

*ФІЗІОЛОГІЯ СИНАПСІВ,
МІЖНЕЙРОННІ ЗВ'ЯЗКИ*

Синапс. Види синапсів. Їх класифікація

Синапс (гр. *sinapsis* – з'єднання, зв'язок) – це спеціалізована зона контакту між збудливими структурами, що забезпечує передачу біологічної інформації.

Класифікація синапсів.

За локалізацією:

1. Периферійні (нервово-м'язові, нейро-секреторні);
2. Центральні (нейро-нейрональні):
 - а) аксо-соматичні;
 - б) аксо-дендритні;
 - в) аксо-аксональні;
 - г) дендро-дендритні.

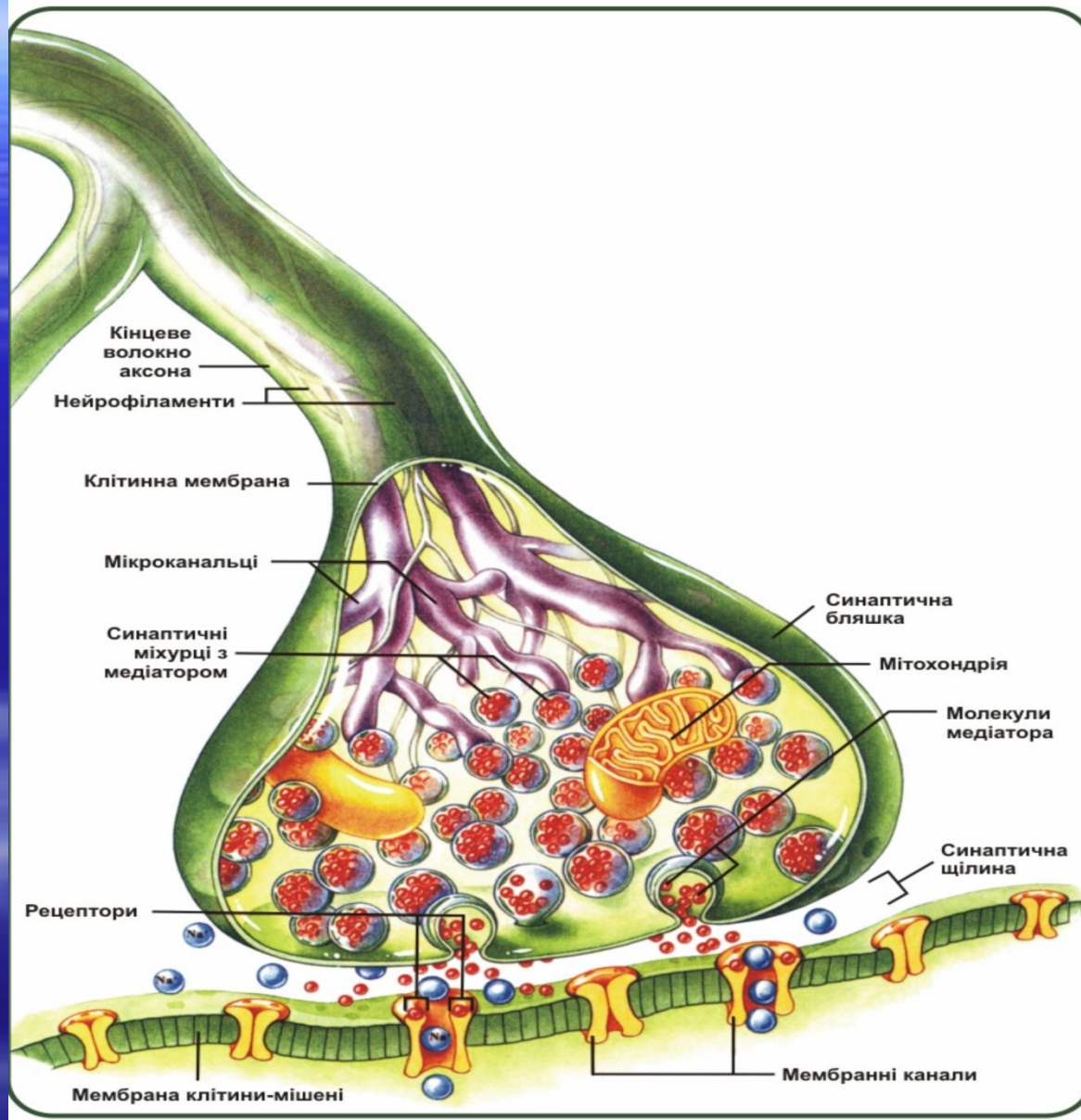
За функціональним значенням:

1. Збуджуючі;
2. Гальмівні.

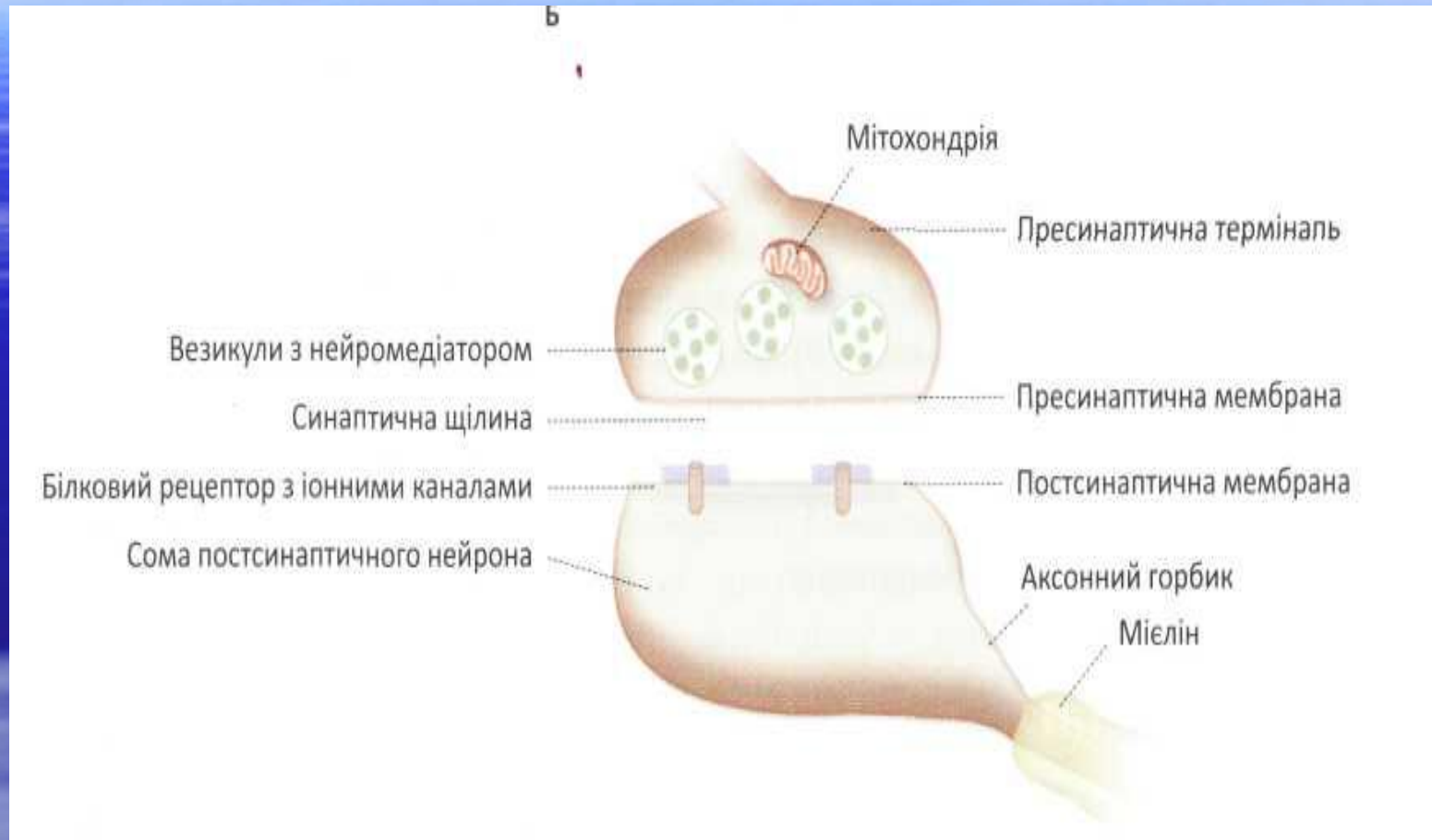
За способом передачі сигналу:

1. Електричні.
2. Хімічні.
3. Змішані (електро-хімічні).

БУДОВА ХІМІЧНОГО СИНАПСА



Будова центрального синапсу



Кожне нерве закінчення, що покрите пресинаптичною мембраною, містить міхурці із збуджувальним чи гальмівним медіатором

Будова нервово-м'язового синапсу.

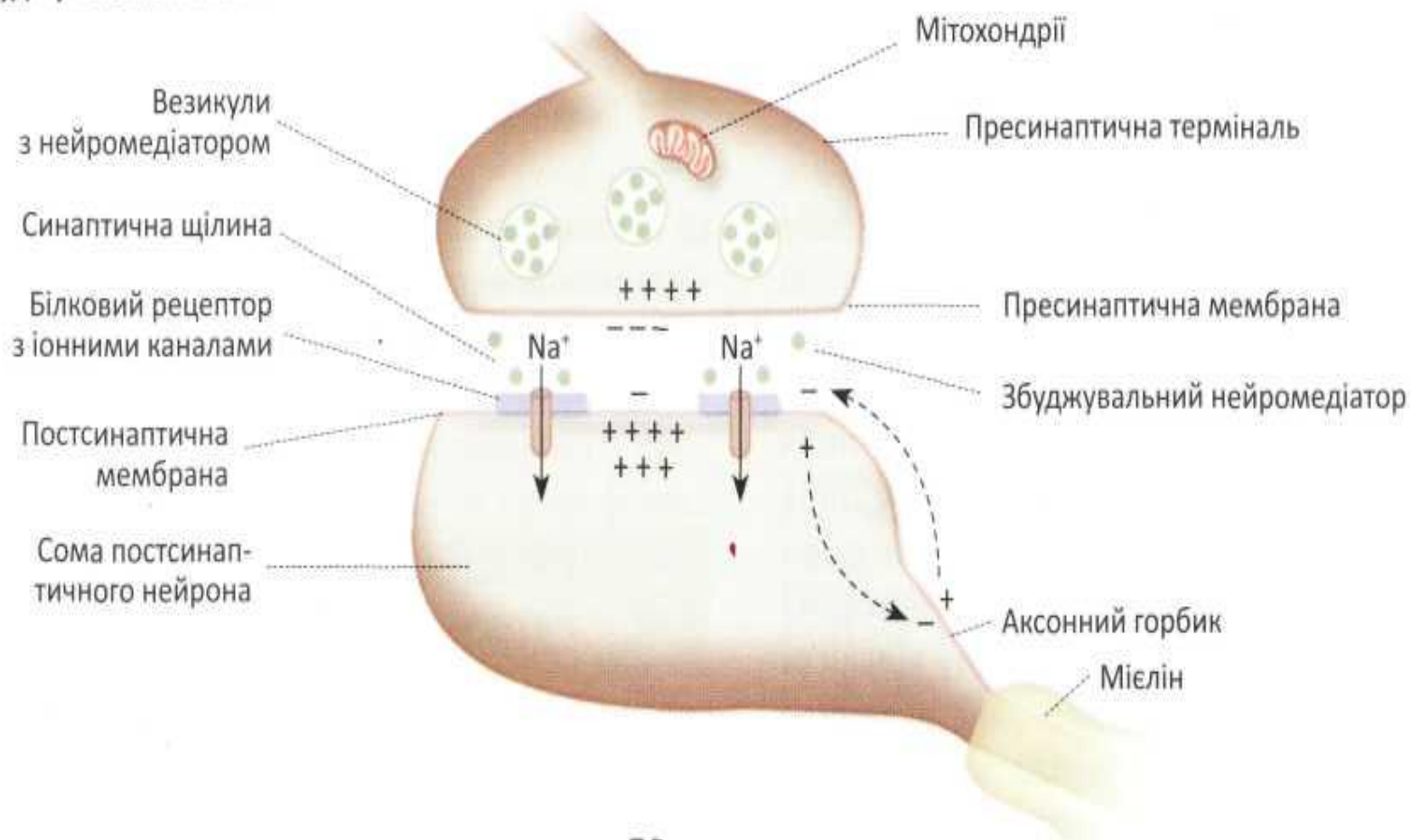


Хімічні синапси

- Хімічні синапси – це утвори, в яких збудження з клітини на клітину передається за допомогою хімічних речовин, які називаються медіаторами. Класифікація хімічних синапсів (за типом медіатора):
- Холінергічні – медіатор ацетилхолін;
- Адренергічні – медіатор норадреналін, адреналін;
- Гістамінові – медіатор гістамін;
- Серотонінові – медіатор серотонін;
- Дофамінергічні – медіатор дофамін;
- ГАМК-ергічні – медіатор ГАМК.

Механізм розвитку ЗПСП на постсинаптичній мембрані збуджувального синапсу та генерація ПД на мембрані аксонного горбика

Збуджувальний аксон



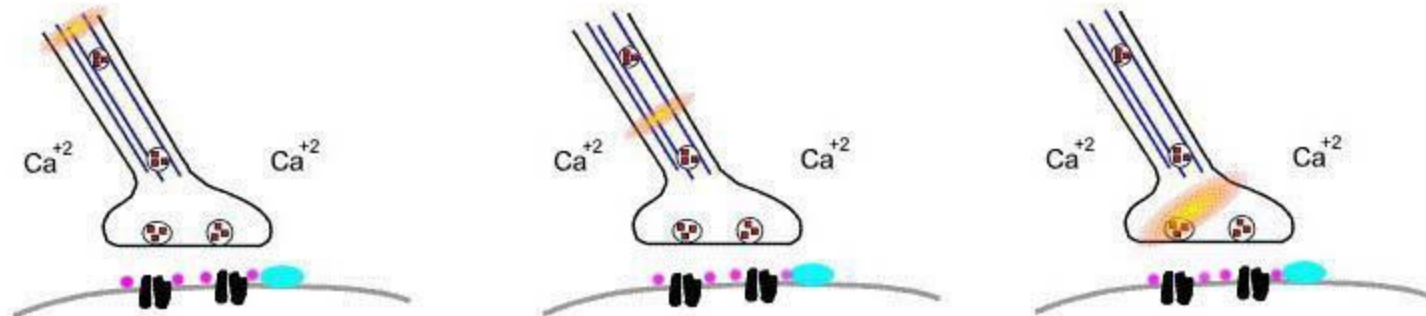
Механізм передачі збудження в синапсі



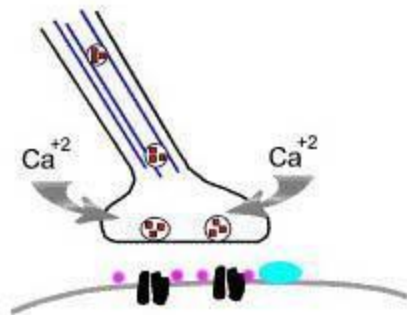
Послідовність передачі збудження в хімічних синапсах.

- 1 - надходження потенціалу дії до пресинаптичної частини синапсу;
- 2 - вхід іонів кальцію у кінцеву бляшку;
- 3 - виділення у синаптичну щілину кванта медіатора (ацетилхоліну) і його дифузія через внутрішньощілинну речовину до постсинаптичної частини;
- 4 - ацетилхолін діє на особливо чутливі до нього ділянки - рецептивну субстанцію каналу;
- 5 - постсинаптична мембрана на короткий час стає проникною для іонів, насамперед для натрію (дещо й для кальцію) і у постсинаптичній мембрані виникає деполяризація;
- 6 - виникнення на постсинаптичній мембрані деполяризаційного потенціалу - збуджувальний постсинаптичний потенціал (ЗПСП);
- 7 - руйнування ацетилхоліну холінестеразою; рецептори повертаються у вихідний стан;
- 8 - всмоктування продуктів розщеплення медіатора в пресинаптичну мембрану

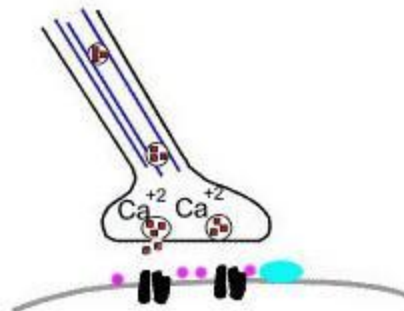
Передача інформації через хімічний синапс



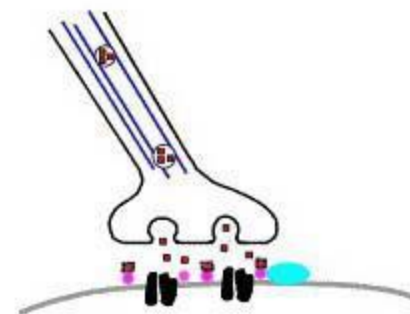
Потенціал дії поширюється пресинаптичним нервовим закінченням



Відкриваються кальцієві канали



Кальцій за участю калмодуліну призводить до виходу медіатора



Медіатор дифундує і з'єднується з рецепторами

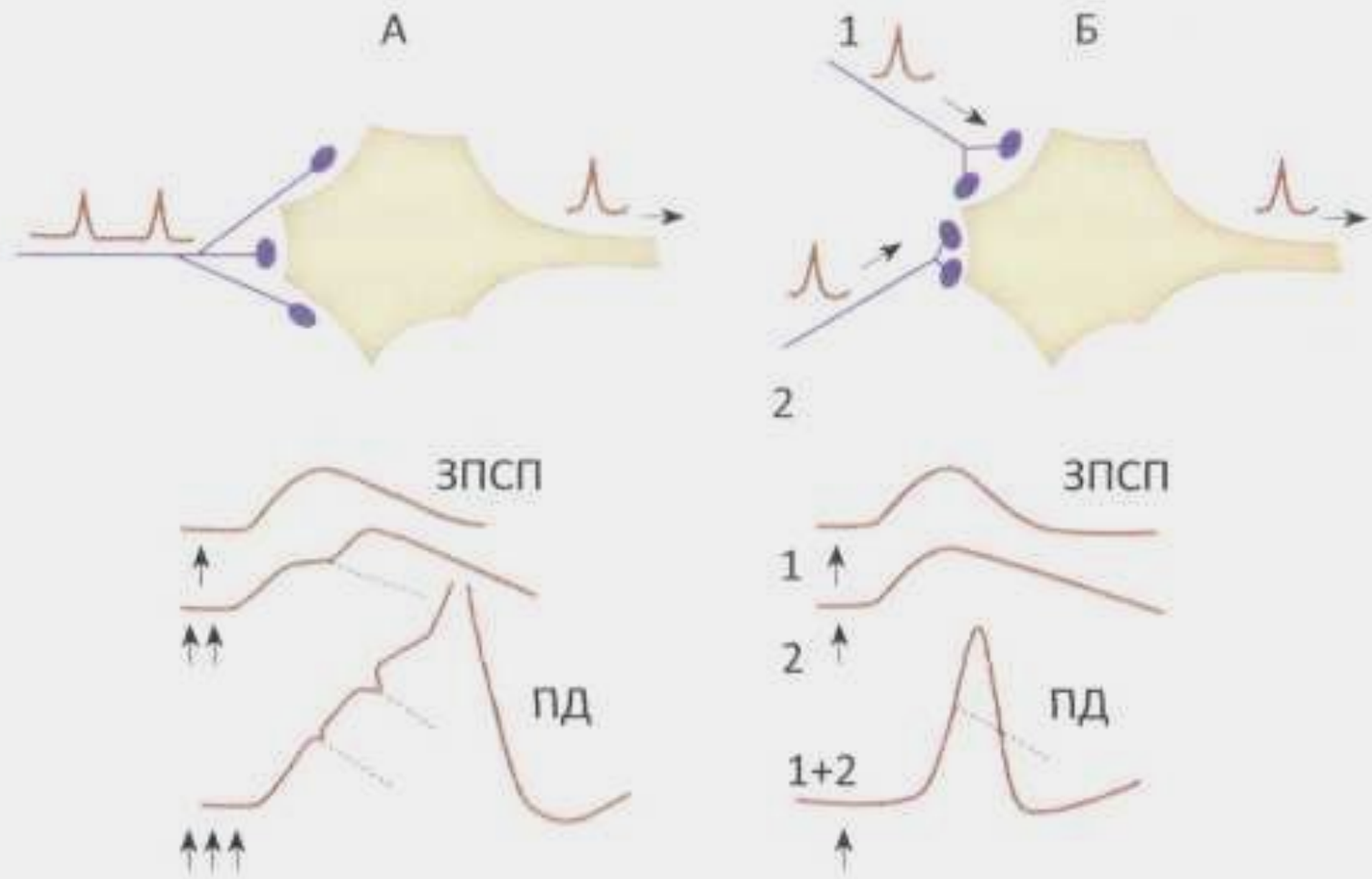
Особливості проведення збудження через синапси:

- ❑ **Однобічність проведення збудження.** В аксоні збудження проходить в обох напрямках від місця його виникнення, у нервовому центрі - тільки в одному напрямку: від рецептора до ефектора.
- ❑ **Синаптична затримка проведення збудження.** Збудження в нервовому центрі проводиться з меншою швидкістю, ніж в інших частинах рефлекторної дуги. Це пов'язано з часом, що витрачається на процеси виділення медіатора, з фізико-хімічними процесами, які відбуваються в синапсі, з виникненням ЗПСР і генерацією ПД.
- ❑ **Сумація нервових процесів** - явище виникнення збудження за певних умов нанесення підпорогових подразнень. Сумацію описано І. М. Сеченовим. Ви різняють два види сумації: часова сумація і просторова сумація
- ❑ **Трансформація ритму збудження** - це невідповідність частоти ПД в аферентній та еферентній ланках рефлекторної дуги.
- ❑ **Післядія збудження** - явище продовження збудження в ЦНС після припинення подразнення (реверберація).
- ❑ **Посттетанічна потенціація** - явище появи або підсилення відповіді на поодинокі тестуючі сенсорні стимули протягом деякого часу після попереднього слабкого частого (100-200 імп/с) ритмічного подразнення.
- ❑ **Стомлюваність нервових центрів.** При тривалому повторному виконанні того ж самого рефлексу через деякий час настає стан зменшення сили рефлекторної реакції і навіть повне її пригнічення, тобто настає втома.. Однією з причин є "звикання" постсинаптичної мембрани до дії медіатора - *габітуація*.

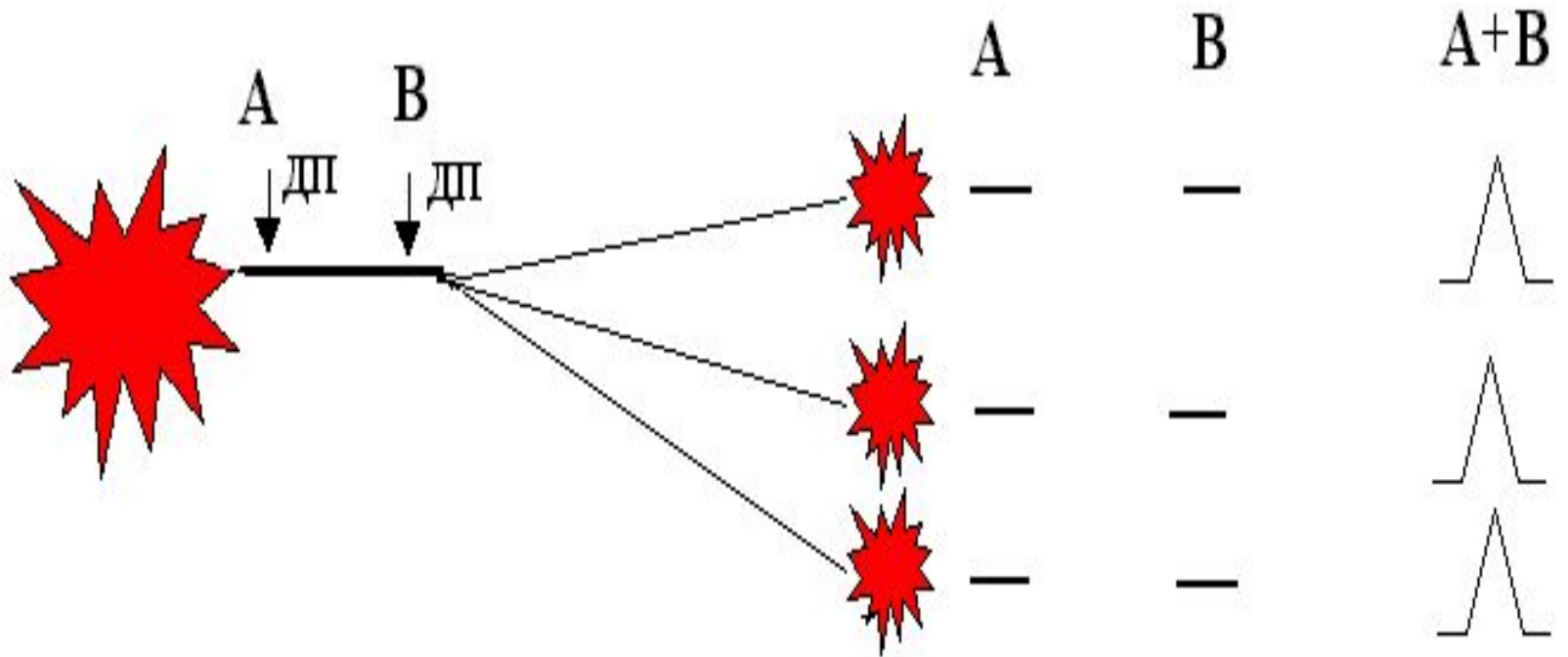
Сумація збудження:

А – часова сумація

В – просторова сумація

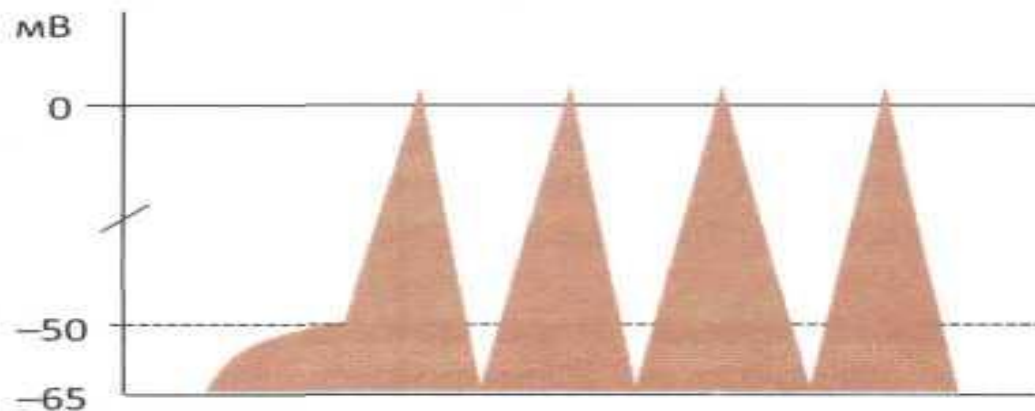
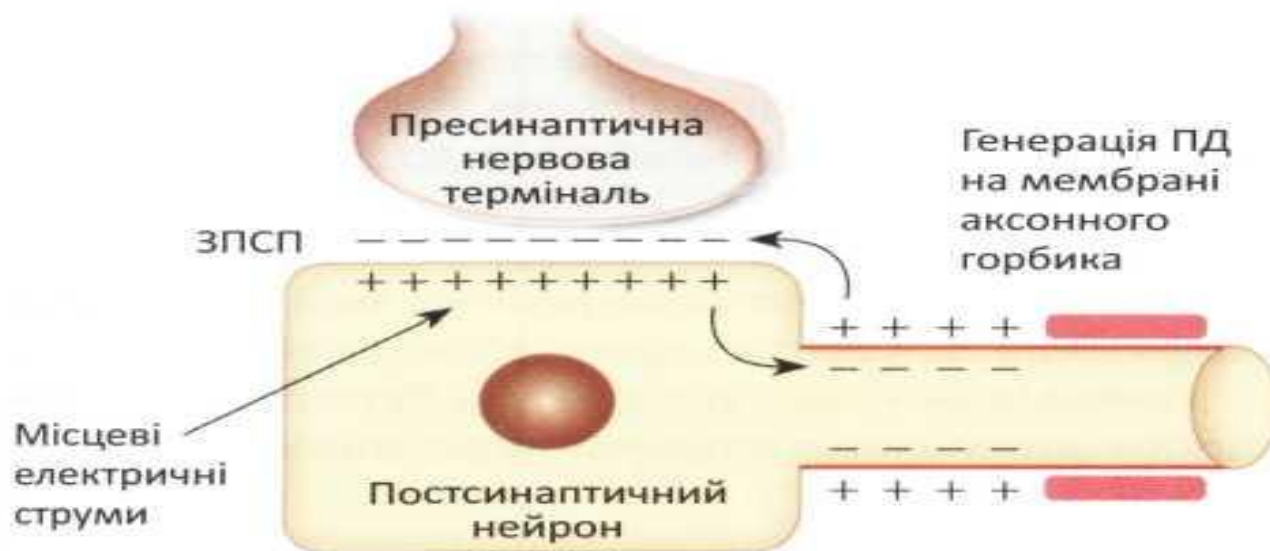


ЧАСОВА СУМАЦІЯ

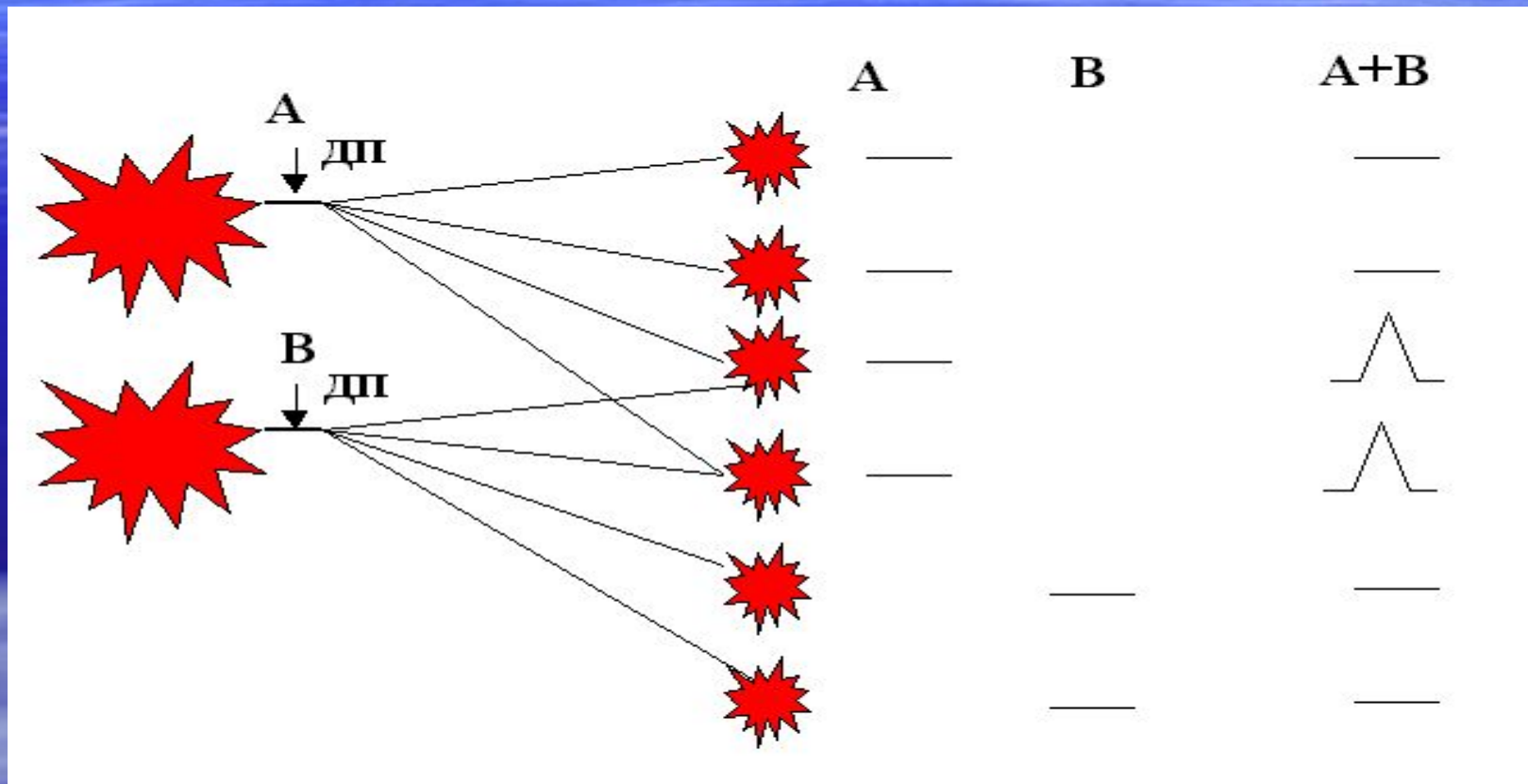


Часова сумація – це виникнення збудження під впливом послідовних допорогових подразнень.

Розвиток часової сумації збудження нейрона

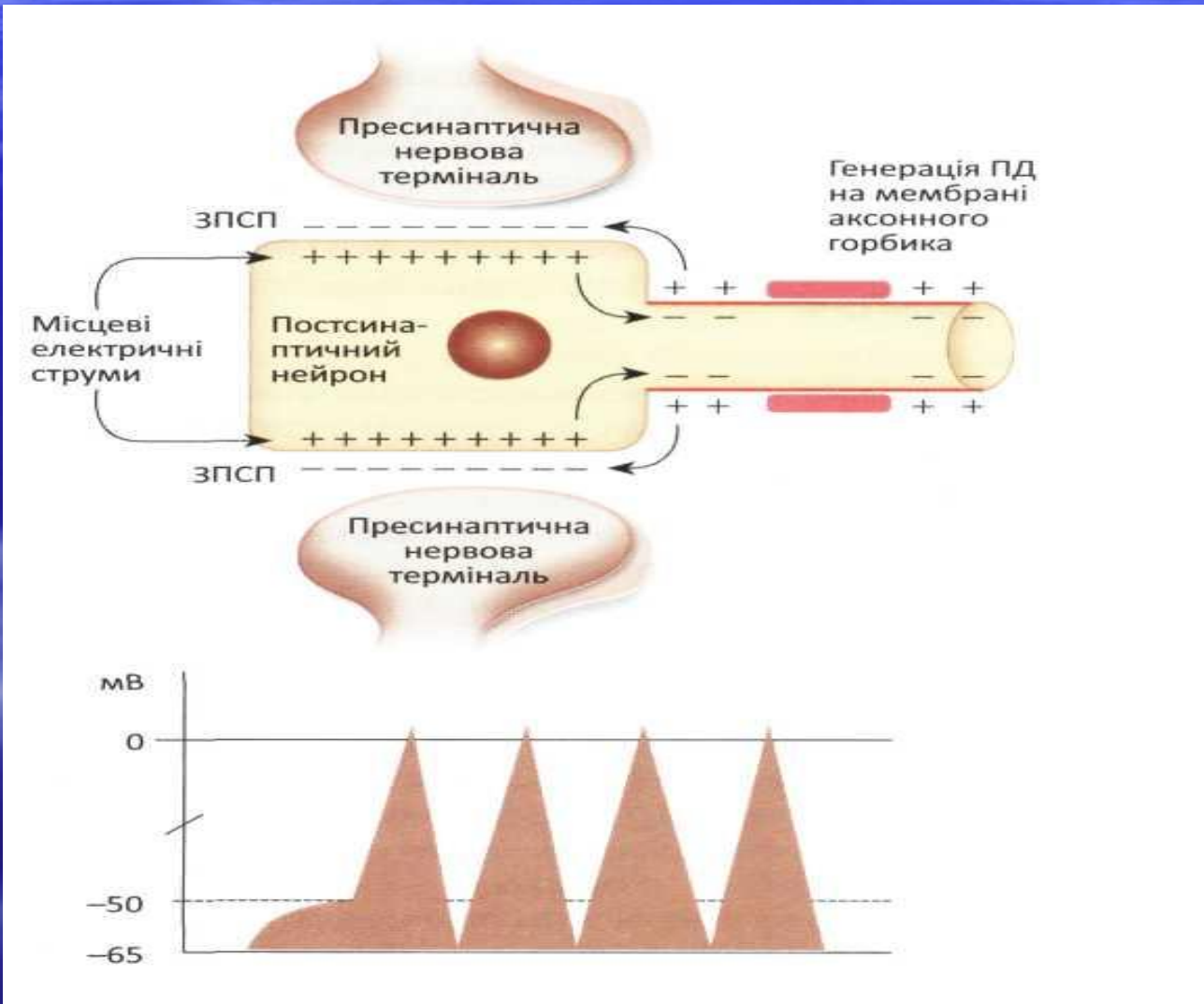


ПРОСТОРОВА СУМАЦІЯ

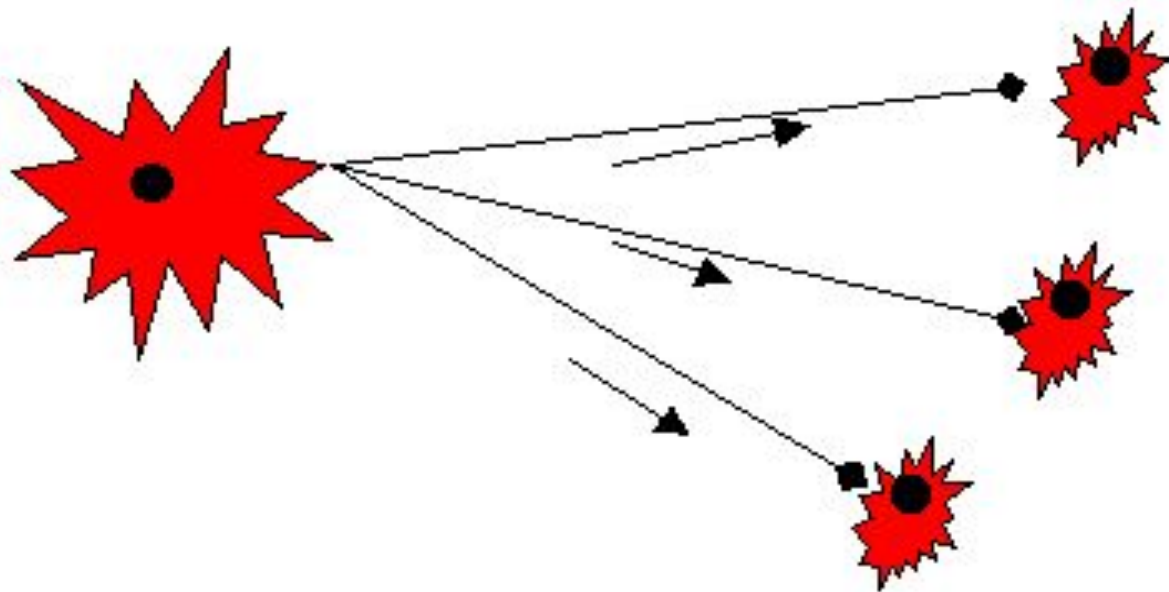


Просторова сумація – це розвиток збудження внаслідок одночасної дії декількох допорогових подразнень.

Механізми виникнення просторової сумації збудження на нейроні ЦНС

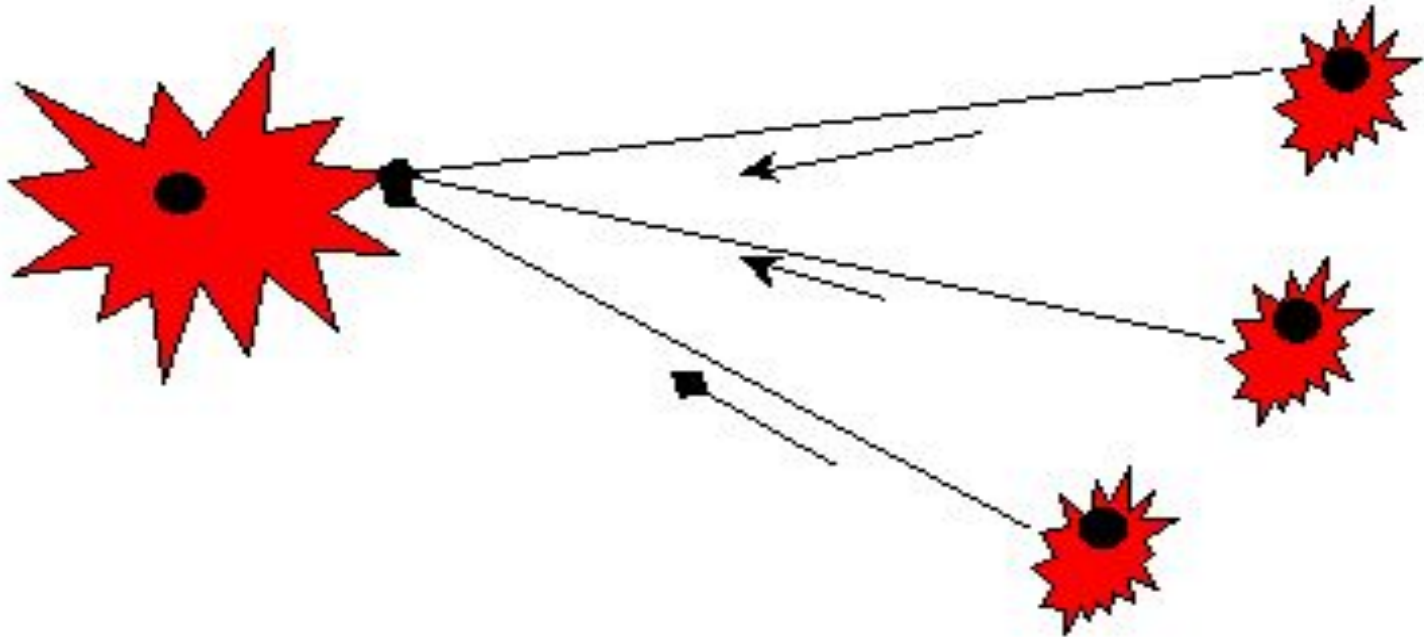


ДИВЕРГЕНЦІЯ



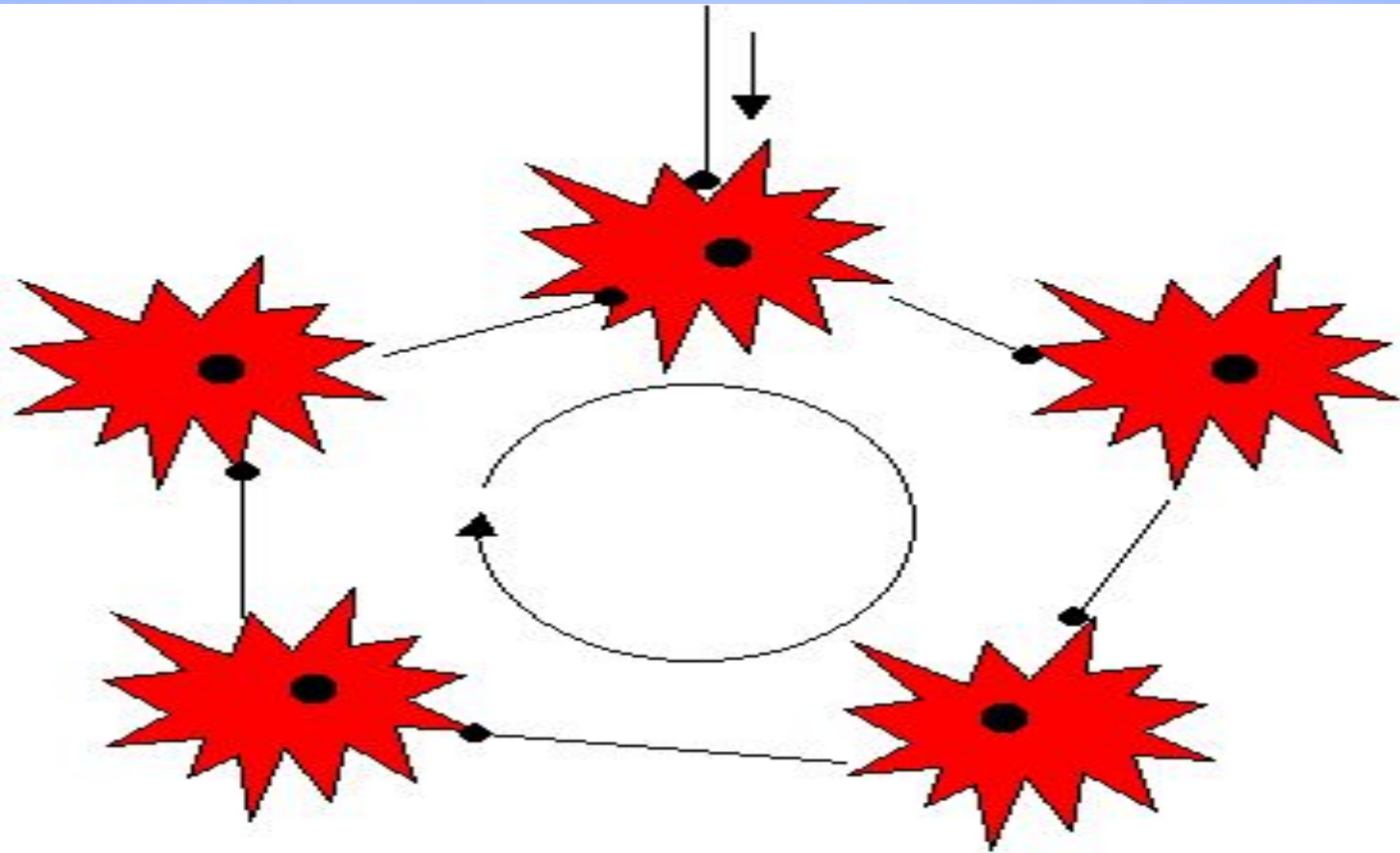
Дивергенція – здатність встановлювати чисельні синаптичні зв'язки з багатьма нервовими клітинами.

КОНВЕРГЕНЦІЯ



На кожному з нейронів центральної нервової системи можуть сходитися різні аферентні імпульси. Завдяки цьому в нейрон одночасно надходять чисельні й різноманітні потоки збуджень.

РЕВЕРБЕРАЦІЯ



- Виникнувши, у відповідь на якийсь стимул, збудження циркулює, або реверберує в ланцюжку нейронів до того часу, поки якийсь зовнішній стимул не загальмує одної ланки або в ній не наступить втома.

ПРЕСИНАПТИЧНЕ ГАЛЬМУВАННЯ



Морфологічним субстратом цього гальмування є аксо-аксонні синапси, які утворюються аксонами гальмівних і збуджуючих нейронів. Медіатори викликають гіперполяризацію аксона, перешкоджають надходженню ПД до пресинаптичного закінчення і, як наслідок, недостатнє виділення медіатора для виникнення збудження в постсинаптичній клітині.

ПОСТСИНАПТИЧНЕ ГАЛЬМУВАННЯ



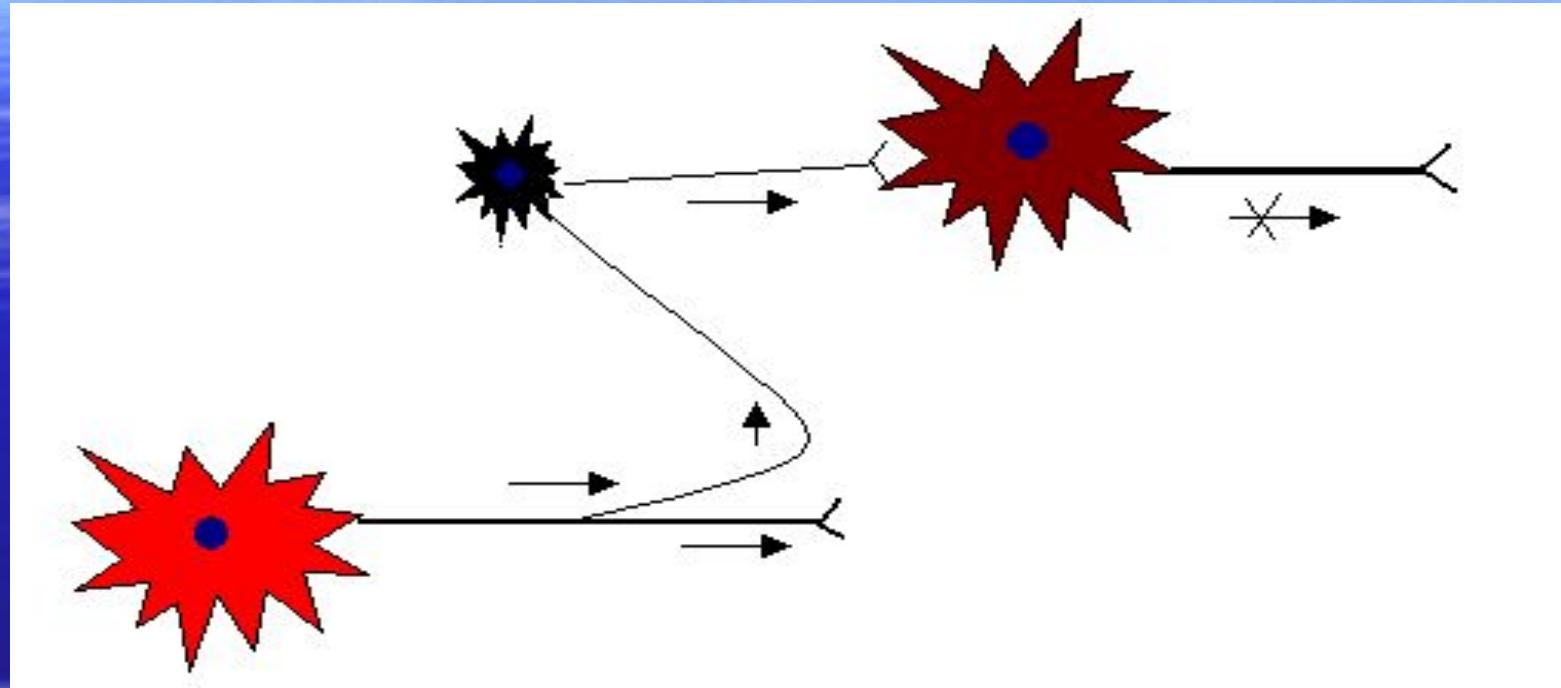
Збудження, яке надійшло до гальмівного нейрона сприяє виділенню гальмівного медіатора цією клітиною. Під його впливом наступає активування калієвих каналів постсинаптичної мембрани, що веде до гіперполяризації. Це пригнічує натрієві канали і можливість розвитку деполяризації в збуджуючій клітині.

ЗВОРОТНЄ ГАЛЬМУВАННЯ

Коллатералі аксонів збуджуючих нервових клітин утворюють синаптичні сполучення із гальмівними нейронами. При збудженні збуджуючого нейрона активується гальмівний нейрон, що виділяє ГАМК. Внаслідок цього відбувається гіперполяризація мембрани збуджуючого нейрона і гальмується його діяльність.

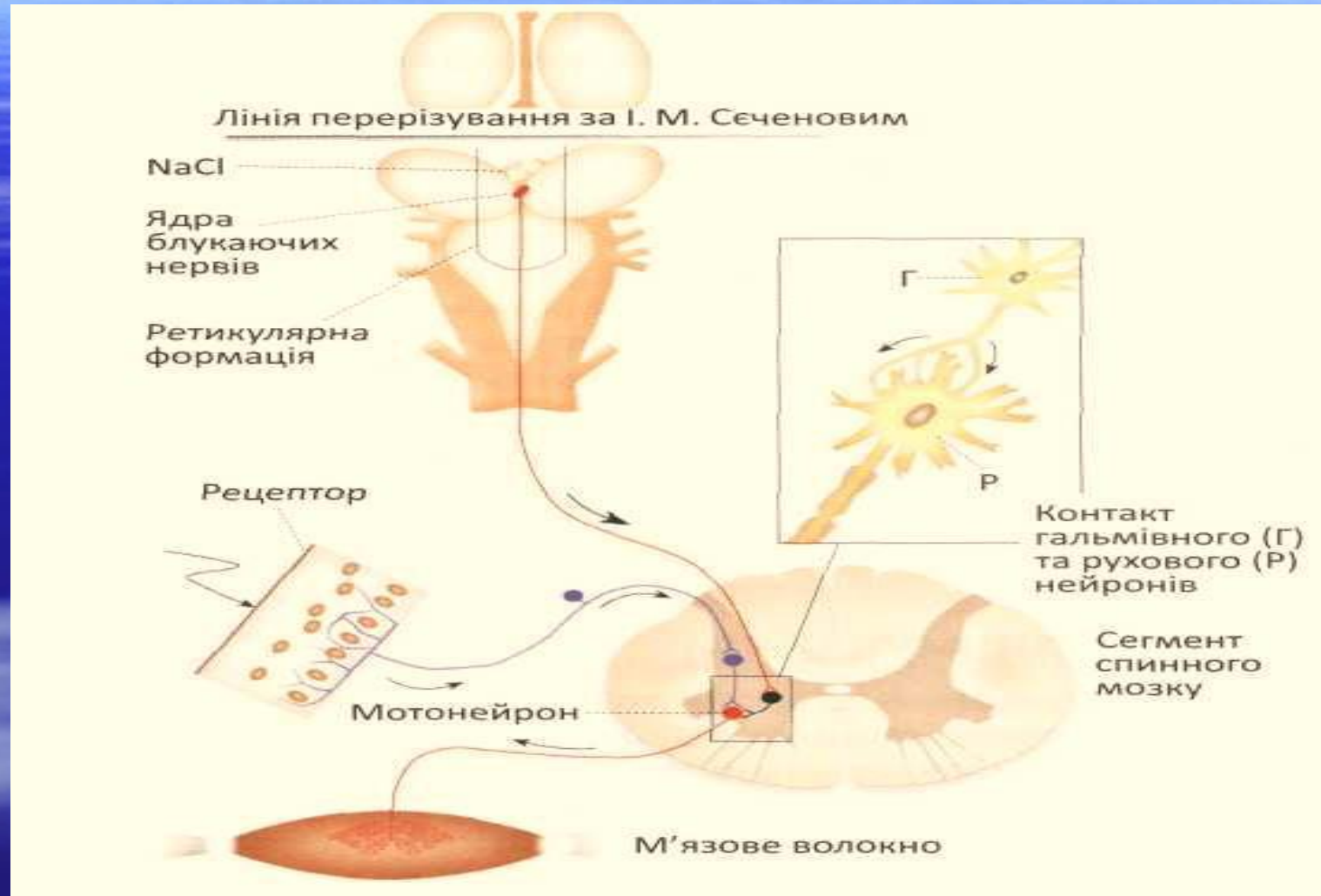


ЛАТЕРАЛЬНЕ ГАЛЬМУВАННЯ



Якщо в ланцюгу нейронів, що забезпечують зворотнє гальмування, коллатералі аксонів гальмівних нейронів утворюють синаптичні зв'язки із сусідніми збуджуючими клітинами, то в них розвивається латеральне гальмування.

Схема центрального гальмування за І.М. Сеченовим



На схемі показано розповсюдження нервових імпульсів від гальмівних нейронів стовбура мозку при накладанні кристалика NaCl на ділянку зорових нервів.

Види рефлексів, їх фізіологічне значення.

Антагоністичні рефлекси. Рефлекторні скорочення м'язів-антагоністів покладені в основу локомоторних актів і характеризуються, наприклад, тим, що при збудженні мотонейронів згиначів одночасно відбувається гальмування мотонейронів м'язів-розгиначів. При цьому в нервових центрах кінцівок іншої сторони спостерігаються протилежні нервові процеси. У цілому це створює правильне чергування протилежних за функціональним значенням м'язових скорочень

Синергічні рефлекси здійснюються завдяки залученню додаткових м'язів, однозначних за функцією (наприклад, цілої групи згиначів). Ілюстрацією таких рефлексів може бути рефлекс згинання кінцівки у собаки, що викликано одночасним подразненням двох ділянок шкіри. При такому подразненні згинальний рефлекс підсилюється. Взаємне підсилення рефлексів можна спостерігати й при дії подразників на різні за природою рецептори.

Союзні, або алійовані рефлекси — такі, що сприяють здійсненню цього рефлекторного акту. Наприклад, зручна поза для виконання певної робочої операції, передстартовий стан, розминка, що сприяє оптимальному виконанню спортивного навантаження.

Ланцюгові рефлекси — складні рефлекторні акти, в яких завершення одного рефлексу зумовлює виникнення наступного. Наприклад, рефлекторний акт жування змінюється рефлексом ковтання, у розвитку яких беруть участь структури стовбура мозку та кори великих півкуль. Особливістю ланцюгових рефлексів є те, що наступний із них може здійснюватися після попереднього.

Класифікація рецепторів

1. За будовою та фізіологічними властивостями :

- первинні (первинночутливі);
- вторинні (вторинночутливі).

2. За розташуванням:

- екстерорецептори - розташовані у шкірі та слизових оболонках;
- інтерорецептори - розміщені у внутрішніх органах (вісцерорецептори) та в структурах опорно-рухової системи - м'язах, сухожиллях, суглобах (пропріорецептори).

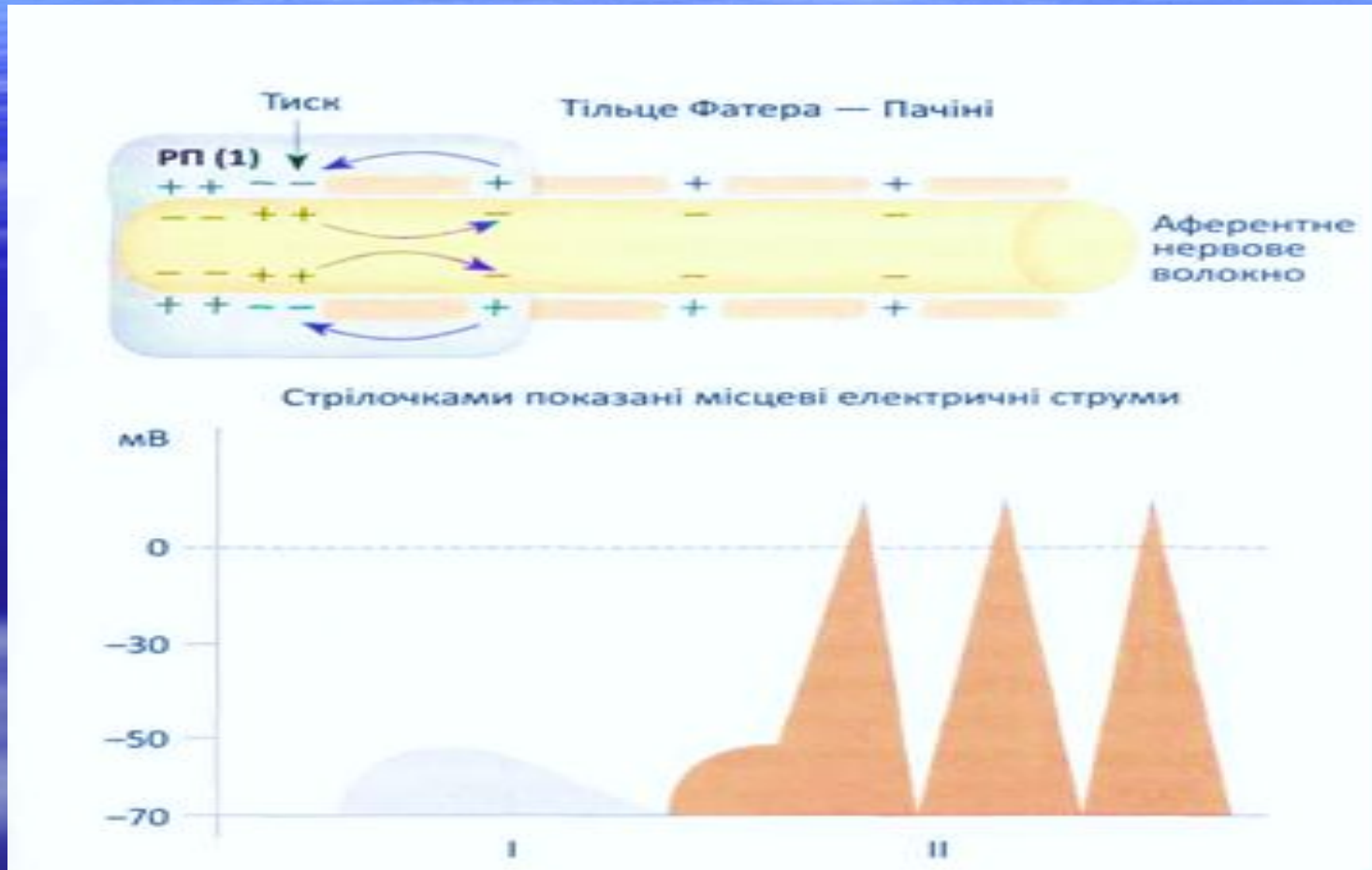
3. За видом адекватного подразника, який сприймають рецептори:

- механорецептори: тільця Фатера - Пачіні, м'язові веретена, рецептори сухожиль і суглобів та ін.
- хеморецептори: смакові, нюхові та ін.
- фоторецептори: палички, колбочки;
- терморецептори: теплові, холодкові.

4. За віддаленістю від подразника:

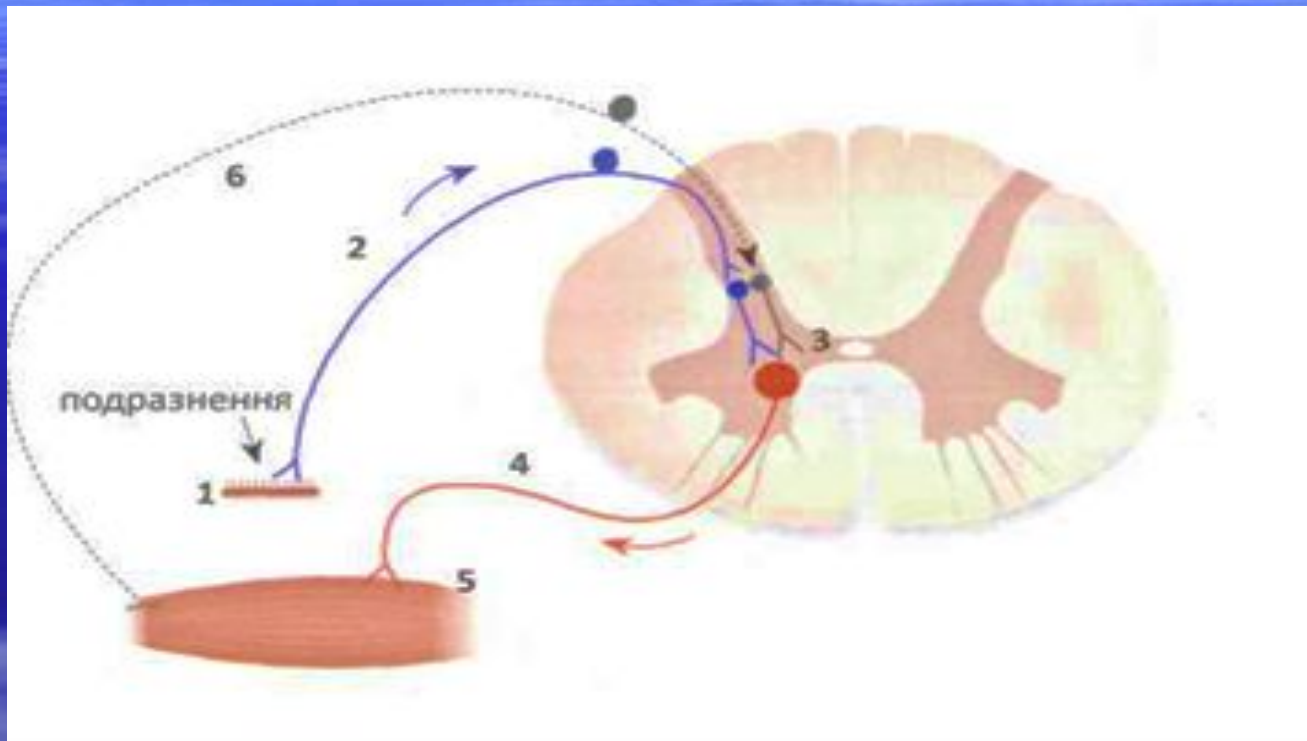
- дистантні (фоно- фоторецептори);
- контактні (тактильні, смакові).

Механізм збудження первинних і вторинних рецепторів



Розвиток рецепторного потенціалу (I) в тільці Фатера-Пачіні та генерація потенціалу дії (II) у перехватах Ран'є аферентного нервового волокна

Схема рефлекторної дуги рухового спінального рефлексу



1. Рецептор
2. Аферентне(чутливе) нервові волокно
3. Нервовий центр
4. Еферентне(інформаційне) нервові волокно
5. Органи-ефектори
6. Канал зворотнього зв'язку

Поняття про рецептор, рецепторну ділянку

Головною частиною периферичного відділу сенсорних систем є рецептори — "вікна" ЦНС. *Рецептор* — це спеціалізована клітина або її частина, які сприймають подразнення і перетворюють його в код. Таке визначення зумовлене тим, що в ряді випадків подразнення сприймає вся клітина (хеморецептори каротидного синуса), в інших — лише її частина — мікроворсинки (смакові, нюхові) або вільні нервові закінчення (больові, температурні).

Функції рецептора: сприйняття подразнення, його первинне розрізнення, формування коду.

Кодування інформації — це перетворення хімічного чи механічного подразнення у нервовий імпульс (ПД). Але у зв'язку з тим, що параметр ПД стандартний (однакова амплітуда, тривалість і форма), то розрізняти їх можна тільки за частотою. Специфічність чуттєвого подразнення передається у вигляді груп або залпів імпульсів, які відрізняються кількістю імпульсів, їх частотою, тривалістю й інтервалами між ними.

Особливостями рецепторів є, по-перше, те, що джерелом енергії для їх діяльності служить потенційна енергія, яка накопичена в них у результаті обмінних процесів. По-друге, вони вибірково чутливі до адекватних подразників, тобто володіють специфічністю. По-третє, на виході з них чи з рецепторної клітини виникає електрична активність у вигляді локального потенціалу, який у результаті перетворюється в потенціал дії (ПД).

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!