

Потенциалы клетки, определяемые пассивным ионным транспортом

Физические характеристики плазматической мембраны

Сопротивление и емкость

Пассивные электрические характеристики мембран

➔ Мембрана по структуре – это **плоский конденсатор** и **резистор**

➔ **Обкладки конденсатора** - водные растворы солей, омывающие мембрану
диэлектрик – липидный бислой

Емкость 1 см² мембраны:

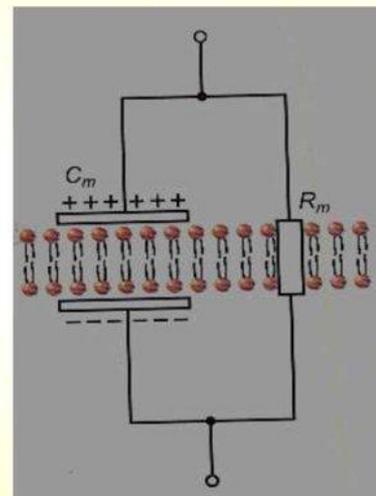
$$C_m = 0,5 - 1,3 \text{ мкФ}$$

➔ **Резистор** - потоки ионов в мембране, трансмембранные белки

■ Электр. сопротивление 1 см² бислойной липидной мембраны :

$$R \approx 10^{11} \text{ Ом}$$

■ У биологических мембран $R \approx 10^8 \text{ Ом}$, что связано с влиянием белков



Физические характеристики плазматической мембраны

Сопротивление и емкость

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КЛЕТОК И ТКАНЕЙ

I. Параметры, характеризующие вещество мембраны и протоплазмы

1. Удельное сопротивление мембраны – сопротивление 1см^2 мембраны

$$R_{\text{уд}} = 1-10 \text{ кОм} \cdot \text{см}^2 \quad \text{определяется количеством каналов утечки на единицу площади мембраны}$$

2. Удельная емкость мембраны - емкость 1см^2 мембраны

$$C_{\text{уд}} = 1 \text{ мкФ/см}^2$$

3. Удельное сопротивление протоплазмы - сопротивление 1см^3

протоплазмы $100 \text{ Ом} \cdot \text{см}$

II. Системные параметры – характеризуют клетку или волокно - зависят от размера и формы клетки

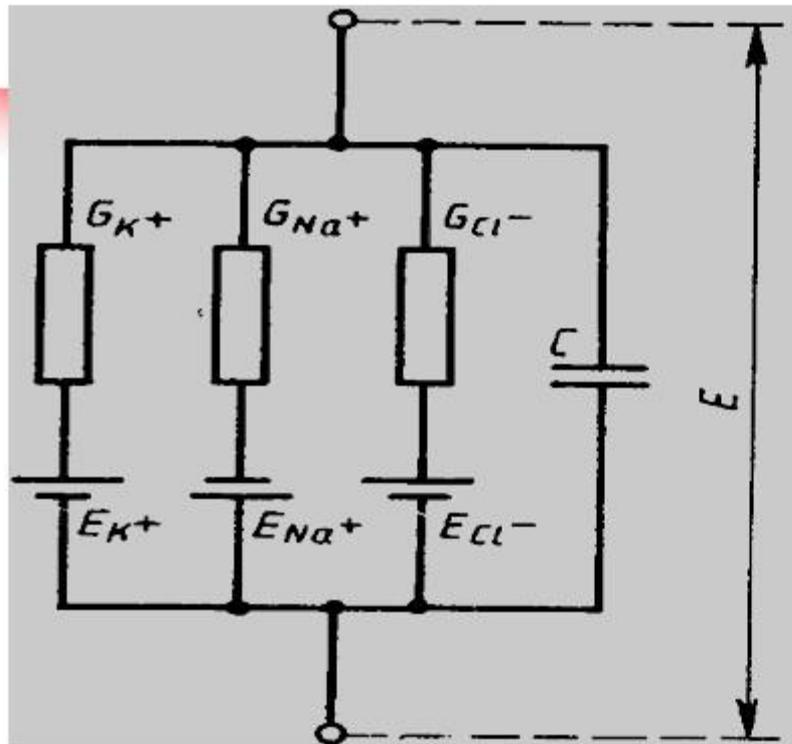
1. Входное сопротивление клетки или волокна - общее сопротивление всей поверхности клетки входящему току – $R_{\text{вх}}$ (Ом)

2. Входная емкость клетки – $C_{\text{вх}}$ (мкФ) – емкость всей мембраны

3. Постоянная времени волокна - $T=R \cdot C$ (сек)

4. Постоянная длины волокна - λ (см)

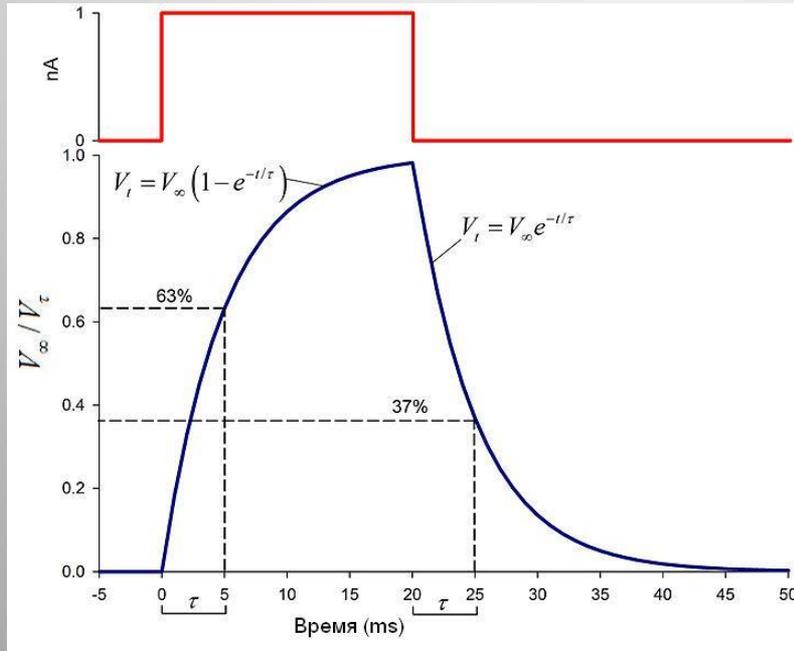
Эквивалентная электрическая схема плазматической мембраны



Эквивалентная электрическая схема клеточной мембраны. C – ёмкость, G_K , G_{Na} , G_{Cl} – проводимости для отдельных видов ионов, E_K , E_{Na} и E_{Cl} – электродвижущие силы, обусловленные несимметричным распределением ионов между клеткой и средой и определяемые соответствующими уравнениями Нернстена.

Физические характеристики плазматической мембраны

Постоянная времени цепи



$$\tau = RC$$

Чем больше **постоянная времени**, тем медленнее нарастает и затухает переходный процесс

Численно постоянная времени равна времени, в течение которого амплитуда тока (напряжения) в цепи изменится в **e** раз (**e** = 2.72)

Физический электротон. Пассивный электротонический потенциал

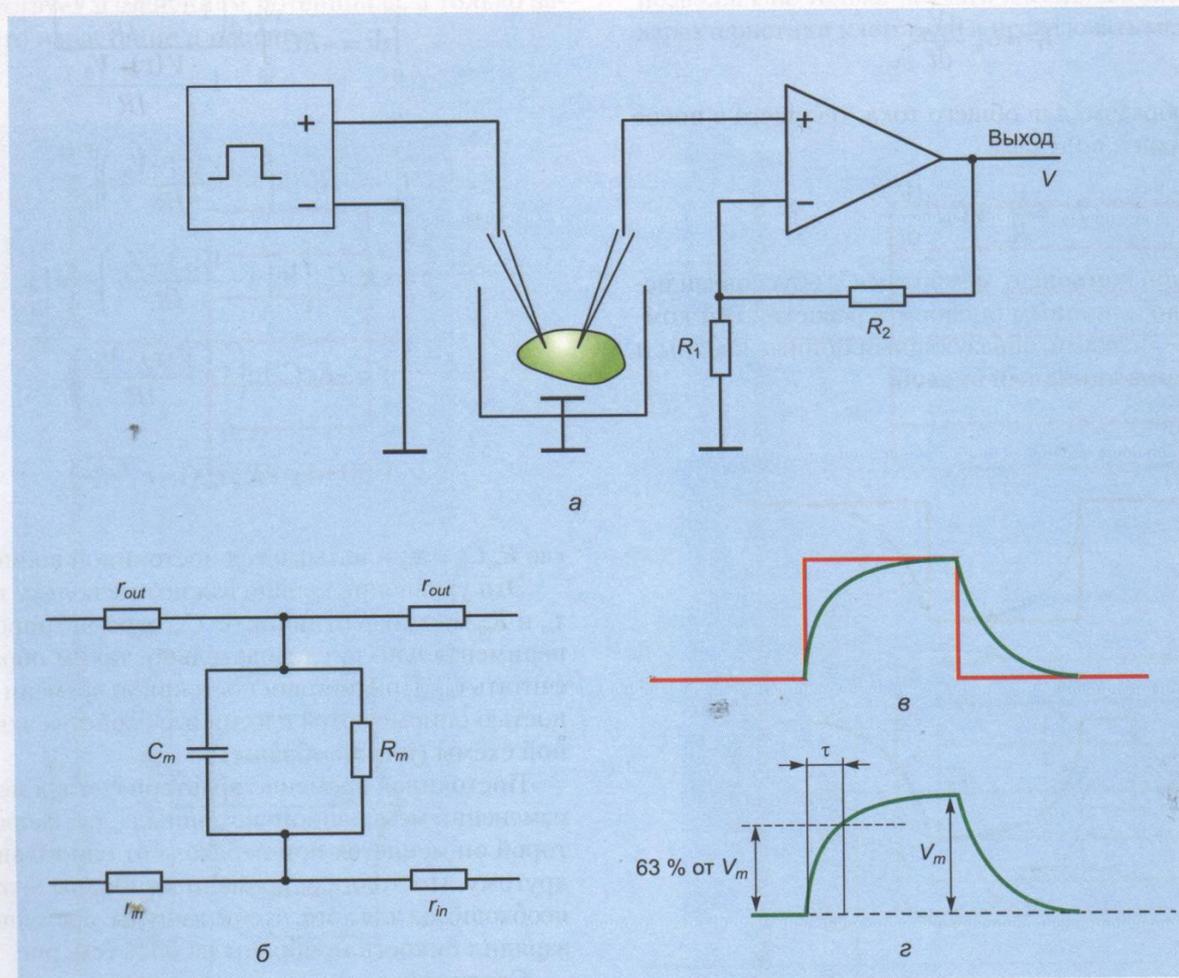


Рис. 13.2. Пассивный электротонический потенциал, направленный в сторону деполяризации. (а) Принципиальная схема регистрации пассивного электротонического потенциала. (б) Эквивалентная электрическая схема участка мембраны клетки, демонстрирующая, что пассивный электротонический потенциал определяется только емкостными и резистивными свойствами мембраны. (в) Пассивный электротонический потенциал (зеленая кривая), наложенный на раздражающий прямоугольный импульс электрического тока (выполнен красным цветом). (г) Параметры пассивного электротонического потенциала: V_m — амплитуда; τ — время релаксации мембраны (время, за которое пассивный электротонический потенциал достигает 63% амплитуды)

Физический электротон – это измененная величина мембранного потенциала, создаваемая пропусканием через данный участок мембраны электрического тока от внешнего (для данной мембраны) источника.

Электротонические потенциалы – местные градуальные потенциалы, вызываемые подпороговыми токами

Потенциал действия нервной клетки

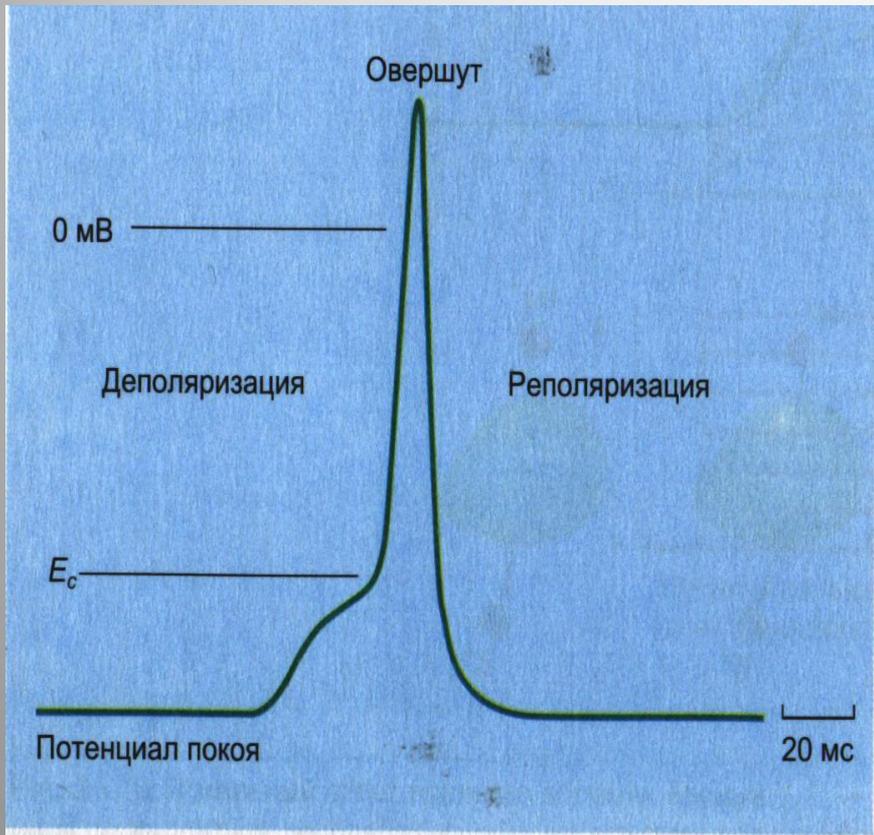


Рис. 13.12. Потенциал действия нервной клетки и его главные фазы (E_c — критический потенциал)

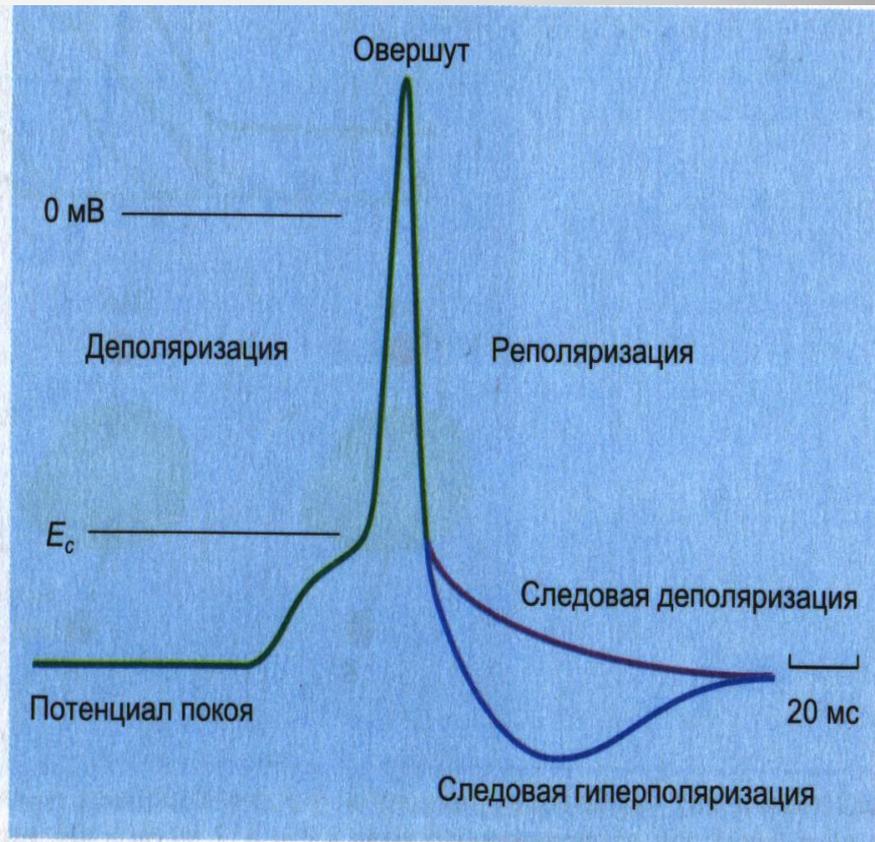
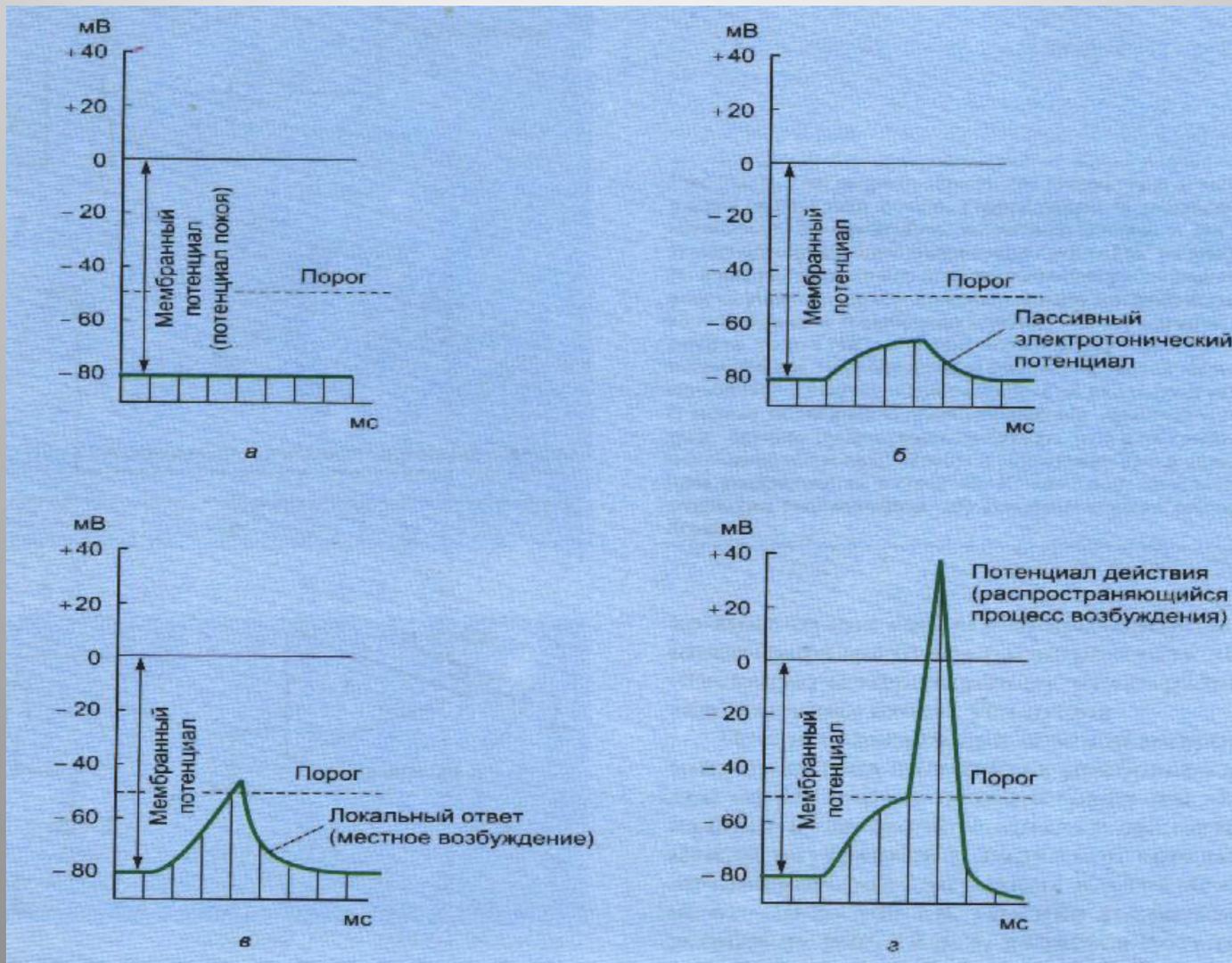


Рис. 13.13. Слывовые потенциалы в развитии потенциала действия

Изменение мембранного потенциала в зависимости от силы раздражения

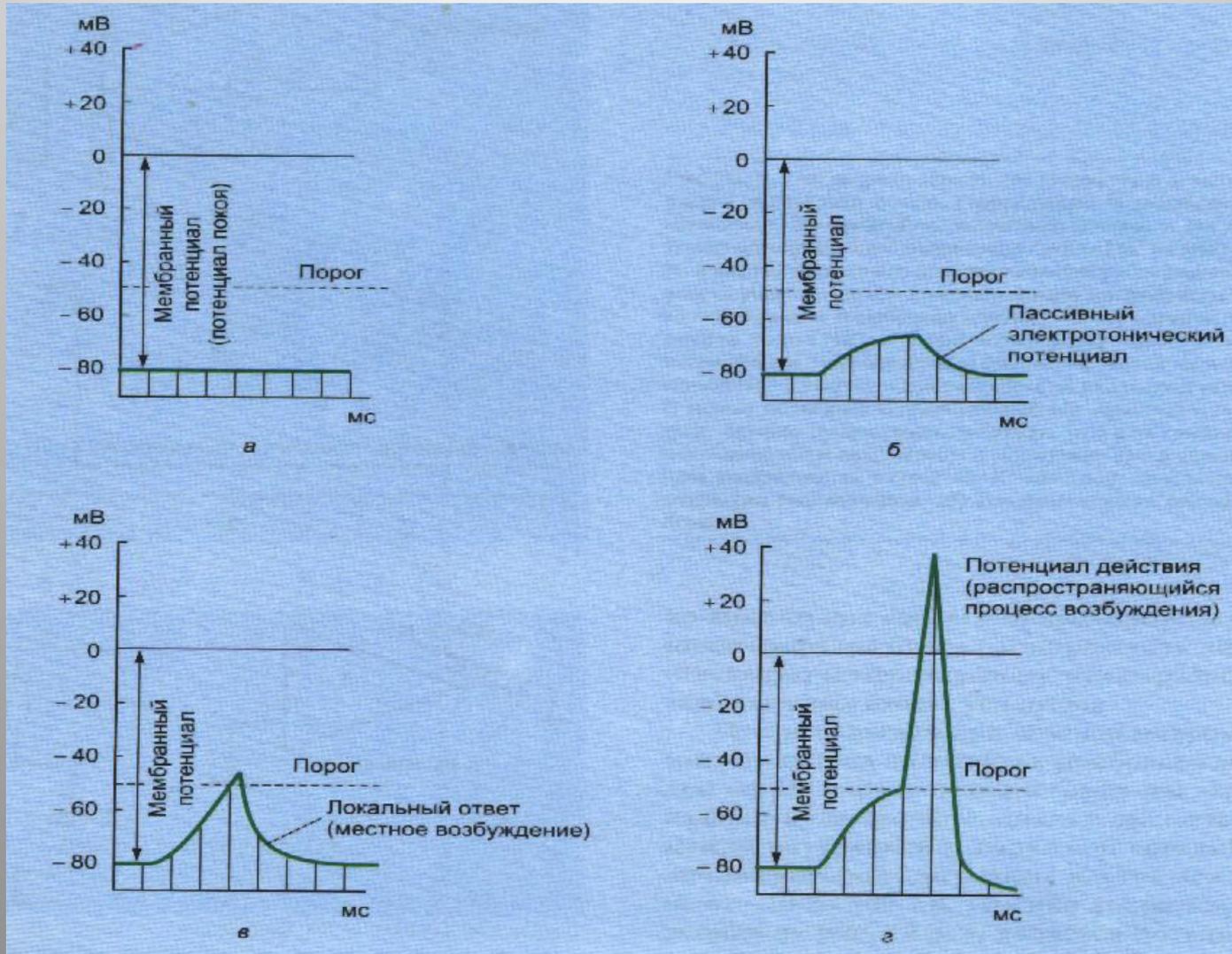
а – потенциал покоя; б – пассивный электротонический потенциал;
в – локальный ответ; г - потенциал действия



Изменение мембранного потенциала в зависимости от силы раздражения

а – потенциал покоя; б – пассивный электротонический потенциал;

в – локальный ответ; г - потенциал действия



Амплитуда пассивного электротонического потенциала равна амплитуде импульса тока, его вызывающего

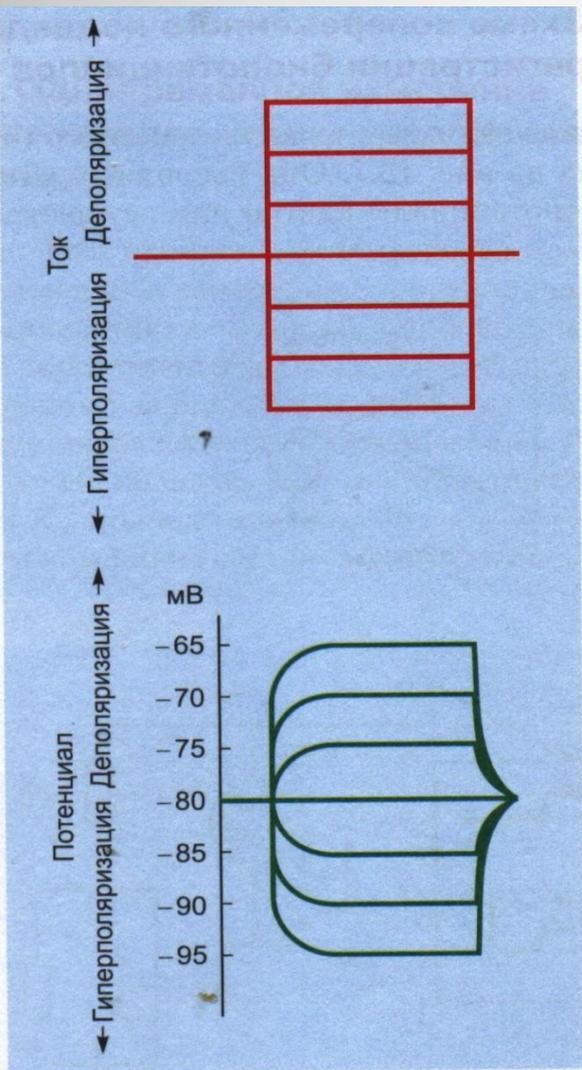


Рис. 13.4. Линейная зависимость между амплитудами электрического стимула (красный цвет) и пассивного электротонического потенциала (зеленые кривые)

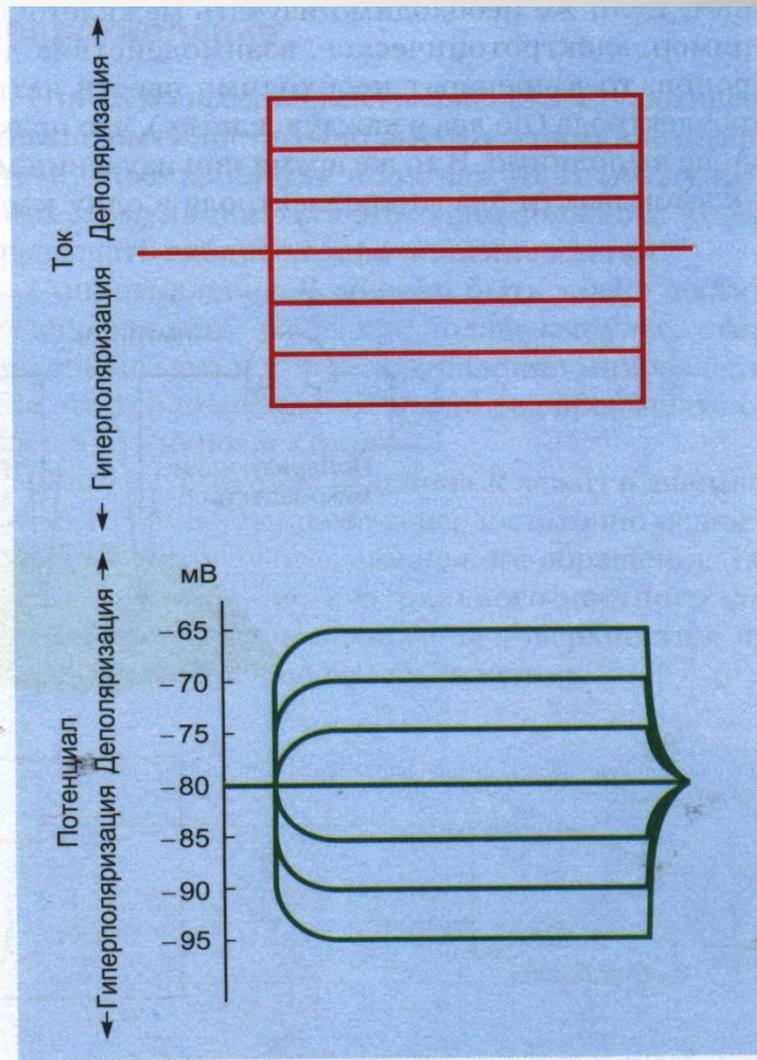


Рис. 13.5. Линейная зависимость между амплитудами электрического стимула (красный цвет) и пассивного электротонического потенциала (зеленые кривые) при выраженном увеличении длительности поляризующего импульса

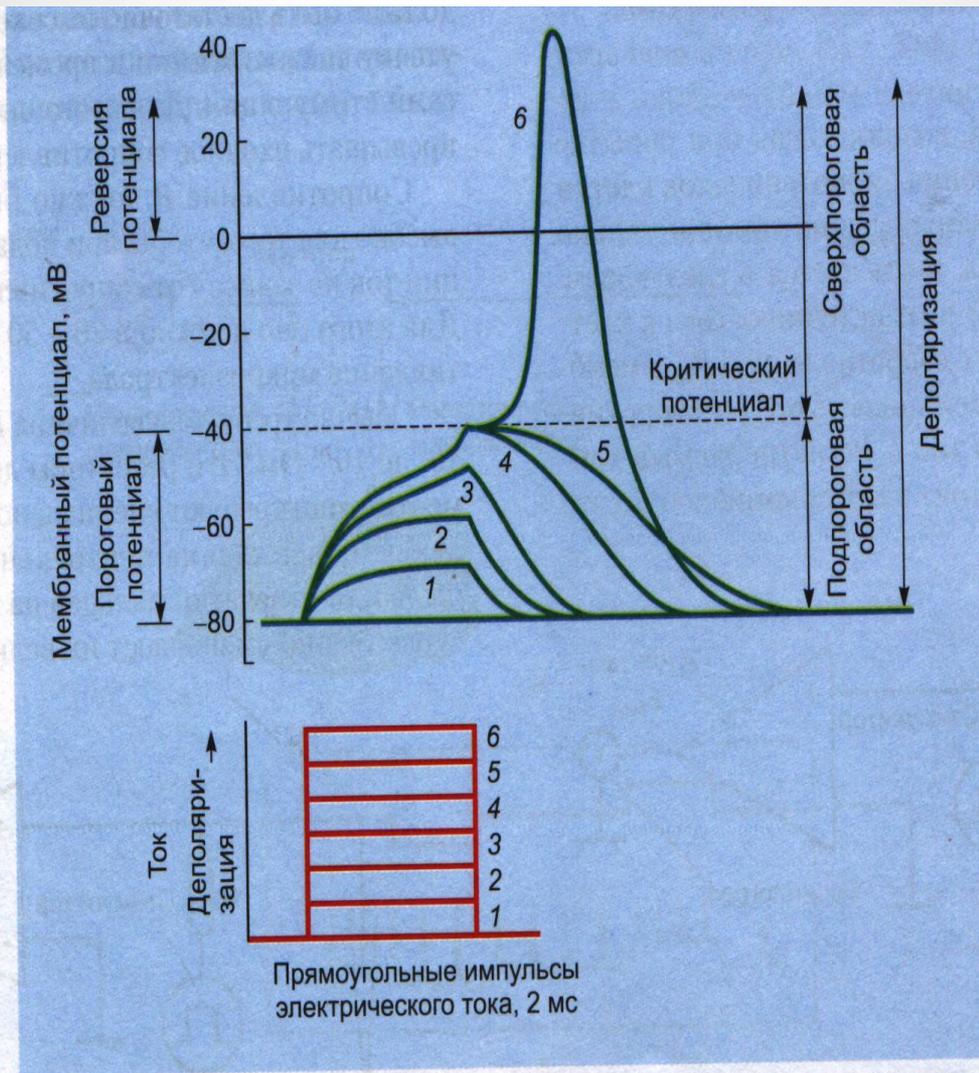


Рис. 13.10. Локальный ответ нервного волокна. Кривые 1, 2 — пассивный электротонический потенциал, вызываемый увеличивающимися по амплитуде деполаризующими импульсами электрического тока. На кривых 3, 4 и 5 к нему присоединяется деполаризация в форме локального ответа. При пороговой силе тока локальный ответ перерастает в потенциал действия (кривая 6). Ступеньки деполаризующих импульсов электрического тока 1—6 отмечены красным цветом (с изменениями по Katz V. *Nerve, muscle and synapse*, McGraw-Hill Book Company, 1966)

Потенциал действия нервной клетки

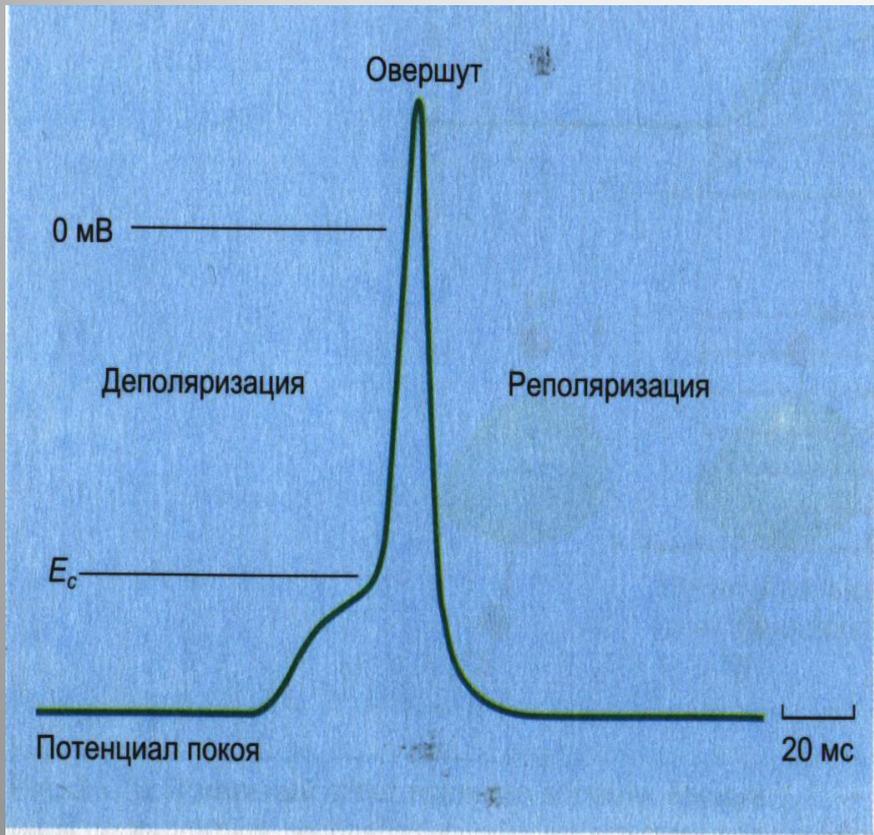


Рис. 13.12. Потенциал действия нервной клетки и его главные фазы (E_c — критический потенциал)

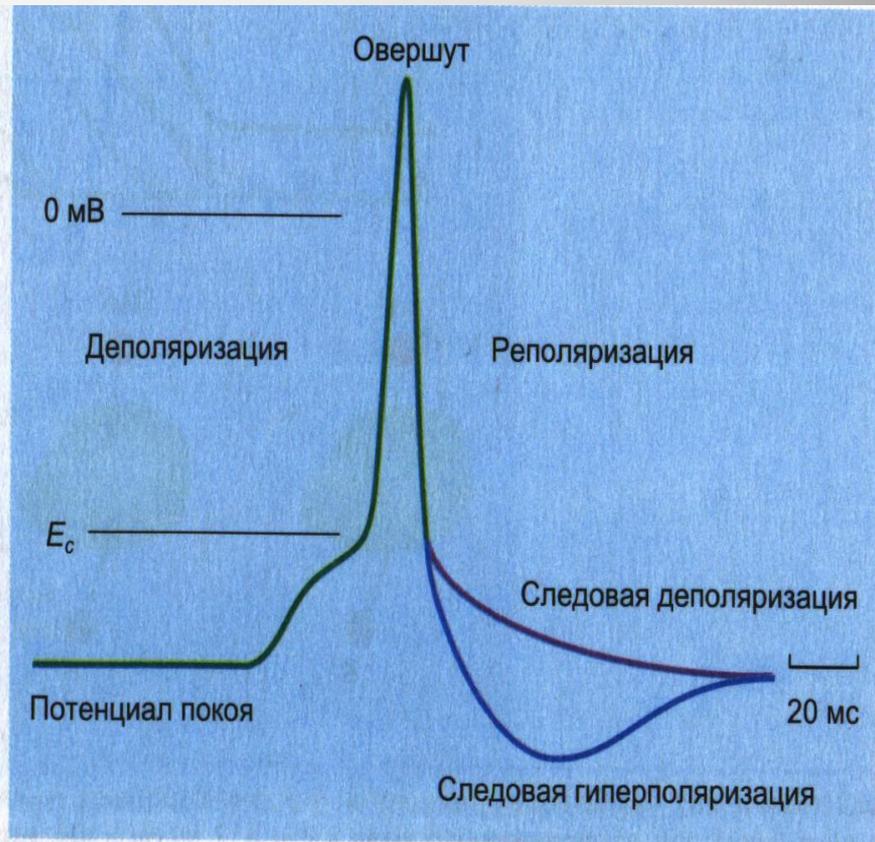


Рис. 13.13. Следовые потенциалы в развитии потенциала действия

Электротонические потенциалы между клетками

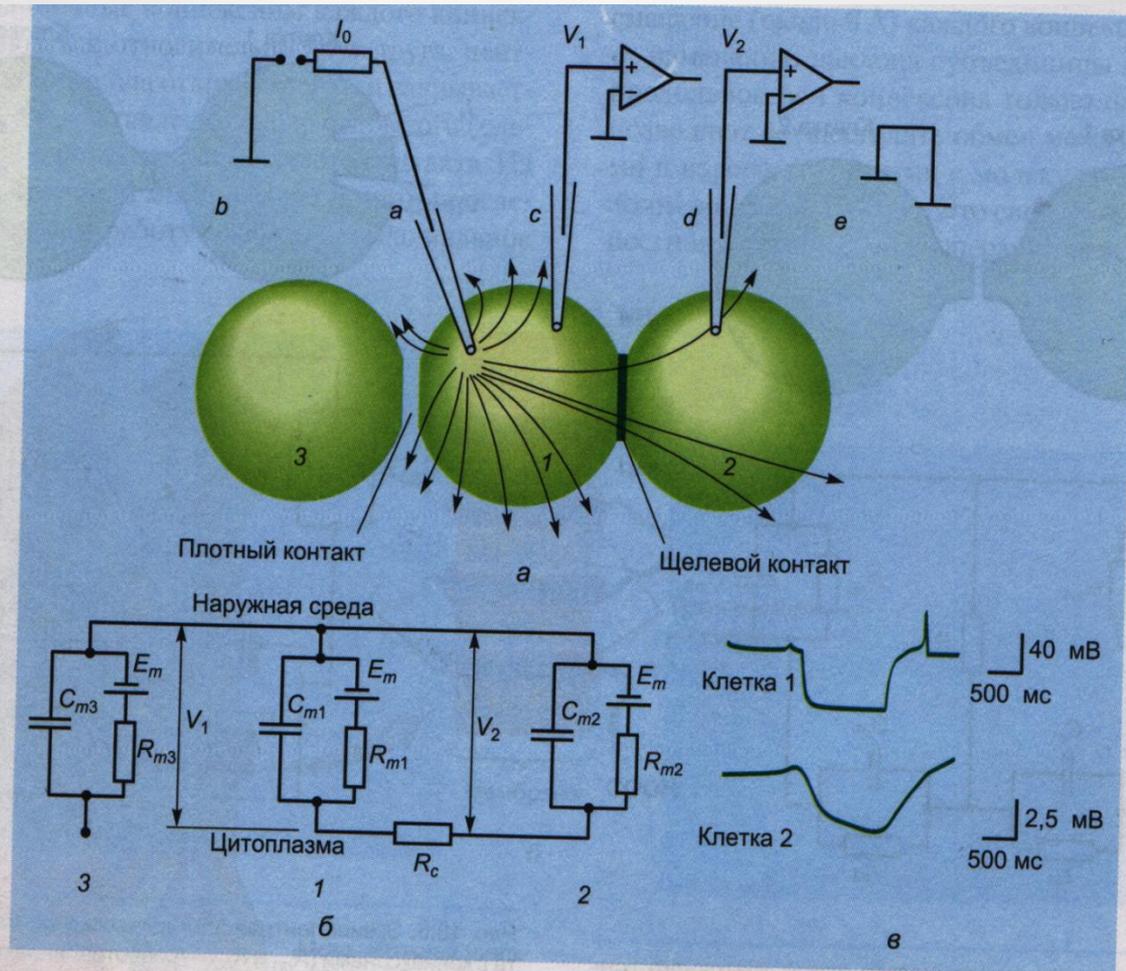
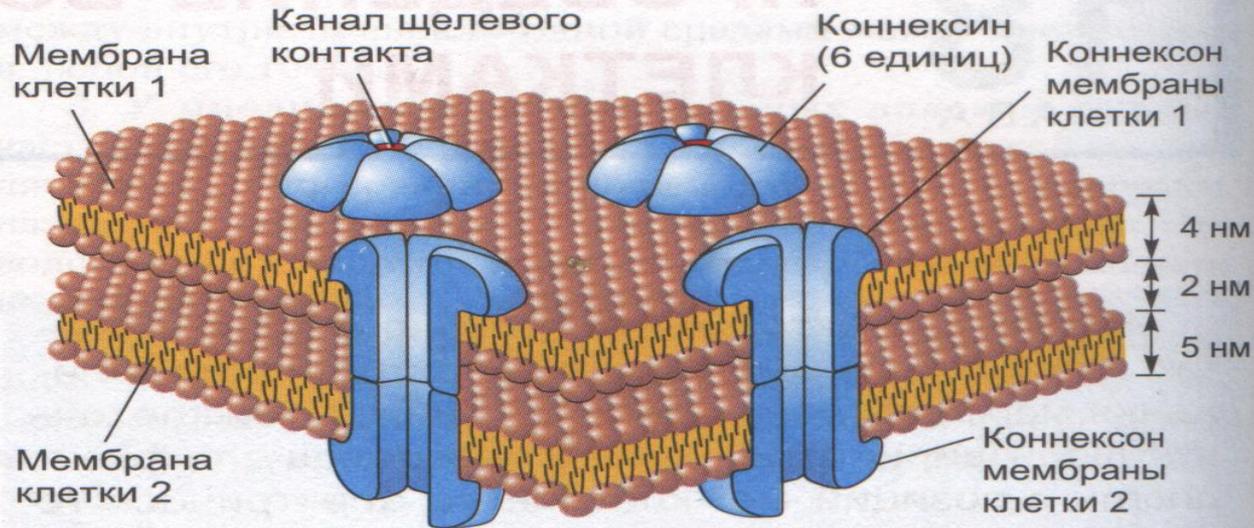


Рис. 18.6. (а) Электрофизиологический способ выявления наличия щелевого контакта и измерения коэффициента электротонической связи. Стрелки показывают направление электрического тока при пропускании через электроды a и b ; 1, 2, 3 — соседние клетки; V_1 и V_2 — падение напряжения на клетках 1 и 2. (б) Эквивалентная электрическая схема клетки, имеющей коннексоны с одной соседней и не имеющей коннексоны с другой (R_c — сопротивление щелевого контакта). (в) Искусственная внутриклеточная гиперполяризация мембраны клетки вызывает смещение мембранного потенциала в соседней клетке, связанной щелевым контактом

Структура щелевого контакта



а

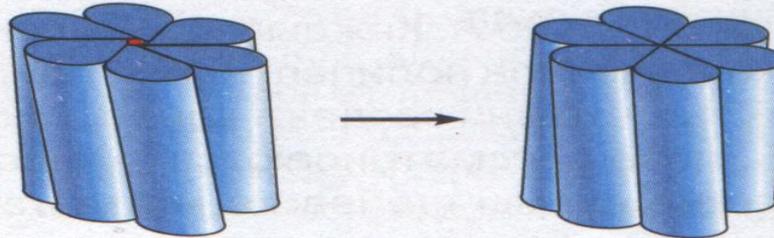


Рис. 18.2. (а) Модель структуры щелевого контакта, включающая липидный бислой двух соседних клеток, содержащий коннексоны, каждый из которых построен из шести коннексинов. (б) Модель открытого и закрытого каналов коннексонов (открытый канал обозначен красным цветом) (с изменениями и дополнениями по Hille B. *Ionic channels of excitable membranes*. Sinauer Associates Inc., 1992)

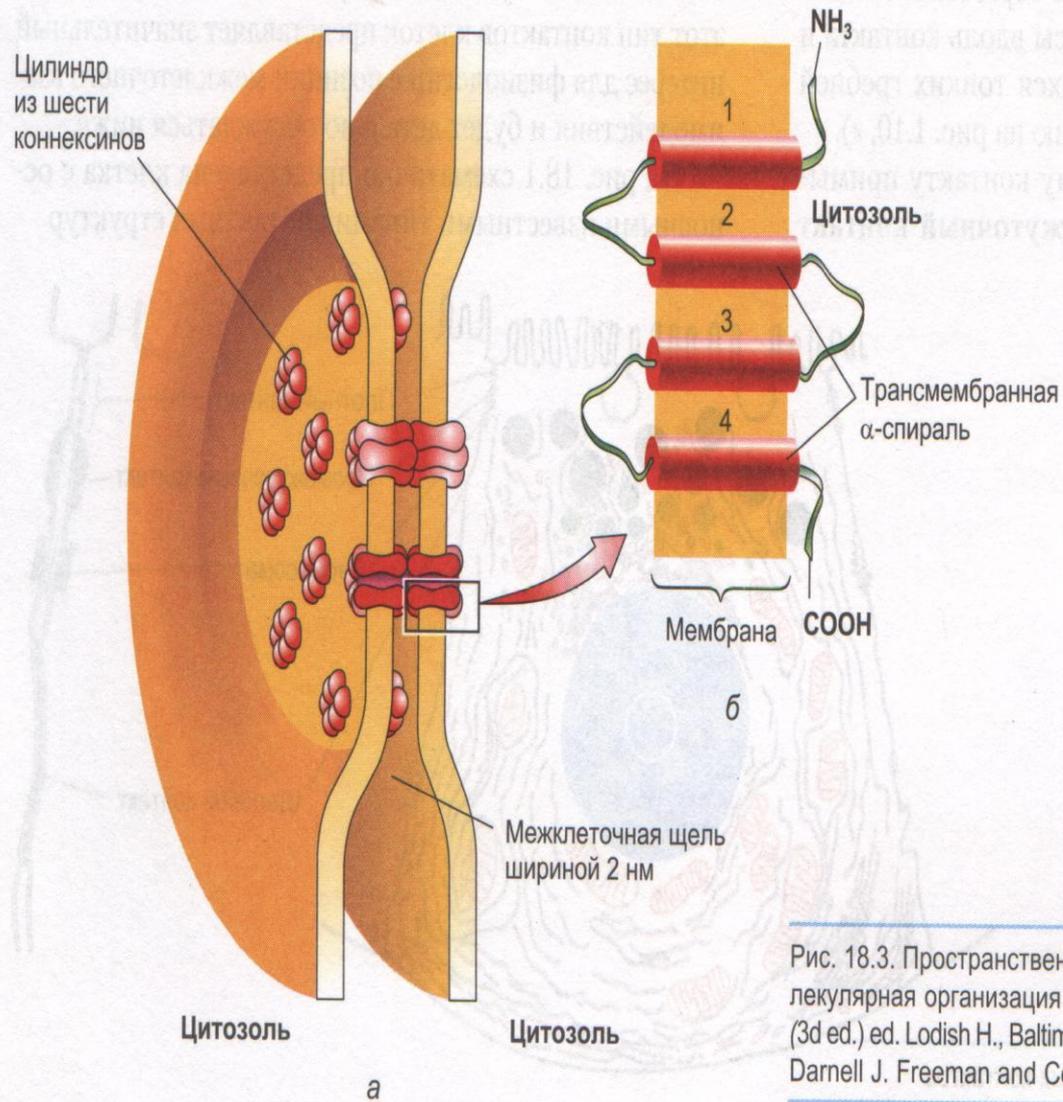
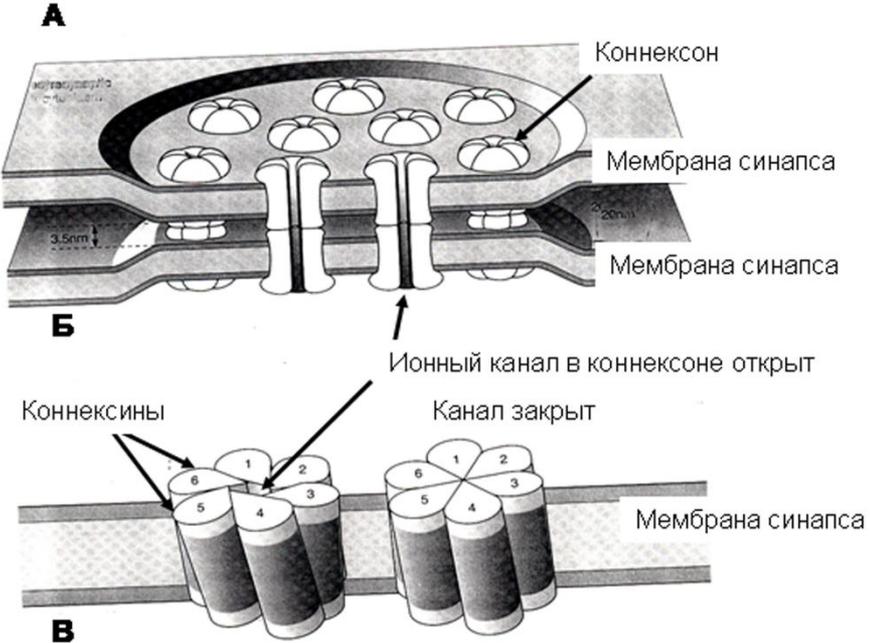
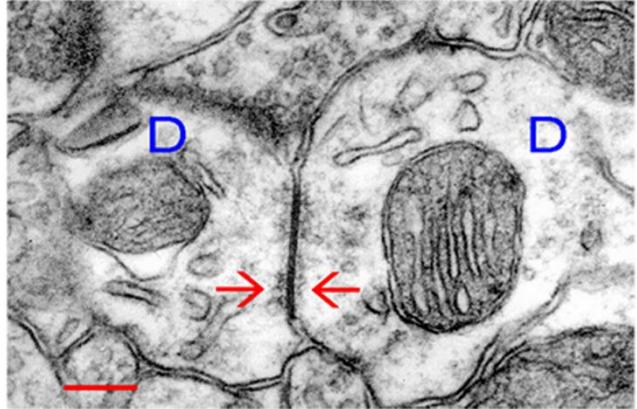
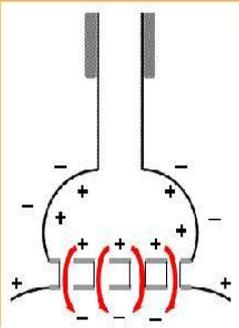


Рис. 18.3. Пространственная модель щелевого контакта (а) и молекулярная организация коннексина (б) (по *Molecular cell biology* (3d ed.) ed. Lodish H., Baltimore D., Berk A., Zipursky S.L., Matsudaira P., Darnell J. Freeman and Company, N. Y., 1995)

Строение электрического синапса

•Механизм передачи возбуждения в электрическом синапсе

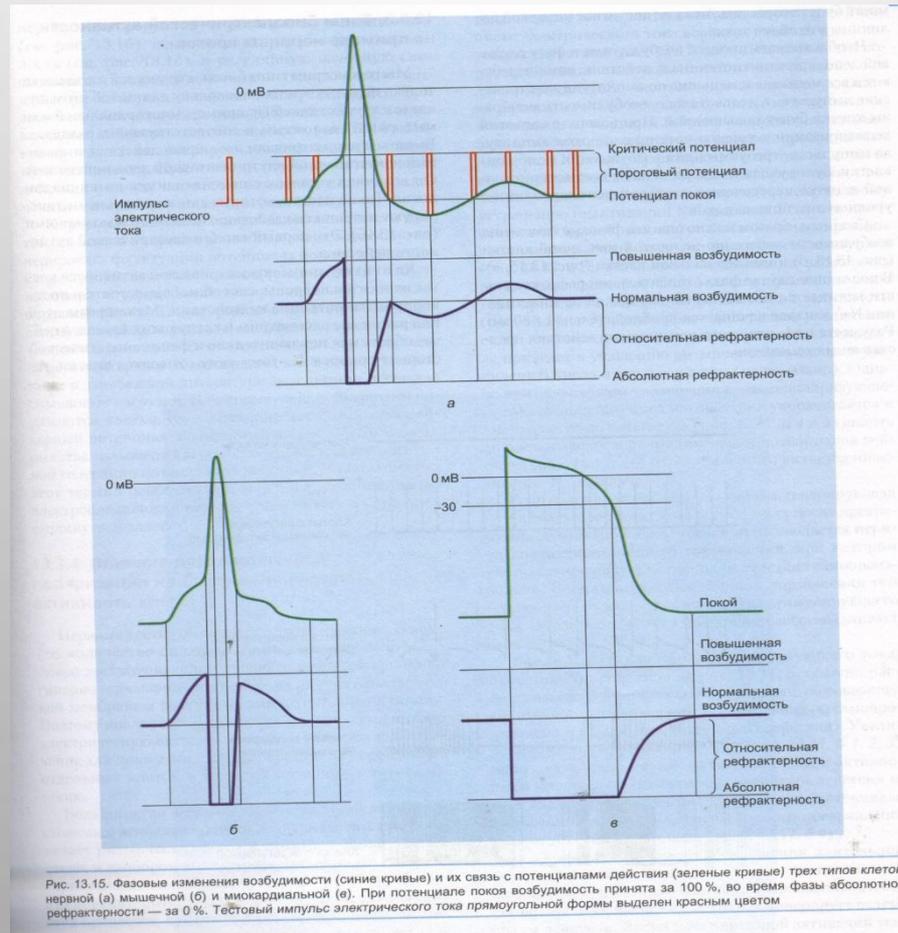
Аналогичен механизму проведения возбуждения в НВ. Во время развития ПД происходит реверсия заряда пресинаптической мембраны. Электрический ток, возникающий между пресинаптической и постсинаптической мембраной, раздражает постсинаптическую мембрану и вызывает генерацию в ней ПД (рис. 2)



https://myslide.ru/documents_3/61ef6e061d0902ce7e8d062e29de1cff/img28.jpg

Возбудимость. Абсолютный и относительный рефрактерный период

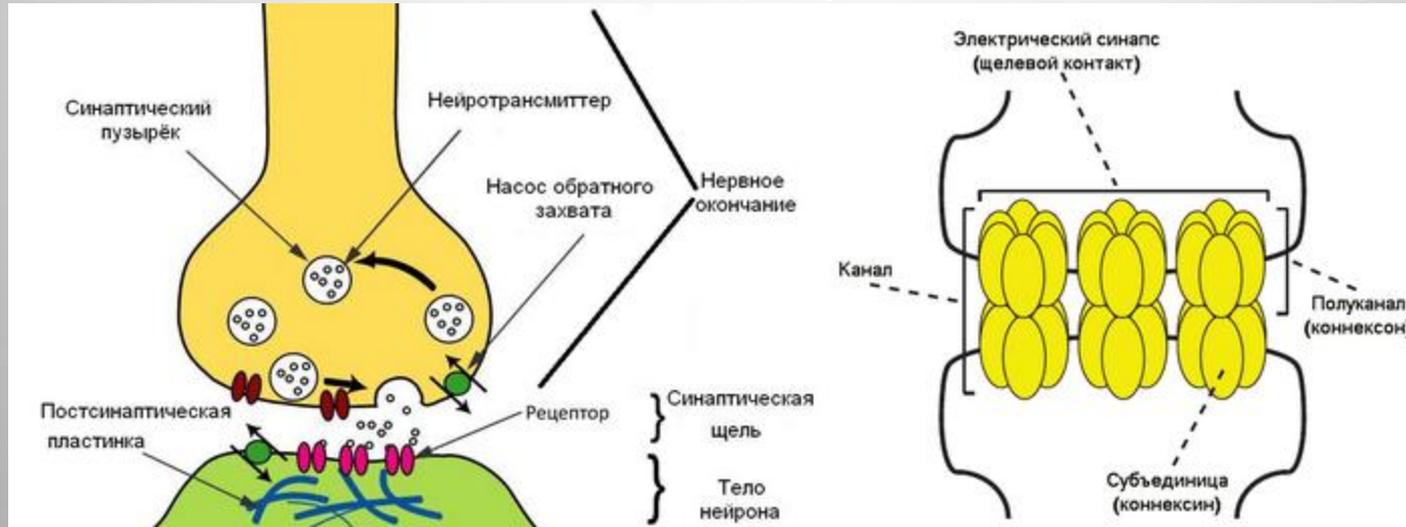
Абсолютный рефрактерный период — интервал, в течение которого возбудимая ткань не способна генерировать повторный потенциал действия, каким бы сильным ни был иницирующий стимул



Относительный рефрактерный период — интервал, в течение которого возбудимая ткань постепенно восстанавливает способность формировать потенциал действия. В ходе относительного рефрактерного периода стимул, более сильный, чем тот, который вызвал первый потенциал действия, может привести к формированию повторного потенциала действия

Общий план строения синапсов

https://elementy.ru/images/news/chemical_and_electrical_synapse_703.png



Химические синапсы:

- Одностороннее проведение сигнала
- Существует синаптическая задержка
- Обеспечивают развитие возбуждения и торможения в клетках
- Утомляемость (истощение запасов медиаторов)
- Низкая лабильность (100-125 имп/сек)

Электрические синапсы:

- Передача возбуждения в обе стороны
- Отсутствие синаптической задержки (быстрее, чем в химическом синапсе)
- Высокая надежность
- Проведение только возбуждающих стимулов
- не утомляемы

Абсолютная и относительная рефрактерность



Типы биоэлектрической активности нервных клеток

