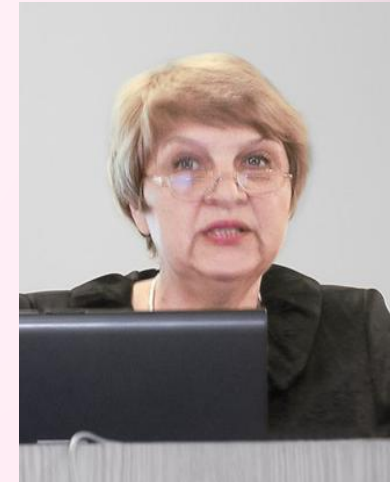


*Національний університет
“Чернігівський колегіум”
імені Т.Г. Шевченка*

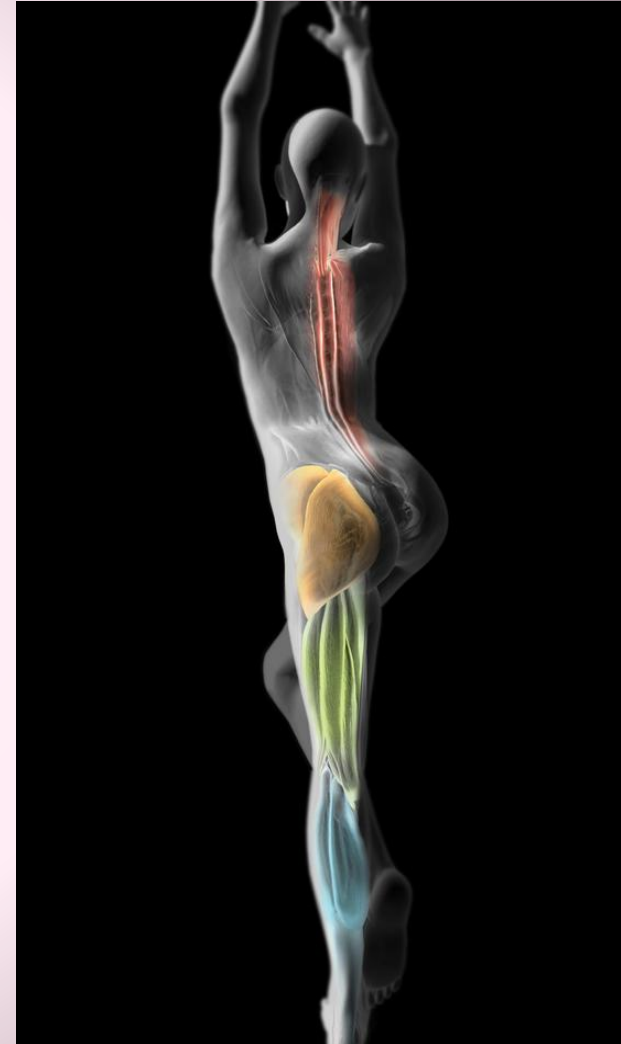


Професорка кафедри БОФВЗС, доктор біологічних наук, професорка кафедри біології Алла Олександрівна Жиденко

Курс Фізіологія людини
А4.11 Середня освіта (Фізична культура)

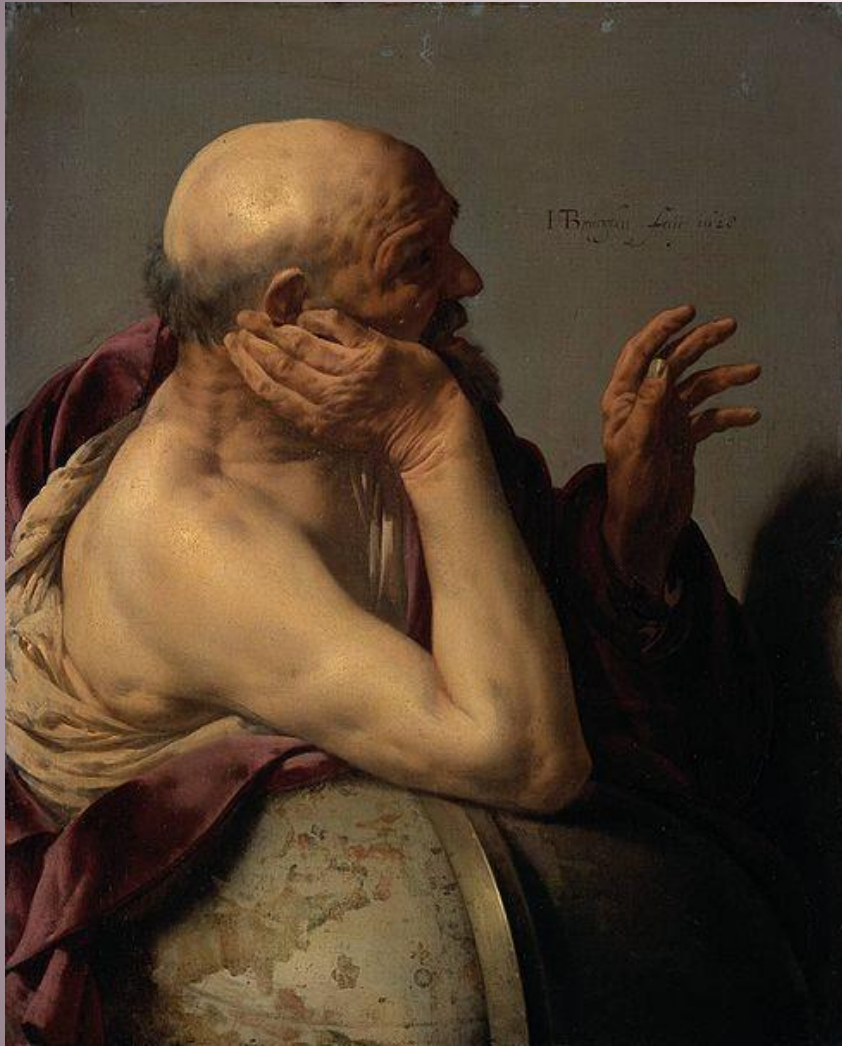
Лекція 8. Тема: ФІЗІОЛОГІЯ НЕЙРОМОТОРНОГО АПАРАТУ

1. Будова та функції м'язової системи, скелетних м'язів.
2. Молекулярні механізми м'язового скорочення. Теорія ковзаючих ниток Хакслі та Хансона.
3. Характеристика енергетичних процесів, що забезпечують роботу м'язів.
4. Ізотонічне, ауксотонічне та ізометричне скорочення. Поняття про моторну одиницю.
5. Поодинокі скорочення, механічна сумація скорочень і тетанус.
6. Фізіологічні особливості гладенької мускулатури.

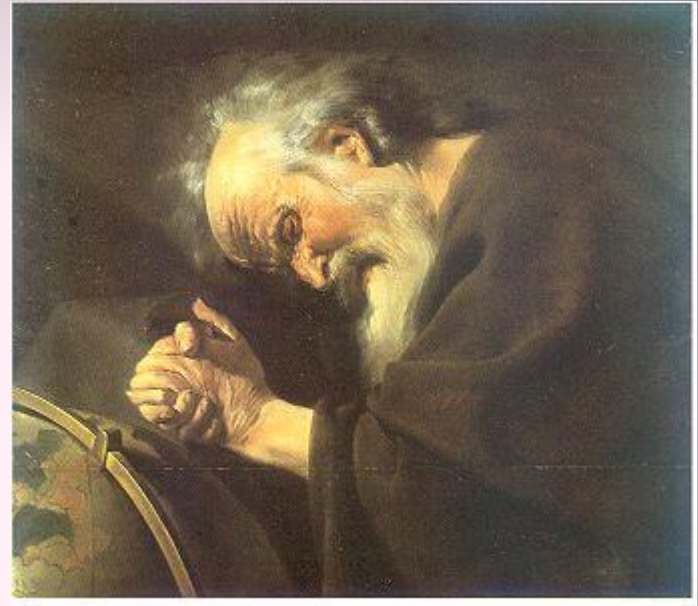


Геракліт Ефеський

(544—483 рр. до н. е.)



Засновник діалектики, як вчення
ПРО РОЗВИТОК. Ідея загальної
мінливості і руху



Згідно його вчення, все виникло з вогню і знаходиться в стані постійної зміни.

Його єдиний твір називається «Про природу». Йому належить відома фраза **«все тече, все змінюється»**.

1. Микола Олександрович Бернштейн пояснив механізми рухів тварин і людини



Дата народження:
24 жовтня (5 листопада) 1896
Місце народження:
Москва, Російська імперія
За освітою був лікар-
невропатолог,
Наукова сфера:
фізіологія, біомеханіка,
психофізіологія.
Московський університет
Дата смерті:
16 січня 1966 (69 років)



М. О. Бернштейн під час експерименту у своїй лабораторії.



Математичні знання дозволили йому стати основоположником сучасної біомеханіки. Його практика лікаря-невропатолога забезпечила його матеріалом, що стосується розладів рухів при різних захворюваннях і травмах ЦНС. Інженерні знання і навички допомогли М.О. Бернштейну удосконалити методи реєстрації рухів. У 1947 році вийшла одна з основних книг "Про побудову руху

Побудова руху за М.О. Бернштейном



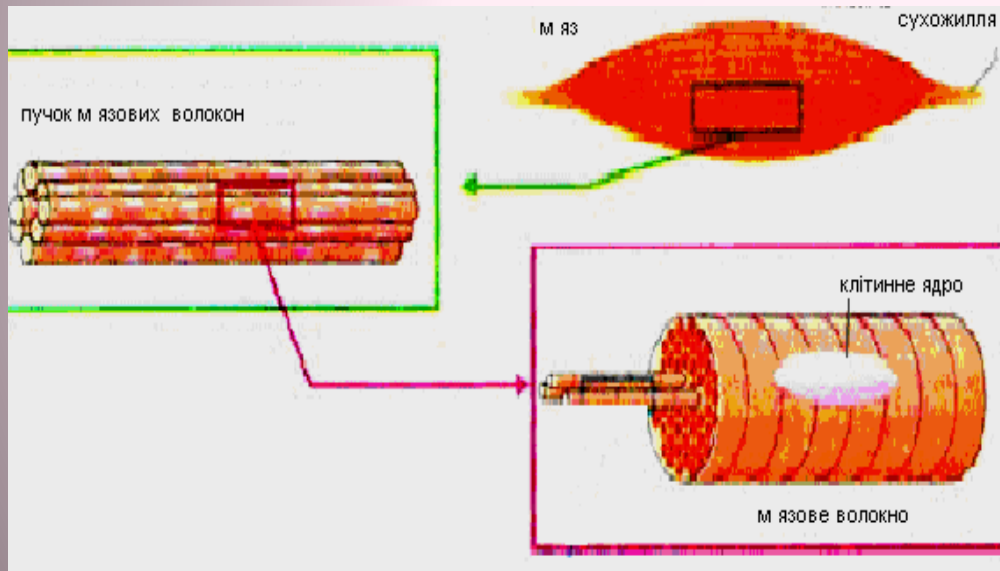
Рівень А - найнижчий і філогенетично більш древній. Бере участь в організації будь-якого руху спільно з іншими рівнями, керує **тонусом м'язів**. Рухи регулюються **самостійно**: це мимовільне тремтіння (**тремтливий гіперкінез - тремор** є ритмічним, регулярним, осцилюючим тремтінням голови, тулуба, кінцівок або їх частин), **дистонія** - тип мимовільного насильницького руху, обумовленого повільним скороченням м'язів кінцівок, тулуба, шиї, особи. Приклади: **стукіт зубами від холоду і страху, швидкі вібрато (7-8 гц) у фортепіанній грі, тремтіння пальця скрипаля, утримання пози у польотній фазі стрибка та ін.** На цей рівень надходять сигнали **від м'язових пропріорецепторів, які повідомляють про ступінь напруження м'язів, а також від органів рівноваги.**



1. Система – орган – тканина – клітина:

- 1 - орган (литковий м'яз);
- 2 - попереково-смугаста м'язова тканина (зріз);
- 3 - пучок м'язових волокон;
- 4 – руховий нерв;
- 5 – капілярна сітка;
- 6 – багатоядерна м'язова клітина (волокно);
- 7 – одне з ядер м'язової клітини;
- 8 – мітохондрія;
- 9 – міофібрила;
- 10 – актин;
- 11 – міозин;
- 12 – міозинова голівка

Функція – забезпечення рухливості шляхом скорочення і наступного розслаблення м'яза зі здійсненням роботи, пов'язаної з перетворенням **хімічної енергії у механічну.**

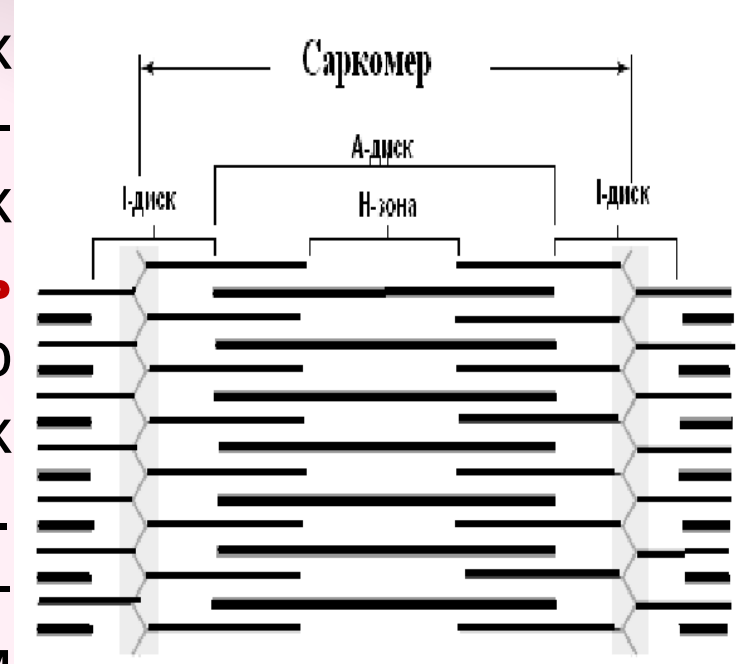


на міофібрилу припадає біля 2500 філаментів, причому на 1 товсту нитку припадає 2 тонкі

- 1. Поперечносмугасті м'язи побудовані з м'язових волокон. **М'язове волокно** – це багатоядерна клітина гігантських розмірів: діаметр 10-100 мкм, довжина часто відповідає довжині м'язу (10 см). Вона покрита еластичною оболонкою – **сарколемою**. У **саркоплазмі** є саркосоми, рибосоми, саркоплазматична сітка, вакуолі, глибоки глікогену, включення ліпідів та волокна у формі пучків розташовані нитковидні утворення – **міофібрили** (скоротливі елементи м'язового волокна), які побудовані з білкових **філаментів** (ниток) 2-х типів – товстих – **міозин (56-60%)**, тонких: **актин (20-25%)** і регуляторні білки **тропоміозин (10-15%)**, **тропонін (4-6%)**.

Поперечносмугасті м'язи. Саркомер

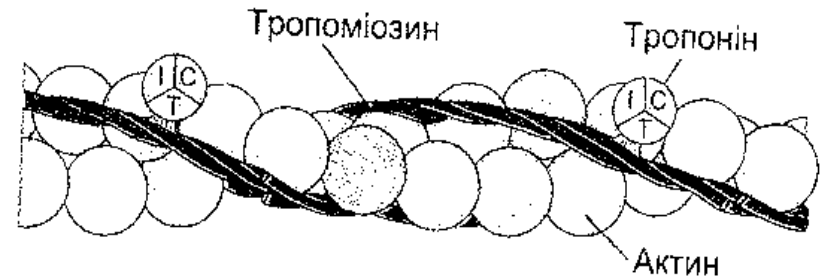
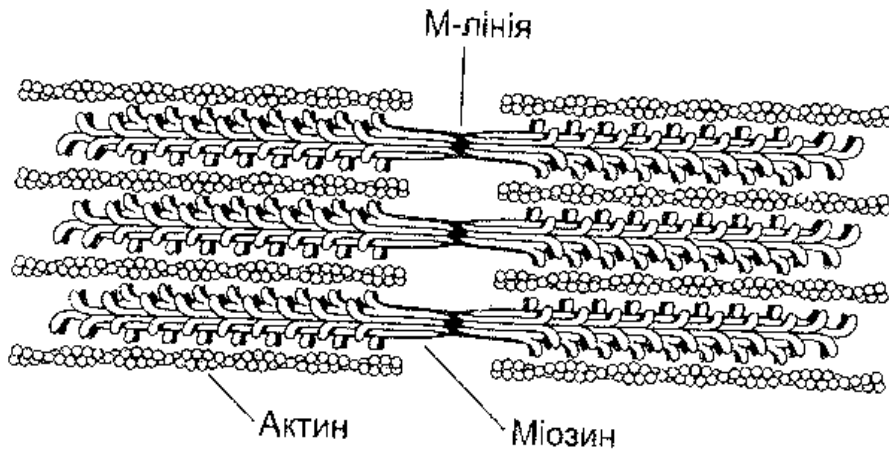
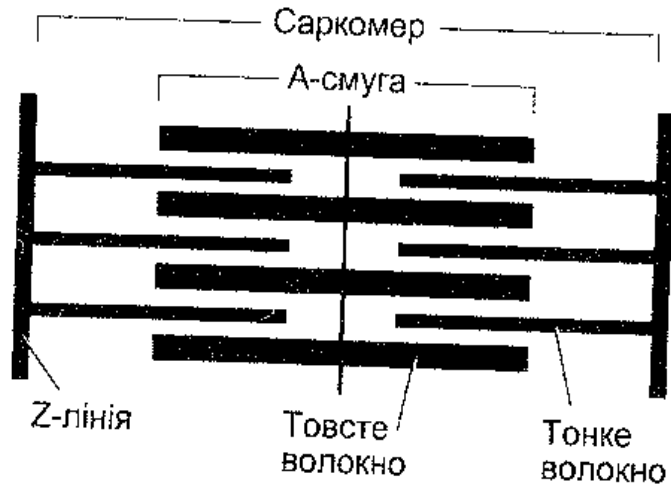
При дослідженні волокон скелетних м'язів у поляризаційному або фазово-контрастному мікроскопах виявляється **поперечна смугастість волокна**, яка пояснюється оптичною неоднорідністю білків, локалізованих у всіх міофібрилах на одному рівні. **Міофібрила** - це скорочувальна одиниця м'язового волокна. Елементом поперечносмугастої міофібрили, який повторюється між пластинками Z називається **саркомер**. Кожна міофібрила містить кілька сотень саркомерів, довжина кожного з яких – 2,5-3,0 мкм.



анізотропний диск

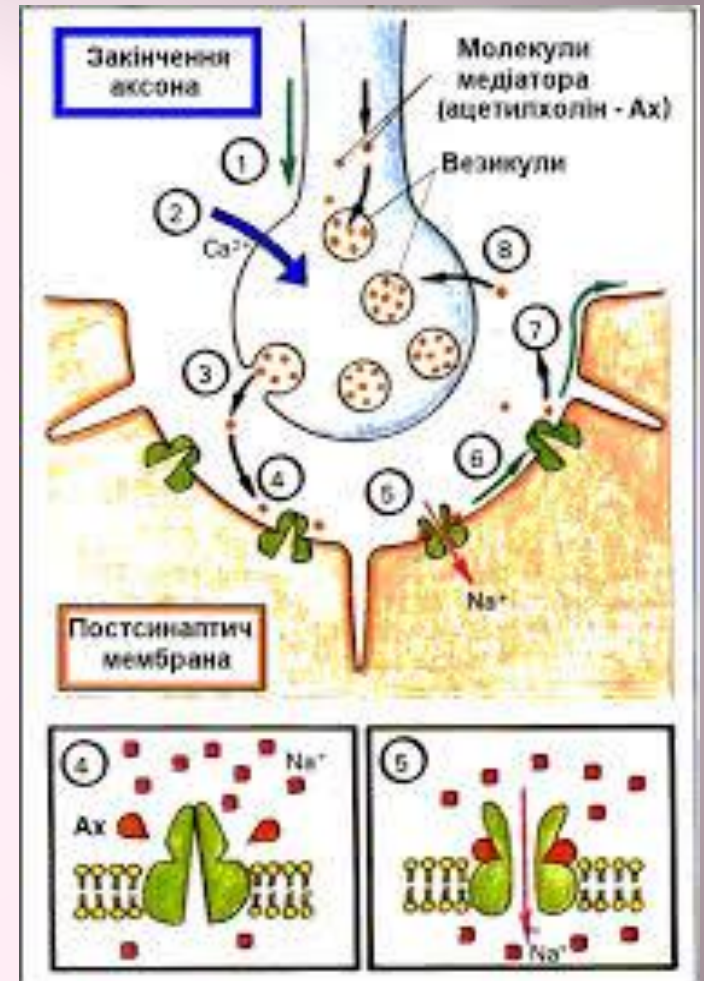
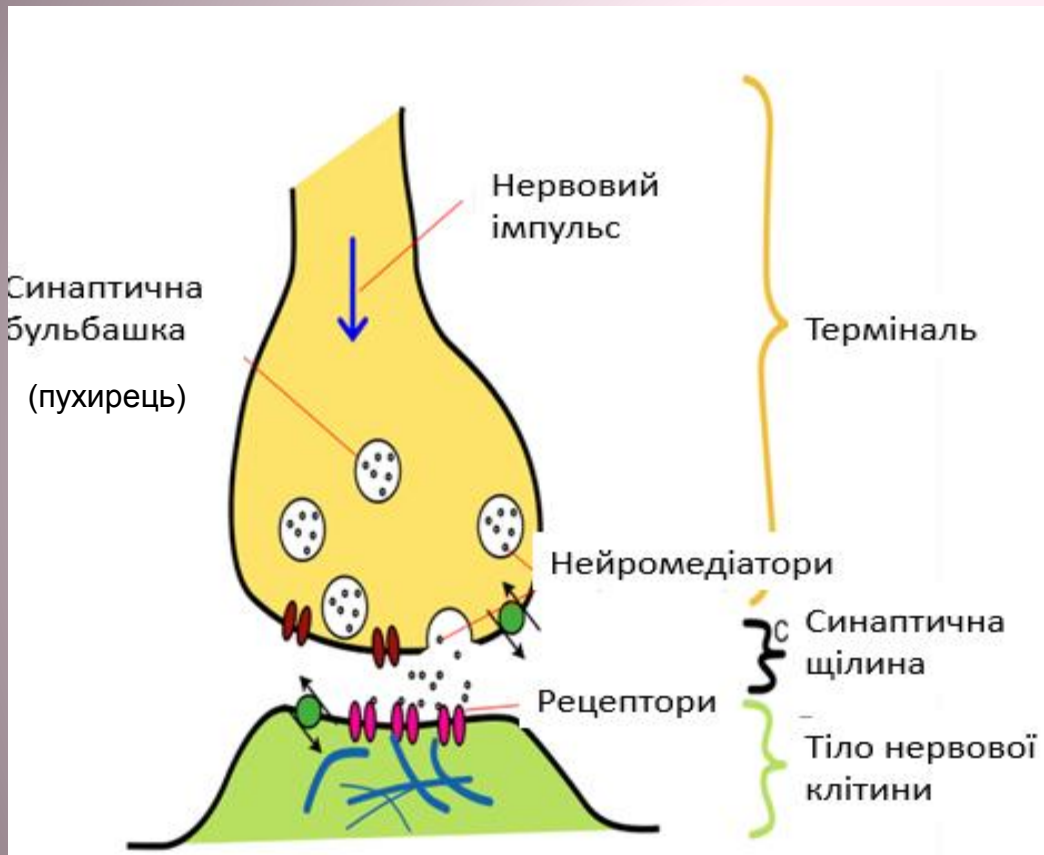
ізотропні диски) з дуже слабким подвійним променезаломленням

Будова посмугованого м'язу



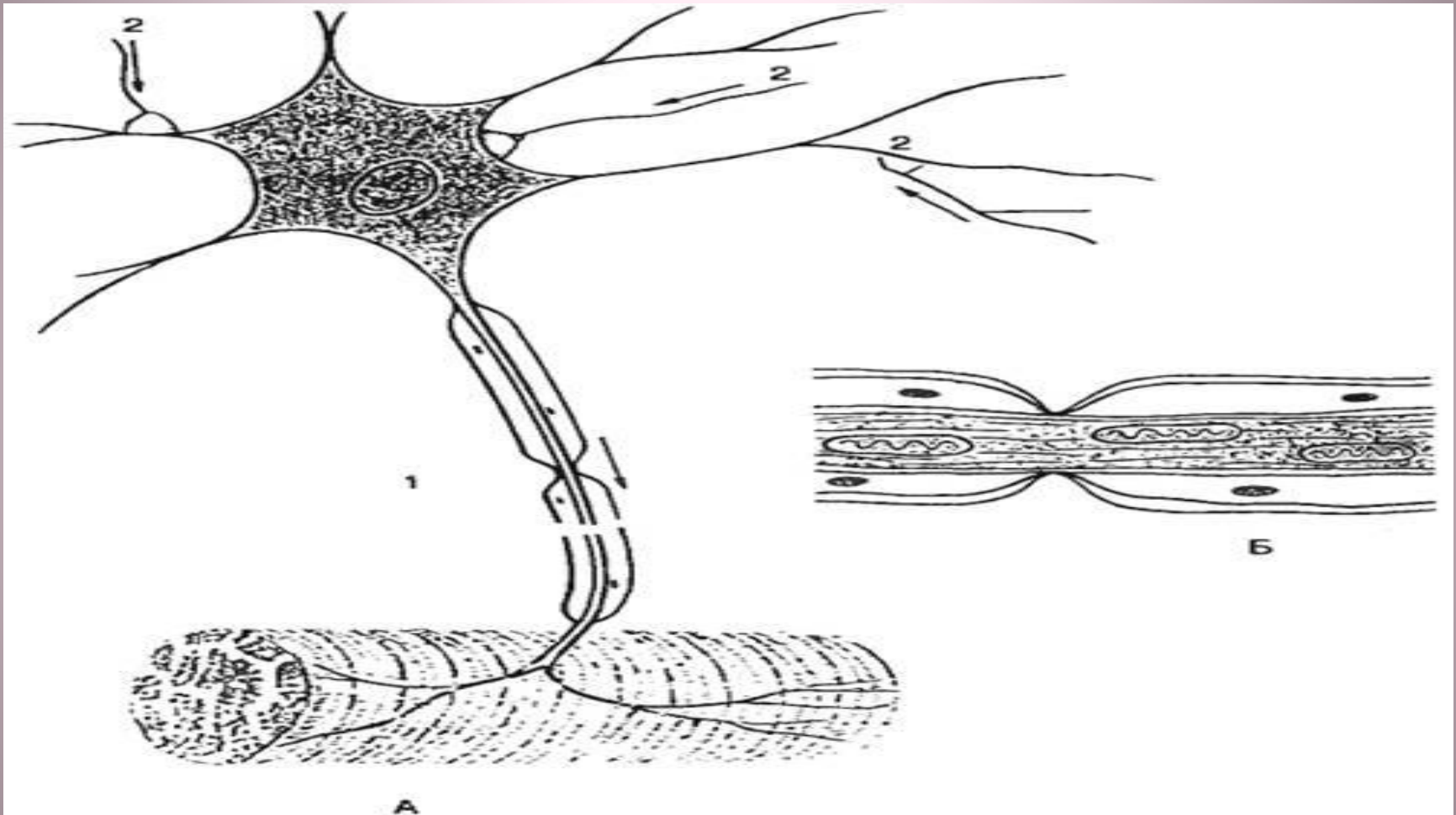
Тропонінтропоміозиновий комплекс попереджує спонтанну взаємодію міозіна з актином

2. Проведення збудження через синапс



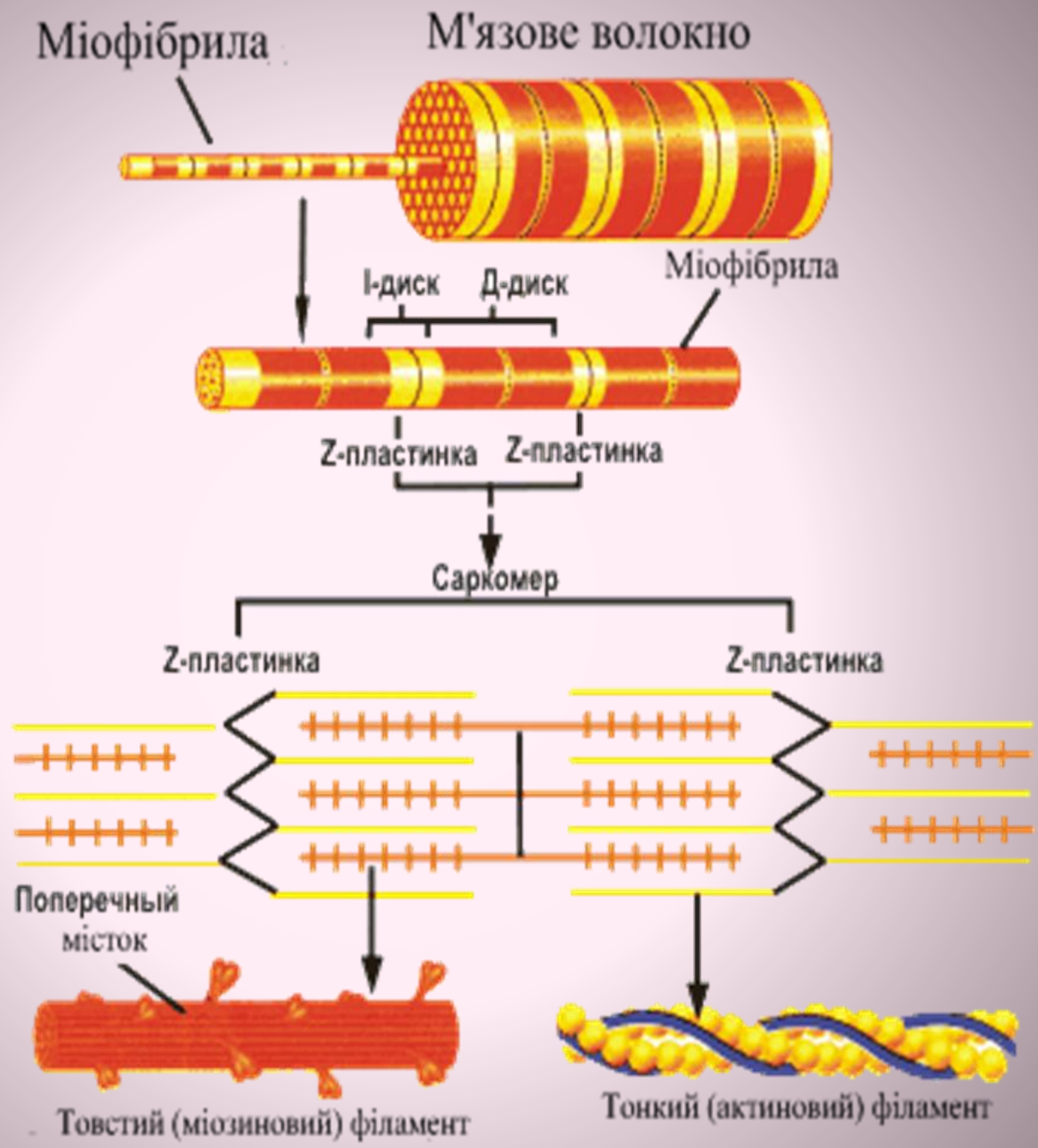
Виникнення ЗПСР – збуджувального постсинаптичного потенціалу

Будова нейромоторної одиниці (нейрона, мієлінового нервового волокна і м'яза)



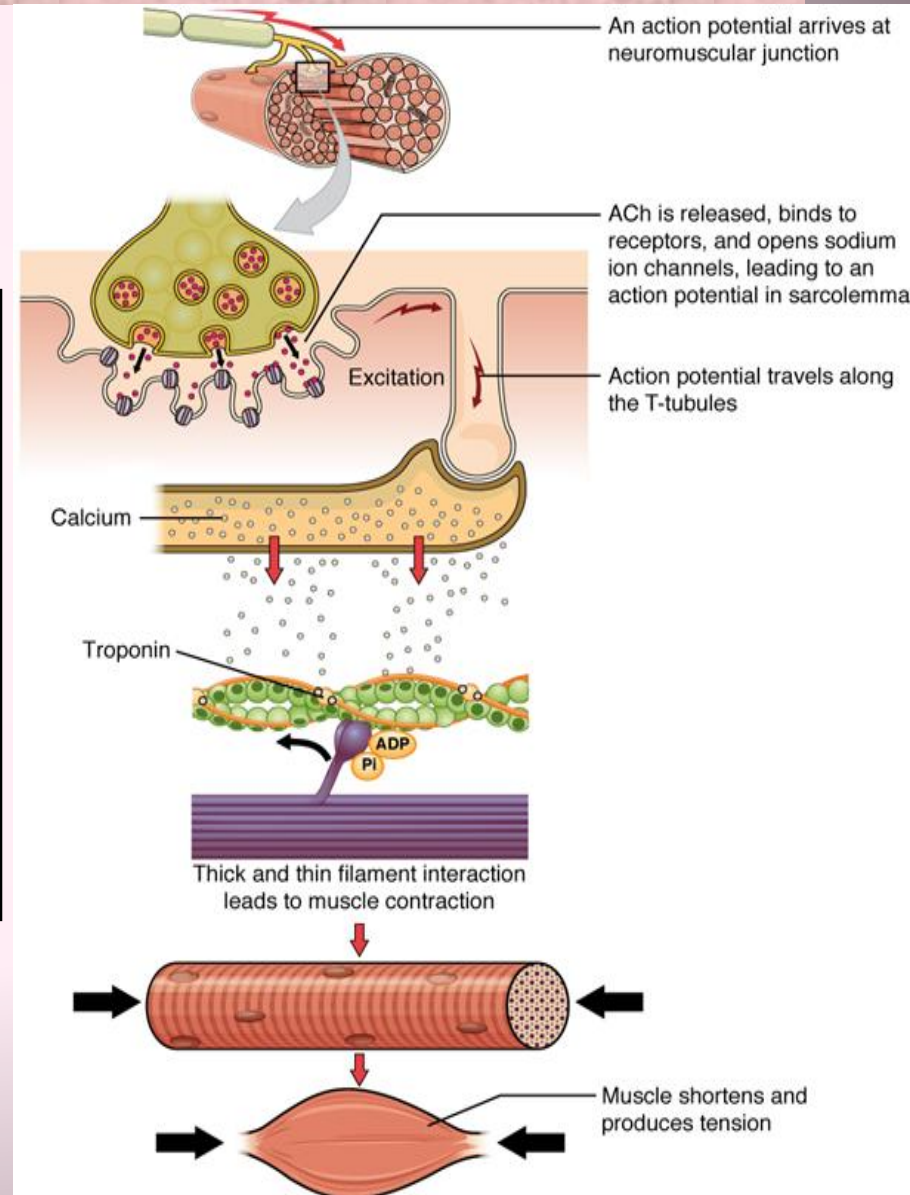
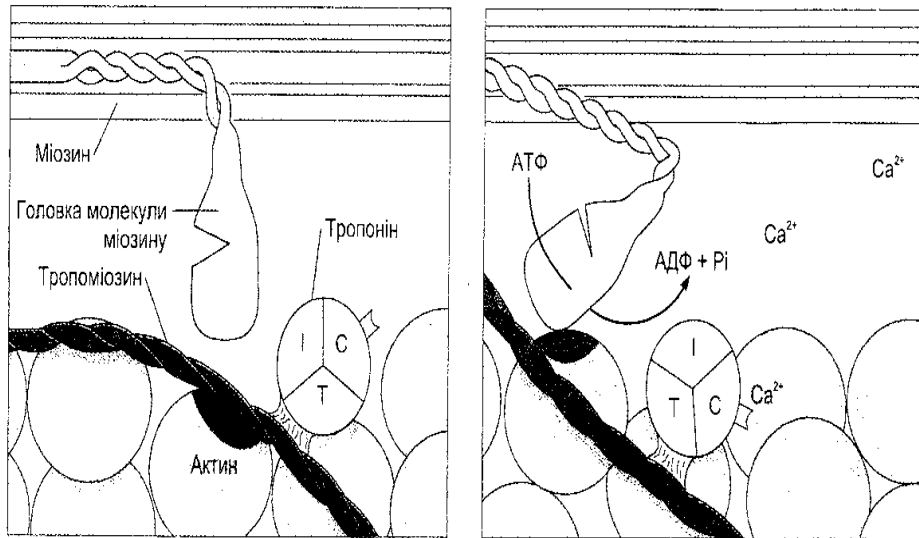
А — нейромоторна одиниця; 1 — вузловий перехват (перехват Ранв'є);
2 — синапс; Б — ділянка нервового волокна з вузловим перехватом.
Стрілками вказано напрямок поширення збудження.

Чому скелетні м'язи не скорочуються в стані спокою, який білок їм заважає?



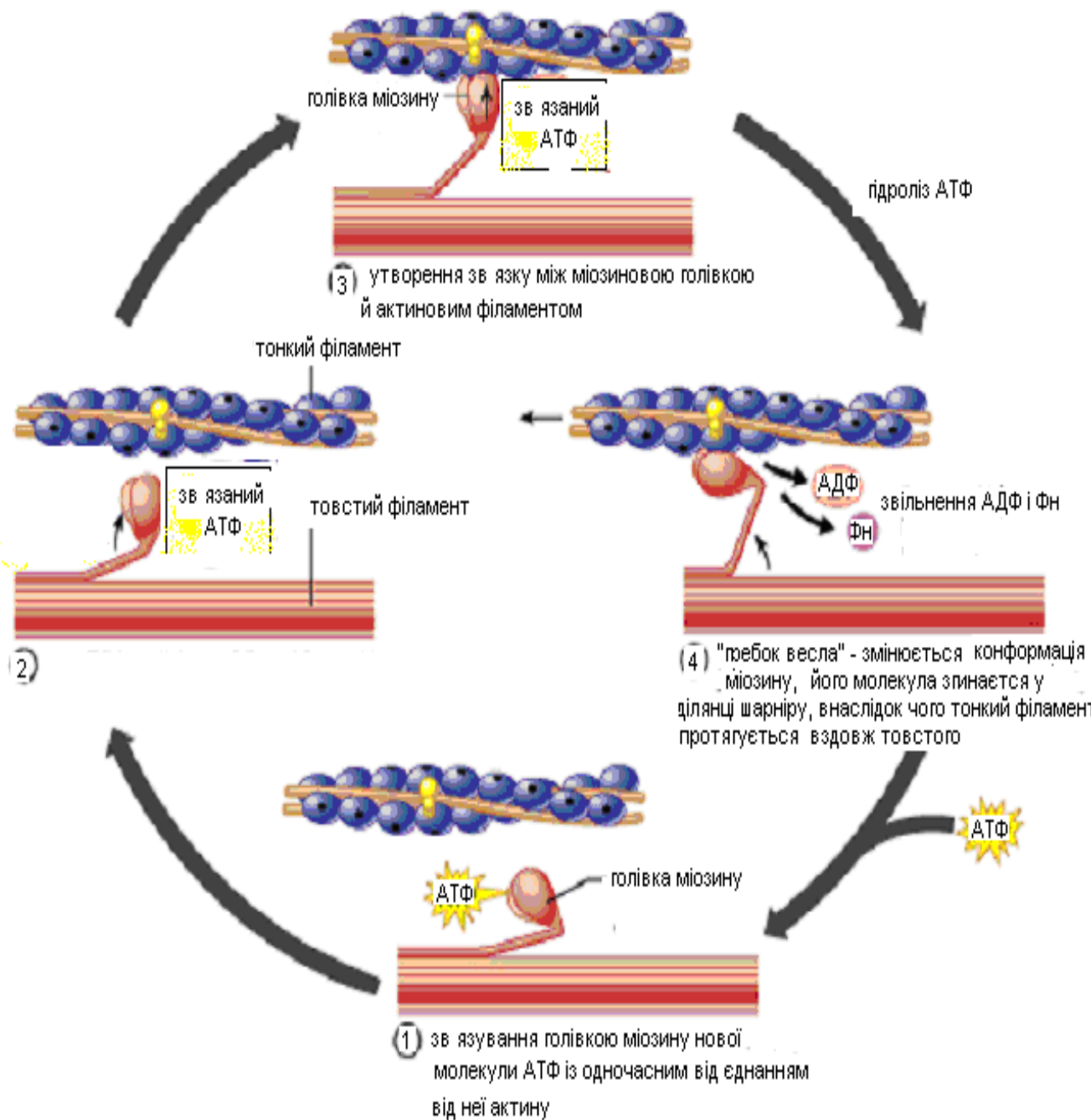
Механізм м'язового скорочення

Чому скелетні м'язи не скорочуються в стані спокою, який білок їм заважає?



Скорочення м'язового волокна

- Іони Ca^{++} приєднуються до тропоніну і утворюють **тропонін-кальцієвий комплекс**, що викликає зміну конформації білка. Це спричиняє переміщення молекули **тропоміозину** по жолобку тонкого філамента, в результаті на молекулах **G-актину** відкриваються центри зв'язування з **голівками міозину** товстих ниток.
- Міозинові голівки із зв'язаними молекулами АТФ приєднуються до найближчих молекул **G-актину** тонких ниток, при цьому утворюються поперечні містки .
- Взаємодія актину і міозину активує АТФ-азний центр міозинових голівок, і АТФ розщеплюється до АДФ і Ф, які звільнюються з каталітичного центру. Це супроводжується **зміною конформації міозину і згинанням його молекули у ділянці шарніру**.
- Внаслідок такого руху тонкий філамент, з'єднаний поперечними містками з товстим, протягується вздовж останнього .
- *Маючи АТФ-азну активність, головки міозину розщепляють молекулу АТФ і роблять «гребний рух». Цих рухів за 0,1 с вони роблять 50.*
- Надалі АТФ-азний центр міозинової голівки зв'язує нову молекулу АТФ, що спричиняє розрив поперечних містків і відновлення вихідної конформації молекули міозину. Амплітуда кожного переміщення складає біля 11 нм; частота – біля 40 разів на секунду. Всі міозинові голівки рухаються одночасно, але не синхронно – це і викликає скорочення м'язового волокна.



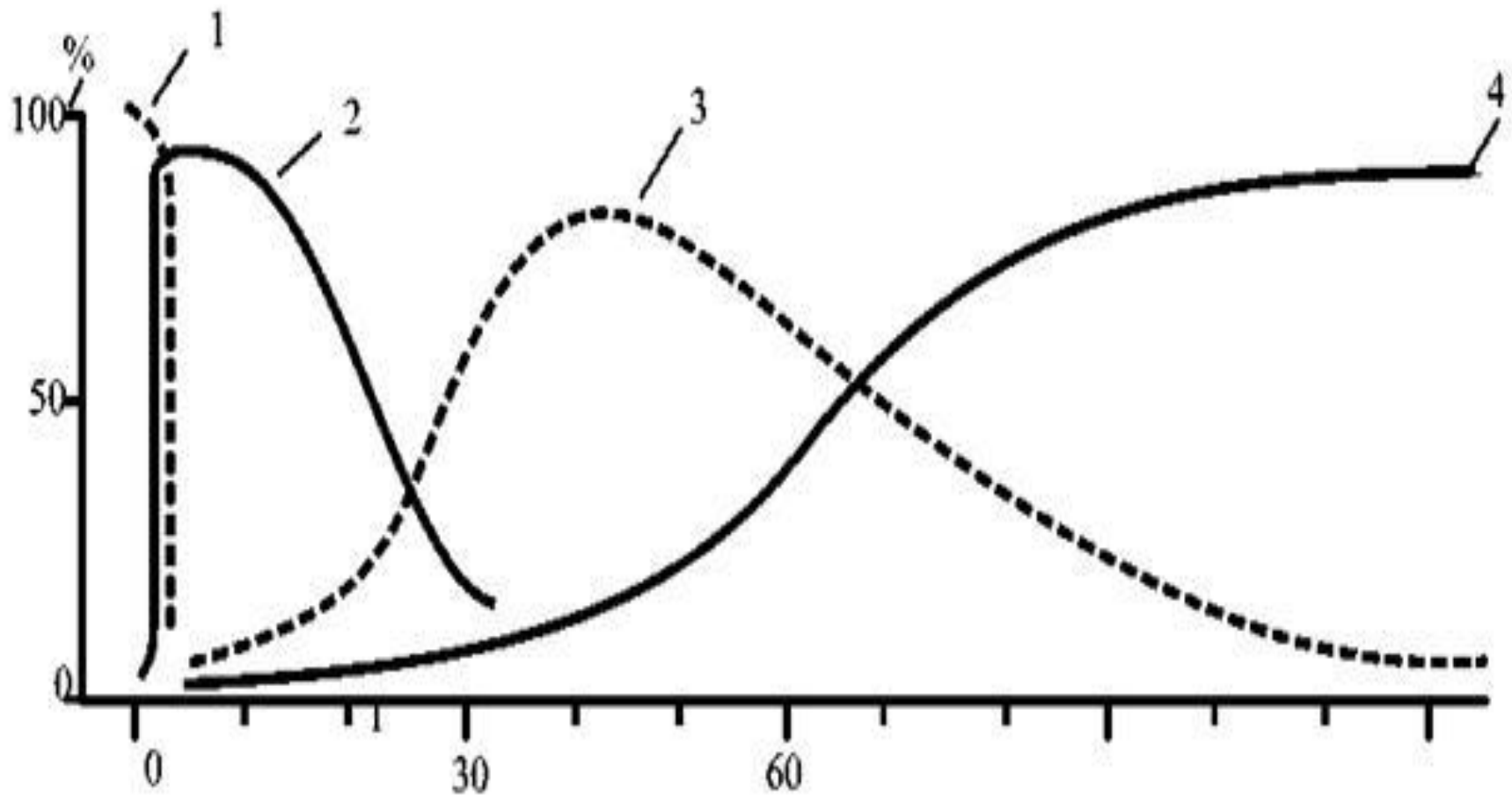
Інша теорія – енергія АТФ витрачається на процес від'єднання міозиних головок від актинових ниток.

Це підтверджується тим, що за відсутності АТФ, після смерті, розвивається трупне залякання.

При недостатці АТФ містки між актином і міозином не розриваються і філаменти фіксуються у з'єднаному положенні – явище контрактури м'яза, наприклад, при трупному заляканню після смерті.

Розслаблення м'язу

- Коли нервові імпульси на волокно не надходять, вихід Ca^{2+} з саркоплазматичного ретикулуму припиняється, і Ca^{2+} із саркоплазми переноситься зворотно за рахунок **АТФ-ази мембран саркоплазматичної сітки** за допомогою роботи Са-насосів мембран **СПР (саркоплазматичного ретикулуму)**. Са-насоси – це білки, які вмонтовані у мембрану СПР і мають АТФ-азну активність. Збільшення концентрації Ca^{2+} під час скорочення до 10^{-6} – 10^{-5} М
- призводить до активації Са-насосів, які починають активний транспорт іонів Ca^{2+} проти градієнта концентрації із саркоплазми у СПР.
- Зменшення концентрації Ca^{2+} у саркоплазмі призводить до зміни конформації Тропоніну і відновлення тропоміозинових блоків. Активні центри актину не здатні взаємодіяти з голівками міозину, і скорочення припиняється.



Участь різних субстратів в загальному забезпеченні м'язів енергією на початку роботи помірної потужності (по Койлю) :

1 - розпад АТФ; 2 - розпад креатинфосфату (КрФ); 3 - анаеробний гліколіз; 4 - окислювальні аеробні процеси.

По осі ординат - доля загальної енергії (у %%), по осі абсцис - час роботи в секундах

3. Енергетичне забезпечення м'язового скорочення

Процес м'язового скорочення є процесом енергозалежним. У м'язовому волокну АТФ використовується на такі процеси :

1) роботу Na-K-насосів сарколеми (Na-K-АТФ-ази). Завдяки цьому механізму забезпечується збудливість м'язового волокна, підтримується потенціал спокою;

2) просторове переміщення поперечних містків міозину (голівки міозину містять фермент АТФ-ази). Завдяки цьому забезпечується, власне, процес скорочення - ковзання актинових філаментів вздовж міозинових;

Шляхи ресинтезу АТФ

Енергетична основа руху

Анаеробні процеси:

АТФ-ази

1) $ATP + H_2O \rightarrow ADP + P + \text{вільна енергія}$; (доли секунди)

2) Креатинфосфат + АДФ => креатин + АТФ; (до 20 секунд)

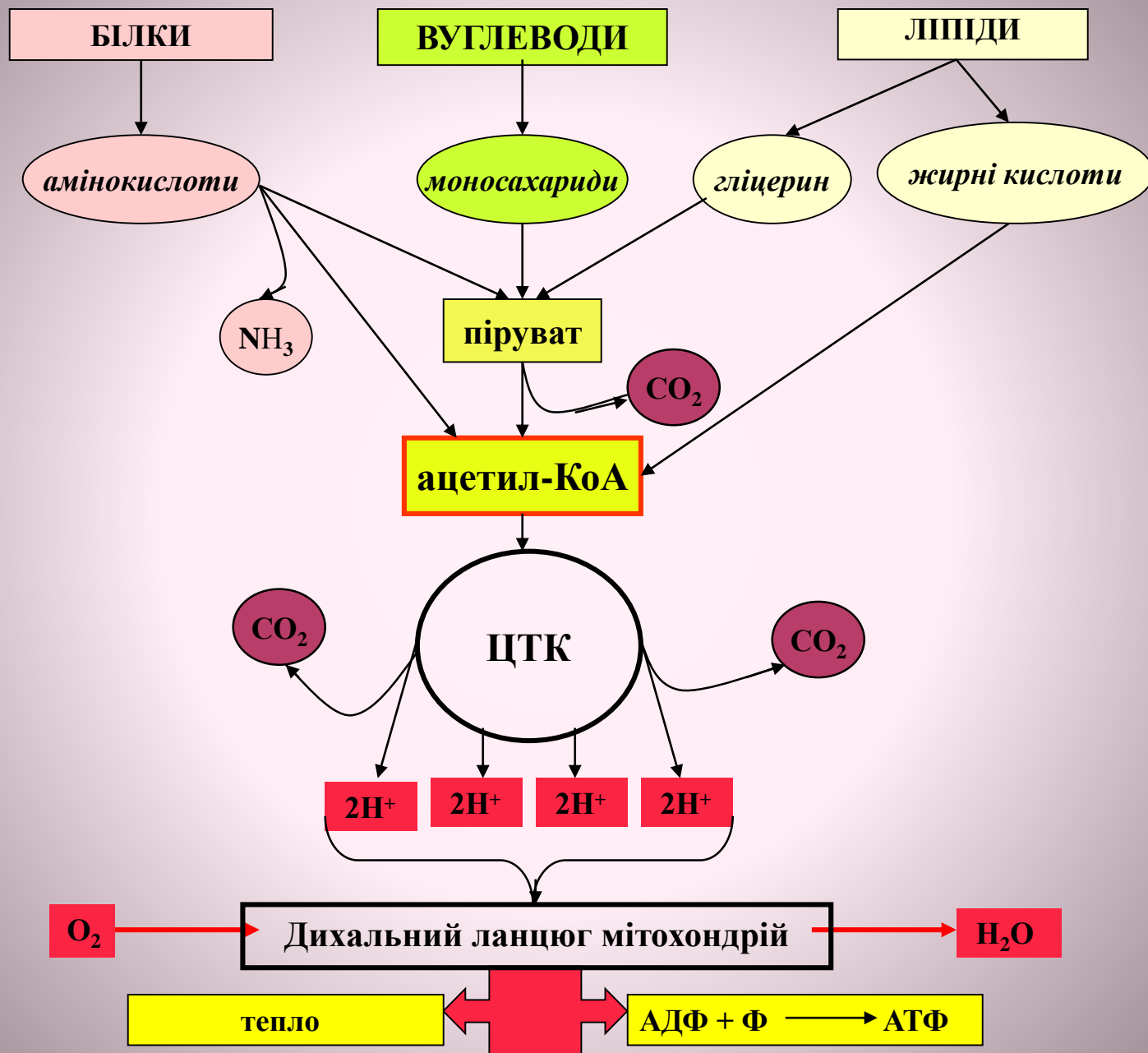
3) Гліколіз, глікогеноліз: при окисленні глюкози або глікогену + P + АДФ => лактат + АТФ (до 120 сек.)

4) Аденілаткіназний шлях: $2 ADP = ATP + AMP$.

Аеробний процес:

1) Цикл Кребса

Піруват, метаболіти жирних кислот + P + O₂ = CO₂ + H₂O + АТФ.

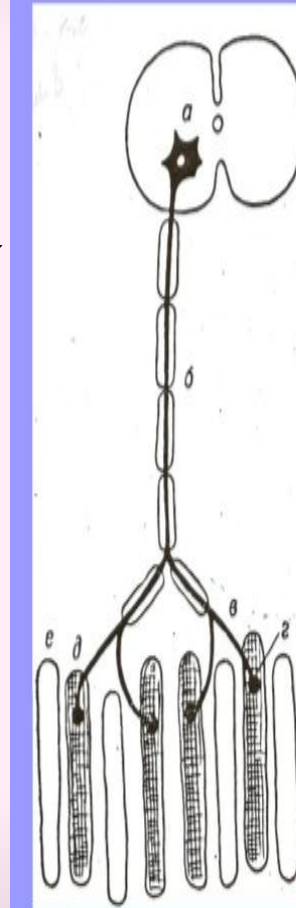
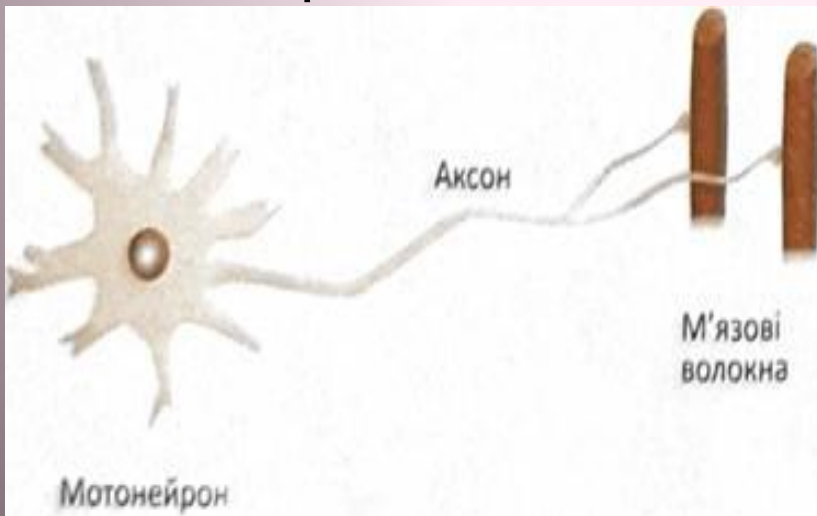


Витрата енергії при різноманітних видах діяльності

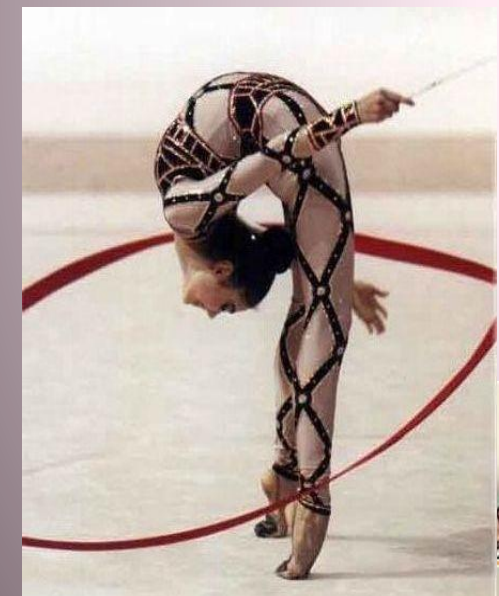
Вид діяльності	Енерговитрати за 1хв на 1кг маси тіла, ккал
ходьба:	
5 км/год	0,0690
6 км/год	0,0714
8 км/год	0,1548
біг:	
8 км/год	0,1357
11 км/год	0,1780
гімнастика:	
вільні вправи	0,0845
на снарядах	0,1280
гребля	0,1100
їзда на велосипеді	0,1285
бокс	0,2014
плавання	0,1700
фехтування	0,1333
Робота:	
швачки	0,0321
палітурника	0,0405
шевця	0,0429
столяра чи слюсаря	0,0571
каменяра	0,0952

4. Структурною одиницею м'язу є м'язове волокно. **Функціональна одиниця м'язу отримала назву рухової (моторної) одиниці.**

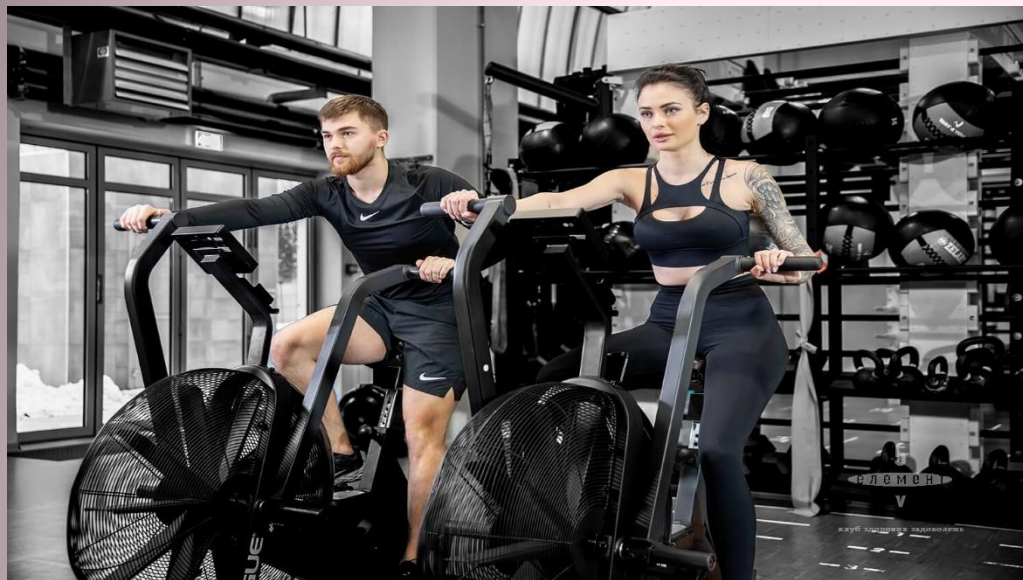
Рухова одиниця складається з α -мотонейрона передніх рогів спинного мозку і всіх м'язових волокон, що іннервуються цим нейроном. При збудженні мотонейрона відбувається одночасне скорочення всієї моторної одиниці.



Головним функціональним елементом м'язу є руховий нейрон і м'язові волокна, які він іннервує.



4. У відповідності з типом скорочення основних м'язів, що здійснюють виконання заданої роботи, виділяють:



Ізотонічне скорочення – один кінець м'яза нерухомо закріплений, а до іншого підвішений вантаж, скорочення з постійною напругою, яка дорівнює масі вантажу (динамічна робота).

Ізометричне скорочення (статична робота), при якому зростає напруження м'язів без зміни їх довжини. Цей тип скорочення забезпечує скорочення, спрямовані на підтримку пози тіла (збереження фіксованого положення тіла, деякі вправи у гімнастів, стійка «стойка» та інші).

Ізотонічне скорочення	Ізометричне скорочення
Під час скорочення зменшується довжина м'яза	Під час скорочення довжина м'яза не змінюється
Напруження м'яза не змінюється	Напруження м'яза зростає
Виконується зовнішня робота (переміщення вантажу у просторі)	Зовнішня робота не виконується

Коли м'яз функціонує в організмі розрізняють такі види скорочень :

Ауксотонічне скорочення, при якому одночасно зменшується довжина м'яза і зростає його напруження. Цей динамічний тип скорочення забезпечує переміщення тіла у просторі та окремих його частин стосовно одна до одної; **(динамічна робота)** - ходьба, біг, їзда на велосипеді, плавання та інші.

Ізометричне

Скелетні м'язи здійснюють не тільки виконання вправ, але й підтримують певне положення тіла (робоча поза) при виконанні цих вправ.

В основі класифікації поз тіла лежать розміри опорної поверхні й положення опори (лежання, сидіння, стояння і інш.)



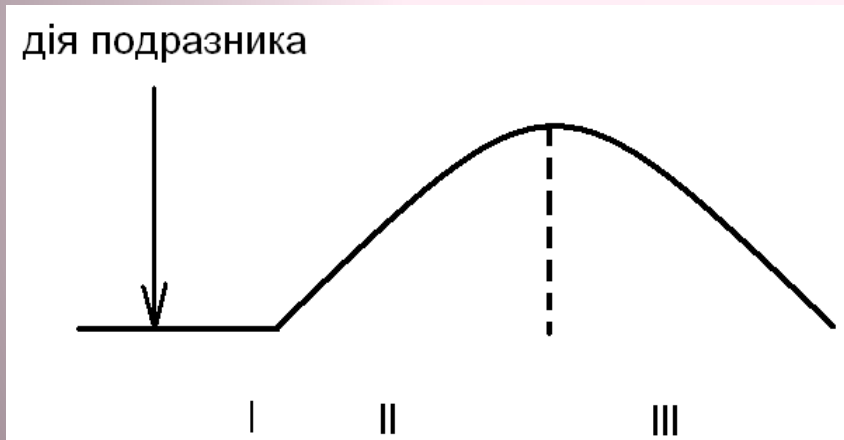
5. Поодинокі скорочення виникають за умови, коли на одне м'язове волокно впливають одним стимулом.

У поодинокому м'язовому скороченні виділяють три фази

I фаза – латентний період (час від початку дії подразника до початку скорочення м'яза), який триває у середньому 15 мс;

II фаза – період скорочення (поступове зростання напруження м'яза), який триває у середньому 50 мс;

III фаза – період розслаблення (поступове зменшення напруження м'яза), який триває у середньому 50 мс.

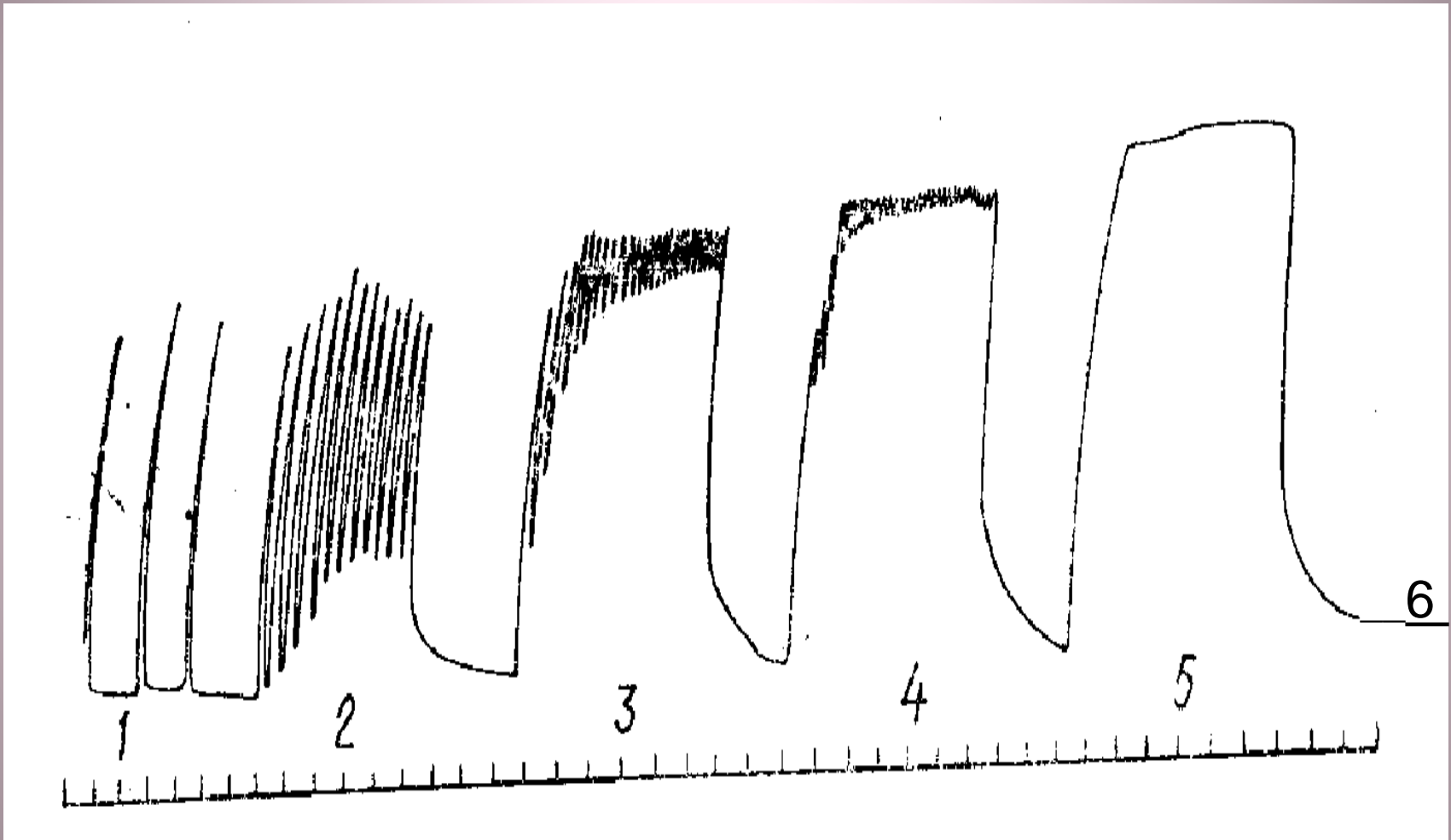


Крива поодинокого скорочення : I – латентний період;

II – період скорочення; III – період розслаблення

Тетанічні скорочення (*тетанус*) – тривалі і сильні скорочення м'язів, пов'язані зі збільшенням частоти їх стимуляції. Для виникнення тетанусу кожний наступний стимул має діяти на м'яз, який не закінчив цикл скорочення-розслаблення.

Міограма литкового м'яза жаби



1 – поодинокі скорочення; 2-4 – зубчастий тетанус;
5 – гладкий тетанус, 6 – песимум М.Є. Введенського.

Оснoву тетанусу складає явище сумації (накладання одного скорочення на інше). Щоб відбулася сумація, треба аби проміжок між стимулами був не менший за рефрактерний період м'язового волокна.

Залежно від частоти стимуляції розрізняють 2 види тетанусу : 1) **зубчастий**, виникає при низькій частоті стимуляції (5–50 Гц), коли кожен наступний стимул припадає на фазу розслаблення попереднього скорочення;

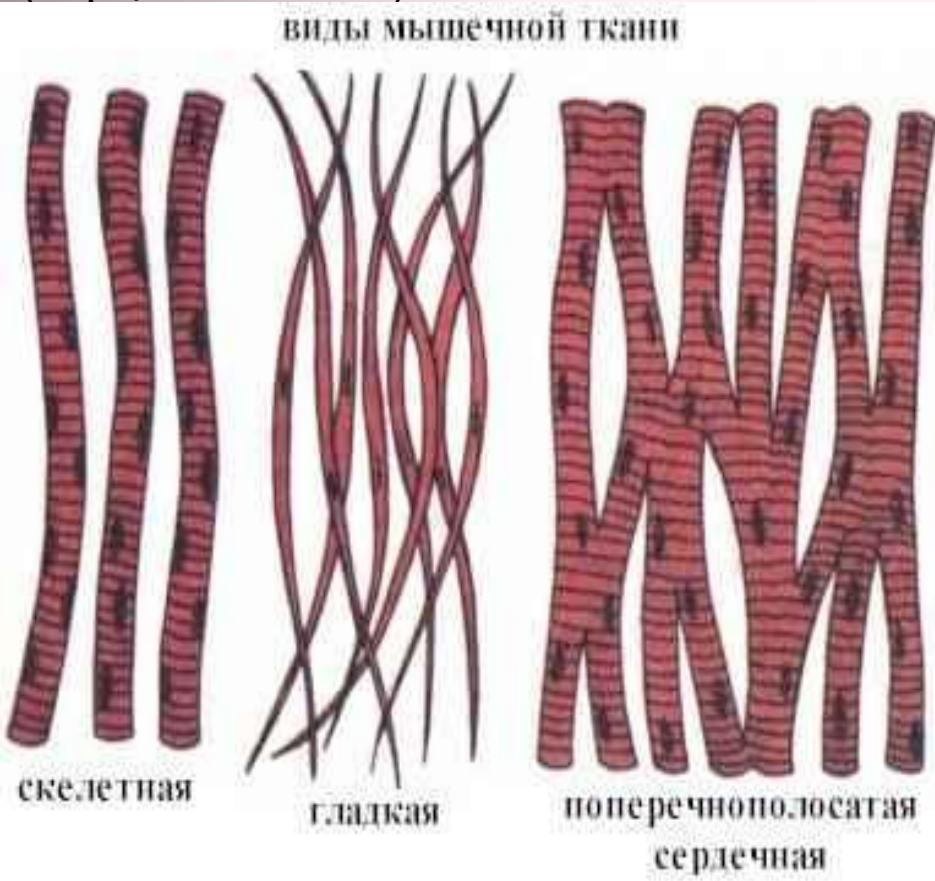
2) **гладкий (суцільний)**, виникає при високій частоті стимуляції (більше 50 Гц), коли кожен наступний стимул припадає на фазу скорочення попереднього скорочення.



6. Для підготовки до виконання
Лабораторної роботи

**“Вимірювання сили м’язів та
силової витривалості”**

необхідно скласти таблицю,
відмінності будови і функцій
поперечносмугастої мускулатури,
гладких м’язів та міокарда
(серцевого м’яза).



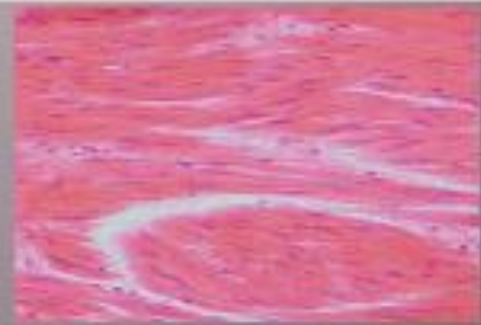
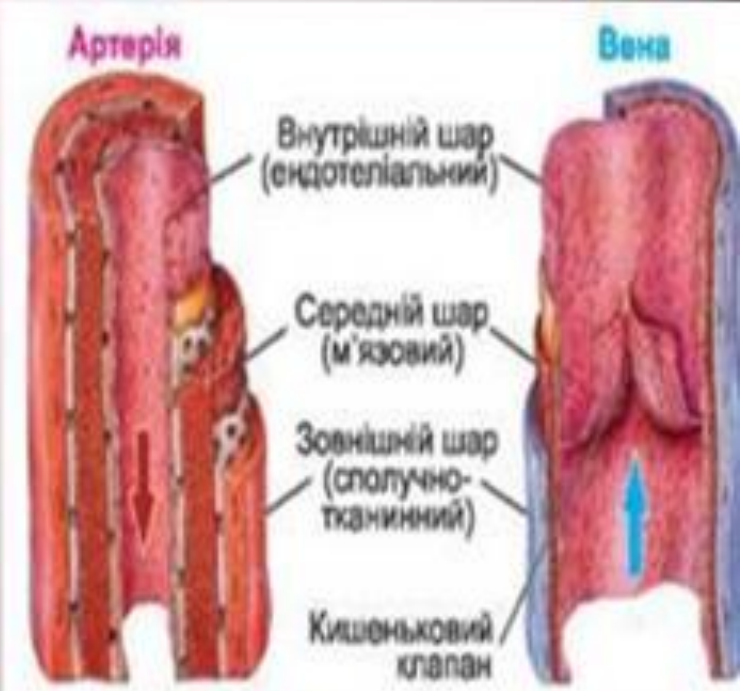
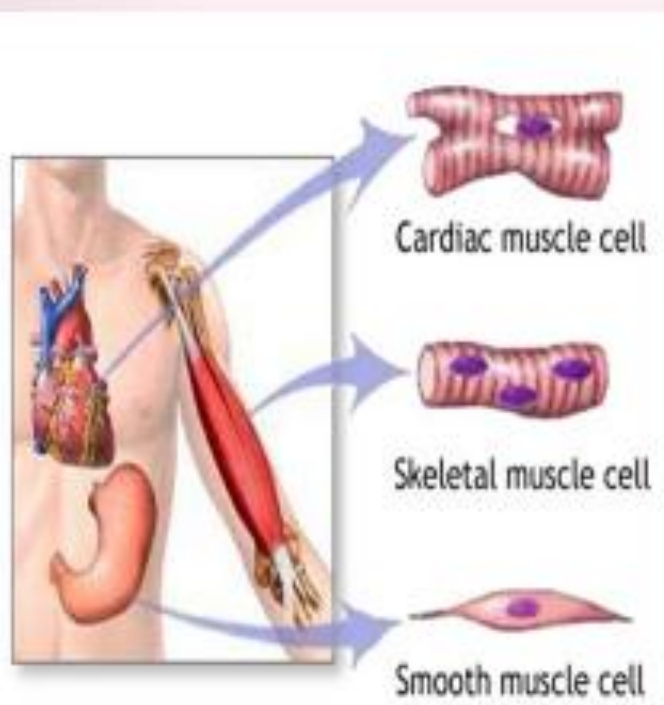
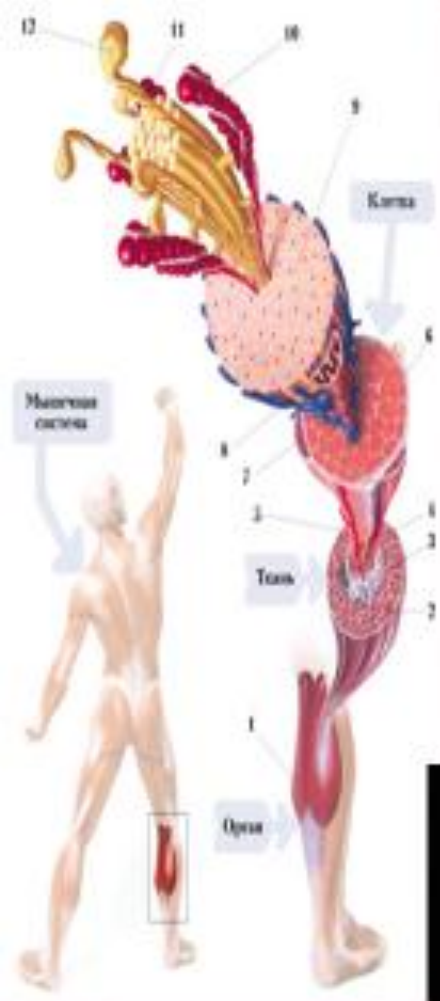
Лабораторне заняття № 11

**Вимірювання сили м’язів та силової
витривалості**

Мета роботи: виміряти силу м’язів
правої і лівої руки досліджуваного та
розрахувати достовірність відмінностей у
результатах за t-критерієм Стьюдента;
визначити особливості динамічної і статичної
роботи та проаналізувати вплив ритму
роботи і навантаження на розвиток втоми.

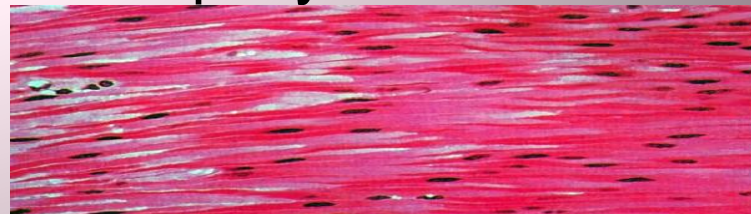
Основні положення

Одним із показників фізичного розвитку
організму є сила і робота м’язів. Робота
м’язів характеризується силою м’язового
тяжіння і розмаху руху. Сила тяжіння – це
величина напруги, яка розвивається у м’язі
при збудженні. Сила тяжіння залежить від
кількості і напрямку м’язових волокон. Силу
визначають за фізіологічним поперечником
м’яза, під яким розуміють площу його
перетину у площині довжини всіх його
волокон.



Зміни в бронхах при бронхіальній астмі

Гладенька мускулатура (непосмугована м'язова тканина, гладенька м'язова тканина) — один із типів м'язової тканини, що складається із великих веретеноподібних клітин, **міоцитів**, без поперечної посмугованості із одним центральним ядром, міститься у стінках порожнистих органів, крім серця, зокрема в кровоносних **судинах, травному тракті, матці, сечоводах, сечовому міхурі, сечівнику тощо**. Основною функцією гладеньких м'язів є просування рідин і об'єктів вздовж внутрішніх шляхів, завдяки ритмічному скороченню. Оскільки вони іннервуються **вегетативною нервовою системою**, скорочення непосмугованих м'язів відбувається мимовільно, тобто не може регулюватись свідомо. Гладенька мускулатура розвивається із мезенхіми за рахунок розмноження й ущільнення її клітин.



Непосмугована (гладенька) м'язова тканина —
однойдерні клітини