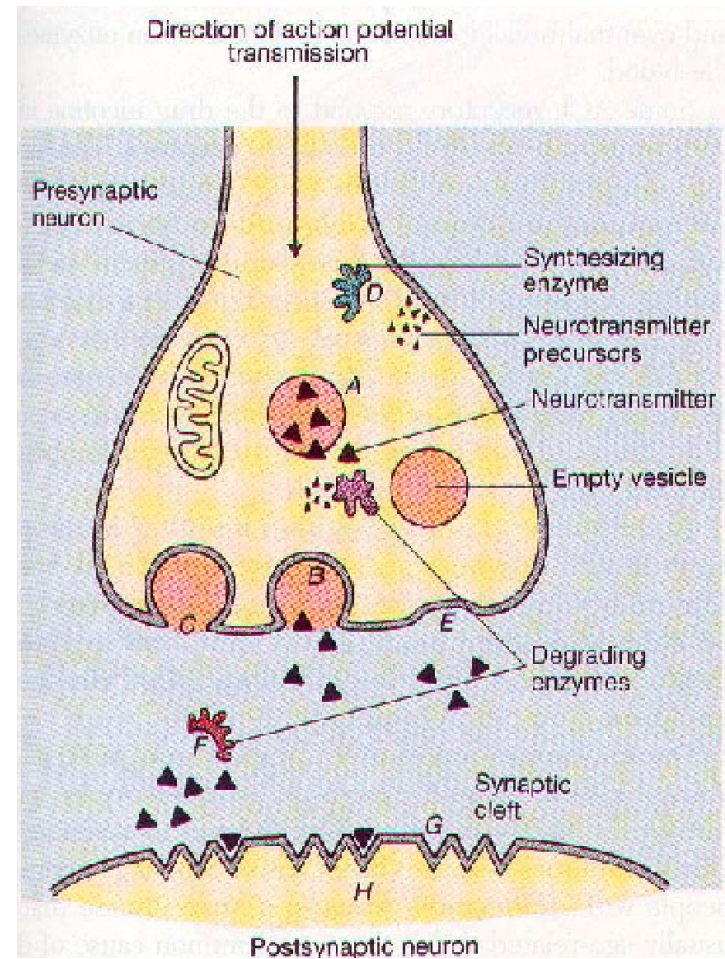
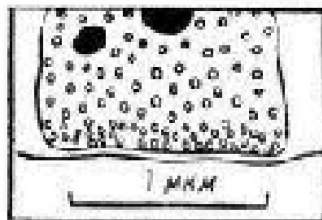
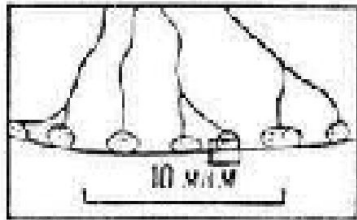
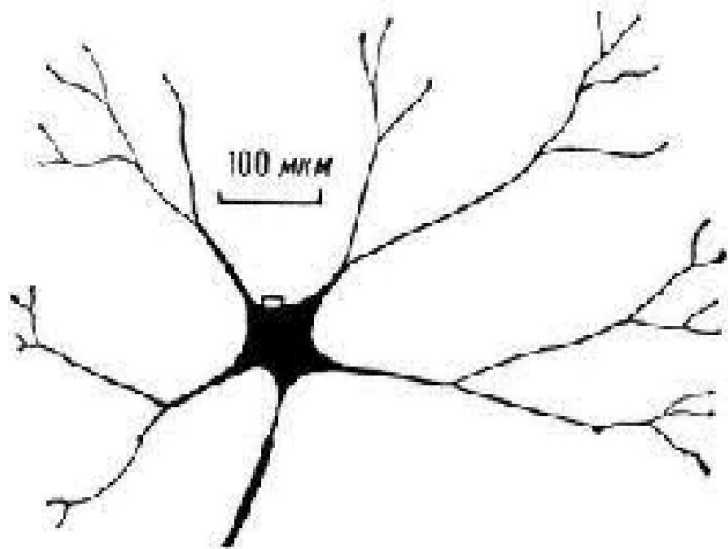
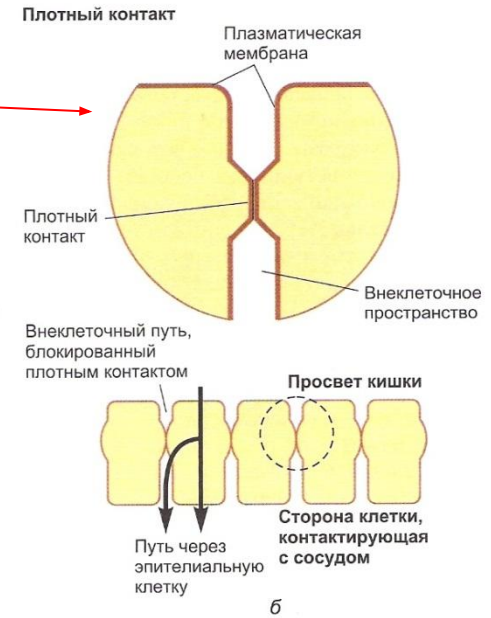


# Синапсы

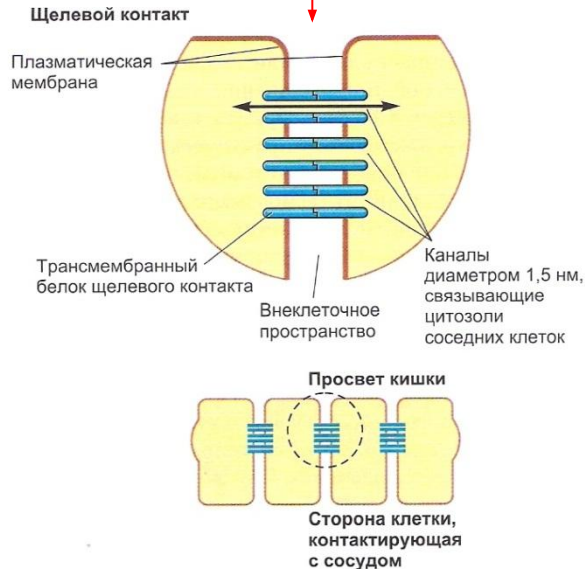
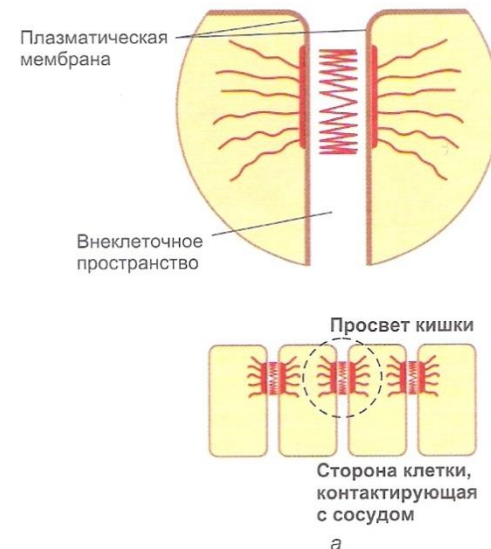


# Виды межклеточных контактов:

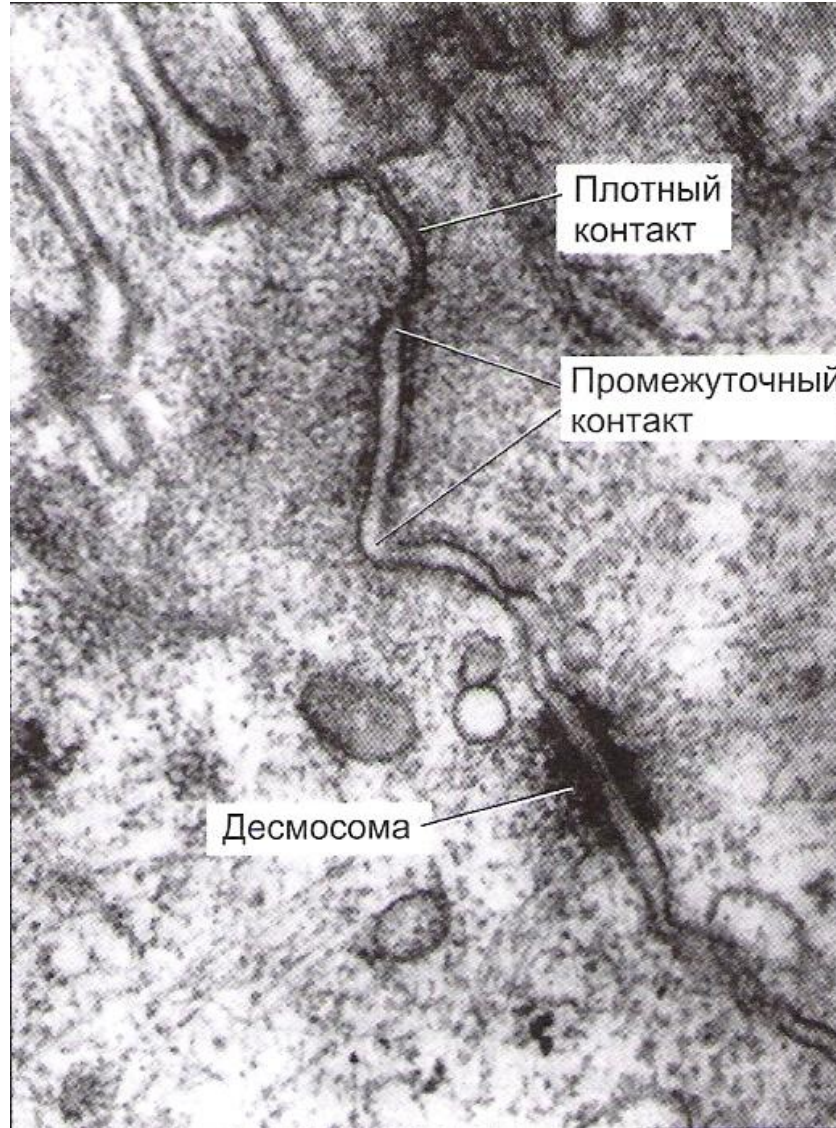
- Плотный контакт
- Промежуточный контакт
- Десмосома
- Щелевой контакт



Десмосома



# Фотография с электронного микроскопа контактов между клетками

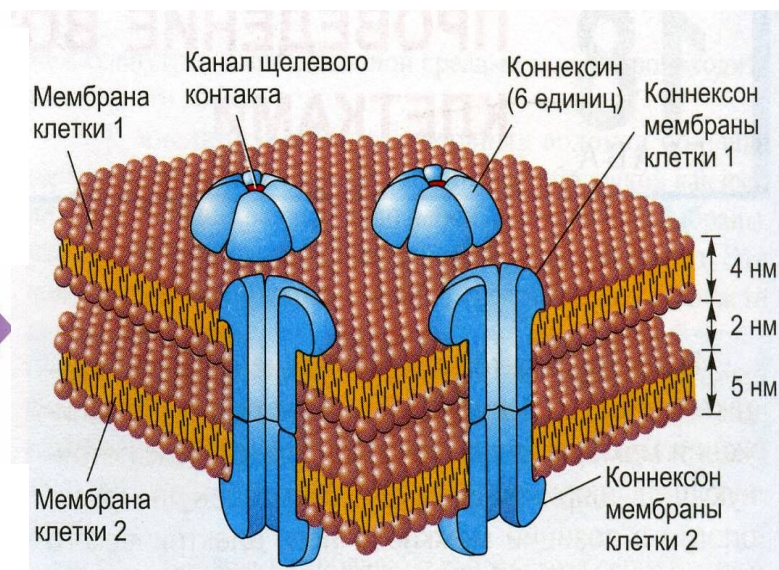
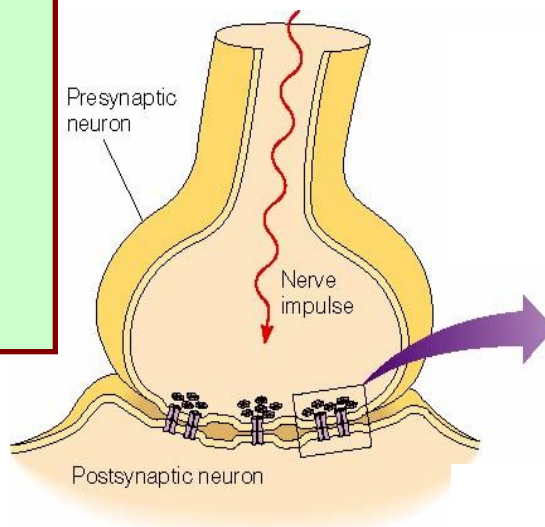




# Электрический синапс: прямая передача электрического возбуждения.

Электрические синапсы в организме человека:

- Сердечная мышца
- Нейроны ресничного ганглия
- Ядра продолговатого мозга



Основная область электрическ. синапса – «щелевой контакт», в котором мембраны клеток находятся на расстоянии 2 нм (хим. синапс – 20-30 нм).

В мембраны друг напротив друга встроены каналы-коннексоны (каждый состоит из 6 белков-коннексинов).

Через коннексоны легко движутся любые ионы, что позволяет ПД напрямую переходить с клетки на клетку.

# Механизм работы электрического синапса

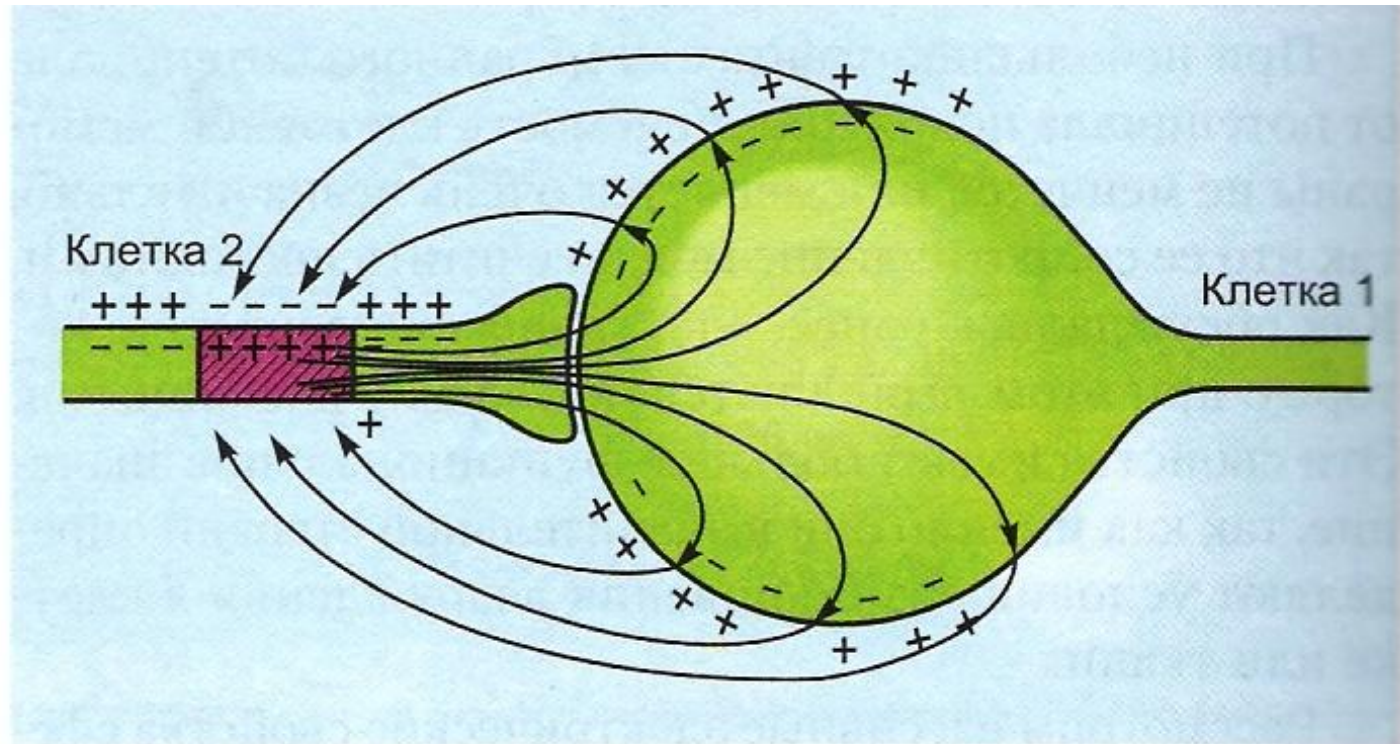
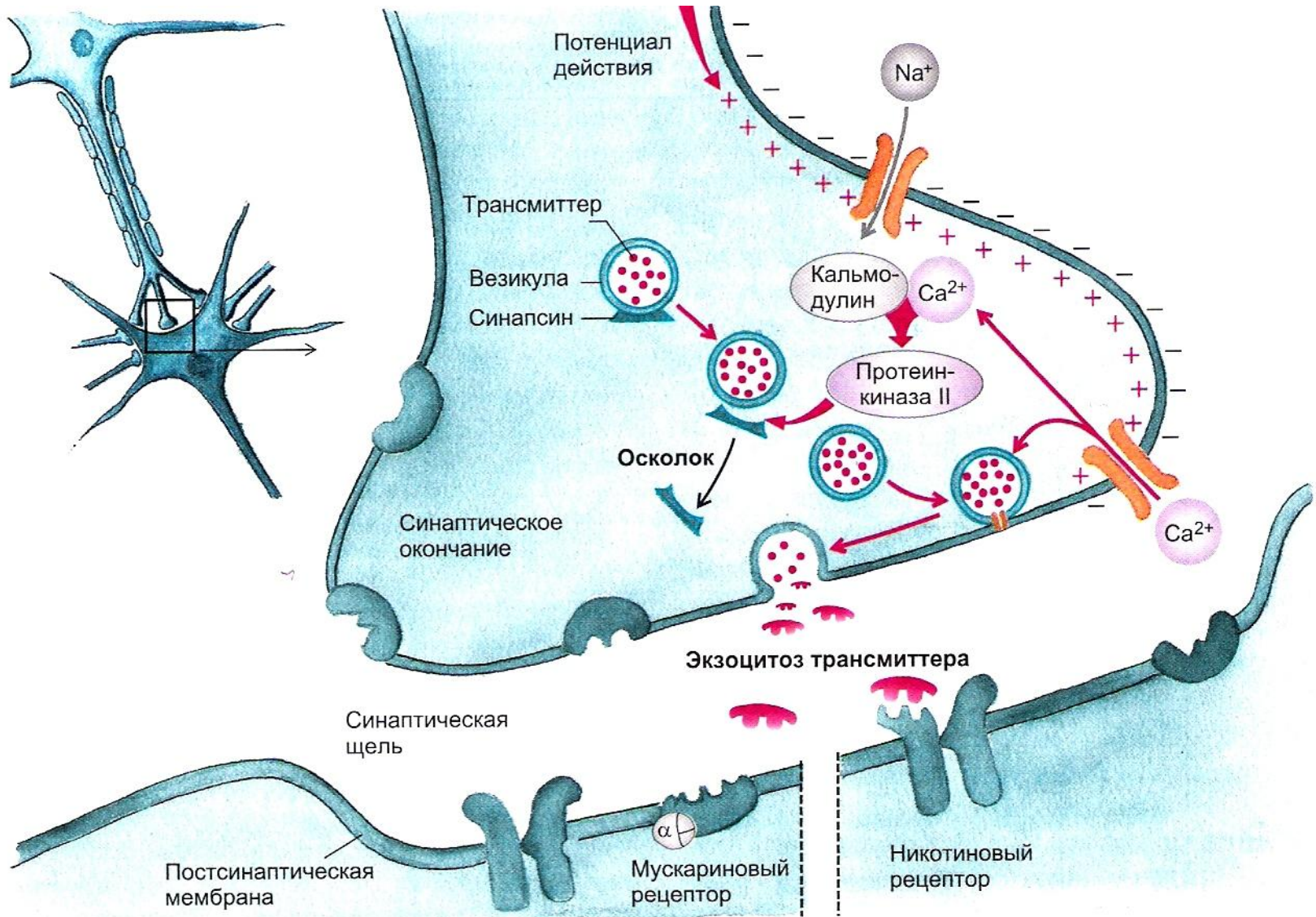


Рис. 18.7. Работа электрического синапса. Локальные круги тока, протекающего между деполяризованной и недеполяризованной областями, показаны стрелками



# Работа химического синапса



Главное «действующее лицо»  
в синаптической передаче –  
**медиатор.**


Медиатор проходит в синапсе  
полный «жизненный цикл»,  
включающий 4 этапа:



синтез и накопление в пресинаптическом окончании;

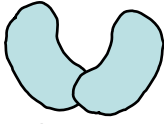
выброс в синаптическую щель при появлении ПД;

действие на рецепторы постсинаптической мембраны  
(запуск возбуждения или торможения постсинаптической клетки);

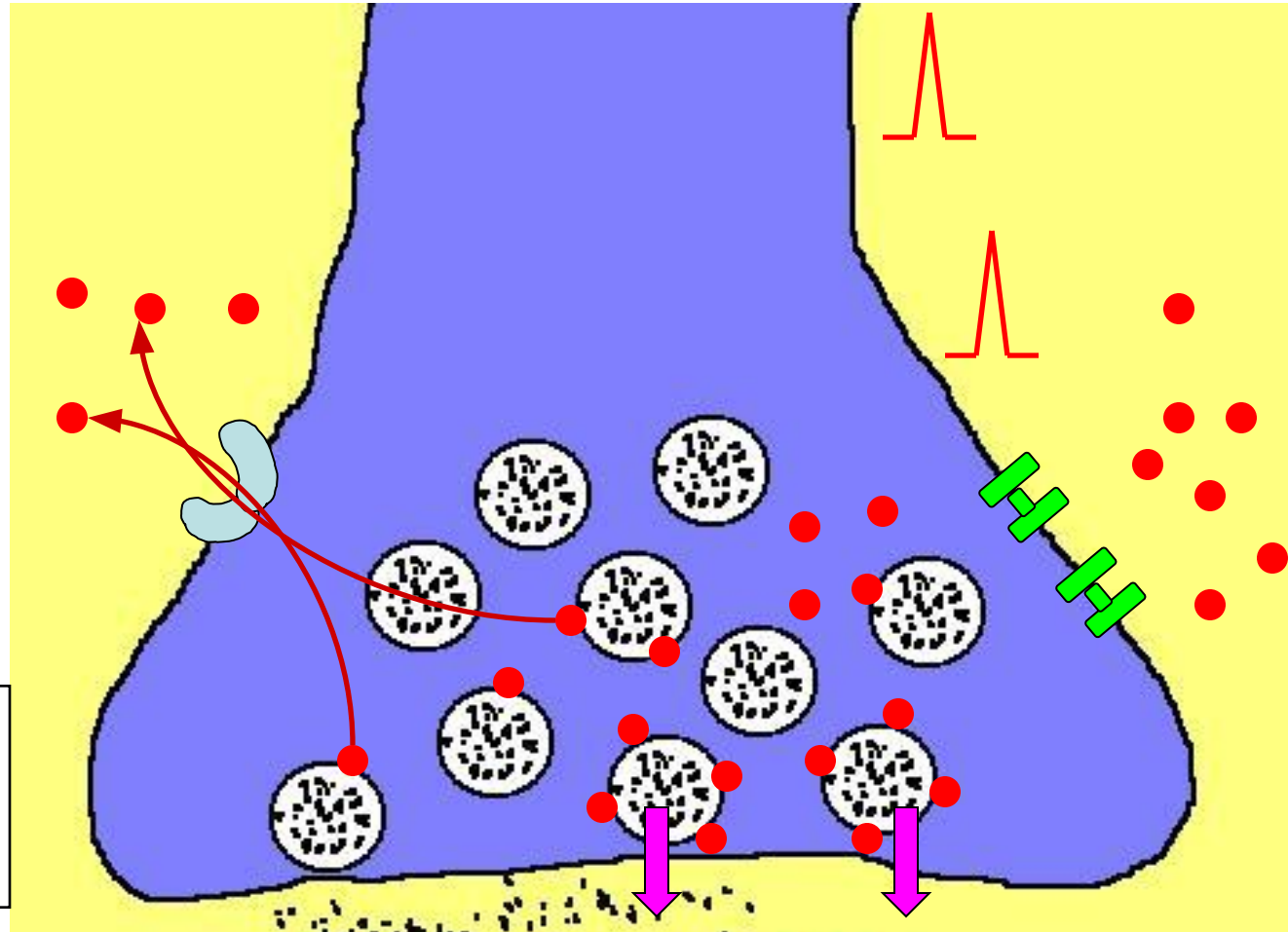
инактивация (прекращение действия медиатора на рецептор).

Выброс (экзоцитоз) медиатора в синаптическую щель происходит после появления ПД, который вызывает открывание электрочувствительных  $\text{Ca}^{2+}$ -каналов  (примерно на 2-3 мс).

В результате в пресинаптическое окончание успевает войти несколько сот ионов  $\text{Ca}^{2+}$  , которые активируют белки, запускающие экзоцитоз. Для экзоцитоза  одной везикулы требуется несколько (не < 4-х) ионов  $\text{Ca}^{2+}$ .

Особые белки-насосы  быстро удаляют  $\text{Ca}^{2+}$  из пресинаптического окончания (как в случае клеток сердца), иначе выброс медиатора не прекратится.

Приход одного ПД в среднем вызывает выброс содержимого примерно 50 везикул.

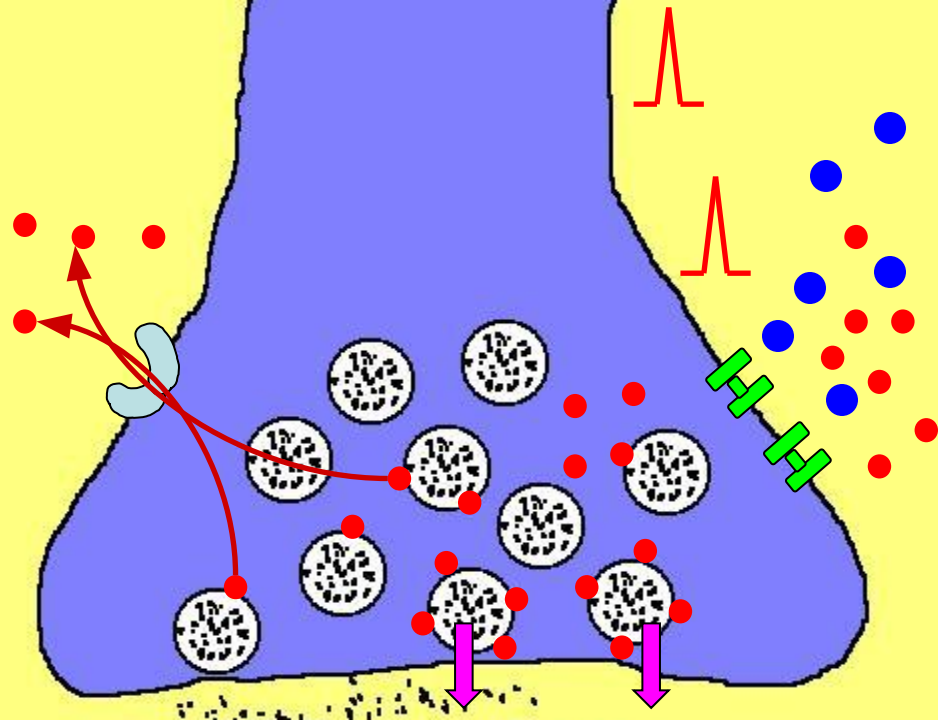




## Несколько дополнений:

Увеличение концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  в межклеточной среде ведет к его более активному входу в пресинаптическое окончание и росту выброса медиатора ( $\text{CaCl}_2$  = хлорид кальция – мягкий стимулятор работы нервных и мышечных клеток, сердца).

Ионы  $\text{Mg}^{2+}$  способны проникать через  $\text{Ca}^{2+}$ -каналы, но не активируют белки, запускающие экзоцитоз. Добавка  $\text{Mg}^{2+}$  в среду ведет к снижению входа  $\text{Ca}^{2+}$  и падению выброса медиатора ( $\text{Mg}^{2+}$  конкурирует с  $\text{Ca}^{2+}$  за вход в окончание аксона;  $\text{MgSO}_4$  = магнезия – тормозит работу синапсов и сердца, снижает тонус сосудов).



Бактерия ботулизма – почвенный микроб, анаэробный (не выносит  $\text{O}_2$ ). Ее токсин блокирует белки, отвечающие за экзоцитоз; отравление (если бактерия оказалась в консервах) ведет к слепоте, параличам и смерти. Но БОТОКС используют в клинике и косметологии (блокада нервно-мышечных синапсов, снятие спазма мышц).

# Сравнение электрического и химического синапсов

<b>Свойство</b>	<b>Электрический синапс</b>	<b>Химический синапс</b>
Ширина синаптической щели	Небольшая (около 2 нм)	Широкая (около 20 нм)
Направление передачи сигнала	Возможно в обе стороны	Только от пре- к постсинаптической мембраны
Физиологический эффект	Только возбуждение	Возбуждение и торможение
Скорость передачи информации	Высокая	Есть синаптическая задержка
Точность передачи информации	Низкая	Высокая (строго по "химическому адресу")
Пластичность	Отсутствует	Есть (основа обучения, памяти)
Чувствительность к температуре	Нет	Есть

# Последовательность событий, происходящих в синапсе

- распространение ПД по аксону
- деполяризация пресинаптической мембраны
- вход ионов  $Ca^{2+}$  и экзоцитоз содержимого пузырьков
- медиатор попадает в щель
- действие медиатора на белки-рецепторы
- деполяризация (или гиперполяризация) постсинаптической мембраны
- запуск ПД в следующей клетке

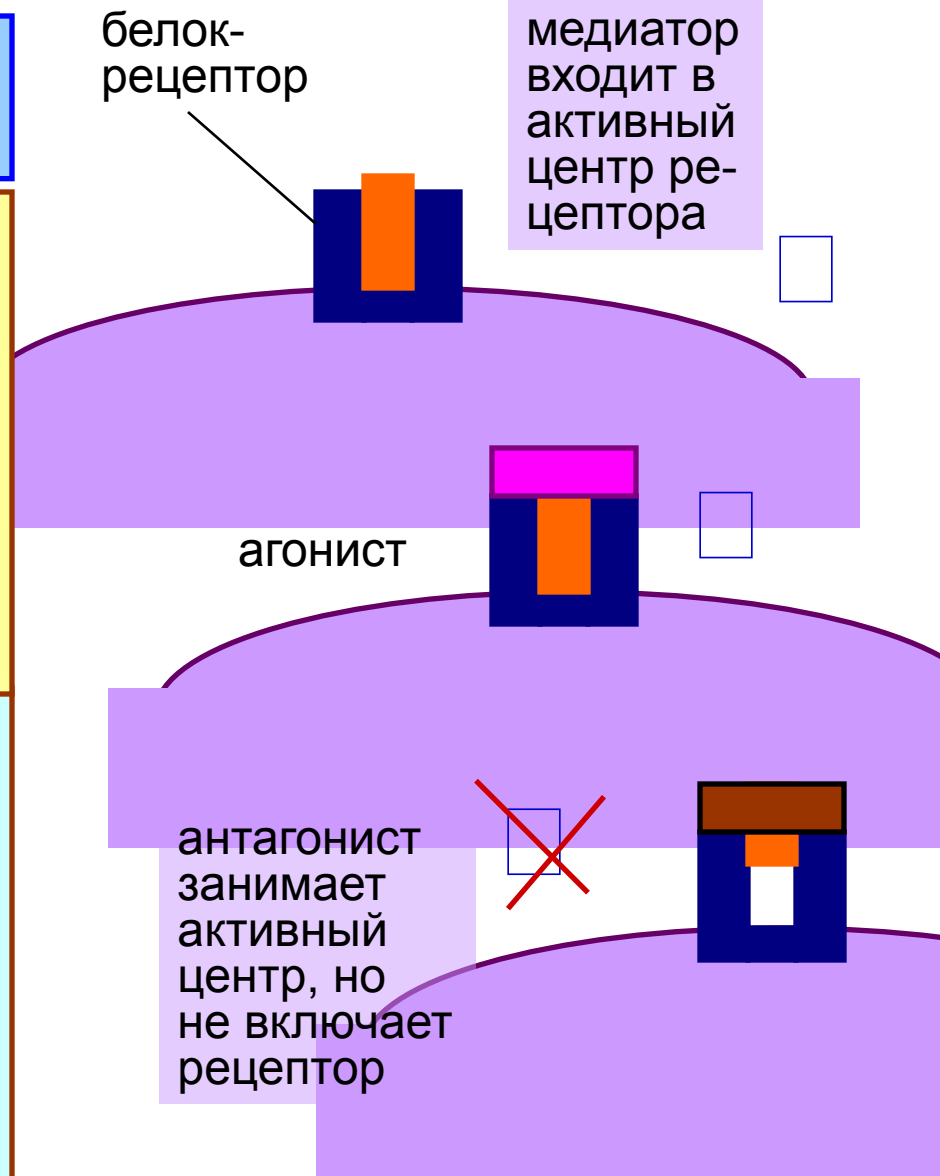


## Введем понятия агонистов и антагонистов медиаторов.

**Агонист:** вещество, действующее как медиатор; обычно – сильнее и длительнее. Молекула состоит из ключевой и защитной частей. Ключевая часть сходна с медиатором и включает рецептор, защитная часть мешает работать системам инактивации.

**Антагонист:** вещество, противодействующее эффектам медиатора. Молекула состоит из защитной части и неполной ключевой части. Последняя из них занимает активный центр рецептора, но не включает его, работая как «сломанный» ключ и мешая медиатору.

Антагонисты и агонисты – вещества, поступающие в организм извне. Многие из них – токсины, которые возникли в ходе эволюции растений для защиты от животных. Как следует разбавив их, человек получает лекарственные препараты; не разбавив – яды и наркотики.



# Передача сигнала от нервной системы к мышцам

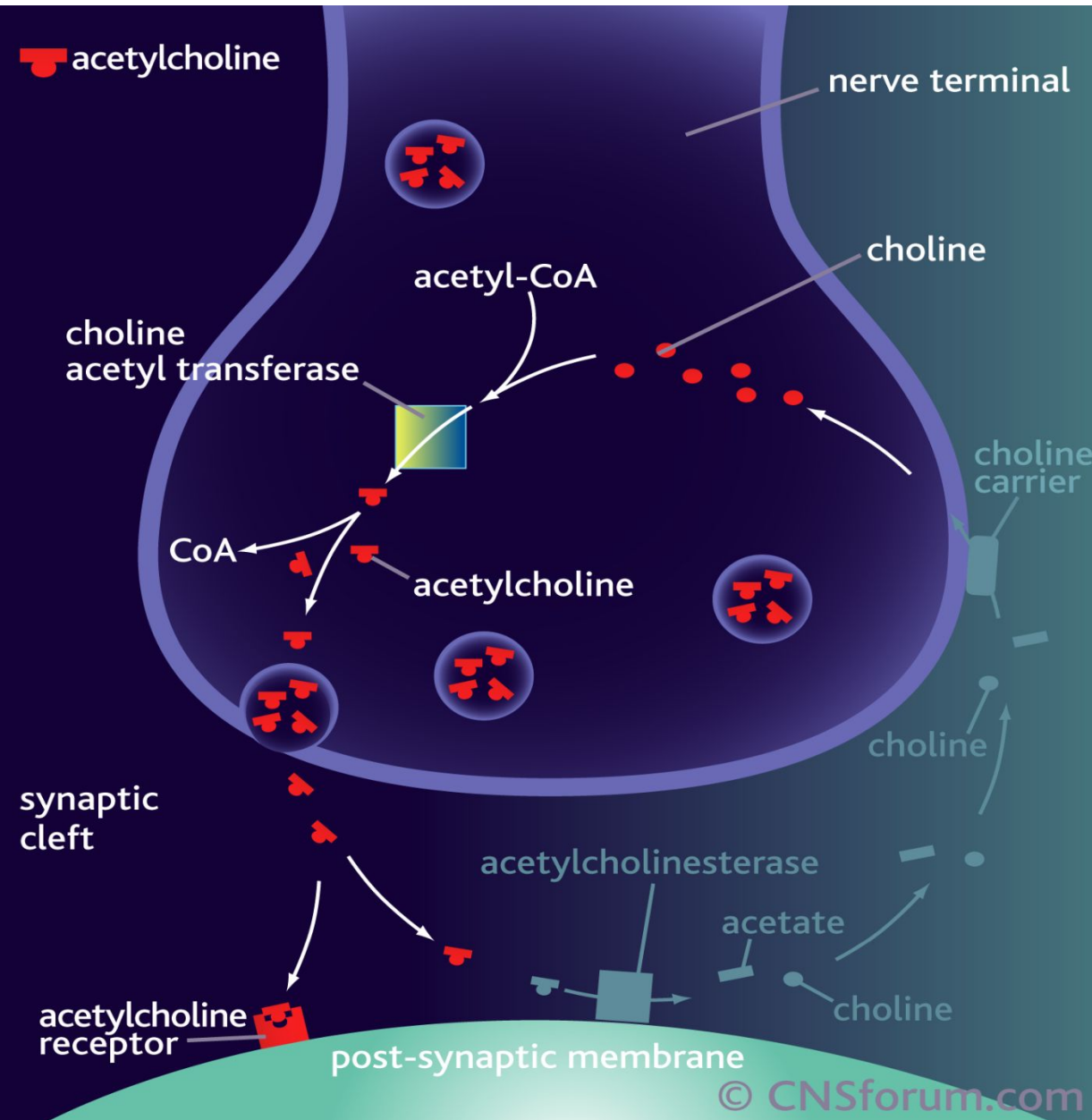


**Нервно-мышечный синапс**  
(концевая пластинка) –  
типичный химический синапс,  
главный медиатор -  
ацетилхолин

Два типа рецепторов к ацетилхолину

**Н** – никотиновые  
ионотропные

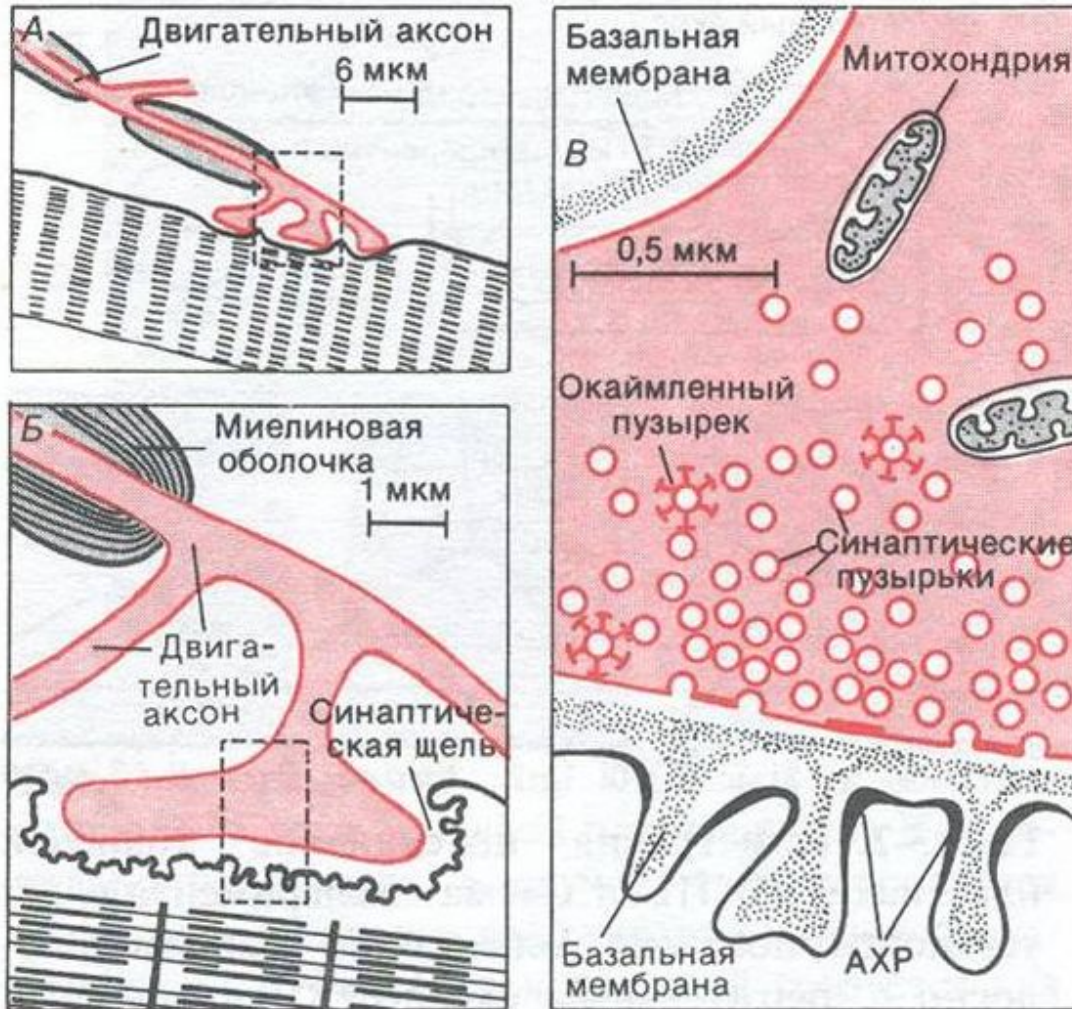
**М** – мускариновые  
метаботропные



## Жизненный цикл ацетилхолина в синаптическом окончании

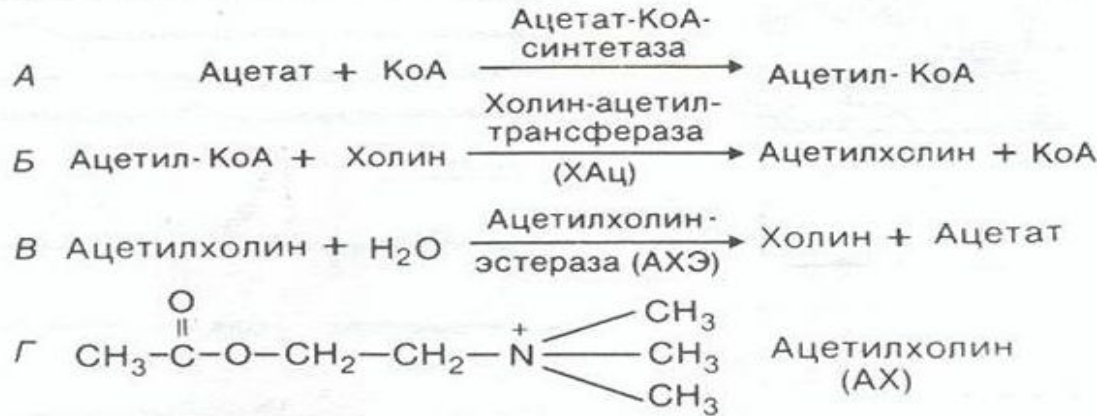


# Нервно-мышечный синапс

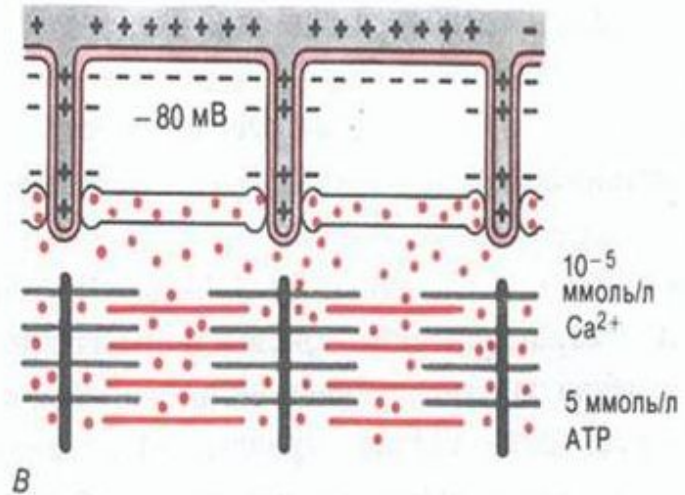
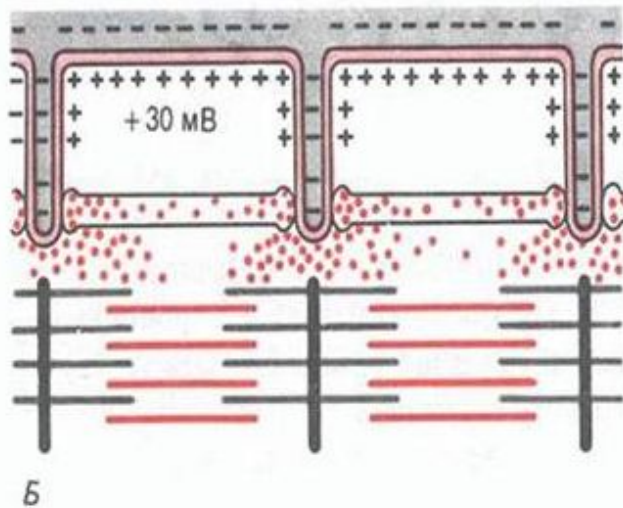
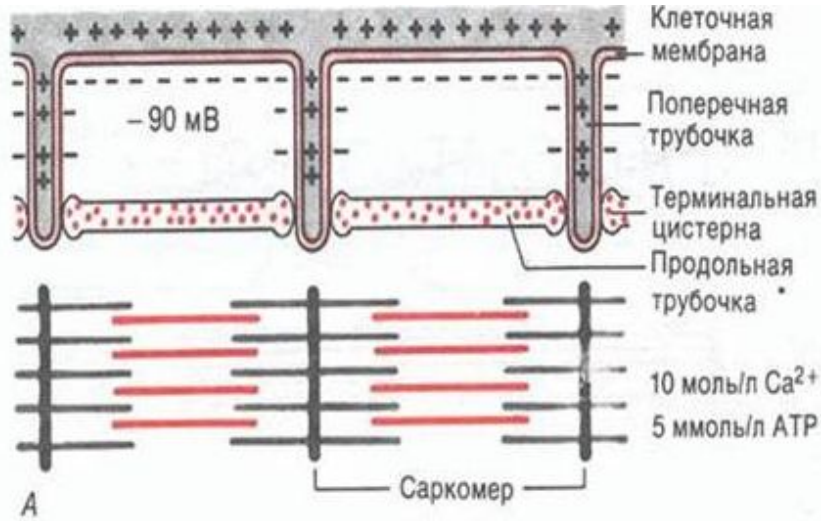


Нервно-мышечный синапс  
(концевая пластинка)

# Цикл ацетилхолина в нервно-мышечном синапсе



# Механизм мышечного сокращения





# Механизм мышечного сокращения (продолжение)

