

# **Лекція 3**

**Тема: Нервово-м'язова  
передача**

- ✓ **Нервово-м'язове сполучення** – це спеціалізований вид синапсу між закінченнями рухового нейрона (мотонейрона) і ендомізієм м'язових волокон.
- ✓ Кожне м'язове волокно має спеціалізовану ділянку – рухову кінцеву пластинку (КП), де аксон мотонейрону розгалужується і відбувається синаптична передача.



**Рис. 1. Розгалуження моторного нейрона на поверхні м'язових волокон**

# Функції нервово-м'язових синапсів

- ✓ Однобічність передачі.
- ✓ Посилення.
- ✓ Адаптація, або акомодація.
- ✓ Гальмування.
- ✓ Сумація.
- ✓ Дискримінація.
- ✓ Рефрактерні фази міоневрального апарату довші, ніж у нерва.
- ✓ Полегшення проведення збудження.

**Розвиток нервово-м'язових  
сполучень у хребетних в  
онтогенезі.**

# **Виділяють чотири основних механізми взаємодії між м'язом і нервом, що призводять до диференціювання нервово-м'язових синапсів.**

- ✓ Виділення медіатору АХ впливає на розподіл холінорецепторів.
- ✓ Пресинаптичне закінчення виділяє певні поліпептиди, що зумовлюють щільне розміщення молекул холінорецепторів у постсинаптичній мембрані.
- ✓ Морфологічна диференціація і розвиток м'язового волокна здійснюється після встановлення синаптичного контакту під впливом постсинаптичної ділянки і цитоплазми м'язової клітини, молекул позаклітинного середовища.
- ✓ Аксональна взаємодія. Спочатку м'язове волокно отримує аксони від декількох мотонейронів – полінейрональна інервація. В процесі розвитку нервово-м'язового сполучення усі синапси, крім синапсів якогось одного мотонейрона, ліквідуються.

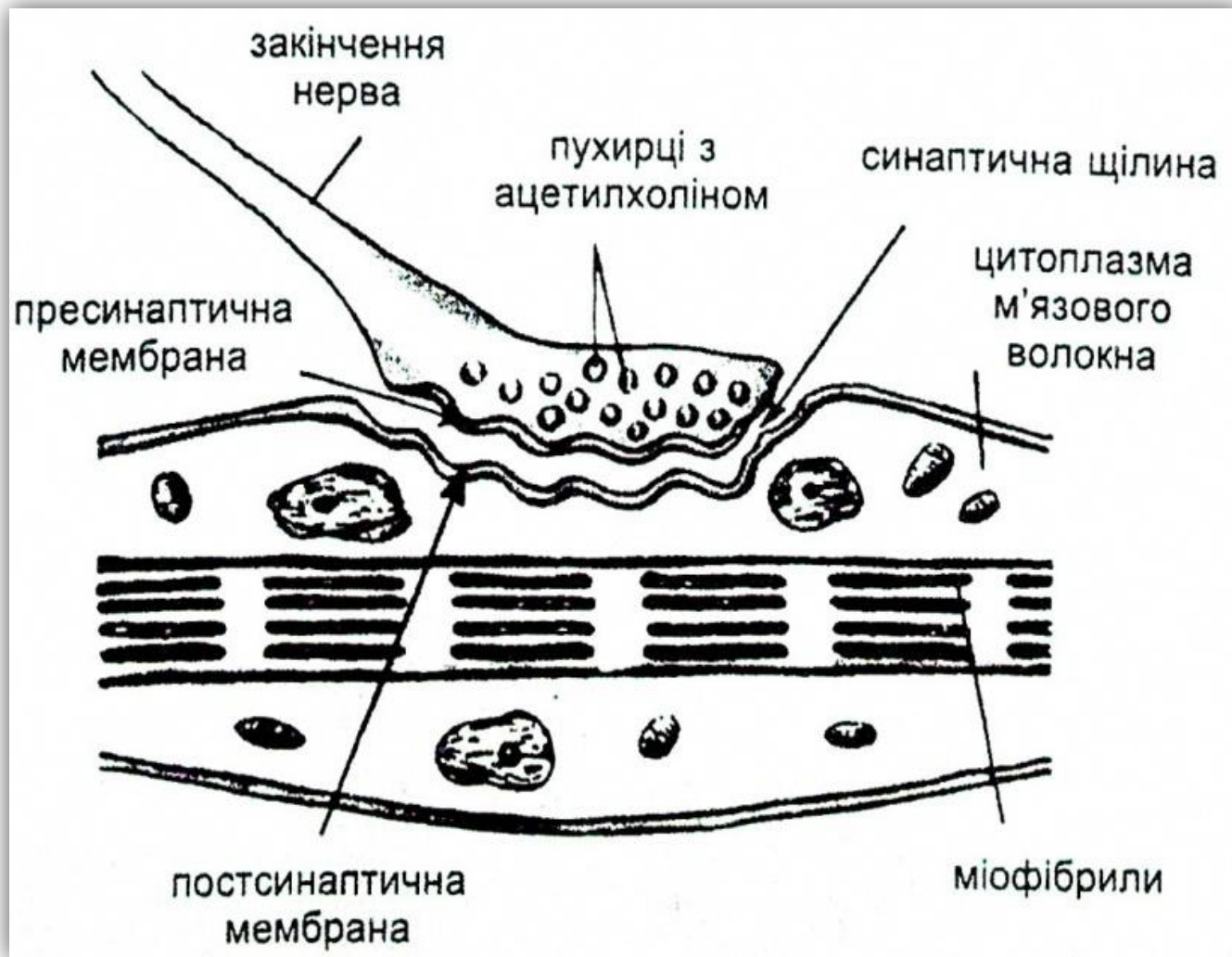
**Тонка будова нервово-м'  
язового синапсу скелетного м'  
язу.**



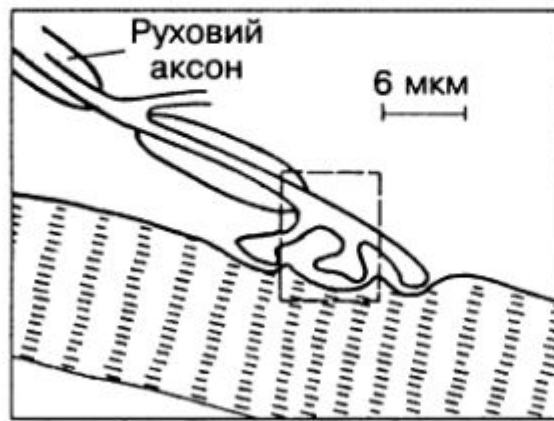
**Рис. 2.**  
**Мікрофотографія**  
**нервово-м'язового**  
**сполучення**  
**людини.**

Ах – закінчення аксону;  
\* - шваннівська клітина  
(леммоцит); MN – ядро м'  
язового волокна; MF -  
поверхнева міофібрила.  
Стрілкою показана первинна  
синаптична щілина.

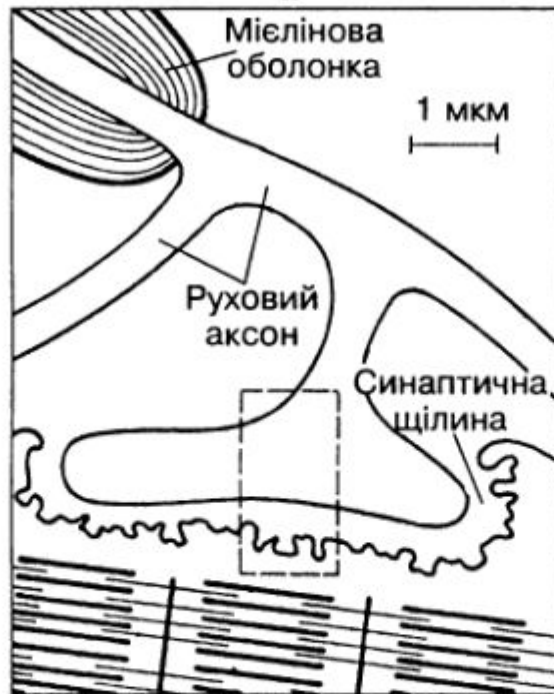




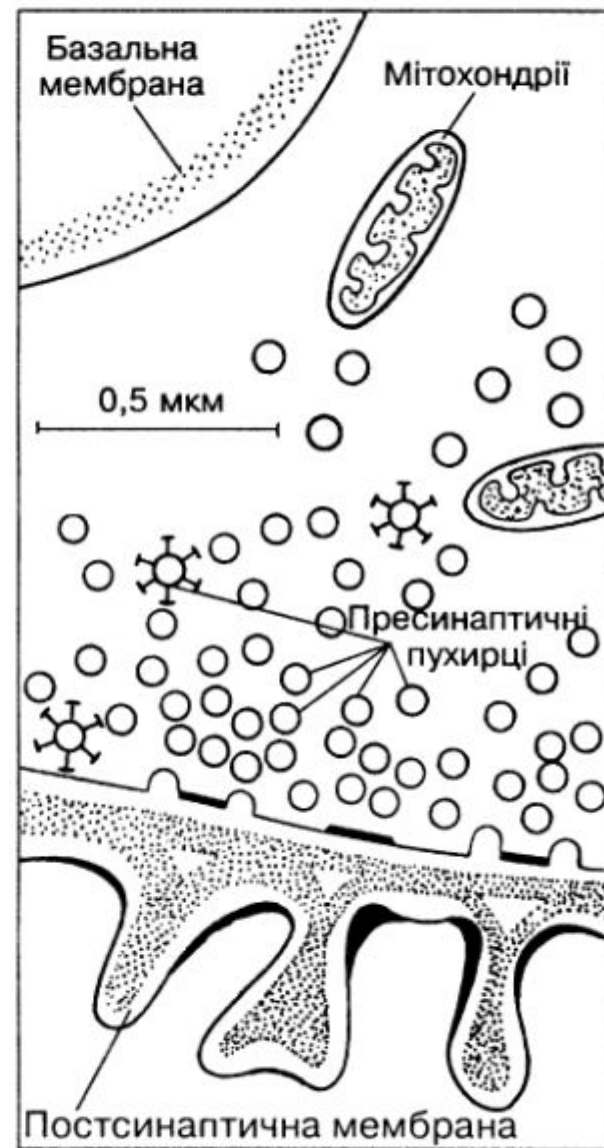
**Рис. 3. Схема будови нервово-м'язового синапсу**



*a*



*б*



*в*

**Рис. 4. Нервово-м'язовий контакт (хімічний синапс): *a, в* – поступове збільшення фрагмента обведено рамкою на позиції *a***

У 1936 р. Дейлом, Фельдбергом і Фогтом було встановлено, що передатчиком збудження у нервово-м'язових синапсах є ацетилхолін.

Він задовільняє основним умовам нейротрансмітера:

- ✓ 1) виділяється при збудженні пресинаптичних волокон;
- ✓ 2) відтворює ефект синаптичної передачі, якщо його застосовано ззовні;
- ✓ 3) блокатори синаптичної передачі блокують і дію ацетилхоліну;
- ✓ 4) пресинаптичні нейрони містять ацетилхолін, а також ферментативний механізм його синтезу;
- ✓ 5) у синапсі і у оточуючих структурах є механізм для інактивації ацетилхоліну.

# Синтез ацетилхоліну.

- ✓ АХ синтезується у холінергічних нейронах у результаті реакції між холіном і ацетилкоферментом А:



- ✓ Реакція каталізується ферментом холінацетилтрансферазою.
- ✓ Ацетилхолін синтезується у сомі нейрона і транспортується аксонним транспортом, а також безпосередньо у пресинаптичних закінченнях.

# Виділення ацетилхоліну.

- ✓ Елементарна одиниця кількості нейротрансмітера отримала назву квант.
- ✓ У 1956 р. Дель-Кастільо і Кац запропонували гіпотезу, згідно якої синаптичні пухирці містять кванти ацетилхоліну.
- ✓ Ця гіпотеза отримала експериментальні підтвердження:
  - 1) АХ у найбільшій концентрації міститься саме у синаптичних пухирцях;
  - 2) встановлено, що пухирці відкриваються прямо у синаптичну щілину – явище екзоцитозу.
  - 3) у синаптичному пухирці міститься один квант АХ, а також АТФ, макромолекулярний компонент везикулін, білок актин.

# Гіпотези виділення ацетилхоліну

- ✓ АХ може виділятися у синаптичну щілину і безпосередньо з позапухирцевого простору нервового закінчення – “неквантове” виділення АХ.
- ✓ Існує також і “операторна” гіпотеза виділення АХ. Згідно цій гіпотезі у мембрану пресинаптичного закінчення зсередини вбудовані дискретні “оператори” (молекулярні структури). Кожний такий “оператор” може перенести з аксоплазми назовні один квант нейротрансмітера.

# Процес виділення АХ є короткочасним і обмежується у часі такими факторами:

- ✓ 1) йони кальцію швидко зв'язуються із внутріклітинними органелами – мітохондріями і ендоплазматичним ретикулумом;
- ✓ 2) інактивація кальцієвих каналів у пресинаптичній мембрані;
- ✓ 3) активний транспорт йонів кальцію з клітини.

# Феномени пов'язані з процесами виділення АХ:

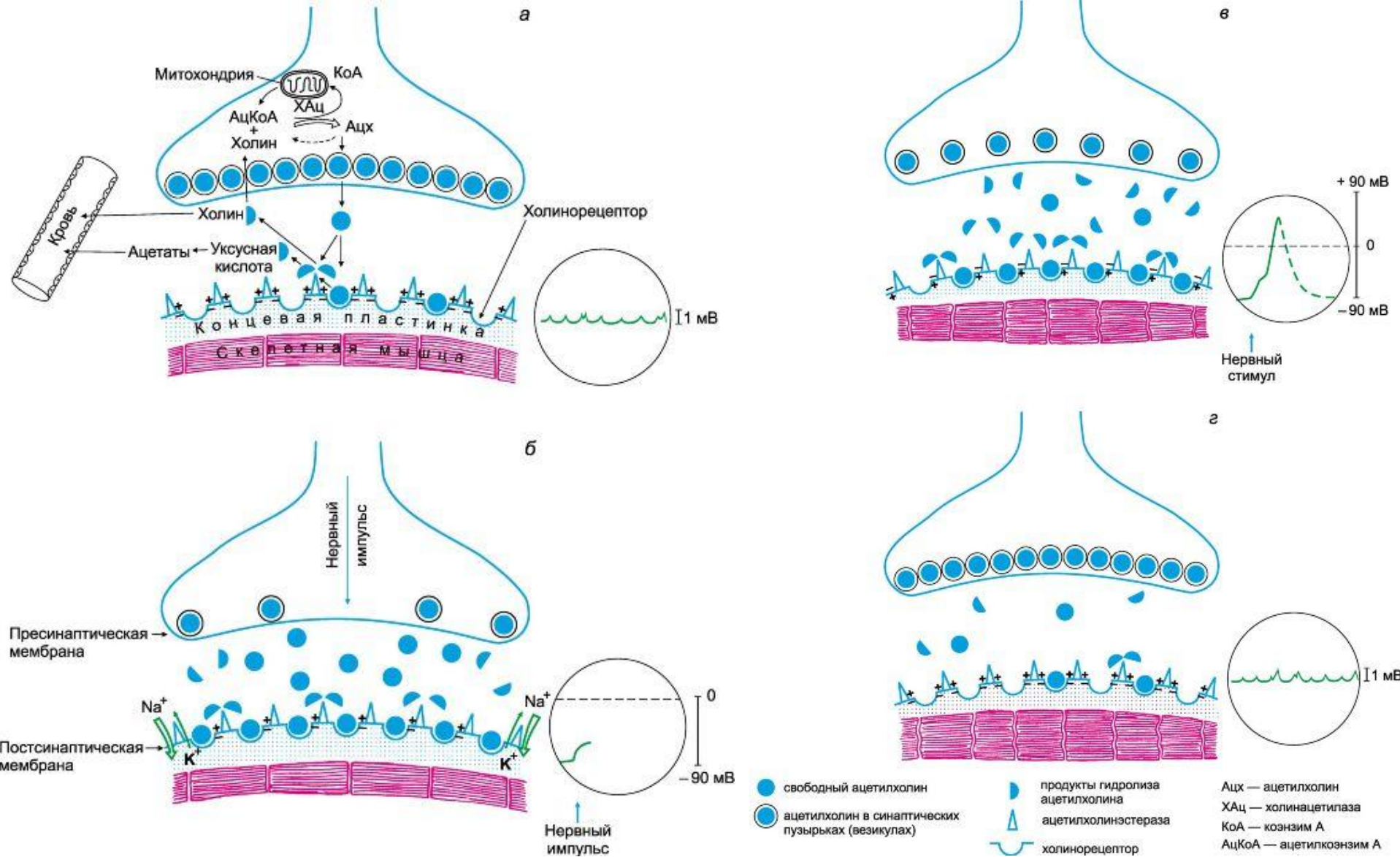
- ✓ 1) Н.Є. Введенський встановив, що при зростанні частоти ритмічної стимуляції нерва нервово-м'язова передача припиняється, хоча нерв продовжує проводити збудження. Цей феномен дістав назву гальмування Введенського. Основною причиною припинення передачі є швидке виснаження запасів АХ, а значить і квантів, що виділяються у синаптичну щілину.
- ✓ 2) Поодинокі подразнення, що завдане відразу після закінчення ритмічної стимуляції, викликає сильнішу постсинаптичну відповідь, ніж при завданні його до ритмічної стимуляції. Це явище посттетанічної потенціації. Припускається, що причина зростання квантового складу КП – накопичення йонів кальцію у пресинаптичному нервовому закінченні.



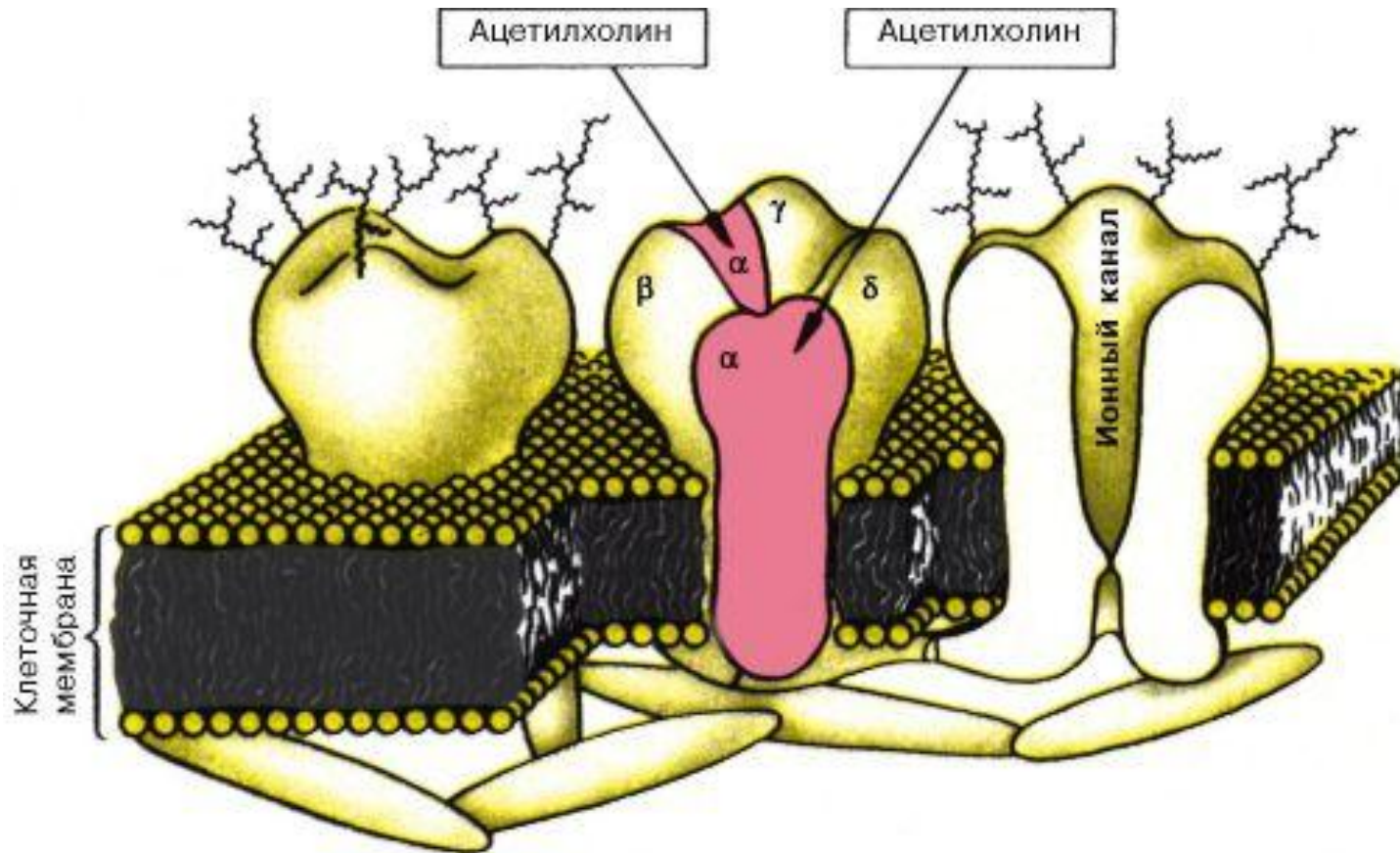
# Взаємодія нейротрансмітера (АХ) із синаптичними рецепторами.

Кастільо і Катц (1957) запропонували розглядати взаємодію між АХ з холінорецепторами постсинаптичної мембрани як таку, що відбувається у два послідовних етапи:

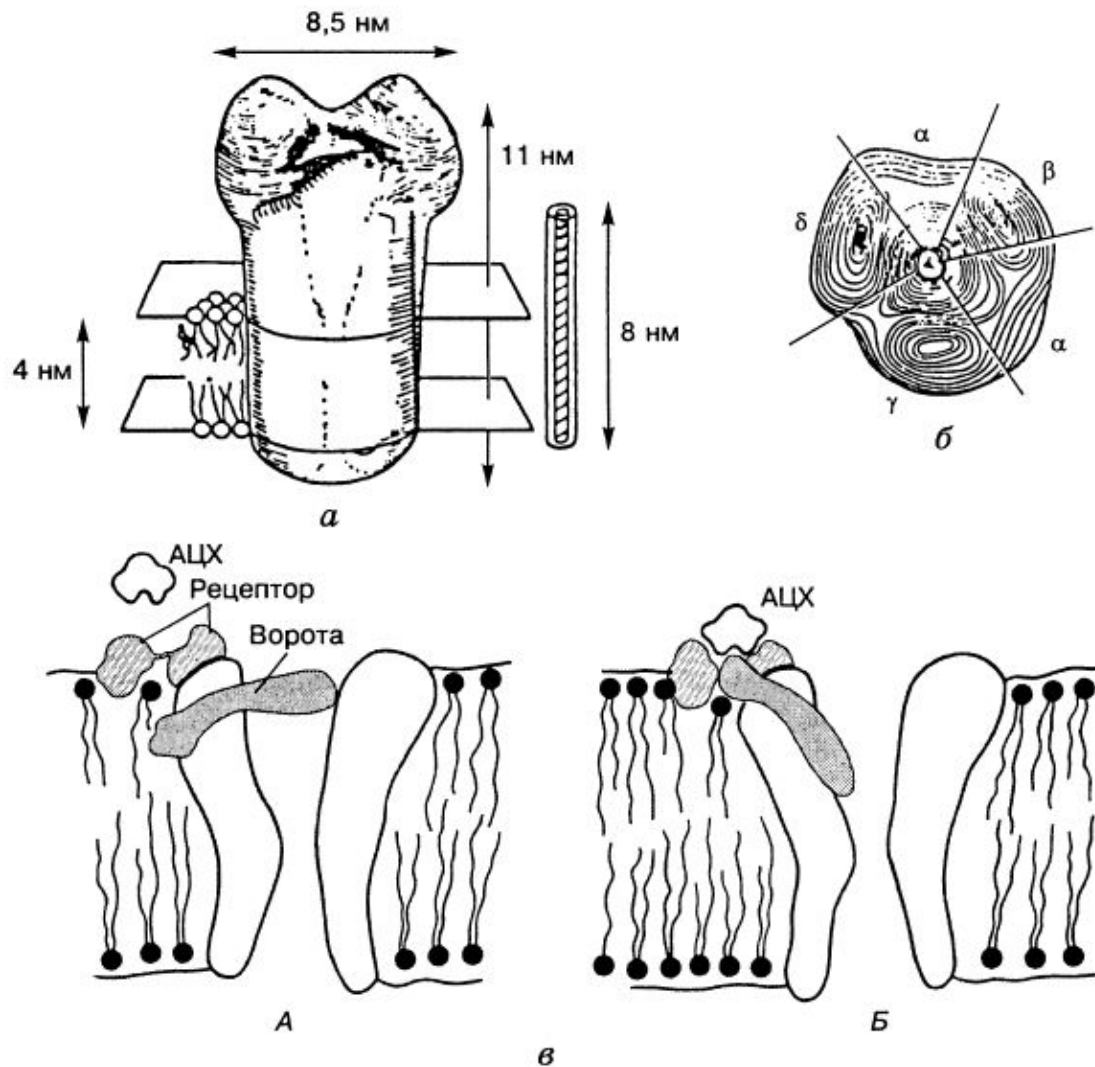
- ✓ 1) АХ, пов'язуючись з холінорецептором, утворює комплекс АХ-ХР із закритим йонним каналом;
- ✓ 2) стадія ізомеризації – унаслідок структурних змін цього комплексу йонний канал стає відкритим. Модель такої взаємодії АХ і ХР отримала назву послідовної моделі. При тривалому, як неперервному, так і дискретному впливові ацетилхоліну на холінорецептори останні переходять у “рефрактерний” стан. Їх повторна активація стає неможливою – спостерігається явище десенситизації холінорецепторів. Існує дві думки щодо молекулярного механізму десенситизації: 1) зміна спорідненості холінорецепторів до ацетилхоліну; 2) рефрактерність механізму воріт йонного каналу холінорецептору.



**Рис. 5. Взаємодія нейротрансміттера (АХ) із синаптичними рецепторами**



**Рис. 6. Зображення ацетилхолінового рецептора з двома  $\alpha$ -, а також  $\beta$ -,  $\gamma$ - і  $\delta$ -субодініцями. Зліва показаний поздовжній перетин холінорецептора з іонофором.**



**Рис. 7. Холінорецептор електричного органа риби:** тривимірне зображення рецептора збоку (*a*) і згори (*б*); *в* – активація рецептора ацетилхоліном (АЦХ); А – ворота зачинені, Б – ворота відчинені.

# Види постсинаптичних потенціалів КП:

- ✓ Деполяризуючий потенціал кінцевої пластинки.
- ✓ Гіперполяризуючий постсинаптичний потенціал кінцевої пластинки.

# Відмінності збуджувальних (ЗС) і гальмівних (ГС) синапсів:

- ✓ 1) У ЗС ширша синаптична щілина у 30 нм, у ГС – 20 нм;
- ✓ 2) обидві мембрани ЗС порівняно є товстішими й щільнішими, займають більшу площу, ніж у ГС;
- ✓ 3) у синаптичній щілині ЗС є базальна мембрана;
- ✓ 4) у ЗС значно більше синаптичних пухирців;
- ✓ 5) у ЗС медіатором є ацетилхолін; у ГС – гама-аміномасляна кислота.

**Дякую за увагу!**