

**ФІЗІОЛОГІЯ ЯК НАУКА.
БІОЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА В
ЗБУДЛИВИХ ТКАНИНАХ.**

Визначення поняття "фізіологія".

Фізіологічні дисципліни

Фізіологія — наука про закономірності життєдіяльності організму у взаємозв'язку із зовнішнім середовищем.

Розрізняють такі фізіологічні дисципліни:

1. Вікова фізіологія.
2. Клінічна фізіологія.
3. Фізіологія праці.
4. Психофізіологія.
5. Екологічна фізіологія.
6. Фізіологія спорту.
7. Авіаційна фізіологія.
8. Космічна фізіологія.
9. Патологічна фізіологія.

Методи фізіології

Спостереження

Експеримент

Обстеження

Моделювання

гострий

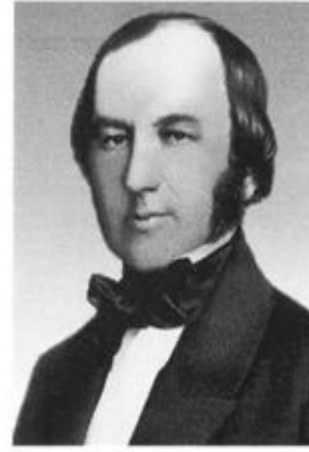
хронічний



Рудольф Гейденгайн
(1834–1897)



Еміль Дюбуа-Реймон
(1818–1896)



Клод Бернар
(1813–1878)



Сеченов Іван Михайлович
(1829–1905)

- ✓ Рудольф Гейденгайн (1834-1897), видатний німецький фізіолог і гістолог. Основні роботи присвячені фізіології обміну речовин, процесам виділення і всмоктування, гістології нирок, шлунка, тепловому балансу організму.
- ✓ Еміль Дюбуа-Реймон (1818-1896), німецький фізіолог, показав наявність "струму спокою" у нерві, першим виявив негативний потенціал пошкодженої ділянки кори півкуль мозку.
- ✓ Клод Бернар (1813-1878), видатний французький фізіолог, академік французької АН. Вперше встановив значення функції підшлункової залози та її роль у процесах травлення; глікогеноутворюючої функції печінки та її ролі у регуляції цукру в крові.
- ✓ Сеченов Іван Михайлович (1829-1905), видатний російський фізіолог. Всесвітню славу отримав завдяки його класичній праці "Рефлекси головного мозку" (1863), в якій аналізує розумову діяльність, мислення людини, зводячи їх до найпростішого акту — рефлексу.



Луджі Гальвані
(1737–1798)



Уільям Гарвей
(1578–1657)



Карл Людвіг
(1816–1895)

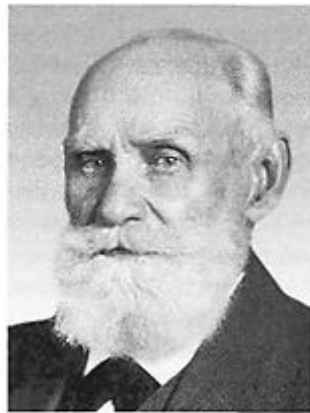


Герман Гельмгольц
(1821–1894)

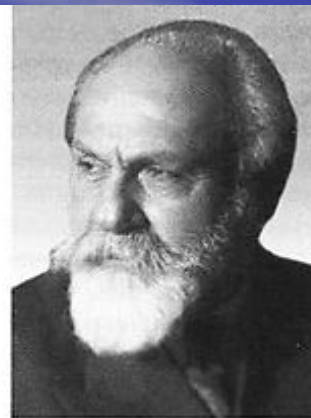
- Англійський лікар Уільям Гарвей (1578-1657) на підставі своїх експериментів описав роботу серця, мале і велике кола кровообігу.
- У 1791 р. професор Болонського університету Луджі Гальвані написав "Трактат про електричні сили при м'язовому русі", що зробив його відомим у всьому світі завдяки дослідженню електричних явищ при м'язовому скороченні.
- Видатний німецький фізіолог Карл Людвіг (1816-1895) у 1847 р. уперше застосував кімограф і ртутний манометр для запису кров'яного тиску. Разом з В. Ф. Овсянніковим К. Людвіг виявив у довгастому мозку наявність судинорухового центру.
- Герман Гельмгольц (1821-1894) — німецький фізик, математик, фізіолог і психолог. Створив модель вуха, розробив математичну теорію взаємодії звукових хвиль з органом слуху, довів здатність слухового апарату аналізувати складні звуки, ввів поняття "тембр звуку."



Введенський Микола
Євгенович (1852–1922)



Павлов Іван Петрович
(1849–1936)



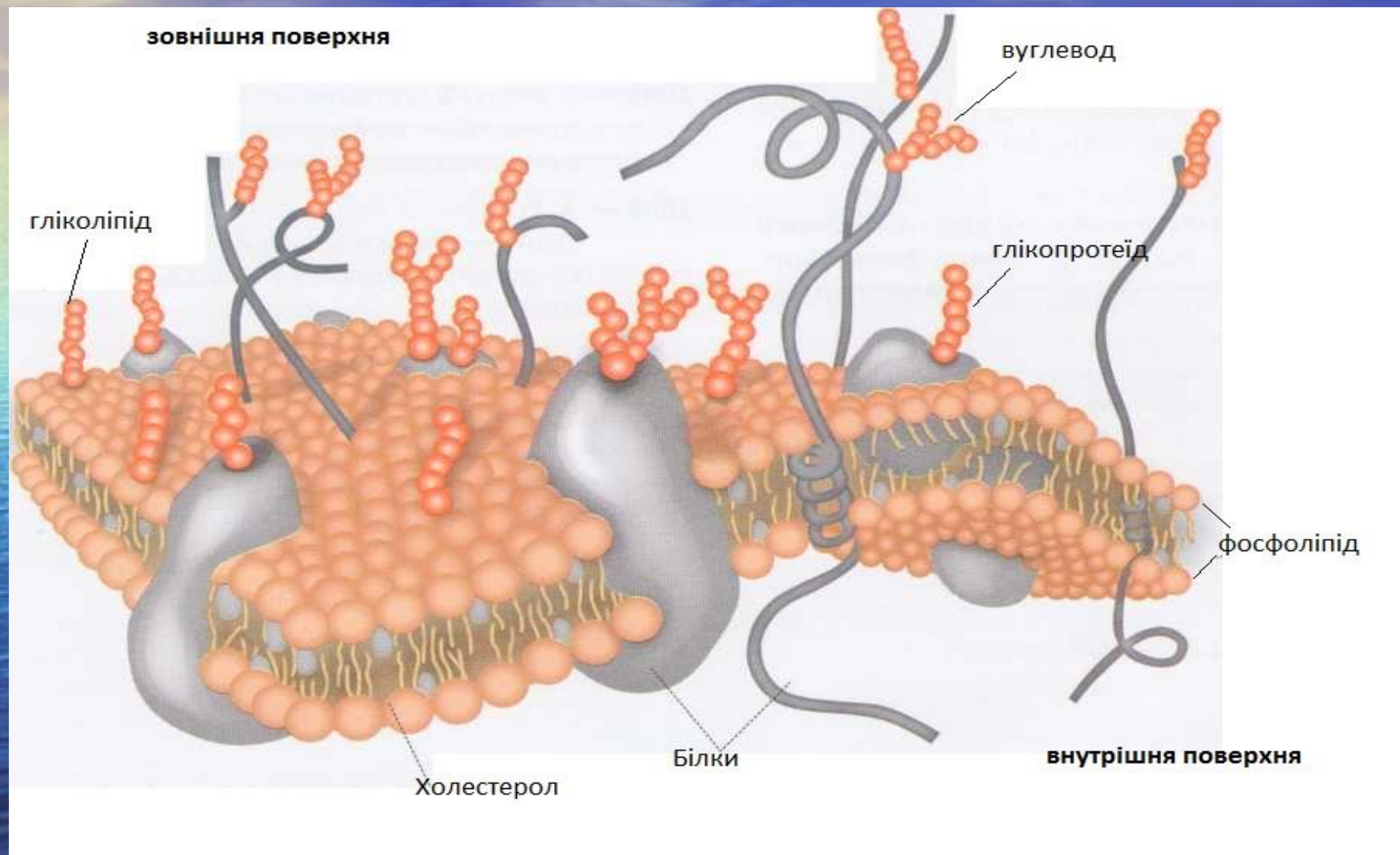
Орбелі Леон Абгарович
(1882–1958)



Анохін Петро Кузьмич
(1898–1974)

- ✓ Введенський Микола Євгенович (1852–1922), російський фізіолог. Уперше в 1884 році прослухав за допомогою телефонного апарата ритм збудження у нерві (біо струми), відкрив наявність оптимуму і песимуму ("песимального гальмування") у нервах і м'язах залежно від частоти їх подразнення, з'ясував роль фактора часу у розвитку збудження.
- ✓ Іван Петрович Павлов (1849–1936) — великий російський фізіолог, академік. За видатні роботи з фізіології травлення йому присуджена Нобелівська премія (1904). Створив нове оригінальне і перспективне вчення про вищу нервову діяльність і розробку методів дослідження ВНД — методу умовних рефлексів.
- ✓ Леон Абгарович Орбелі (1882–1958 рр.). Його наукові роботи присвячені дослідженню вегетативної нервової системи, питанням адаптаційно-трофічної функції симпатичної нервової системи, фізіології спинномозкових координацій та мозочка.
- ✓ Анохін Петро Кузьмич (1898–1974), фізіолог, академік, учень і послідовник І. П. Павлова.

Будова клітинної мембрани



Транспорт іонів

Основні види транспорту

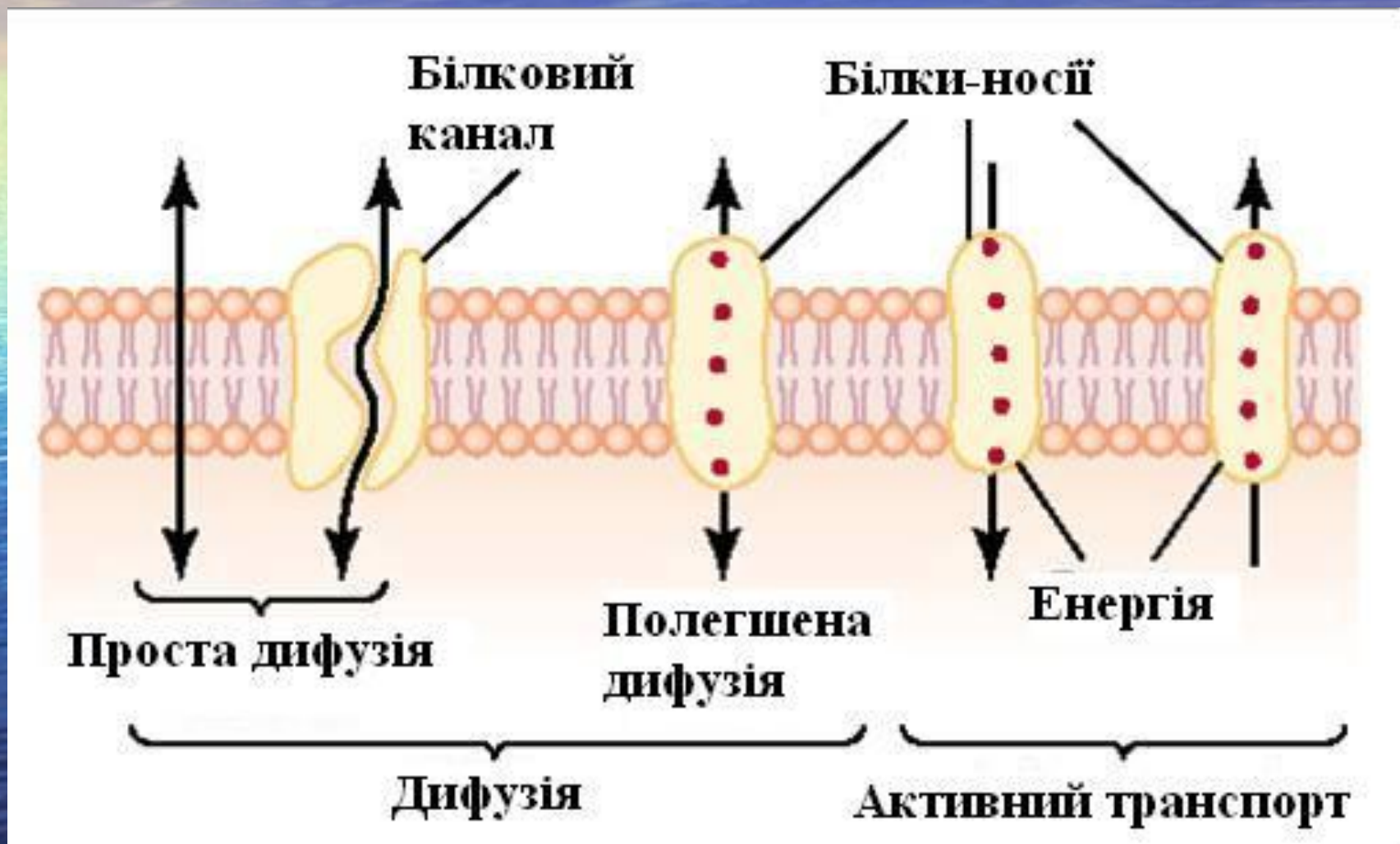
1. Пасивний транспорт:

- ☐ Проста дифузія
- ☐ Полегшена дифузія
- ☐ Осмос
- ☐ Фільтрація

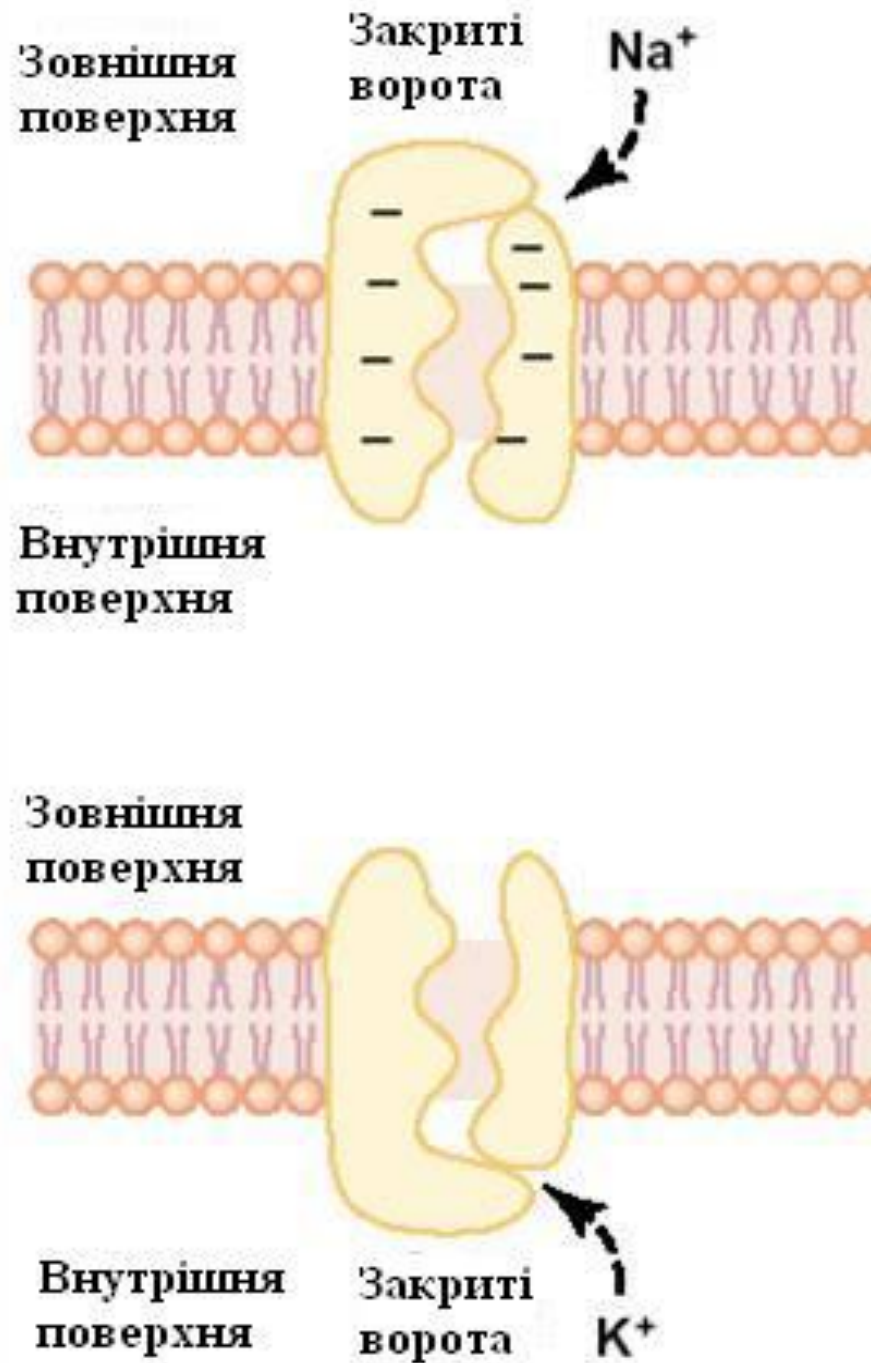
2. Активний транспорт:

- ☐ Первинний
- ☐ Вторинний
- ☐ Везикулярний механізм транспортування (ендоцитоз, екзоцитоз)

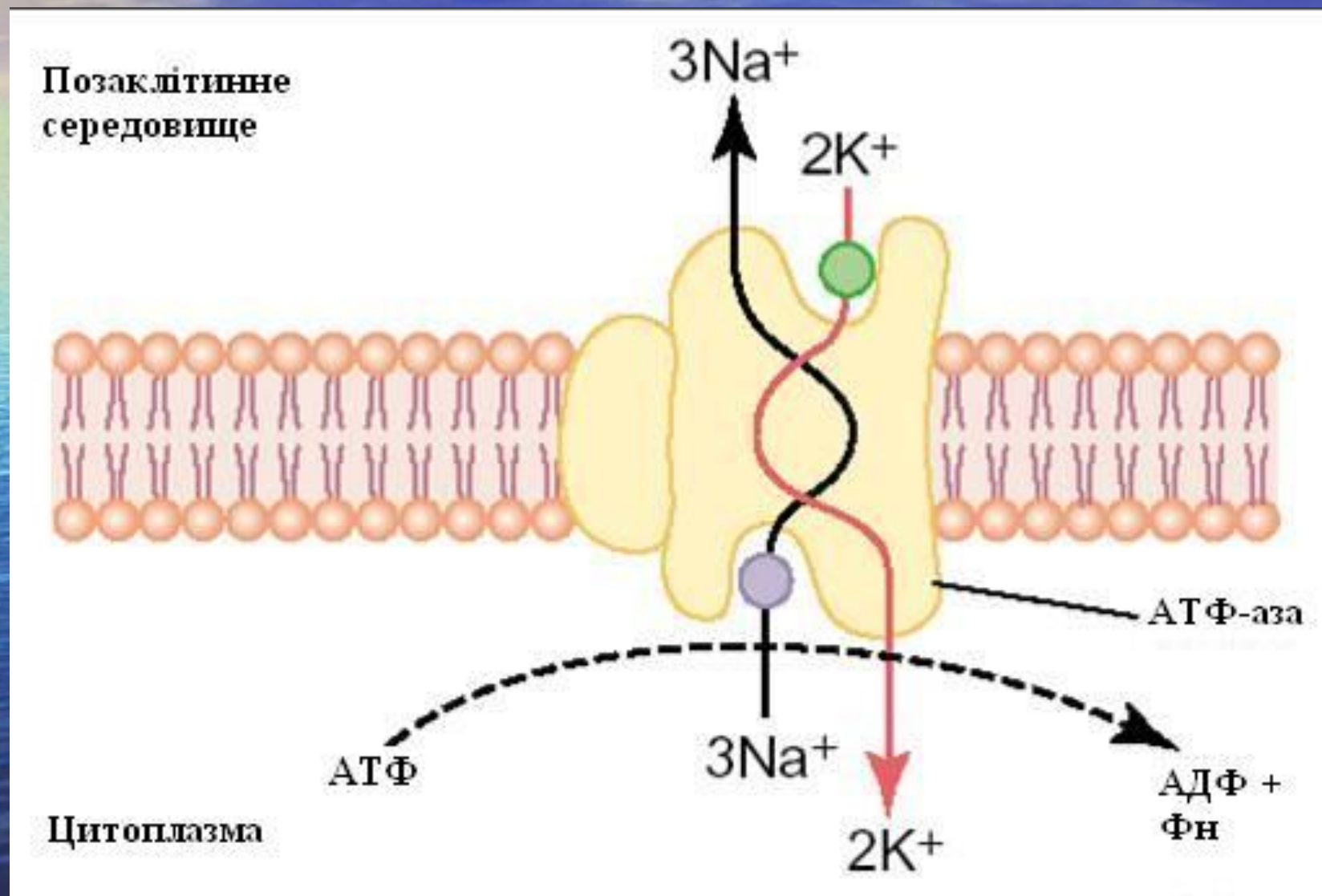
Основні механізми транспорту



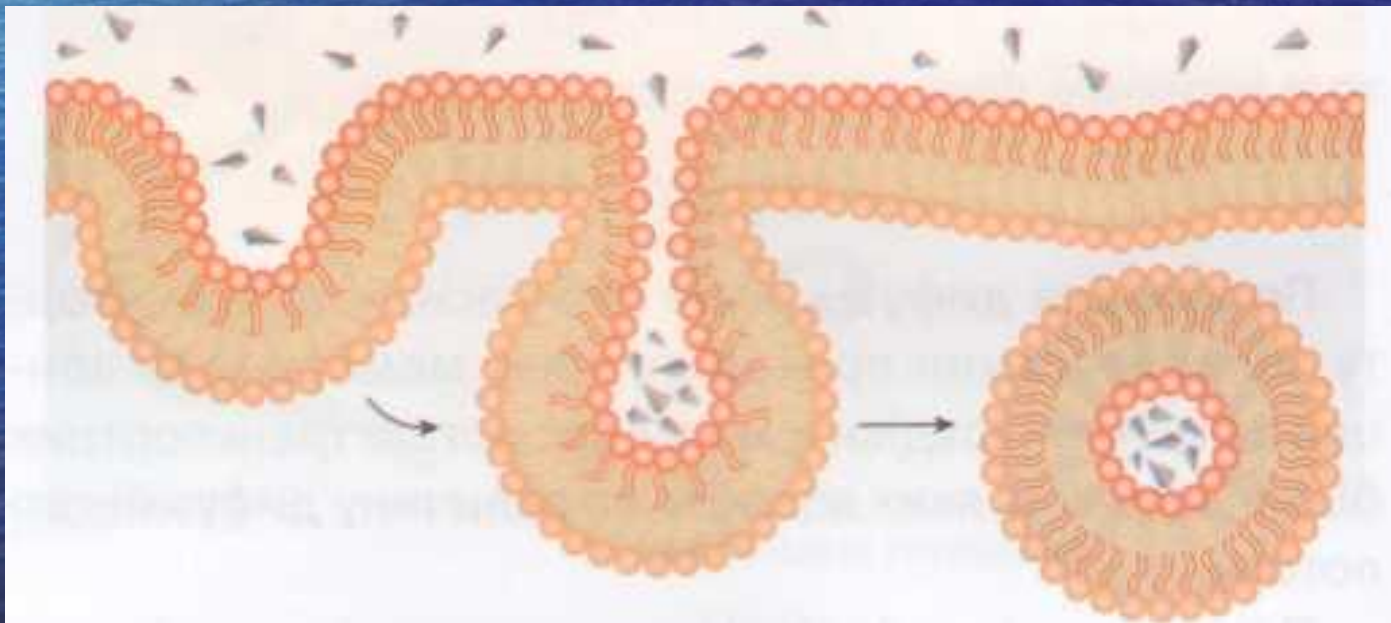
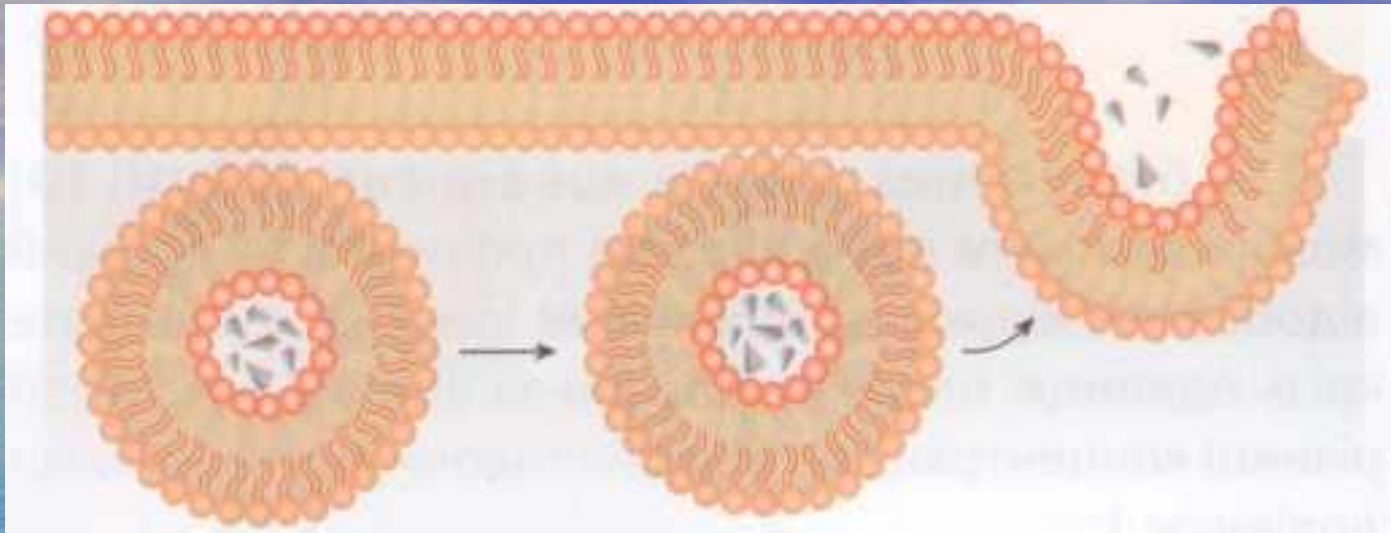
Ворота білкового каналу
заберпечують
контроль іонної
проникності



Активний транспорт (Механізм роботи $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ насоса)



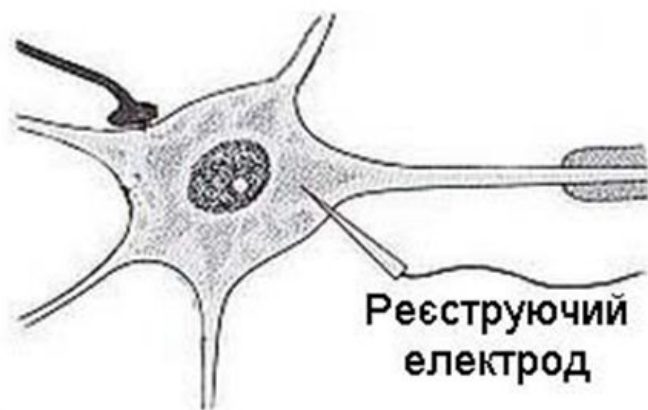
Екзоцитоз та ендоцитоз



Na⁺/K⁺ помпа



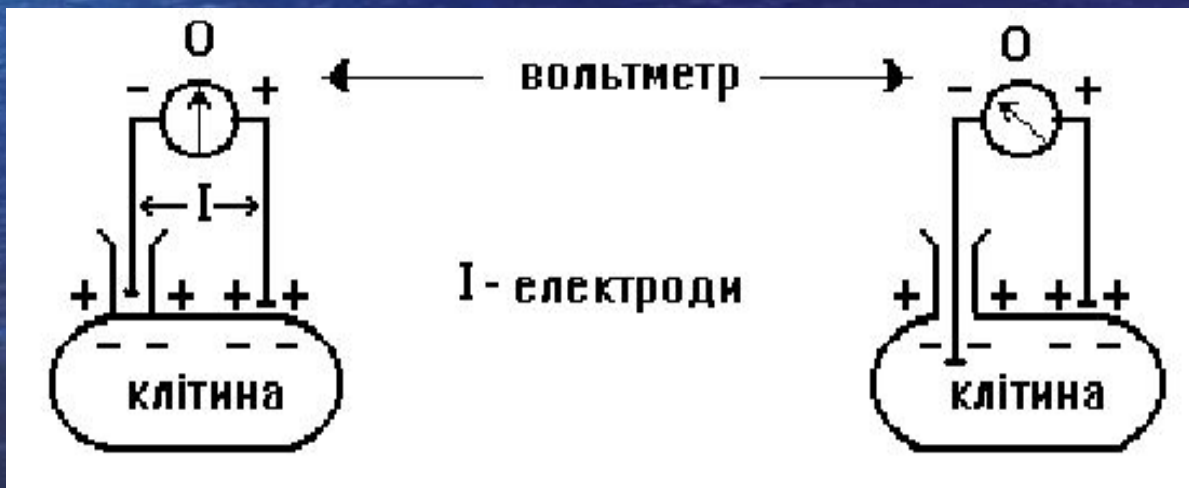
Критичний рівень деполяризації



Нервовій клітині властива подразливість - здатність відповідати на дію подразника зміною життєдіяльності, а саме зміною електричної активності на мембрані. Подразник - це фактор зовнішнього або внутрішнього середовища. Природа подразників може бути електрична, хімічна, фізична. Мінімальна сила подразника, яка здатна викликати збудження називається пороговою. Подразники за силою впливу поділяють на слабкі (допорогові), достатньої сили (порогові), значної сили (суперпорогові). Допороговий подразник викликає на мембрані локальну відповідь - не здатну до поширення деполяризацію мембрани. Лише під дією порогового подразника заряд мембрани може досягти критичного рівня деполяризації - такого рівня потенціалу, який спричиняє розвиток потенціалу дії. Надто сильний подразник може зруйнувати клітину, тому найбільш доцільною є оптимальна сила подразника.

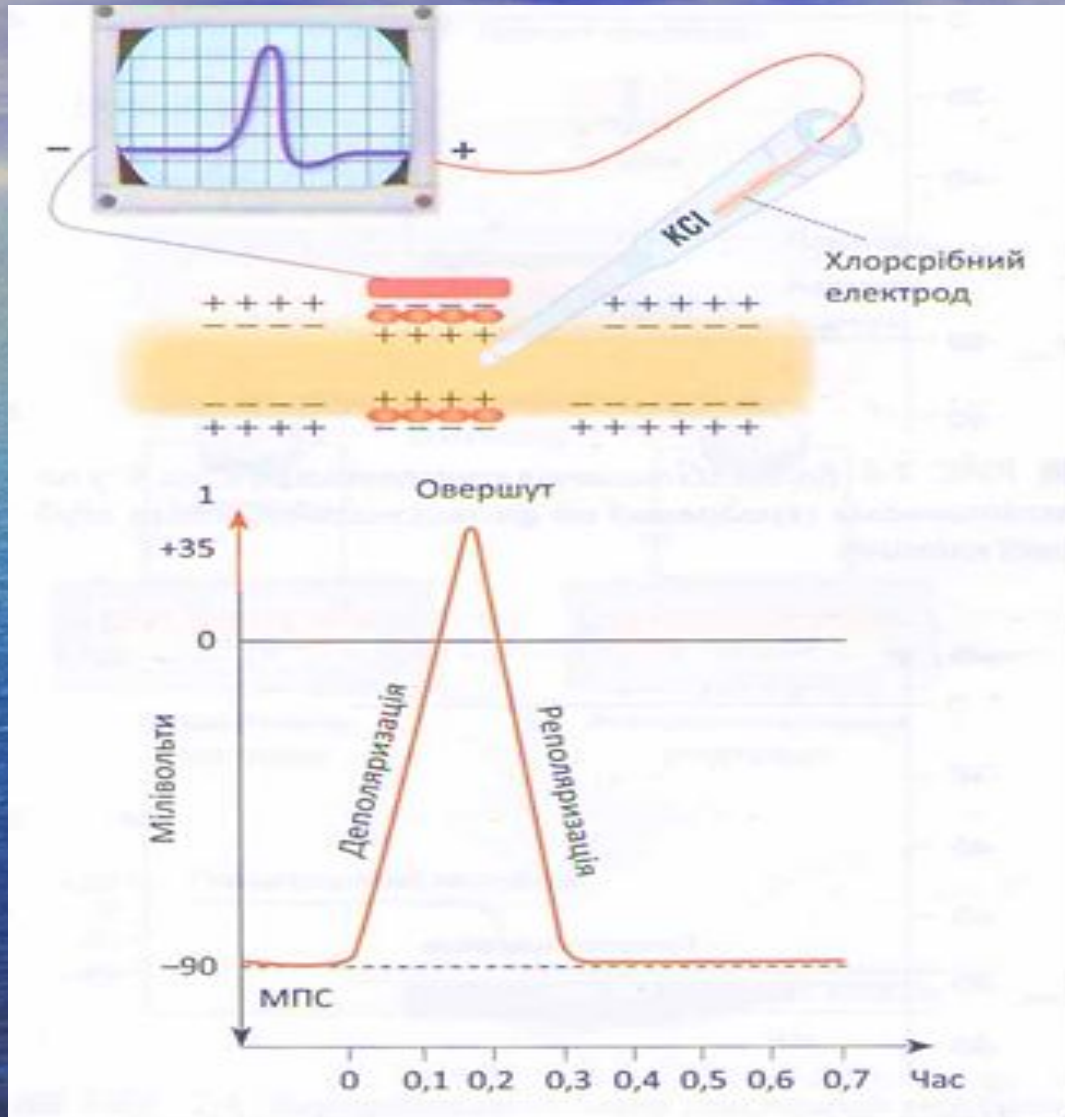
Мембранний потенціал спокою у нервових клітинах

Будь-яка нервова клітина організму обмежена ліпопротеїновою мембраною, яка є добрим електричним ізолятором. Якщо в середину клітини ввести мікроелектрод, а другий розмістити ззовні, то між мікроелектродами можна зареєструвати різницю потенціалів. Отже, клітинна мембрана поляризована, тобто має різний біоелектричний потенціал на внутрішній і зовнішній поверхні. Ця різниця потенціалів має назву **мембранного потенціалу спокою**.



- **Мембранний потенціал спокою** – це різниця біоелектричних потенціалів між зовнішньою і внутрішньою поверхнею мембрани, яка існує в стані фізіологічного спокою. Його величина в нервових клітинах знаходиться в межах від - **60 до - 80 мв.**
- Потенціал спокою виникає тому, що мембрана клітини в проникною для іонів. З внутрішнього боку мембрани іонів K^+ більше, ніж зовні, то вони будуть пасивно проходити зсередини назовні.
- Щодо іонів Cl^- , то вони навпаки входять в клітину і їх проникність значно менша.
- Крім того має значення пасивний вхід іонів Na^+ . Вхід Na^+ в клітину зменшує величину електронегативності внутрішньої поверхні мембрани.
- Таким чином, вихід іонів K^+ і вхід іонів Cl^- сприяє збільшенню величини мембранного потенціалу спокою, а вхід іонів Na^+ – її зменшенню.
- Зменшенню величини мембранного потенціалу, за рахунок пасивного входу іонів Na^+ , активно протидіє натрій-калієвий насос, який виводить Na^+ з клітини і вводить K^+ . Цей процес є енергозалежним.
- Отже, шляхом пасивного та активного перенесення іонів створюється і підтримується мембранний потенціал спокою.

Класичний потенціал дії, зареєстрований мікроелектродним методом(за Гайтоном і Холлом)



Види подразників (за природою):

- хімічні (розчини кислот, лугів, солей, органічних сполук),
- механічні (удар, стиснення, укол),
- температурні (нагрівання, охолодження);
- електричні.

Види подразників (за силою):

- допорогові,
- порогові,
- надпорогові.

Після дії допорогового подразника на мембрану, в місці її подразнення виникає деполяризація. Ці зміни називають місцевою або локальною відповіддю. **Локальна відповідь** – це не здатна до поширення деполяризація мембрани. В основному вона обумовлена переміщенням іонів Na^+ в клітину. Рівень поляризації мембрани зменшується.

Особливості локальної відповіді:

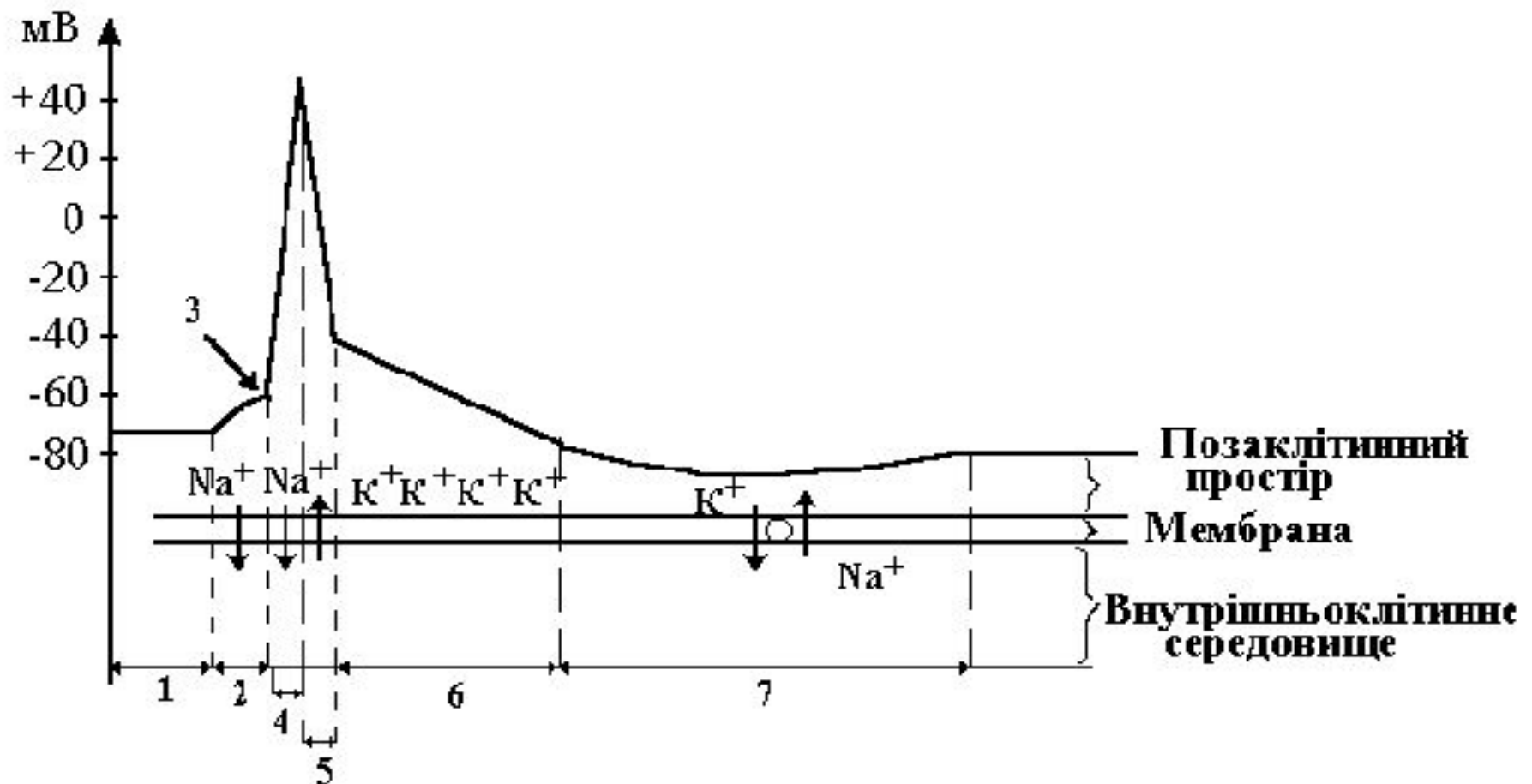
1. Виникає при дії допорогових подразників.
2. Градуально залежить від сили деполяризуючого подразника.
3. Не здатна до розповсюдження.

Якщо сила подразника викличе таке підвищення проникності для іонів Na^+ і мембрана зможе деполяризуватися не місцево, а вся, без будь-яких додаткових впливів, то виникає потенціал дії, а такий подразник, що його викликав, називається пороговим, а сила подразника – порогом.

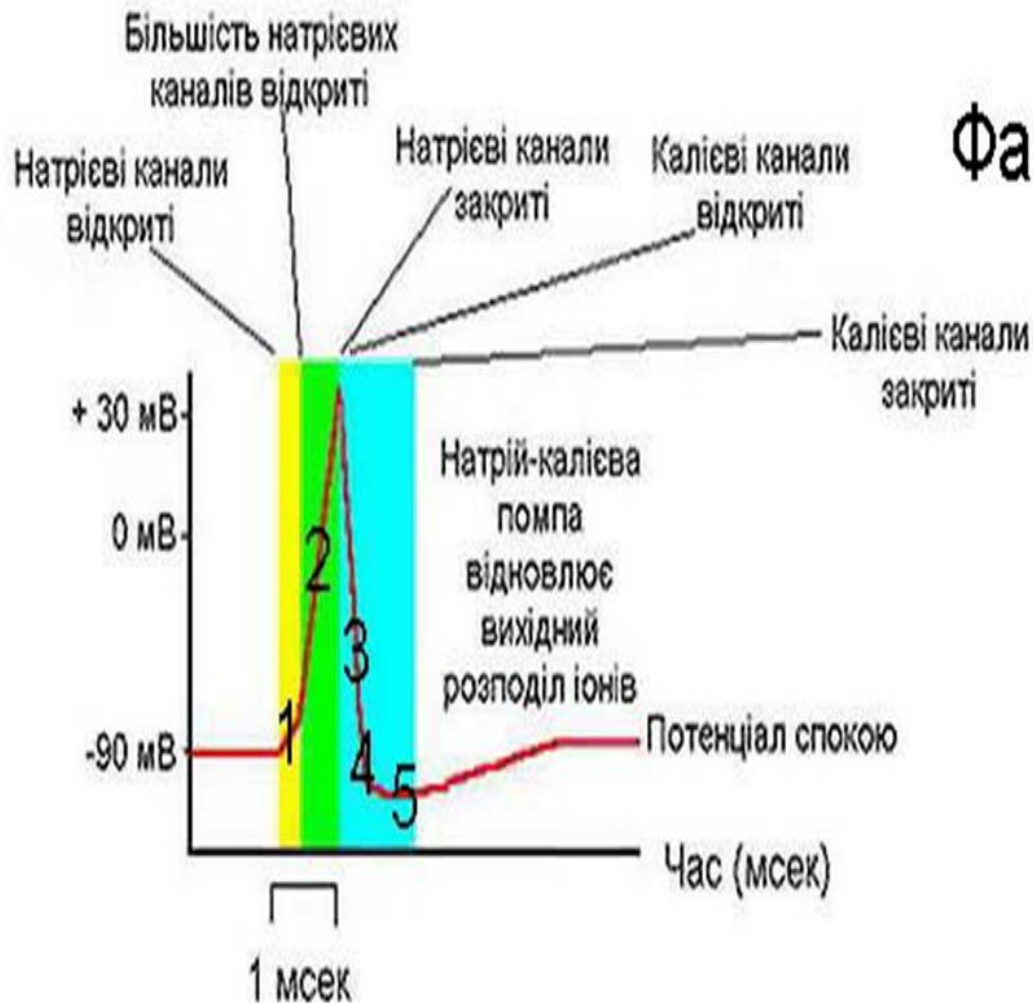
Величина мембранного потенціалу, з якої мембрана може продовжувати деполяризуватися автоматично називається критичним рівнем деполяризації.

Потенціал дії нейрона

1 – мембранний потенціал спокою; 2 – локальна відповідь; 3 – критичний рівень деполяризації; 4 – фаза деполяризації; 5 – фаза реполяризації; 6 – негативний слідовий потенціал (слідовий деполяризаційний потенціал); 7 – позитивний слідовий потенціал (слідовий гіперполяризаційний потенціал)

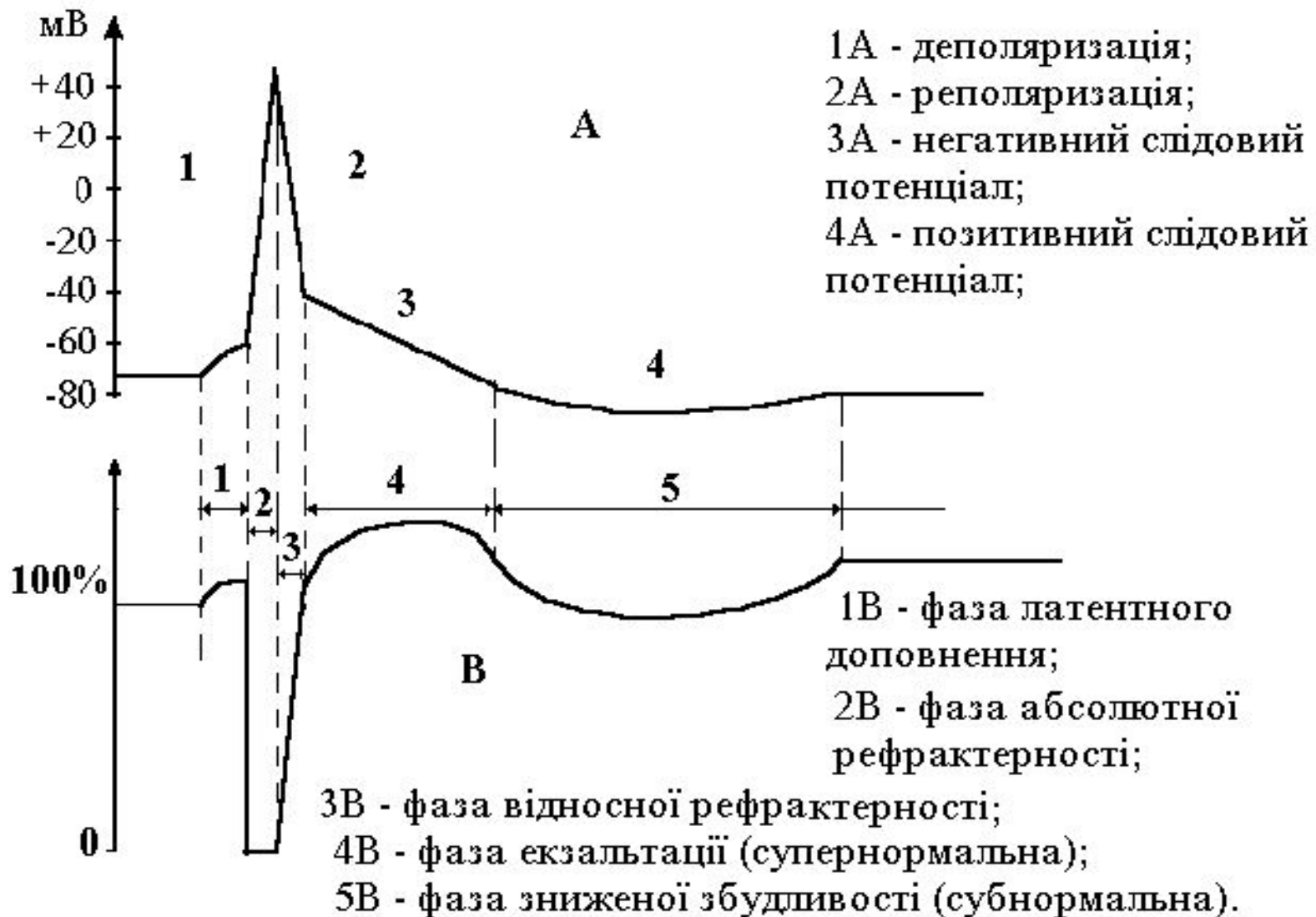


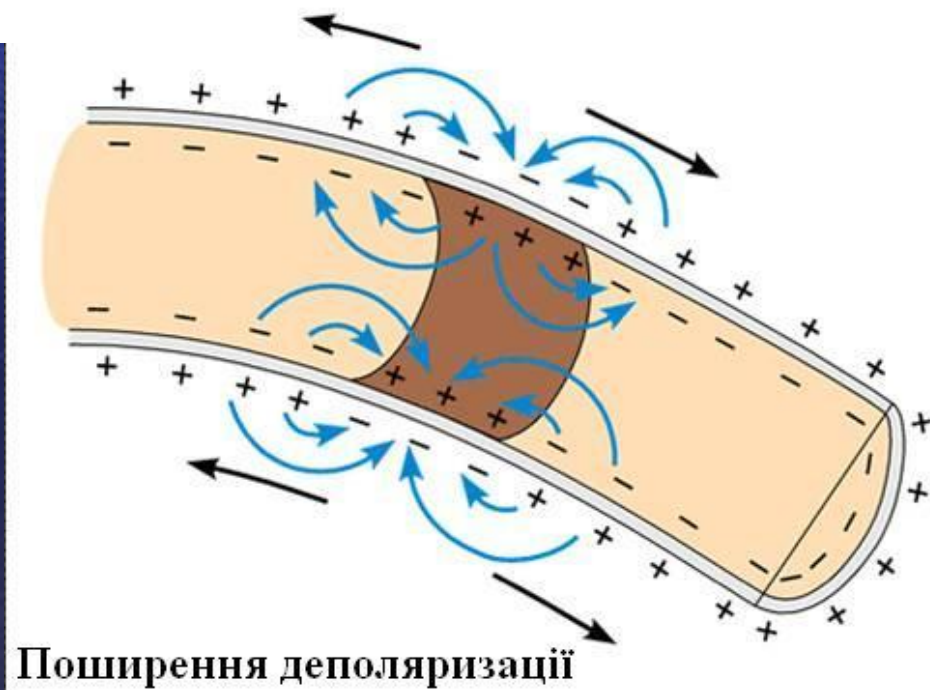
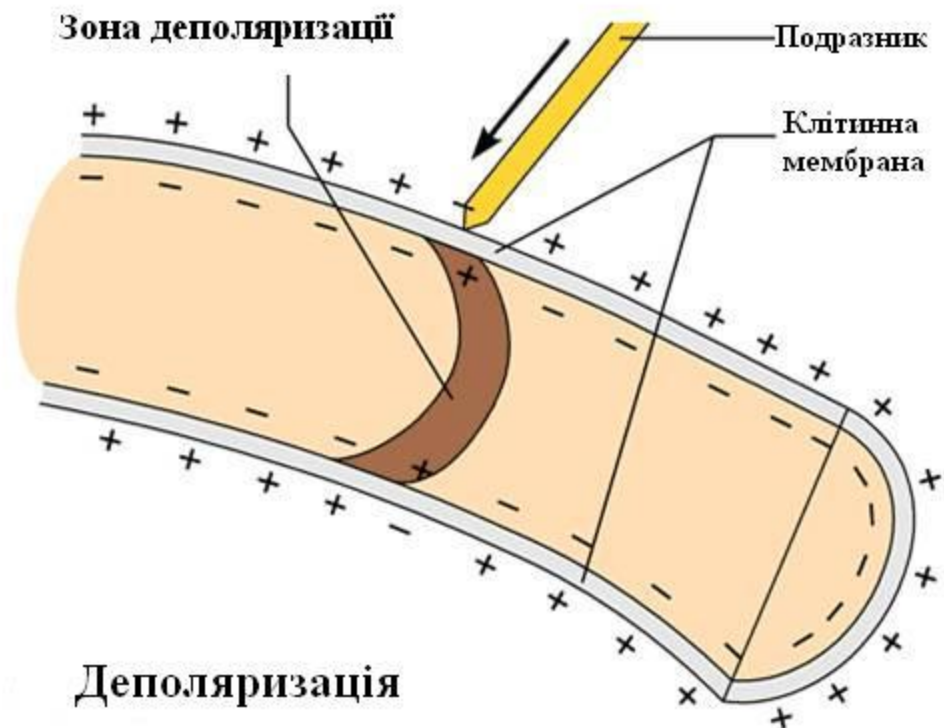
Фази потенціалу дії



- 1 - локальна відповідь;
- 2 - деполяризація;
- 3 - реполяризація;
- 4 - слідовий деполяризаційний потенціал;
- 5 - слідовий гіперполяризаційний потенціал.

Співвідношення фаз потенціалу дії (А) та збудливості (В)





Умови і закони проведення збудження аксонами

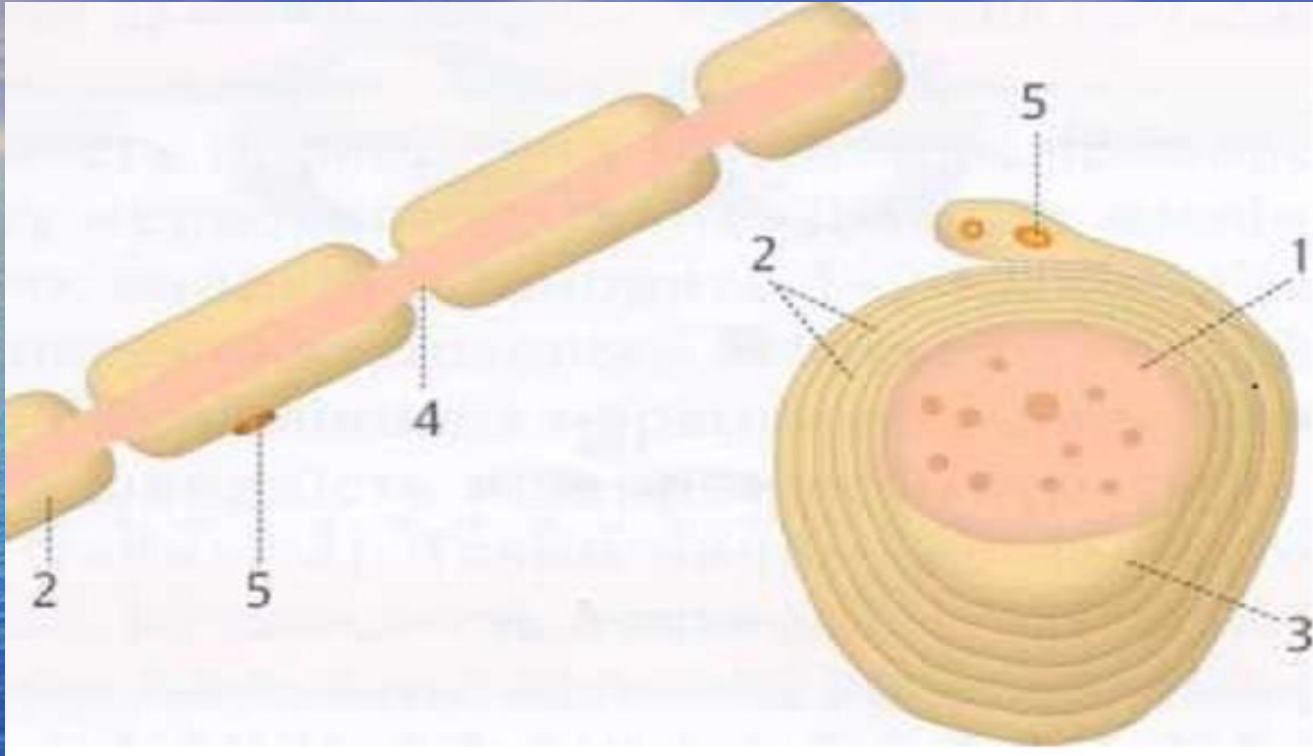
УМОВИ:

1. Анатомічна цілісність нервового волокна. Травма, перерізка нерва порушує проведення збудження.
2. Фізіологічна повноцінність. Проведення збудження аксонами порушується внаслідок зникнення проникності їх мембран для іонів натрію, наприклад, при дії знеболюючих засобів.

Закони проведення збудження:

1. Двобічної провідності.
2. Ізольованого проведення.
3. Проведення збудження без затухання (бездекрементно).

Будова мієлінових волокон



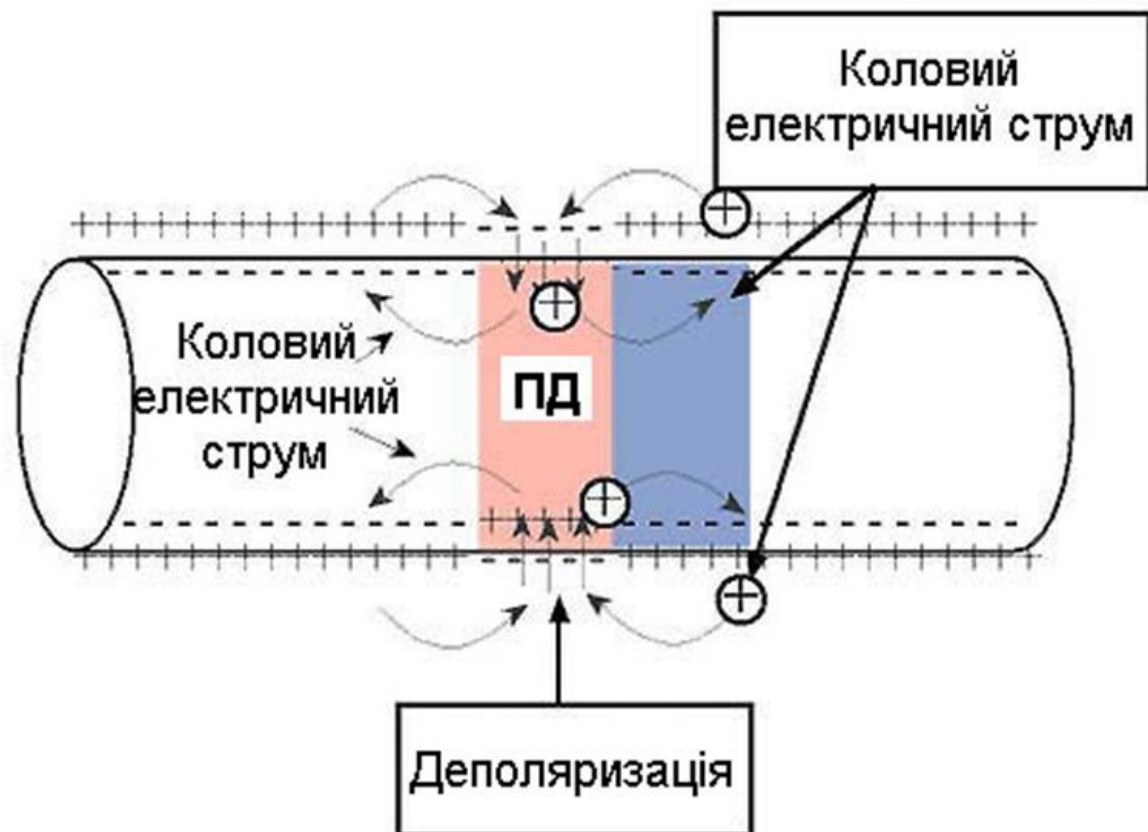
1. Аксон
2. Мієлінова оболонка
3. Шваннівська клітина
4. Перехват Ранв'є
5. Ядро шваннівської клітини

Проведення збудження безмієліновими і мієліновими нервовими волокнами

Безмієліновими нервовими волокнами збудження розповсюджується безперервно, а мієліновими від перехвату Ранв'є до перехвату Ранв'є. Це можливо тільки тому, що мембрана перехвату має майже в 100 разів більше натрієвих каналів, ніж мембрана безмієлінових нервових волокон. Щодо швидкості поширення збудження, то вона більша в мієлінових волокнах.

Поширення збудження у безмієлінових нервових волокнах

Напрямок поширення імпульсу
(у природних умовах)



Місцеві струми виникають між
сусідніми ділянками
безмієлінового волокна.

Умови поширення збудження:

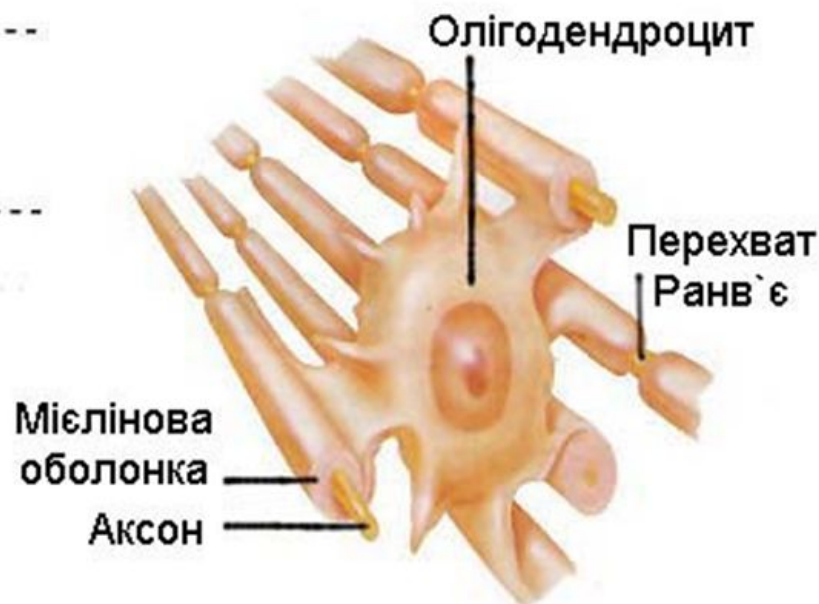
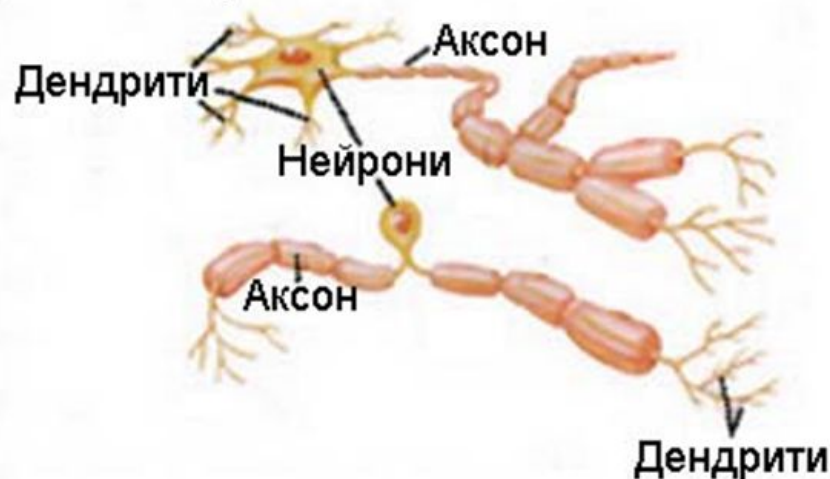
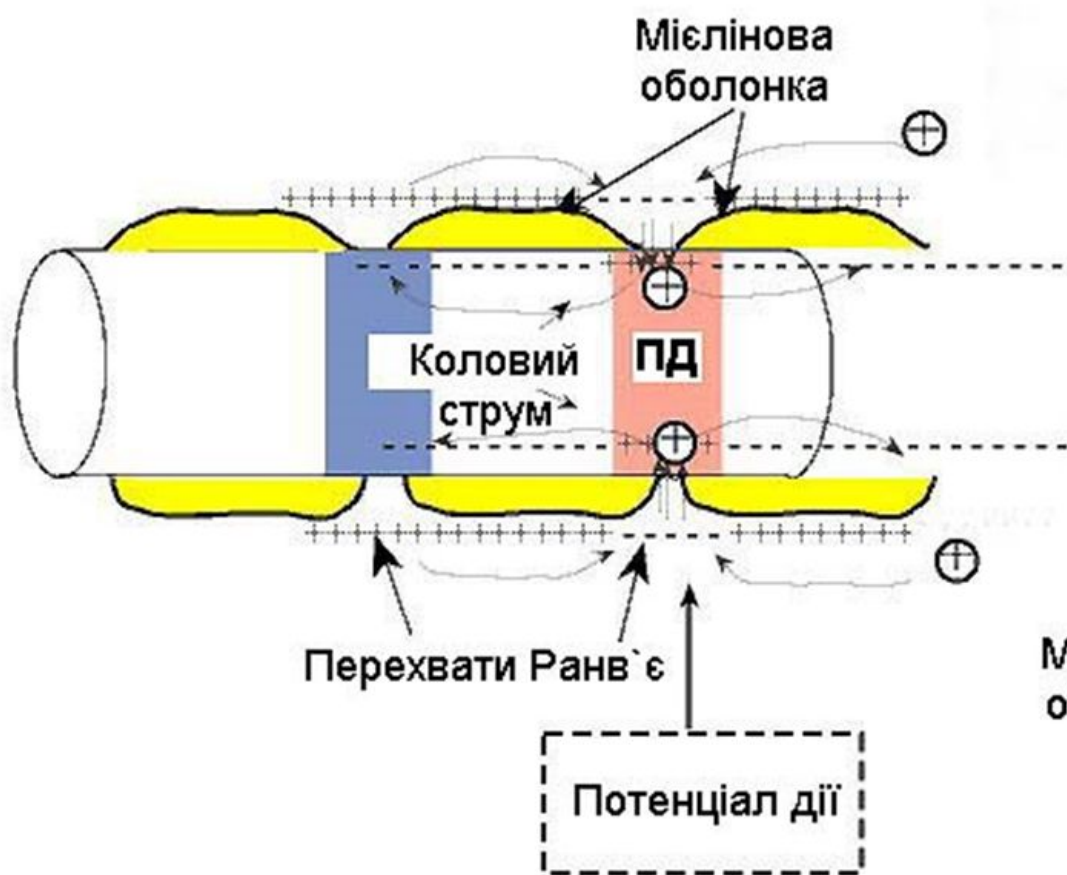
1. Анатомічна цілісність
нервового волокна. (Травма,
перерізка нерва порушує
проведення збудження).
2. фізіологічна повноцінність.
(Проведення збудження
аксонами порушується
внаслідок зникнення
проникності їх мембран для
іонів натрію, наприклад, при дії
знеболюючих засобів).

Закони проведення збудження:

1. Проведення без затухання
(бездекрементно).
2. Ізольованого проведення.
3. Двобічної провідності.

Сальтаторне проведення імпульсу у мієлінізованому нервовому волокні

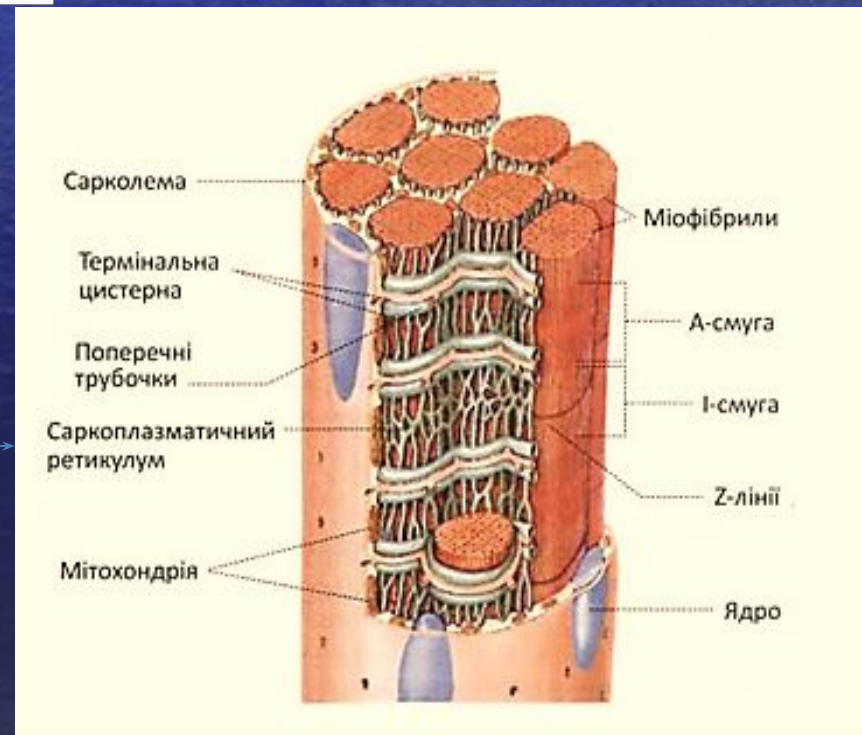
Напрямок поширення імпульсу
(у природних умовах)



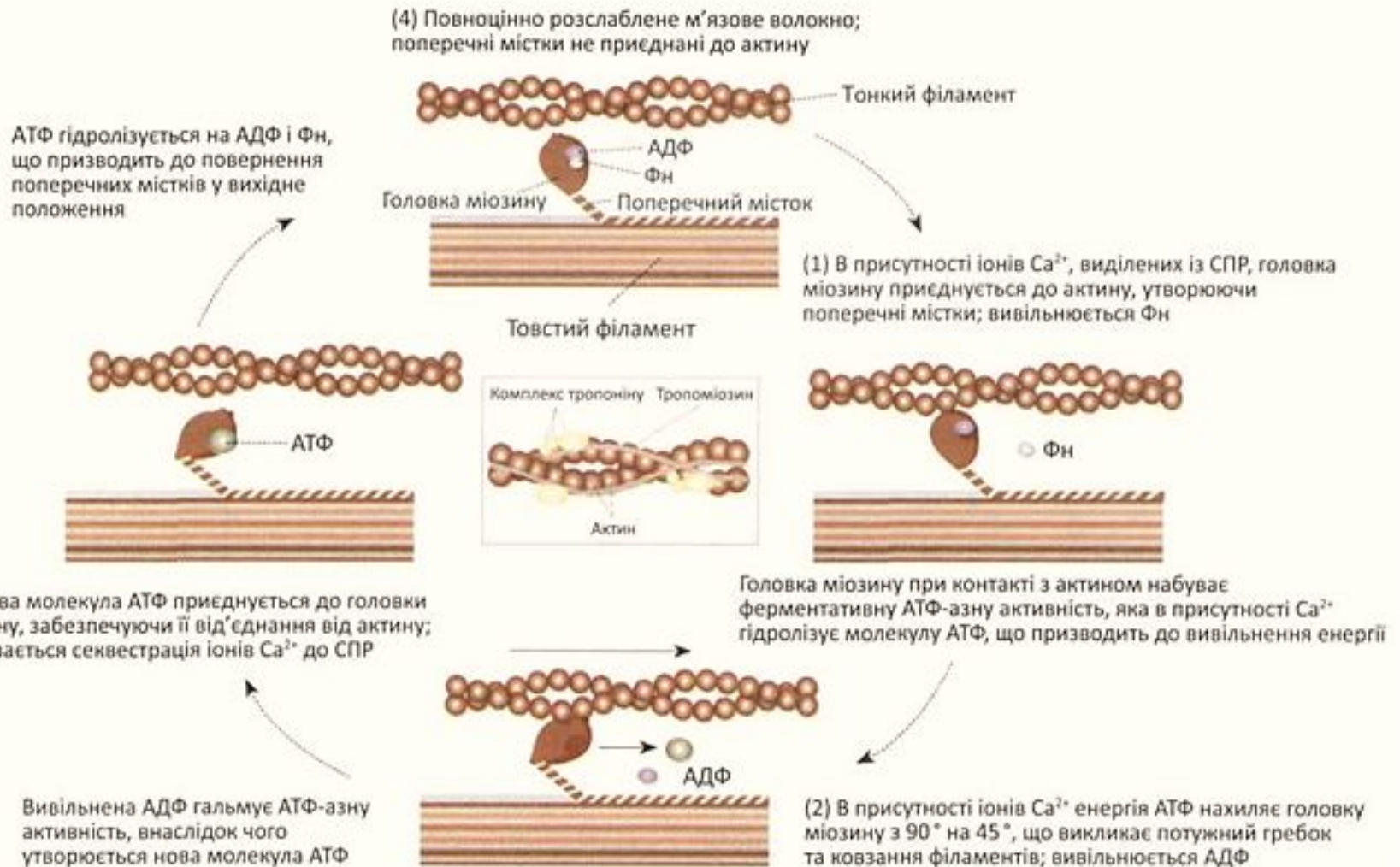


Структури актинового міофіламента

Оточення міофібрил поперечними трубочками та саркоплазматичним ретикулулом



Кроки формування поперечних актино-міозинових містків у процесі скорочення-розслаблення м'яза



Послідовність процесів скорочення та розслаблення м'язів

Скорочення

1. Генерація ПД мотонейроном
2. Вивільнення ацетилхоліну в кінцевій пластинці
3. Зв'язування ацетилхоліну з нікотиновими ацетилхоліновими рецепторами постсинаптичної мембрани
4. Збільшення проникності постсинаптичної мембрани (мембрана м'язового волокна) до Na^+ і K^+
5. Утворення потенціалу кінцевої пластинки
6. Утворення ПД м'язового волокна
7. Поширення деполяризації у Т-трубочках
8. Вивільнення Ca^{2+} з термінальних цистерн саркоплазматичної сітки і дифузія його в ділянку актину
9. Зв'язування Ca^{2+} з тропоніном С, оголення ділянок зв'язування міозину з актином
10. Утворення поперечних містків міозину з актином і ковзання їх, що спричиняє скорочення м'яза

Розслаблення

1. Ca^{2+} повертається в саркоплазматичну сітку
2. Вивільнення Ca^{2+} , що був зв'язаний з тропоніном, приєднання тропоміозину до актину
3. Припинення взаємодії міозину з актином

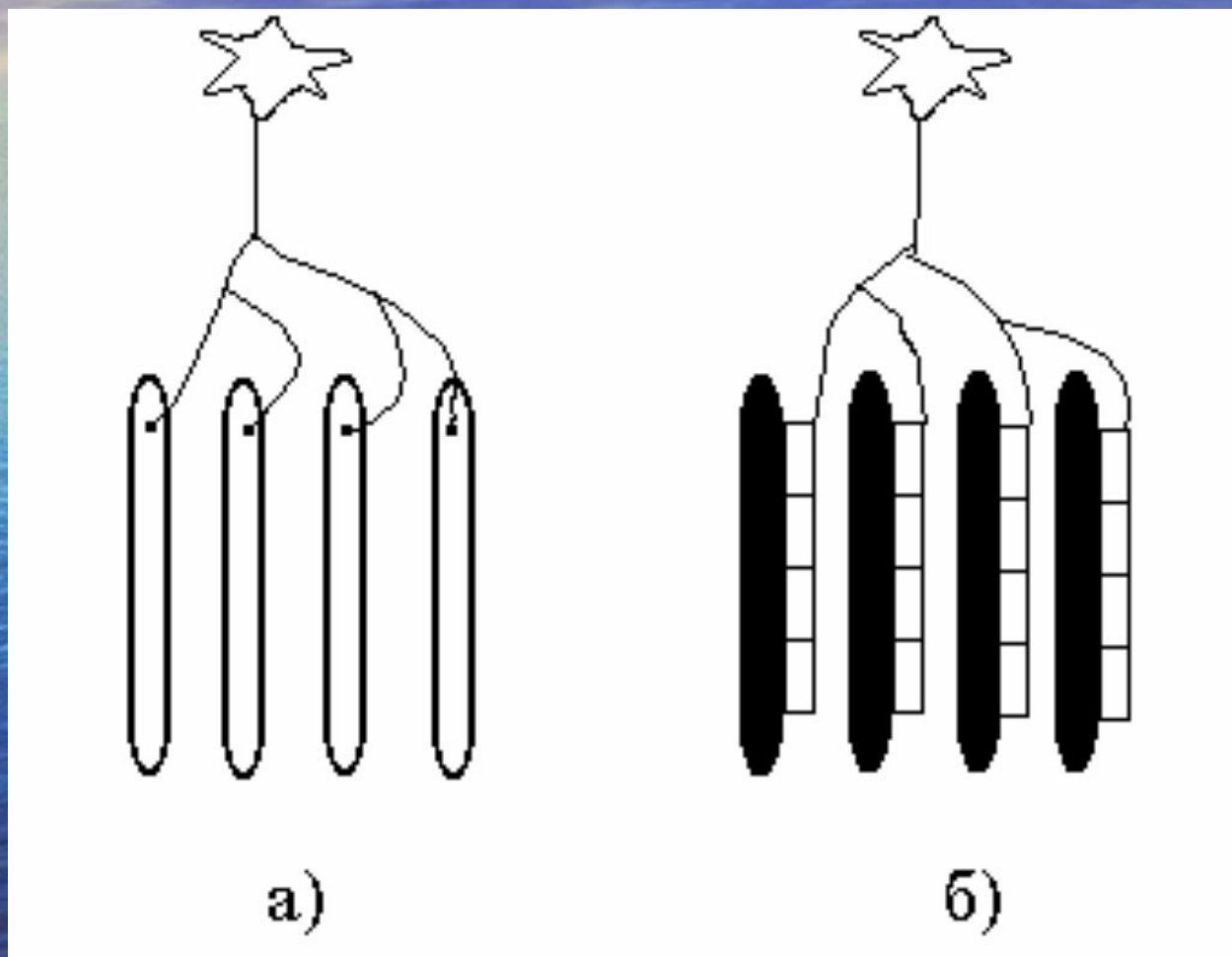
Сумація скорочень і тетанус м'яза

У відповідь на одинокий імпульс відбувається скорочення, за яким спостерігається дещо повільне розслаблення.

Одинокі скорочення можуть сумуватись, і тоді розвивається тривале скорочення м'яза – тетанус.

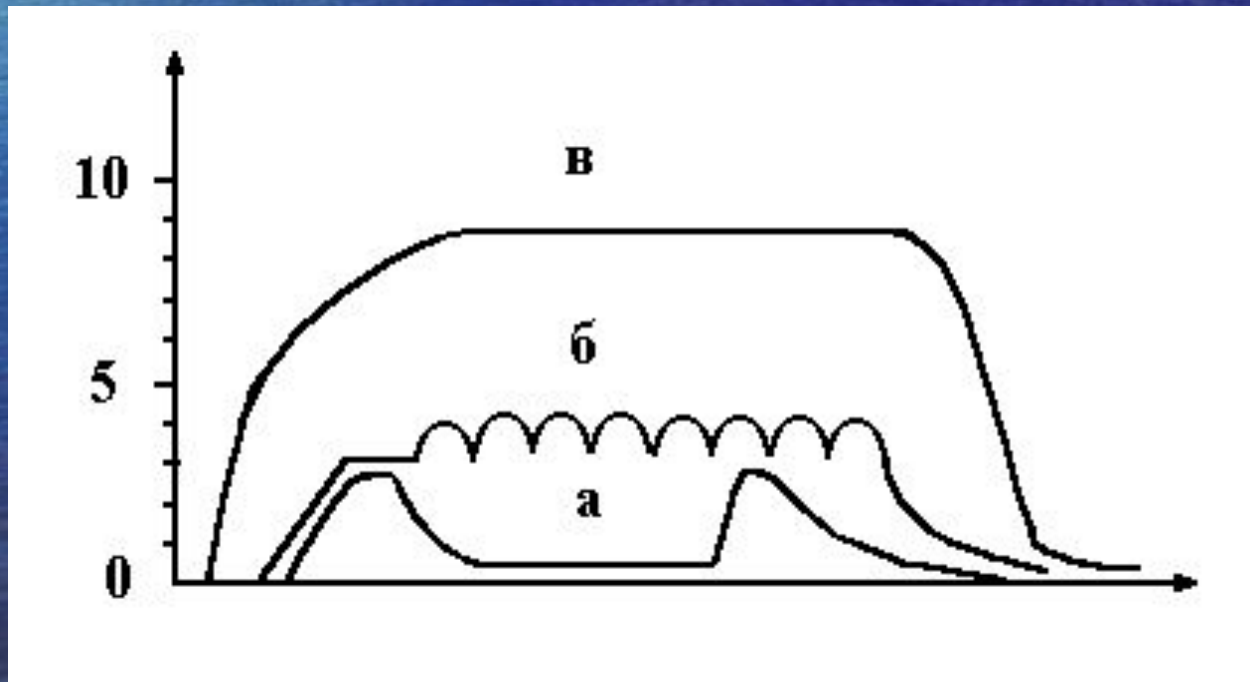
Тетанічне скорочення виникає тоді, коли до м'яза надходить не одинокі подразнення, а їх серія. У цьому випадку хвилі скорочення накладаються одна на одну. Накладання хвиль скорочення можливе лише тому, що рефрактерний період збудливості м'язового волокна менший за латентний період його скорочення, і тому м'язове волокно, що не встигло ще відповісти на попереднє подразнення, сприймає наступне. Кожний наступний імпульс надходить у момент, коли ще не закінчилась хвиля попереднього скорочення. Залежно від частоти імпульсації тетанус може бути зубчастим (неповним) або суцільним (гладким, повним)

Нейромоторні фазні (а) і тонічні (б) одиниці



Одинокі скорочення (а), зубчастий (б) і гладкий (в)
тетанус.

Зубчастий тетанус виникає при такій частоті, коли кожен наступний імпульс застає м'яз у періоді розслаблення. Суцільний тетанус спостерігається, коли нова хвиля скорочення починається до початку розслаблення. У природних умовах від рухових нейронів до м'яза надходить серія імпульсів. Тому тетанічний режим для скелетних м'язів є фізіологічним. Надзвичайно висока частота подразнень викликає зниження сили скорочень м'яза.



Швидкий потенціал дії кардіоміоцитів

Фаза 0 – швидкий вхід Na^+ в клітину;

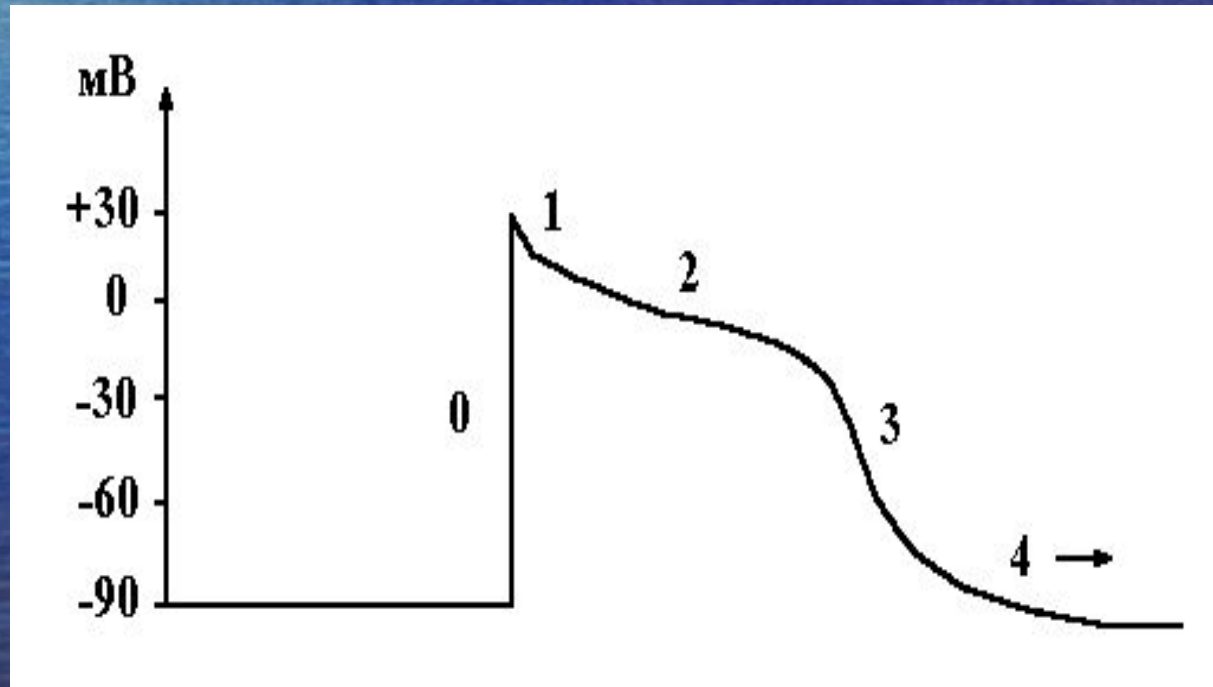
Фаза 1 – зменшується проникність для Na^+ , а підвищується вхід для Cl^- і вихід K^+ з клітини;

Фаза 2 – у клітину входить Ca^{2+} ;

Фаза 3 – зменшується проникність для Ca^{2+} і значно зростає вихід K^+ з клітини;

Фаза 4 – відновлення вихідних концентрацій іонів у клітині і зовні.

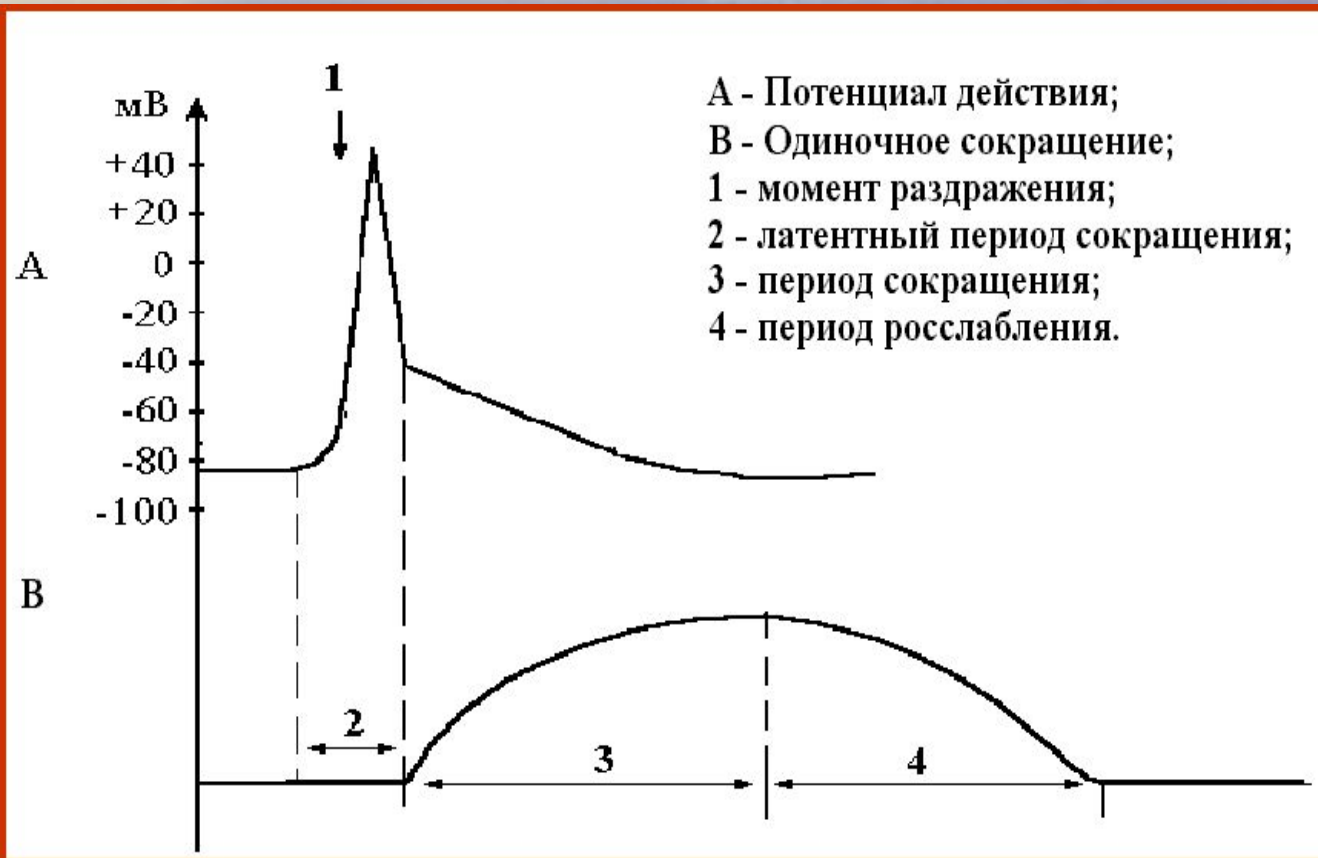
0 – фаза швидкої деполяризації; 1 – фаза швидкої початкової реполяризації; 2 – фаза повільної реполяризації; 3 – фаза швидкої кінцевої реполяризації; 4 – фаза спокою



Потенціал дії фазного м'язового волокна



Співвідношення між збудженням і скороченням фазного м'язового волокна





Дякую
за увагу!