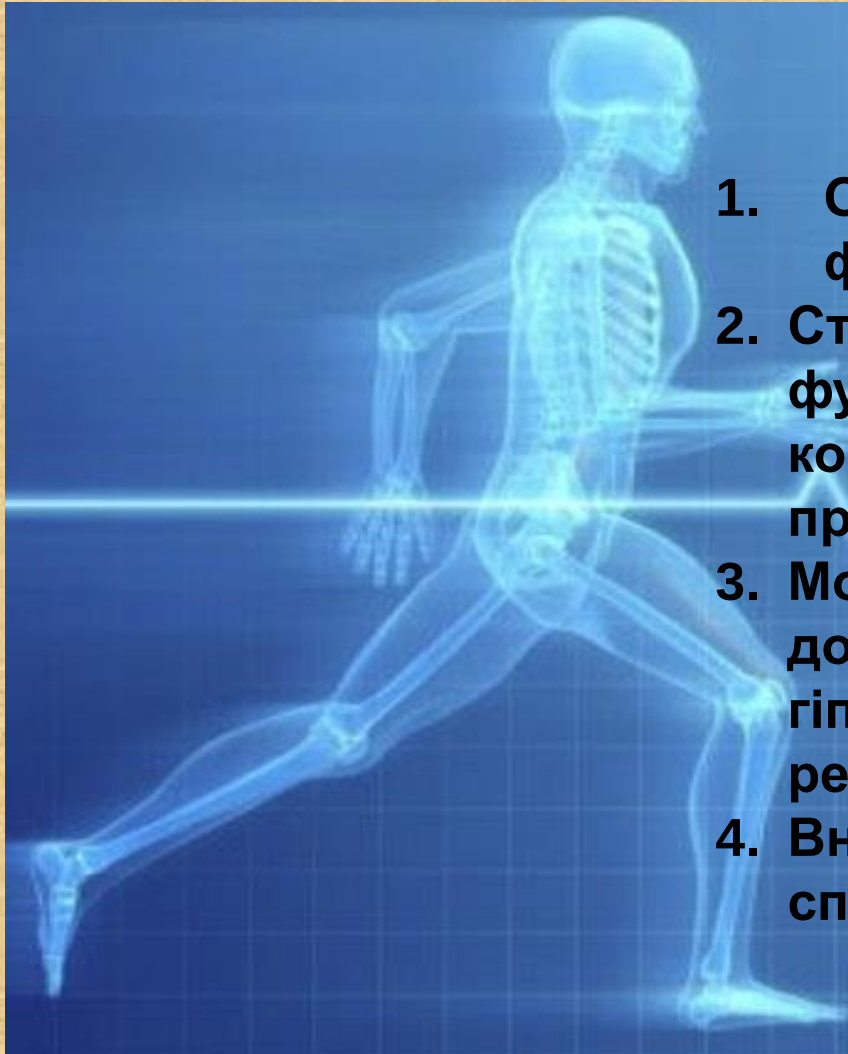


Морфологічні прояви адаптації організму людини до фізичних навантажень

План

- 1. Основи поняття про адаптацію до фізичних навантажень.**
- 2. Стадії адаптації: морфологічна та функціональна. Морфологічні прояви компенсаторно-приспосувальних процесів.**
- 3. Морфологічні прояви адаптації органів до підвищеного рівня функціонування: гіпертрофія, гіперплазія, прискорена регенерація.**
- 4. Внутрішні органи і фізкультурно-спортивна діяльність.**



Спортивна морфологія вивчає адаптацію систем організму до фізичних навантажень, тобто зміни в будові і функціях організму, які пристосовують його до спортивної діяльності.

Існують 2 стадії адаптації: **функціональна і морфологічна.**

Під час морфологічної стадії відбуваються зміни у будові органів, які забезпечують зростання функціональних можливостей, ефективності та економності роботи органа чи системи. Ці зміни можуть носити характер прискореної **регенерації, гіпертрофії або гіперплазії**

Регенерація - це оновлення клітин і їх органоїдів після фізичного навантаження

ВИДИ АДАПТАЦІЇ: за часом формування

ТЕРМІНОВА АДАПТАЦІЯ

- відповідні реакції окремих систем або всього організму, основані на готових, раніше сформованих фізіологічних механізмах, на термінову дію адекватних подразників (функціональні зміни).

ДОВГОЧАСНА АДАПТАЦІЯ

- Поступове накопичення кількісних змін в організмі, що призводить до набуття нових якісних властивостей (структурно-функціональні перебудови).

Загальні механізми адаптації клітин і органів до фізичних навантажень:



Гіпертрофія та (можливо?) гіперплазія.

Мієлінізація мотонейронів.

Васкуляризація тканин (м'язів, міокарду, легень, тощо).

Набуття клітинами скелетних м'язів збільшених енергетичних властивостей (накопичення речовин, мітохондрій, міоглобіну).

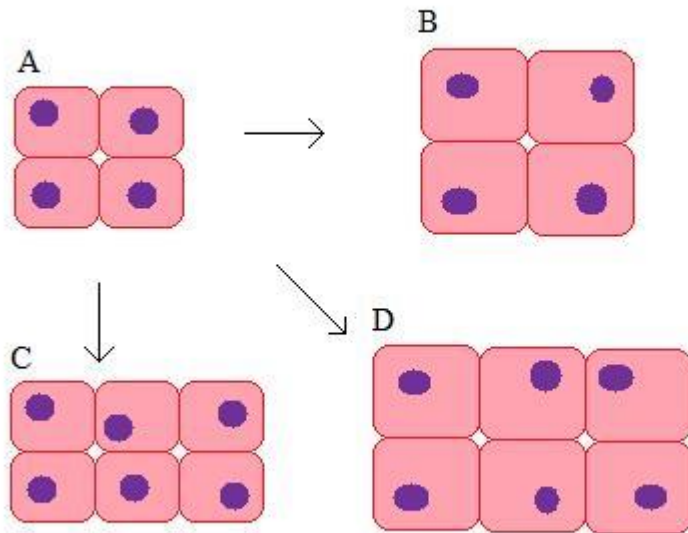
Формування стійкості вегетативних центрів до специфічних подразників (ацидоз, гіпоксія, гіперкапнія).

ГІПЕРТРОФІЯ –

збільшення в об'ємі органів, тканин за рахунок збільшення об'єму клітин

ГІПЕРПЛАЗІЯ –

збільшення в об'ємі органів, тканин за рахунок збільшення кількості клітин



**А – вихідний стан тканини;
В – гіпертрофія тканини;
С – гіперплазія тканини;
D – одночасна гіпертрофія
та гіперплазія.**

ГІПЕРТРОФІЯ СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ

СКРКОПЛАЗМАТИЧНА:
маса збільшується за рахунок кількості органел і речовин (саркоплазма, мітохондрії, міоглобін, глікоген)

МІОФІБРІЛЯРНА:
маса збільшується за рахунок апарату скорочення – міофібрил



Саркоплазматична гіпертрофія - це потовщення м'язового волокна за рахунок збільшення об'єму саркоплазми, тобто не скоротливої частини.

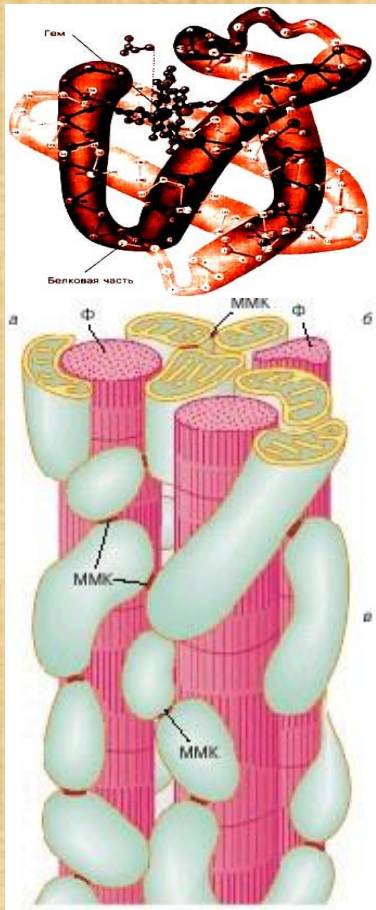
У цьому випадку спостерігається ↑ вмісту нескоротливих білків, та метаболічних резервів волокна - креатинфосфату, міоглобіну і ін.

Гіпертрофія такого типу не супроводжується значним зростанням сили м'язів, проте **значно зростає витривалість м'язів.**

Такий тип гіпертрофії характерний **для повільних (І типу, червоні, низько порогові) волокон.**



САРКОПЛАЗМАТИЧНА ГІПЕРТРОФІЯ М'ЯЗІВ – результат «накопичення» структур і речовин, відповідальних за енергетичний баланс



Мітохондрії

Міоглобін

Глікоген

Кратинфосфат

Саркоплазма і структури
саркоплазматичного ретикулуму

Вода та іони

Міофібрилярна гіпертрофія пов'язана із збільшенням числа і об'єму міофібрил, тобто скоротливого апарату волокна → **значне зростання сили м'язів.**

Такий тип гіпертрофії характерний **для швидких (II типу, білих, високо порогових) волокон.**

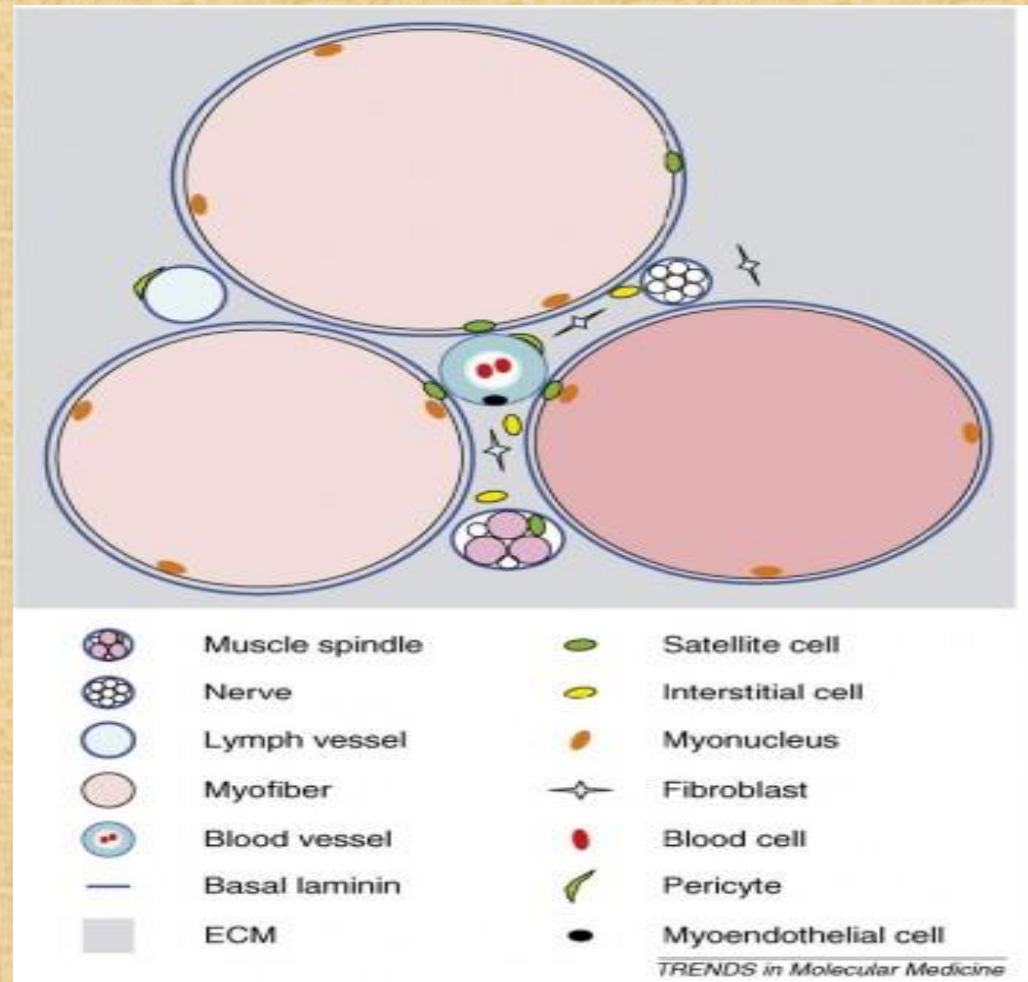
Як правило, **робоча гіпертрофія – змішаний процес**, у якому представлені обидва типи гіпертрофії, проте у залежності від характеру виконуваної роботи той чи інший тип гіпертрофії може переважати, що призводить до зміни площі, яку займають волокна того чи іншого типу.

Зокрема, **тренування витривалості** супроводжується зростанням площі волокон **типу I (повільні) та ПА (швидкі окислювальні)**, у той час як **силове тренування** призводить до збільшення площі волокон **типу IIB (швидкі гліколітичні).**



МІОФІБРИЛЯРНА ГІПЕРТРОФІЯ М'ЯЗІВ –
результат підвищення синтезу білків у
м'язах.

Сателітні клітини («клітини-супутники») – одноядерні міогенні стовбурові клітини, що знаходяться між базальними мембранами і сарколемою м'язового волокна, і є головним фактором постнатального збільшення м'язу.

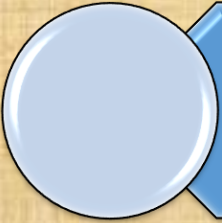


У м'язовій системі під дією фізичних навантажень спостерігаються такі зміни:

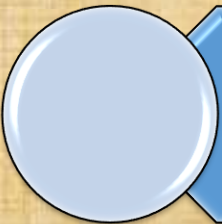
а) робоча гіперемія, тобто покращується кровопостачання. При помірних навантаженнях це відбувається за рахунок відкриття резервних капілярів, а при тривалій дії інтенсивних фізичних навантажень утворюються нові кровоносні капіляри;

б) посилюється нервова імпульсація, що прискорює обмін речовин у м'язах.

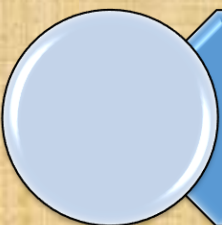
у працюючому м'язі розвивається низка
морфофункціональних змін, які зумовлюють робочу
гіпертрофію м'яза:



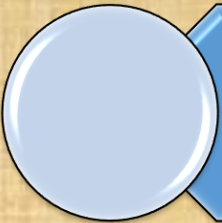
1 - у м'язових волокнах стимулюється біосинтез білків і АТФ;



2 - збільшується кількість міофібрил, мітохондрій, вміст саркоплазми, кількість мембран системи Т-трубок і саркоплазматичного ретикулуму;



3 - збільшується товщина м'язових волокон;



4 - збільшується об'єм, маса і сила м'яза.

Спостереження за важкоатлетами та культуристами показали, що ізометричні та ексцентричні скорочення більш ефективно стимулюють робочу гіпертрофію м'язів, ніж концентричні.

При статичних навантаженнях збільшується площа прикріплення м'язів до кісток, збільшується сухожилкова частина м'яза, потовщується сполучнотканинна оболонка ендомізій. У м'язових волокнах зростає трофічний апарат: саркоплазма, ядра, мітохондрії. Міофібрили розвинені менше і розміщені менш щільно.

При динамічних навантаженнях збільшується м'язова і скорочується сухожилкова частина м'яза. У м'язових волокнах збільшується кількість міофібрил. Об'єм і маса м'язів зростають у меншій мірі, ніж під впливом статичних навантажень.

Тривалі і систематичні скорочення м'язів при фізичних вправах поступово, через рефлекторні механізми, викликають зміни обміну речовин в кістках, в результаті чого, робоча гіпертрофія кістки:

збільшується кількість остеонів і змінюється їх розміщення;

потовщується щільна речовина кістки;

потовщуються балки губчастої речовини;

змінюються терміни окостеніння і, відповідно, тривалість росту кістки;

посилюється рельєф кістки, стають більш вираженими горбистості, гребені та інші місця прикріплення м'язів.

Характер змін залежить від інтенсивності фізичних навантажень. При середніх, правильно дозованих фізичних навантаженнях, спостерігається раціональна адаптація кістки, в процесі якої:

1 - стимулюється ріст кістки в товщину з боку окістя; кістковомозкова порожнина не зменшується; збільшується міцність кістки;

2 - затримується окостеніння епіфізарних хрящів, в результаті чого продовжується ріст кістки в довжину.

При надмірних фізичних навантаженнях, переважно статичного характеру, при перетренуванні може розвиватись нераціональна форма адаптації кістки при якій:

1 - кісткова речовина потовщується досередини, в бік кістковомозкової порожнини, внаслідок чого розміри порожнини зменшуються, що погіршує механічні властивості кістки;

2 - прискорюється окостеніння епіфізарних хрящів, тому кістка раніше завершує ріст у довжину. При нераціональній адаптації можуть також розвиватись викривлення кісток.

Поздовжні розміри кістки більш генетично імовлені, ніж поперечні → фізичні навантаження > відображаються на рості кісток у товщину, ніж у довжину.

Вважають, що активізуюча дія на ріст кістки властива для так званих пульсуючих навантажень, коли чергуються скорочення і розслаблення м'язів.

Статичні навантаження для отримання подібного ефекту мусять бути змінної інтенсивності.

Крім того, важливо враховувати що при ↑ фізичного навантаження до певного (опт) рівня ростові процеси стимулюються, але при перевищенні цього рівня ріст кістки, навпаки, пригнічується.

Величина оптимального рівня навантаження індивідуальна.

У спортсменів різних спеціалізацій спостерігаються різнонаправлені зміни у будові кісток і суглобів.

Так, у футболістів збільшені розміри кульшової западини і головки стегнової кістки; рухомість кульшового суглоба менша, зате він стійкіший → забезпечує кращу стійкість тіла при ударі по м'ячу.

У лижників більш виражений грудний кіфоз, менша рухомість плечового і кульшового суглобів.

У гімнастів збільшені поперечні розміри ліктьової кістки, менші розміри таза, ніж у неспортсменів. Діаметр кульшової западини у них зменшений, що збільшує рухомість кульшового суглоба. Краща рухомість хребта

При тривалій дії або при систематичному підвищенні навантаження розвиваються структурні зміни в серці, які носять характер **робочої гіпертрофії**.

Вважають, що гіпертрофія міокарда є обов'язковою особливістю серця спортсмена, однак вона більше виражена у спортсменів, які тренуються на витривалість, у спортсменів швидко-силових видів спорту вона виражена слабо.

Вважають, що значно виражена гіпертрофія є явищем небажаним. При сильній невідповідності об'єму і поверхні клітин кардіоміоцитів погіршується їх функціонування. Це нераціональна адаптація серця до фізичних навантажень. Гіпертрофія зникає через декілька тижнів після припинення тренувань.

Існує думка, що при перевищенні ваги серця понад 500 г гіпертрофія міокарда може навіть переходити у гіперплазію, тобто збільшується кількість м'язових волокон.

Рациональною формою адаптації серця, яка створює найкращі умови для серцевої діяльності в умовах фізичних навантажень, вважають прискорену внутрішньоклітинну **регенерацію** ультраструктур і, можливо, незначну гіпертрофію серцевого м'яза.

Гіпертрофію серця супроводжують такі процеси:

1. Збільшується вага серця (вона може досягати 500 г проти 300 г у неспорсменів).

2. Збільшується довжина і товщина волокон міокарда, але їх кількість залишається незмінною.

3. Збільшується об'єм порожнини серця (дилатація).

4. Гіпертрофуються сосочкові м'язи.

5. Покращується капіляризація стінок серця

ГІПЕРТРОФІЯ МІОКАРДУ –

переважно притаманна для лівого шлуночка; може виникати внаслідок важкої фізичної праці чи занять спортом, а також внаслідок захворювання серцево-судинної системи (гіпертонічна хвороба).



«Спортивне серце»



Normal heart
(cross section)



Hypertrophic
cardiomyopathy

«Спортивна» гіпертрофія супроводжується пропорційними змінами об'єму шлуночка та нормальним розвитком системи коронарного кровообігу.

МОДИФІКАЦІЯ РУХОВИХ ОДИНИЦЬ –

збільшення кількості «проміжних» волокон за рахунок модифікації «червоних» або «білих» відповідно до основного напрямку фізичних навантажень

Структурно-функціональна різноманітність м'язових волокон обумовлена існуванням широкого спектру ізоформ міозину.

Міозин – молекула, від якої, поряд з актином, залежить м'язове скорочення. Молекула міозину складається з двох важких ланцюгів (MyHC) і чотирьох легких ланцюгів (MyLC). Важкі ланцюги міозину представлені кількома ізоформами, від властивостей яких залежать швидкісно-силові якості м'язових волокон.

Заняття фізичними вправами можуть призводити до суттєвих змін скорочувальних властивостей скелетних м'язів.

Вважають, що тренування витривалості супроводжується збільшенням кількості повільних ізоформ міозину.

У той же час силове тренування викликає збільшення MyHCIIA та зменшення MyHCIX.

Крім того, передбачається, що м'язові волокна, що містять MyHCIX, у більшості людей дуже рідко залучаються до виконання роботи в процесі звичайної щоденної активності. Якщо вони починають залучатися у виконання роботи, наприклад у процесі фізичного тренування, то перетворюються на волокна, що містять MyHCIIA (волокна, що включають цю ізоформу важких ланцюгів міозину, мають більшу витривалість порівняно з волокнами типу IX).

Під час тренування м'язової сили або витривалості відбувається значна зміна гормонального фону скелетних м'язів, яка є потужним сигналом, здатним запустити процес зміни вмісту ізоформ міозину в м'язах, що зазнають фізичного навантаження.

МОДИФІКАЦІЯ МЕТАБОЛІНОГО ПРОФІЛЮ М'ЯЗОВИХ ВОЛОКОН (зміни м'язової композиції)

Спеціалізація спортсмена (м'яз)	Склад м'язових волокон, %		Площа поперечного перерізу, мкм ²		Відношення ПМВ/ШМВ
	ПМВ	ШМВ	ПМВ	ШМВ	
Неспортсмени (латеральний стегна)	47	53	4,72	4,71	0,99
Біг на 100 м (литковий)	24	76	5,88	6,03	1,03
Важка атлетика (латеральний стегна)	44	56	5,06	8,91	1,76
Марафон (литковий)	79	21	8,34	6,49	0,78
Веслування на каное (задня дельта)	71	29	4,92	7,04	1,43

Під впливом фізичних навантажень поступово формуються структурні зміни у тих відділах центральної та периферичної НС, які залучені до управління руховою діяльністю.

Так, у пірамідних клітинах кори великих півкуль головного мозку збільшується довжина і галуження дендритів, ↑ кількість міжнейронних синапсів, що збільшує швидкість проведення нервових імпульсів, а отже ↓ час рухової реакції, покращує пам'ять на рухи.

У мотонейронах спинного мозку ↑ активність ферментів, стимулюється біосинтез білків.

У периферичній НС дітей прискорюється мієлінізація нервових волокон, що покращує умови проведення збудження по нервах.

Збільшується кількість нервово-м'язових синапсів.

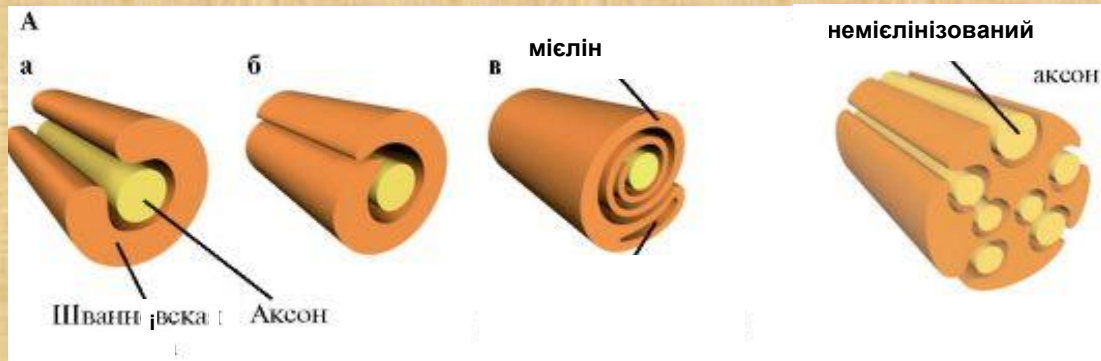
Фізичні навантаження впливають і на стан внутрішніх органів, причому має значення не лише їх інтенсивність, а й зміна положення тіла при окремих спортивних вправах.

Так, при інтенсивних фізичних навантаженнях екскреторна функція шлунку ↓ на 40% від вихідного рівня.

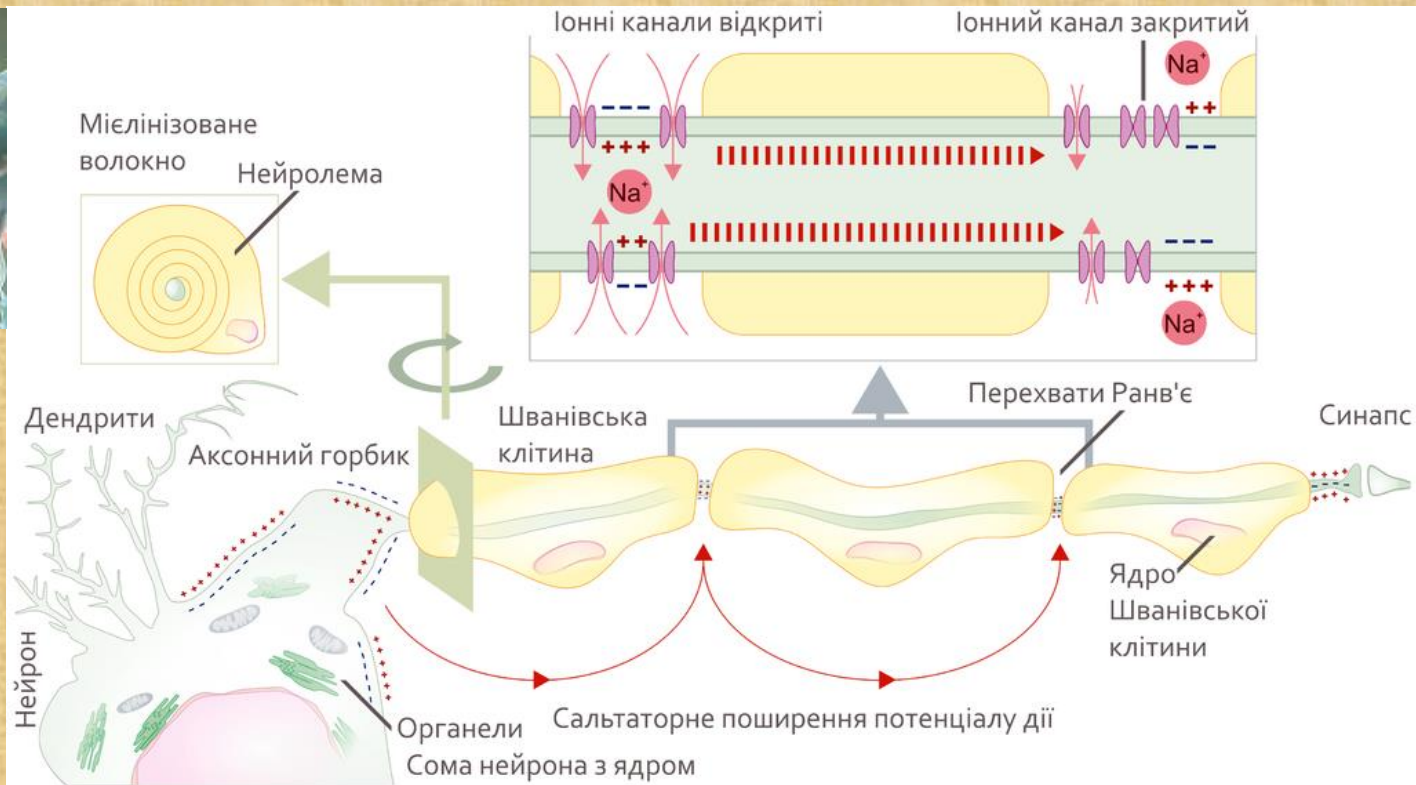
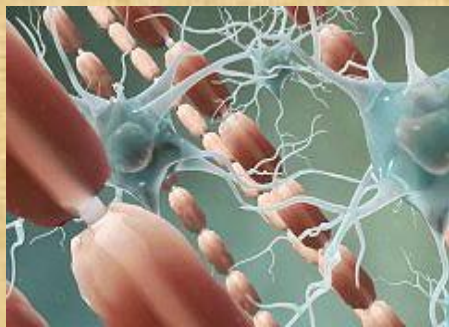
Порушення у секреції шлункового соку виникають, якщо навантаження виконуються менше, ніж за годину до або після прийому їжі. Пригнічення секреції більш виражене при жирній і менше - при білковій їжі.

Найбільше відхилення від нормального положення шлунок приймає при положенні тіла головою донизу. У цьому положенні також тах зміщується краніально поперечна ободова кишка, змінюється положення і форма жовчного міхура, нирок, що впливає на функцію цих органів.

МІЄЛІНІЗАЦІЯ – процес «обгорнення» аксону мотонейрона специфічною клітиною, збагаченою мієліном

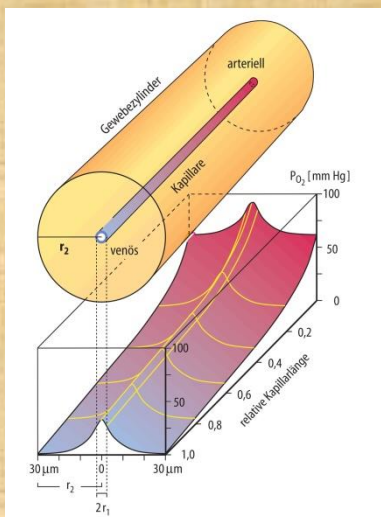


Мієлінізація пришвидшує рух нервових імпульсів, дає можливість нейрону працювати з більшою частотою



ВАСКУЛЯРИЗАЦІЯ –

(від. лат. Vasculum: «маленька судина») – збільшення щільності судин у тканинах організму, що призводить до збільшення кровотоку.



Тип м'язового волокна	Чоловіки		Жінки	
	НТ	С	НТ	С
Середня кількість капілярів навколо одного м'язового волокна (латеральна голівка чотириголового м. стегна)				
Тип I (МО)	4,2	5,9	4,6	5,1
Тип IIa (БОГ)	4,0	5,2	3,7	4,8
Тип IIb (БГ)	3,2	4,3	2,9	3,6
Середня площа м'язу (мкм ²), яка обслуговується 1 капіляром				
Тип I (МО)	1014	997	1034	901
Тип IIa (БОГ)	1335	1213	1062	871
Тип IIb (БГ)	1338	1235	878	840