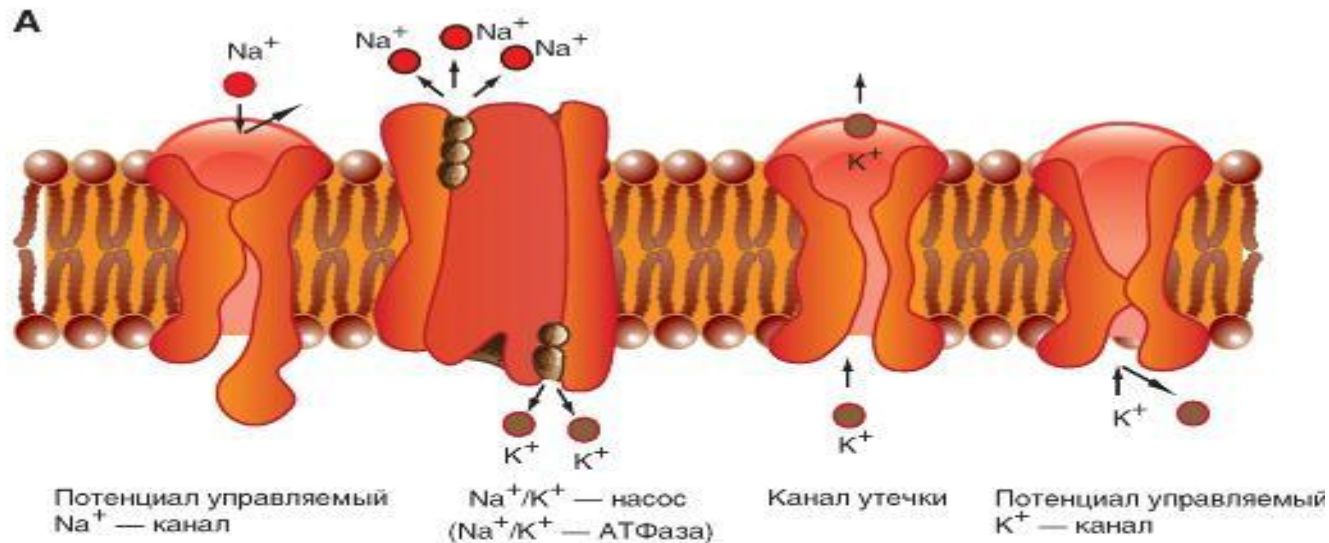
- *Для измерения потенциала покоя используют микроэлектродную технику.*

ПРИРОДА МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОКОЯ

- При создании мембранного потенциала покоя важную роль играют процессы простой диффузии через белковые каналы в мембране и первично активного транспорта.
- Поддержание трансмембранного потенциала (МПП) предопределено:
 - **1. Электрохимическим градиентом**
 - для K^+ , Na^+ , Cl^- ;
 - **2. Избирательно высокой проницаемостью мембраны для K^+ ;**
 - **3. Наличием активного транспорта (Na^+ , K^+ -насоса) в мембране.**

Асимметрия ионов и ионные каналы

Ион	Концентрация, мМ	
	Цитоплазма	Кровь
K^+	400	20
Na^+	50	440
Cl^-	40 – 150	560
Ca^{2+}	0.4	10
Mg^{2+}	10	54



1. Электрохимический градиент для ионов

Градиент составляют два компонента:

- - электрический (статический - в результате того, что мембрана непроницаема для анионов клетки - глутамата, аспартата, органических фосфатов, белков, на внутренней поверхности мембраны образуется избыток отрицательно заряженных частиц, а на наружной – избыток положительно заряженных частиц);
- - химический градиент концентрации ионов по обе стороны мембраны (концентрация внутри K^+ клетки больше, чем вне, а для ионов Na^+ наоборот).
- Мембранный потенциал, при котором суммарный калиевый ток через мембрану равен нулю (число выходящих ионов K^+ сравнивается с числом входящих ионов K^+ в клетку), называется **потенциалом равновесия** или равновесным потенциалом и рассчитывается согласно уравнению Нернста:
$$E_x = (R \cdot T / z \cdot F) \cdot \ln ([X]_o / [X]_i),$$

Расчетное значение мембранного потенциала покоя согласно формуле Goldman-Hodgkin-Katz равно:

$$E_{\text{rest}} = 61 \log \frac{P_{\text{K}}[\text{K}^+]_o + P_{\text{Na}}[\text{Na}^+]_o + P_{\text{Cl}}[\text{Cl}^-]_i + \dots}{P_{\text{K}}[\text{K}^+]_i + P_{\text{Na}}[\text{Na}^+]_i + P_{\text{Cl}}[\text{Cl}^-]_o + \dots}$$

где $P_{\text{K}, \text{Na}, \text{Cl}}$ – коэффициент мембранной проницаемости для ионов;

$[\text{K}^+]_o, [\text{Na}^+]_o, [\text{Cl}^-]_o$ – внеклеточная концентрация ионов;

$[\text{K}^+]_i, [\text{Na}^+]_i, [\text{Cl}^-]_i$ – внутриклеточная концентрация ионов.

61 – постоянная при $t=37^\circ\text{C}$, 58 - при 20°C .

2. Высокая избирательная проницаемость мембраны для ионов K^+ , Na^+ , Cl^-

В изолированном гигантском аксоне кальмара проницаемость для ионов составляет:

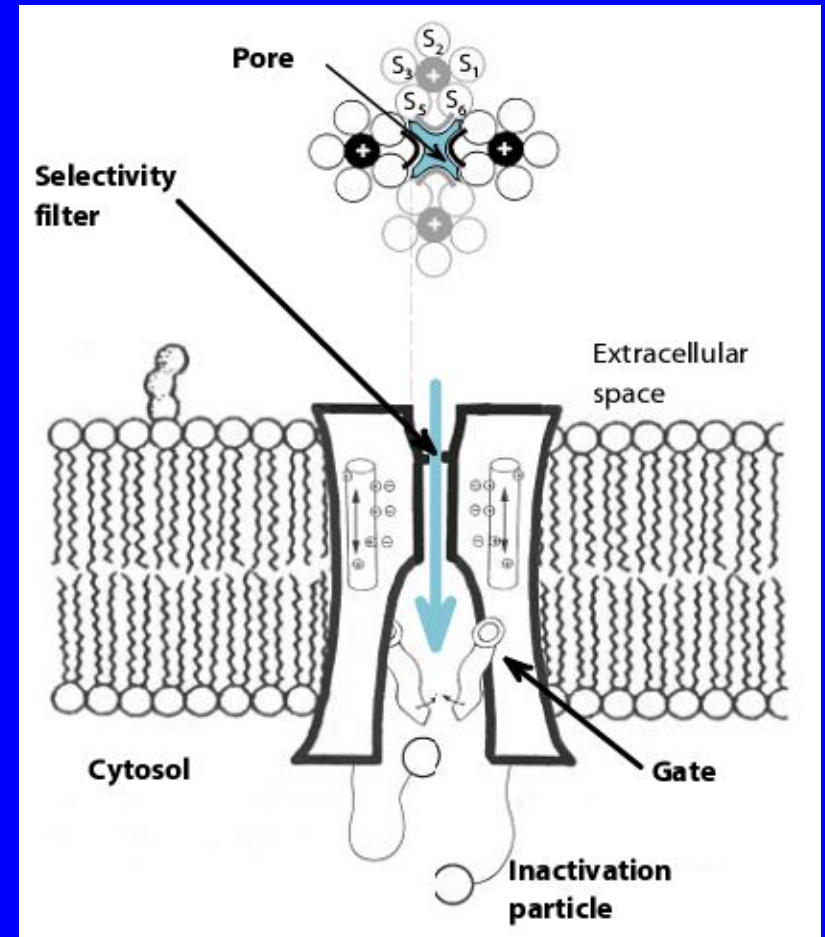
K^+ - Na^+ - Cl^-
1 : 0,04 : 0,45

Селективность каналов обусловлена тем, что каждый канал имеет:

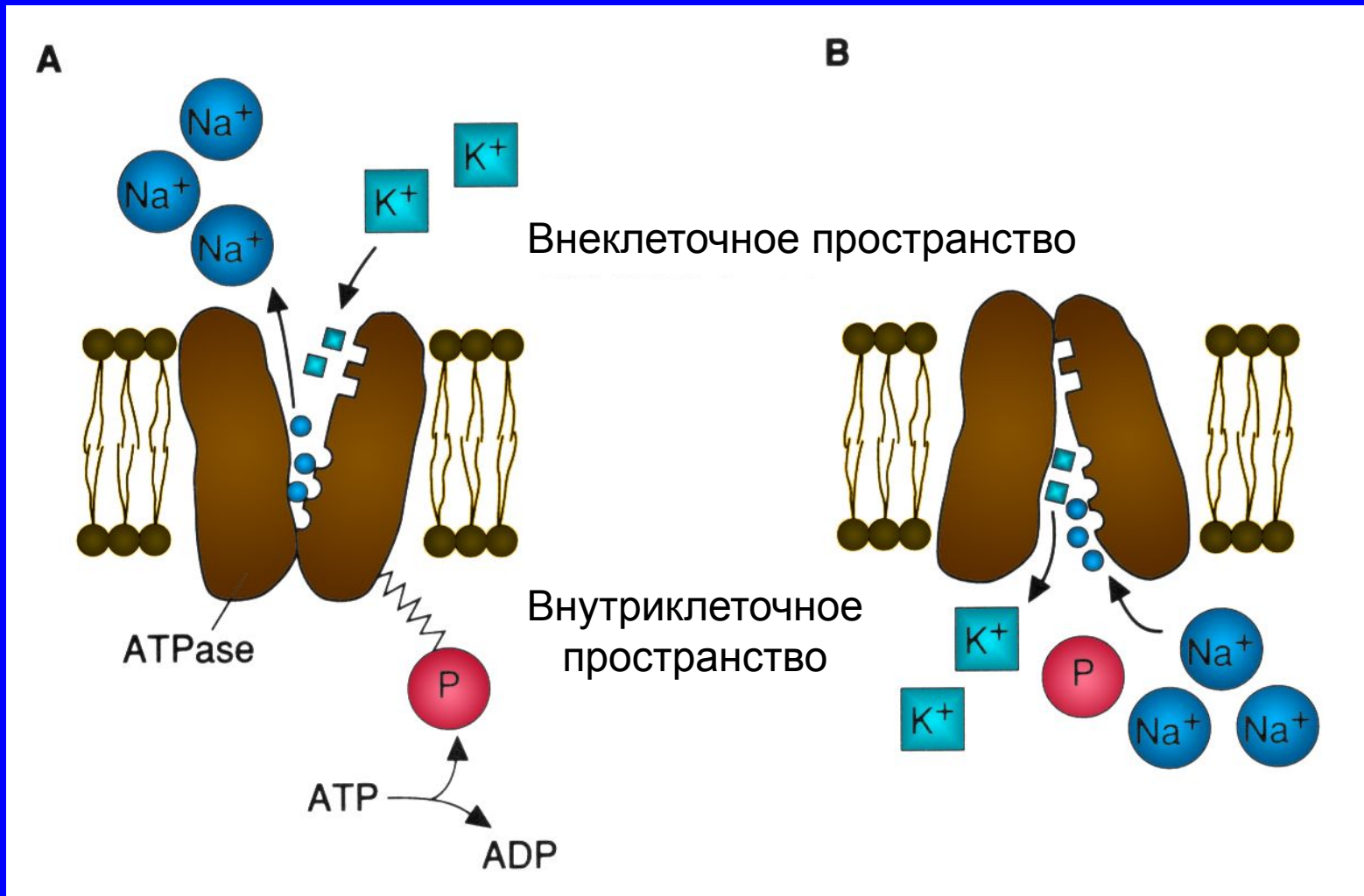
- устье,
- селективный фильтр,
- воротной механизм (gate).

Проводимость одиночного открытого канала стабильна.

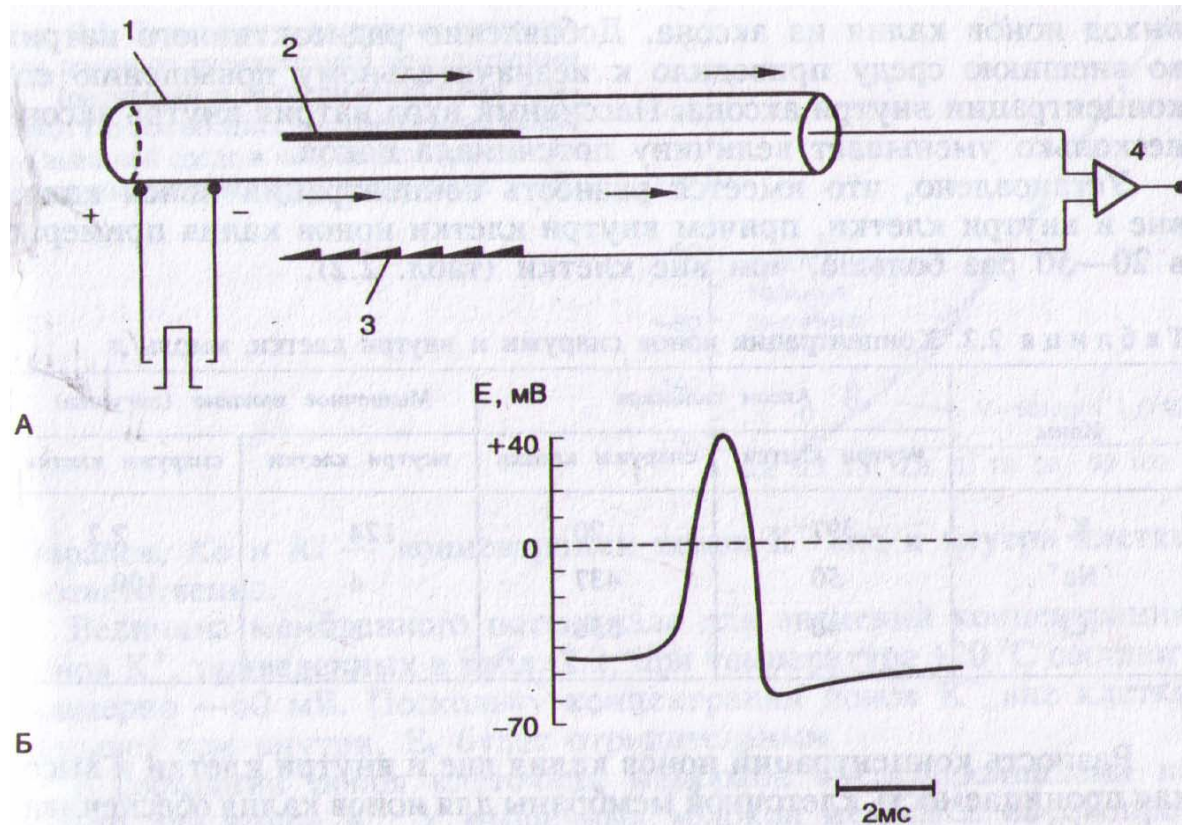
Суммарная проницаемость мембраны определяется соотношением открытых и закрытых каналов



3. Наличие активного транспорта (Na^+ , K^+ - насоса) в мембране

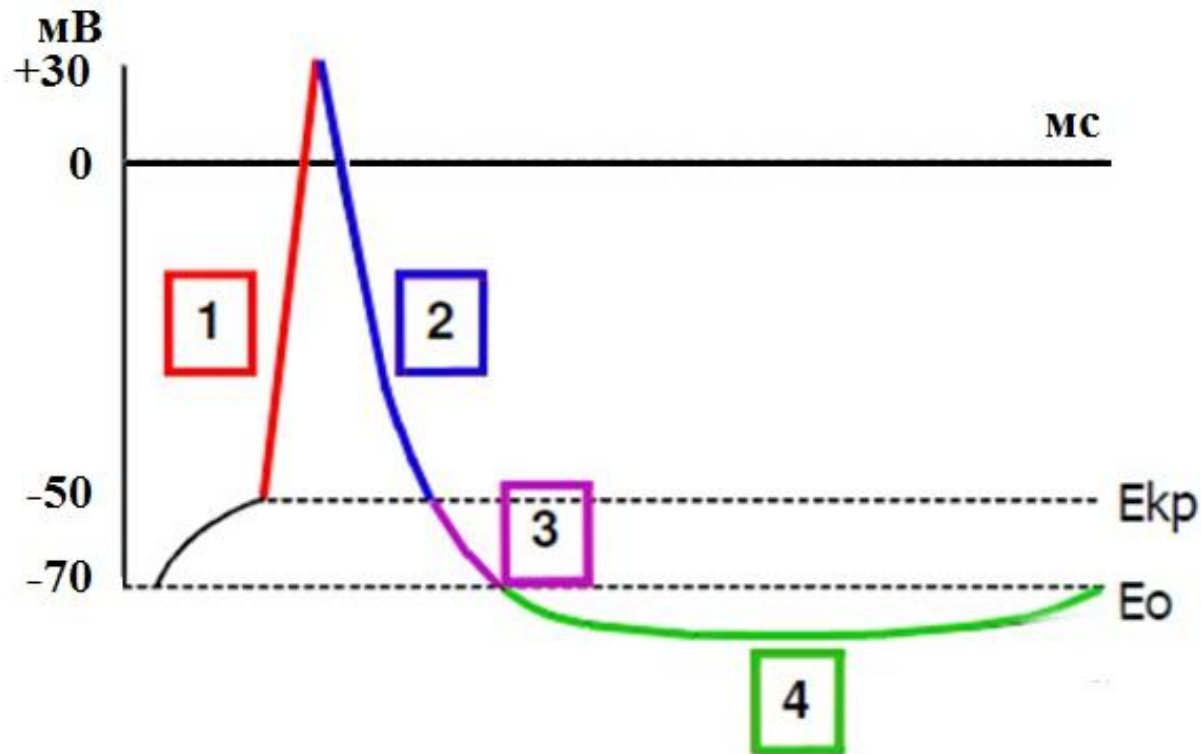


- **Методы регистрации потенциала действия (опыт Хожкина и Хаксли на аксоне кольмара)**



Потенциал действие – быстрое колебание мембранного потенциала

Фазы потенциала действия



$E_{кр}$ - Критический уровень деполяризации(КУД)

1. Фаза быстрой деполяризации
2. Фаза реполяризации
3. Фаза следовой деполяризации
4. Фаза следовой гиперполяризации

Как меняется заряд мембраны

- **Фаза быстрой деполяризации**

Уменьшение отрицательного заряда с -50 до нуля, смена заряда мембраны и небольшое увеличение до +20-30 Мв

- **Фаза реполяризации**

Восстановление знака и величины заряда до -50 Мв (уровня $E_{кр}$)

- **Фаза следовой деполяризации**

Восстановление знака и величины заряда до -70 Мв(уровня E_0)

- **Фаза следовой гиперполяризации**

Увеличение заряда с -70 до -90 Мв

Механизм изменения заряда в фазу быстрой деполяризации

Деполяризация за счет действия раздражителя, достигшая уровня КУД, открывает быстрые m -ворота в потенциал-зависимых Na -каналах и увеличивает проницаемость Na^+ -в 500 раз. По электрохимическому и концентрационному градиенту положительно заряженные ионы устремляются внутрь клетки. После перезарядки мембраны наблюдается закрытие в них медленных h -ворот (инактивационных) вход Na прекращается.

Механизм изменения заряда в фазу реполяризации

Открытие потенциал-зависимых каналов для ионов K^+ и инактивация Na^+ -увеличивает проницаемость для K^+ . ионов K^+ выходят из клетки восстанавливая заряд мембраны.

В эту фазу открываются h -ворота и закрываются m -ворота потенциал-зависимых Na -каналов.

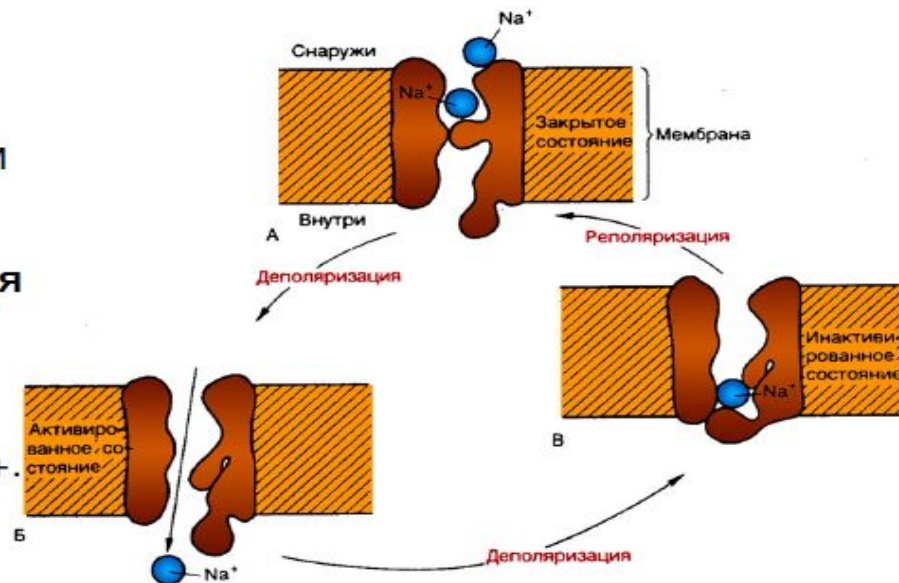
ПРИРОДА ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ

ИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПД

1. При достижении критического уровня деполяризации открываются все имеющиеся натриевые каналы по закону "все или ничего",

2. Фаза реполяризации, обусловлена Na^+ -инактивацией и повышением проницаемости для K^+ .

3. Следовая деполяризация и гиперполяризация, обусловлены медленным восстановлением исходной проницаемости для ионов K^+ .



Для поддержания концентрационного градиента после серии разрядов включается активная деятельность мембранных АТФаз (Na^+ , K^+ -насосов), направленных на восстановление измененного концентрационного градиента Na^+ и K^+ .

Изменение проводимости ионов во время возбуждения

