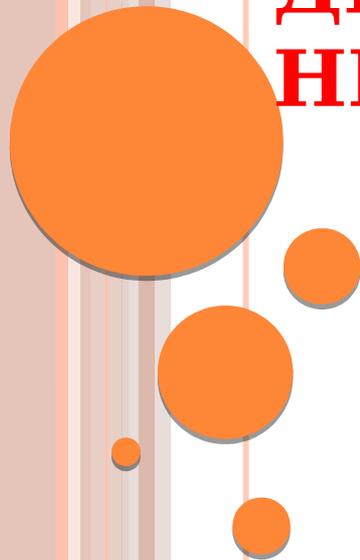


**ЛЕКЦИЯ. «ПОТЕНЦИАЛ
ПОКОЯ. ПОТЕНЦИАЛ
ДЕЙСТВИЯ. ПЕРЕДАЧА
НЕРВНОГО ИМПУЛЬСА»**



1. ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ

Опр. Возбудимые клетки - клетки, способные откликаться каким -либо образом на их возбуждение

мышечные - сокращаются

секреторные - выделяют биологически активные вещества

нервные генерируют электрические колебания - **нервный импульс.**

Опр. Потенциал покоя - разность электрических потенциалов внутри и снаружи клетки



Причиной возникновения потенциала покоя является наличие градиентов концентраций ионов K^+ , Na^+ , Cl^- . Следовательно в стационарном состоянии сумма потоков через мембрану равна нулю:

$$J_{Na} + J_K - J_{Cl} = 0$$

- Потенциал покоя (уравнение Гольдмана-Ходжина-Катца):

$$\Delta\varphi = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_K [K^+]_0 + P_{Na} [Na^+]_0 + P_{Cl} [Cl^-]_j}{P_K [K^+]_j + P_{Na} [Na^+]_j + P_{Cl} [Cl^-]_0}$$



В состоянии покоя мембранные проницаемости для ионов K^+ , Na^+ , Cl^- относятся друг к другу как

$$P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0,04 : 0,45$$

Вывод: Проницаемость клетки для ионов калия намного больше ее проницаемости для других ионов, поэтому потенциал покоя определяется в основном разностью концентрация ионов калия. Поток ионов калия стремиться к равновесному потенциалу калия

Опр. Гиперполяризация – увеличение трансмембранной разности потенциалов

Опр. Деполаризация – уменьшение трансмембранной разности потенциалов



2. ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ

Опр. Потенциал действия – изменение разности потенциалов в сторону увеличения или уменьшения относительно потенциала покоя, возникающее в результате воздействия на клетку раздражителя.

Причина потенциала действия - изменение проницаемости мембран для натрия (открытие натриевых ионных каналов)



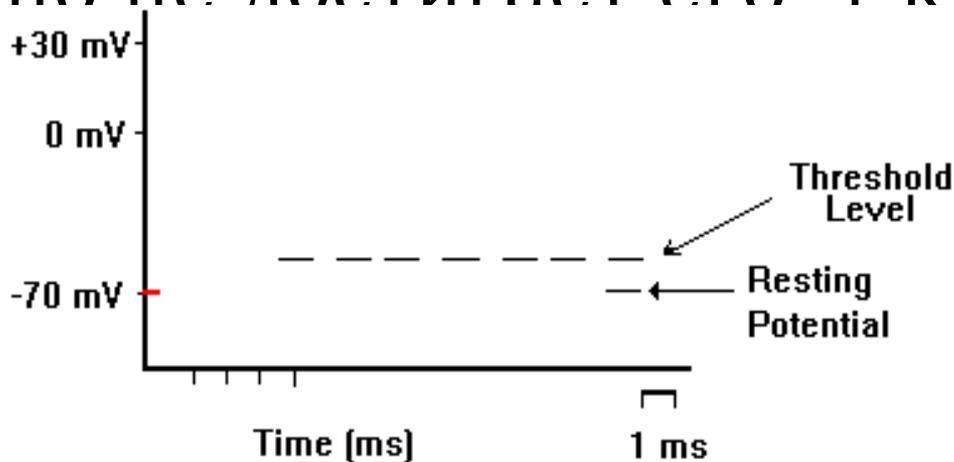
При возбуждении мембранные
проницаемости для ионов K^+ и Na^+
относятся друг к другу как

$$P_K : P_{Na} = 1 : 20$$

Вывод: поток ионов натрия в клетку
превышает поток ионов калия из клетки,
т.е. стремиться к равновесному потенциалу
натрия, но не достигает его т к

проводит
нулю.

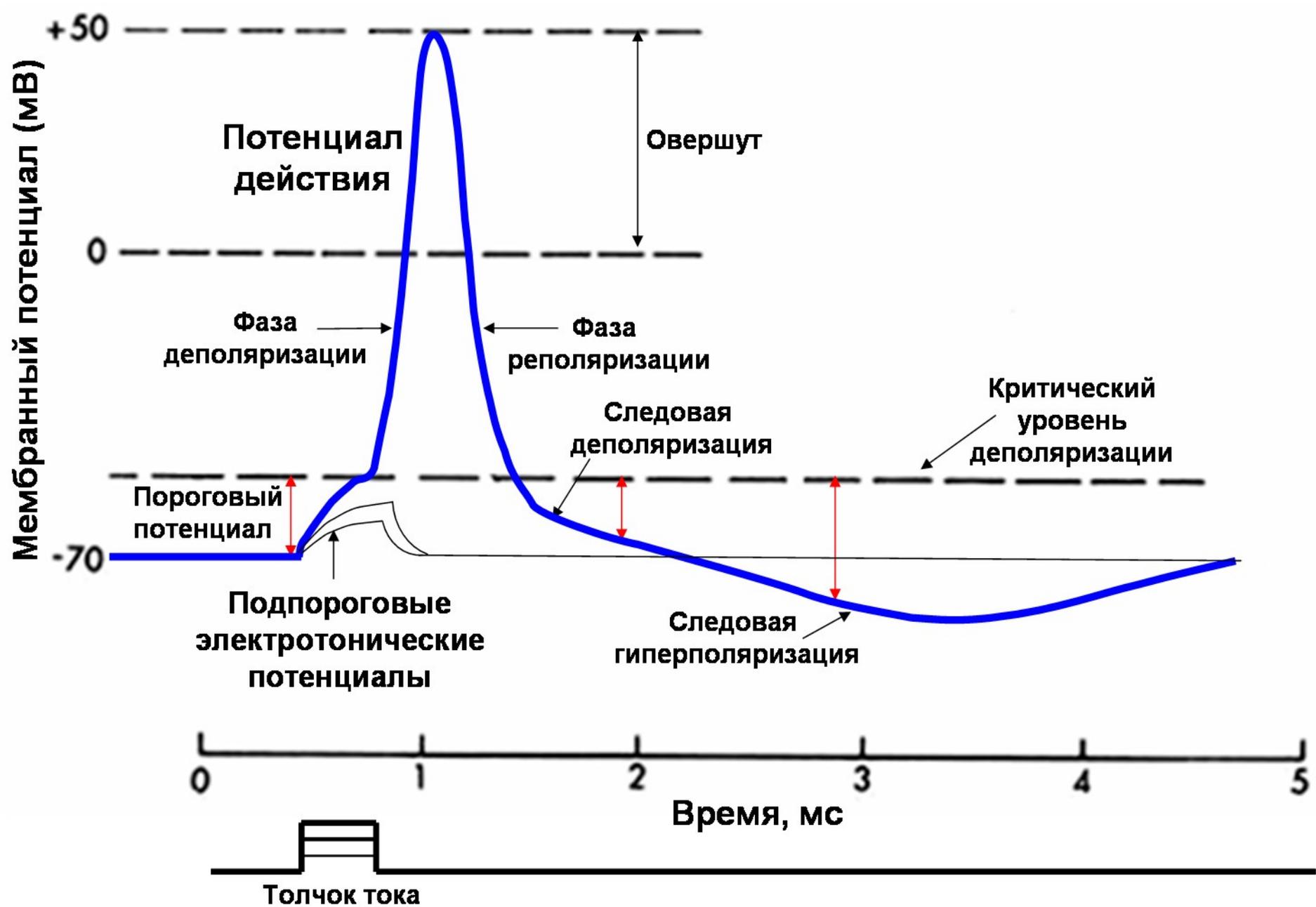
ра не равны



ХАРАКТЕРНЫЕ СВОЙСТВА ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ:

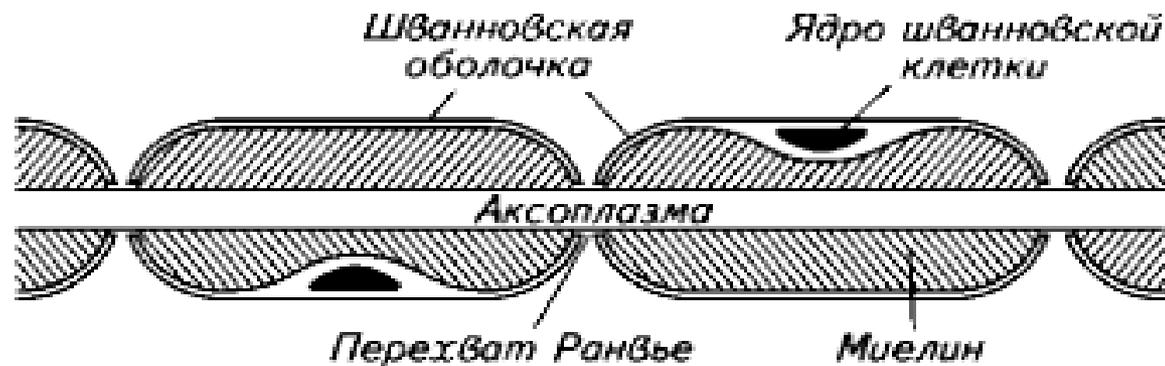
1. наличие порогового значения деполяризующего потенциала.
2. закон “все или ничего”, то есть, если деполяризующий потенциал больше порогового, развивается потенциал действия, амплитуда которого не зависит от амплитуды возбуждающего импульса и нет потенциала действия, если амплитуда деполяризующего потенциала меньше пороговой.
3. период рефрактерности, невозбудимости мембраны во время развития потенциала действия и остаточных явлений после снятия возбуждения.
4. в момент возбуждения резко уменьшается сопротивление мембраны (у аксона кальмара от $0,1 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$ до $0,0025 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$).





ВОЗБУЖДЕНИЕ ПО НЕРВНОМУ ВОЛОКНУ

Опр. Миелинизированное нервное волокно – нервное волокно, состоящее из осевого цилиндра, покрытого цитоплазмической мембраной и содержащего аксоплазму, вокруг которого многократно обертываются шванновские клетки (в периферической нервной системе) или олигодендроциты (в центральной нервной системе)



- Миелинизация обеспечивает повышение скорости проведения при существенной **экономии энергетических ресурсов**.
- Потребление кислорода такими волокнами **в 200 раз меньше**, чем при непрерывном распространении нервных импульсов по безмякотным аксонам



Механизм проведения возбуждения по миелиновым нервным волокнам

1) Участки мембраны, покрытые миелиновой оболочкой, являются невозбудимыми;

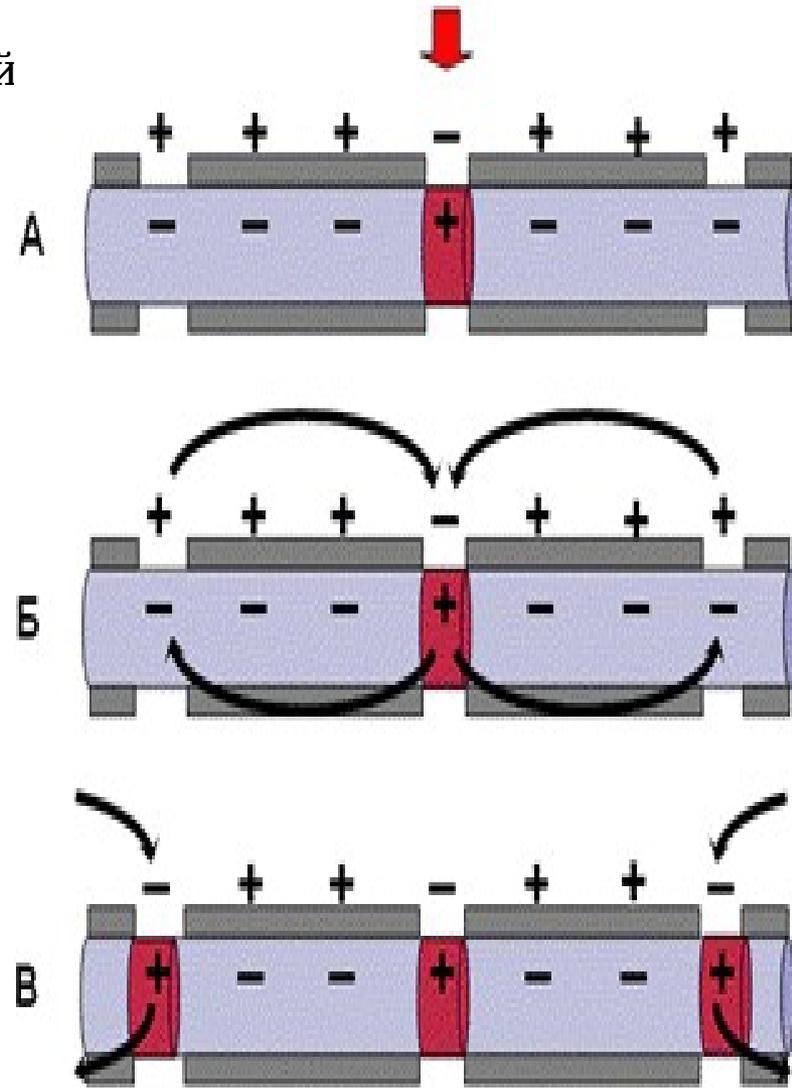
2) возбуждение может возникать только в участках мембраны, расположенных в области перехватов Ранвье.

3) При развитии ПД в одном из перехватов Ранвье происходит реверсия заряда мембраны (рис. А).

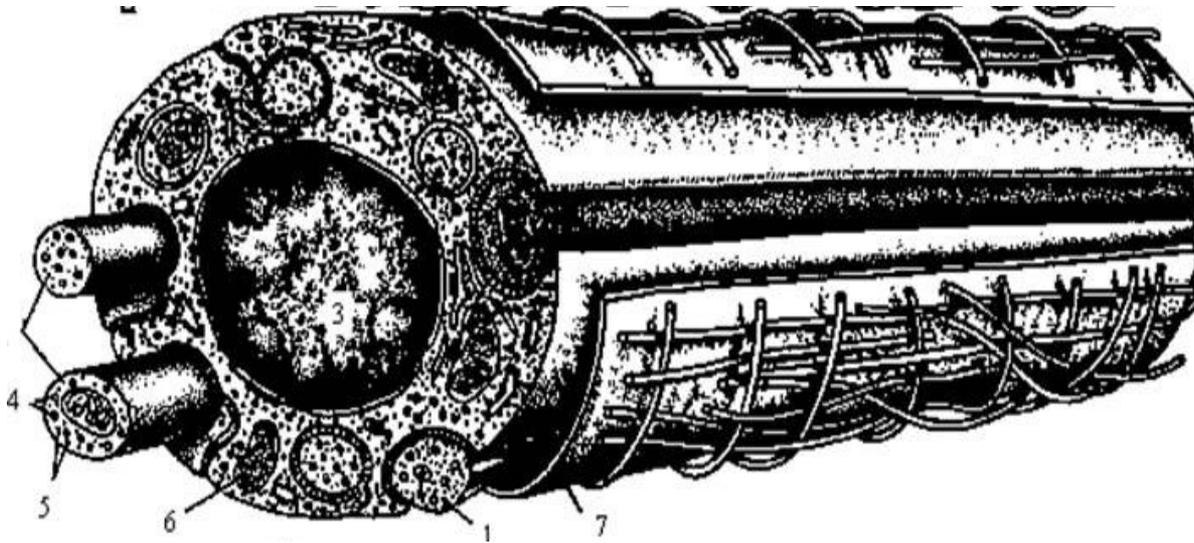
4) Между электроотрицательными и электроположительными участками мембраны возникает **электрический ток**, который **раздражает соседние участки мембраны** (рис. Б).

5) Однако **в состояние возбуждения может перейти только участок мембраны в области следующего перехвата Ранвье** (рис. В).

Вывод: **возбуждение распространяется по мембране скачкообразно (сальтаторно) от одного перехвата Ранвье к другому.**



Опр. Безмиелиновое нервное волокно - нервное волокно, состоящее из осевых цилиндров, погруженные в тяж нейролеммоцитов.



Механизм проведения возбуждения по безмиелиновым нервным волокнам

1) Состояние покоя: внутренняя поверхность мембраны нервного волокна несет **отрицательный заряд**, а наружная сторона мембраны – **положительный**.

2) Электрический ток между внутренней и наружной стороной мембраны не протекает, так как **липидная мембрана имеет высокое электрическое сопротивление**.

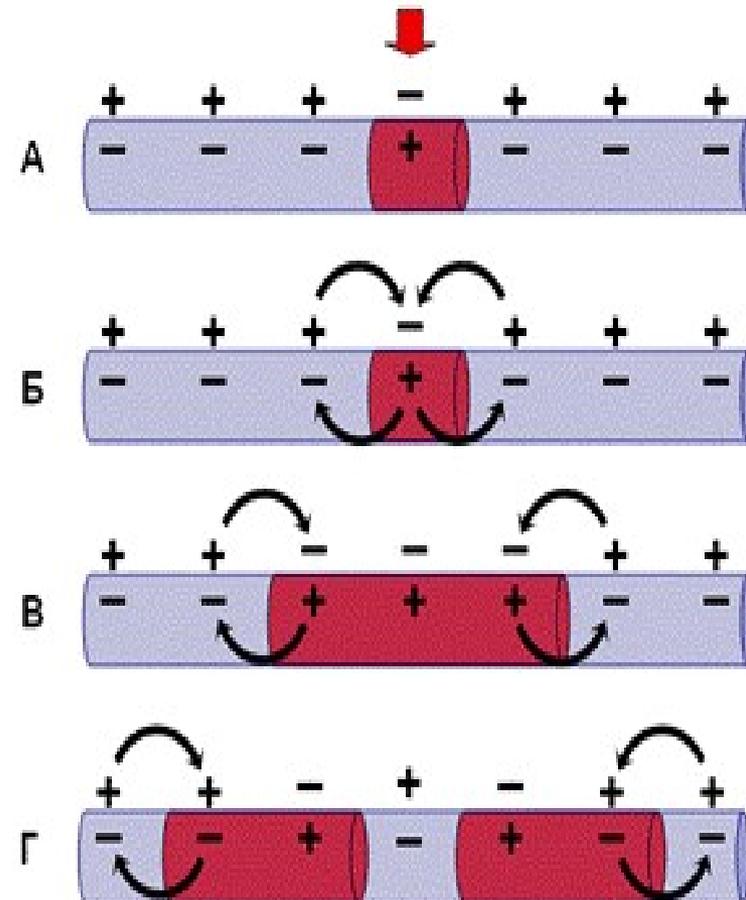
3) **Во время развития потенциала действия** в возбужденном участке мембраны происходит **реверсия заряда** (рис. А).

4) **На границе возбужденного и невозбужденного участка** начинает протекать **электрический ток** (рис.Б).

5) Электрический ток **раздражает ближайший участок мембраны и приводит его в состояние возбуждения** (рис. В)

6) **Ранее возбужденные участки возвращаются в состояние покоя** (рис. Г).

Вывод: волна возбуждения охватывает все новые участки мембраны нервного волокна.



- Дифференциальное уравнение распространения нервного импульса по нервному волокну

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} = \frac{4\rho_a}{D} \left(C_M \frac{d\varphi}{dt} + \frac{\varphi}{\rho_M l} \right)$$

D - диаметр волокна

l - толщина мембраны

C_M - емкость мембраны

ρ_a - удельное сопротивление аксоплазмы

ρ_M - удельное сопротивление мембраны



Решение уравнения

$$\varphi = \varphi_0 \cdot e^{-\frac{x}{\lambda}}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{Dl\rho_M}{4\rho_a}}$$

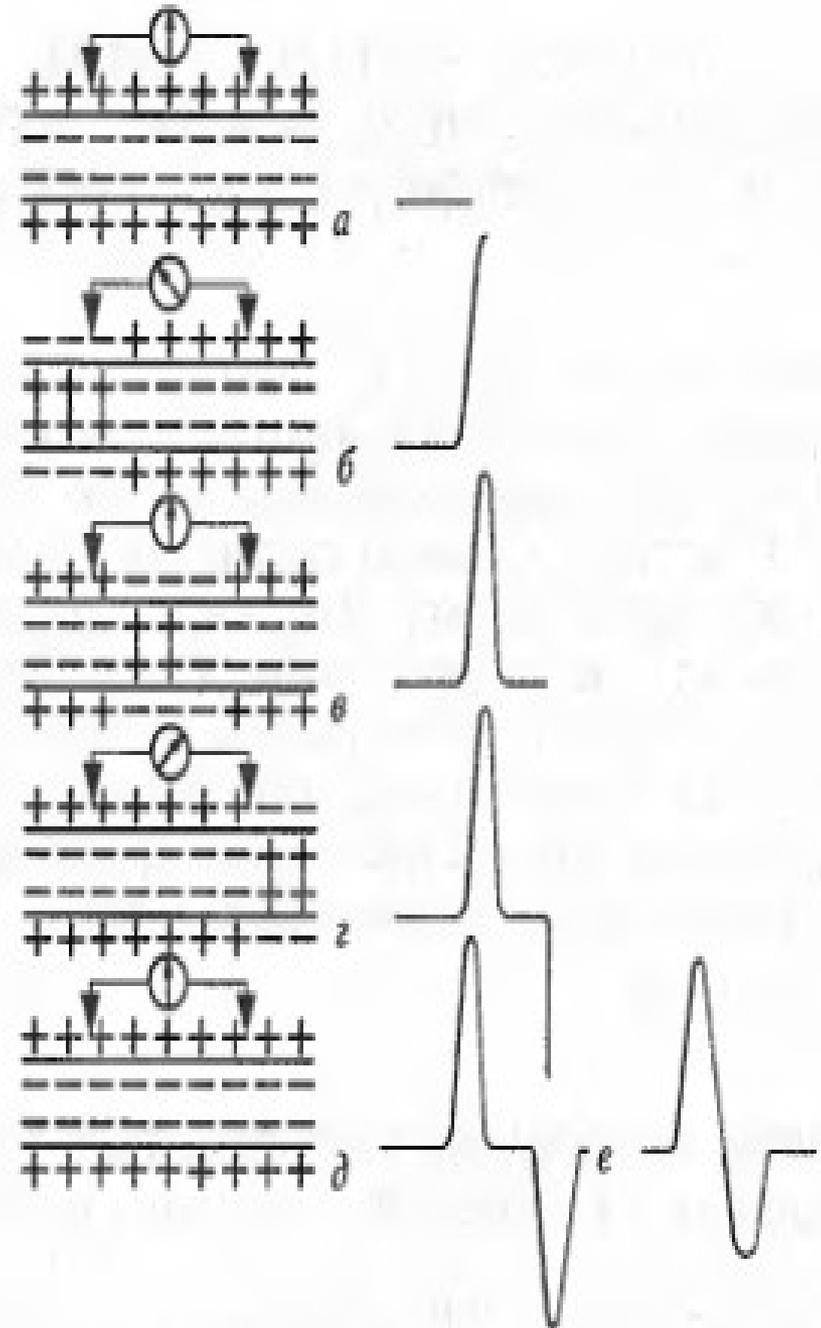
- постоянная длины волокна





Выводы:

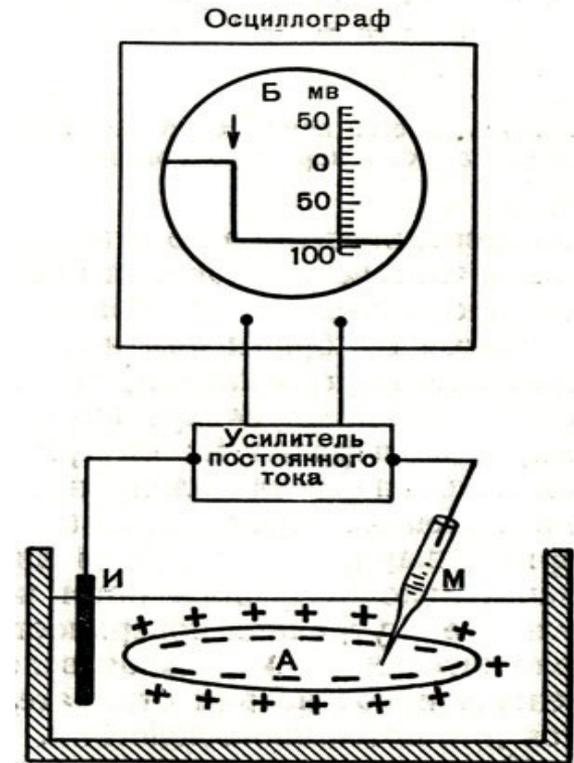
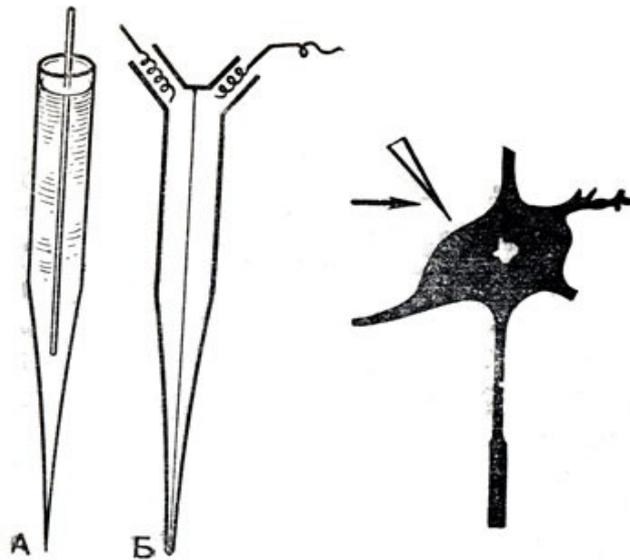
1. В возбужденном участке развивается кратковременная деполяризация мембраны. При распространении потенциала действия вдоль плазмолеммы отдельные участки наружной поверхности приобретают отрицательный заряд. Там, где была деполяризация, быстро наступает реполяризация (колебания).



2. Биопотенциала целого нерва, мышцы, органа создаются в результате суммирования потенциалов действия отдельных клеточных элементов. Поэтому **биопотенциал всего органа это алгебраическая сумма потенциалов действий** всех его составляющих клеточных элементов.



4. БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОГРАФИИ



Опр. Электрография – метод исследования, направленный на измерение суммарной разности потенциалов тканей и органов, возникающей при возбуждении соответствующих органов и тканей

Опр. Электрограмма – кривая, отображающая изменения во времени разности потенциалов на поверхности органа, ткани, всего тела человека или животного, происходящего вследствие возбуждения соответствующих органов

ЭКГ – следствие распространения возбуждения в сердечной мышце,

ЭЭГ - следствие распространения возбуждения по головному мозгу

ЭМГ - следствие распространения возбуждения по скелетным мышцам

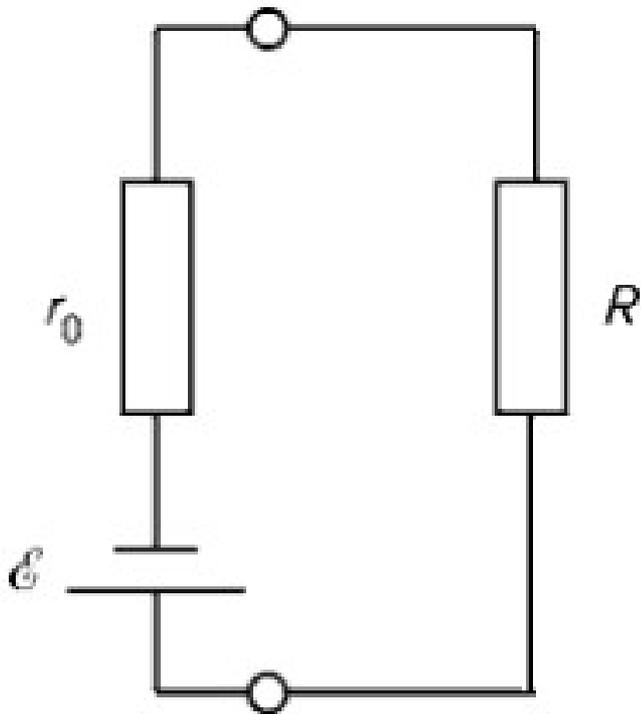


Всякая электрограмма - сумма электрических колебаний - сложное колебание, образующееся в результате суперпозиции простых

Электрограммы	Диапазон частот, Гц	Амплитуда, мВ
ЭКГ	0,5-120	0,1-5,0
ЭМГ	1,0-1000	0,01-50,0
ЭЭГ	1,0-300	0,01-0,5



**Опр. Эквивалентный
электрический
генератор - модель
реального генератора
биологических
потенциалов.**



$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R} \approx \frac{\mathcal{E}}{R}$$



Опр. Эквивалентный электрический генератор - токовый диполь – физический объект, характеризующая распределение электрического потенциала вокруг генератора электрограммы и имеющий положительный полюс – исток тока и отрицательный – его сток.

Опр. Токовый момент - физическая величина, численно равная произведению силы тока в током диполе на его плечо и характеризующая направление тока в электрическом диполе.

$$p = I \cdot l$$

Токовый момент направлен от возбужденного участка к невозбужденному. Т.к. деполяризация сменяется на реполяризацию, то направление токового диполя меняется

- Спасибо за внимание!

