

Лекція №11
з курсу «Фізіологічна екологія»
на тему:
«ЕКОЛОГО-ФІЗІОЛОГІЧНА
ХАРАКТЕРИСТИКА СКЕЛЕТНОЇ
МУСКУЛАТУРИ»

**Викладач курсу: доцент кафедри фізіології, імунології і
біохімії з курсом цивільного захисту та медицини
Григорова Наталя Володимирівна**

ПЛАН

1. Еволюція рухового апарату.
2. Будова та функції посмугованих м'язів хребетних.
3. Механізм м'язового скорочення.
4. Фізіологічні адаптації при м'язовій діяльності.
5. Адаптація до переміщень у різних умовах життя.
 - 5.1. Особливості пересування у водному середовищі.
 - 5.2. Пересування наземних хребетних.

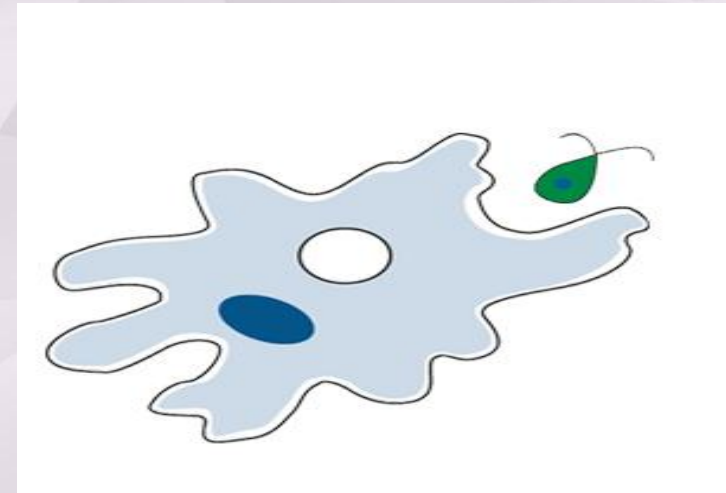
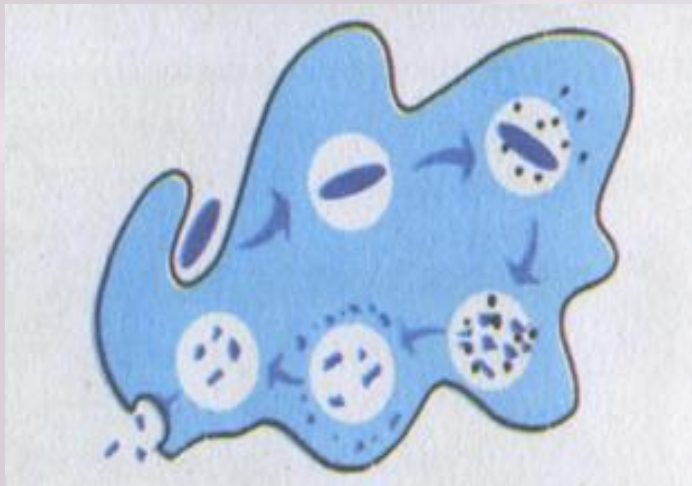
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаренко М. С., Бойчук Ю. Д. Екологія людини : підручник. Суми : Університетська книга. 2023. 400 с.
2. Екологічна фізіологія людини : навч. посіб. для студентів спеціальності 091 Біологія, освітньо-професійних програм Біологія, Лабораторна діагностика / укладачі : Т. Ф. Поручинська, І. Ф. Пасичнюк, А. І. Поручинський. Луцьк : ВНУ імені Лесі Українки, 2021. 272 с.
3. Мазуркевич А. Й., Карповський В.І ., Камбург М. Д., Федорук І. С. Фізіологія тварин. Вінниця : Нова книга, 2012. 424 с.
4. Медична фізіологія за Ґайтоном і Голлом [Текст = Guyton and Hall. Textbook of Medical Physiology : підруч.: пер. з англ. 14-го вид. : у 2 т. / Дж. Е. Голл, М. Е. Голл ; наук. ред. пер.: К. Тарасова, І. Міщенко. Київ : ВСВ Медицина, 2022. Т. 1. 634 с.
5. Пашко К. О., Кашуба М. О., Лотоцька О. В. Гігієна та екологія : підручник. Терновіль : Укрмедкнига, 2022. 528 с.
6. Фізіологія : підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / за ред. В. Г. Шевчука. 5-те вид. Вінниця : Нова книга, 2021. 448 с.
7. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем) / М. Ю. Клевець та ін. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 304 с.

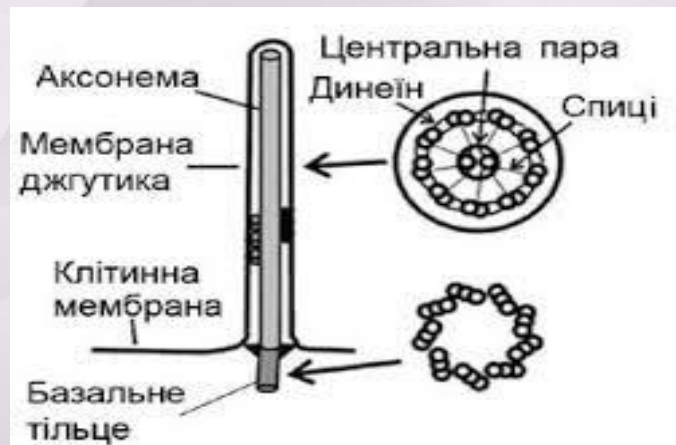
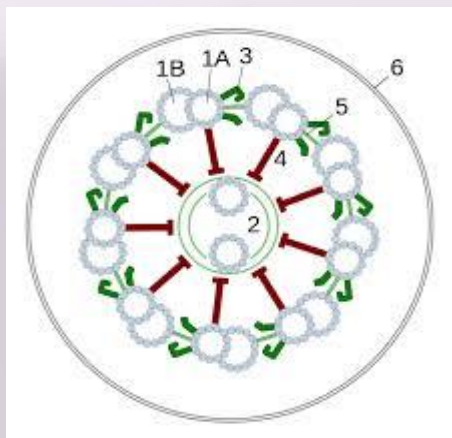
1. Еволюція рухового апарату

У процесі розвитку тваринного світу удосконалювався й розвивався руховий апарат, за допомогою якого тварина знаходить прийнятну для споживання організму їжу та врятовує життя, уникаючи шкідливих впливів зовнішнього середовища, хижаків та ін. Таким чином, маневрова форма боротьби за існування є однією з рухових сил історичного розвитку тваринного світу, а гравітаційне поле Землі стало одним з вирішальних факторів еволюції. Подолання сил гравітації й інерції привело до того, що апарат руху та опори всіх наземних тварин складає 50-52% загальної маси тіла, в якій на м'язи припадає 40-42%, що дозволяє урівноважити земне тяжіння й інерцію та переміщуватися по поверхні землі. Рух також сприяє переміщенню крові в судинах, проходженню їжі у травному каналі, вентиляції легень, розмноженню та ін. У процесі еволюції виникло три види активних рухів: **амебоїдний, джгутиковий (війки, джгутики) і м'язовий.**

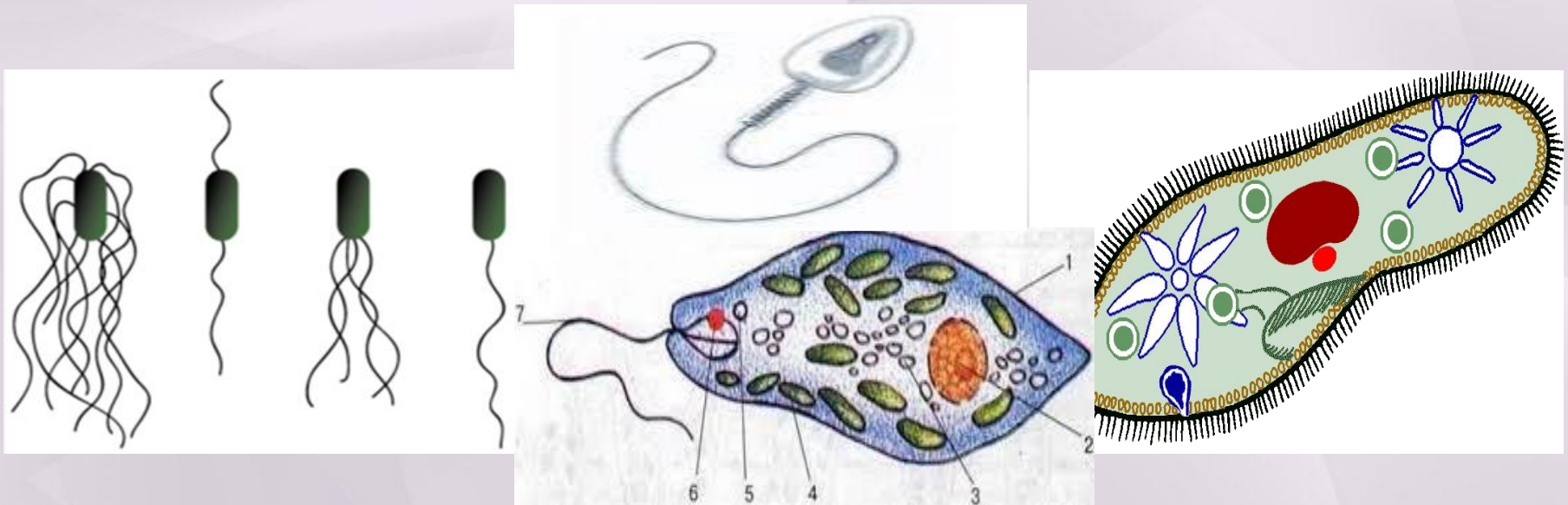
Амебоїдні рухи властиві як амебам, так і лейкоцитам вищих тварин. Механізм амебоїдного руху полягає у взаємодії спеціальних скоротливих білків – актину та міозину, що приводить до утворення прикріпленого безпосередньо до мембрани клітини актоміозинового каркасу. Саме цей каркас і можна вважати “амебним м’язом”, який скорочується за наявності Ca^{2+} та АТФ.



Джгутиковий (війковий) рух здійснюється за допомогою спеціального скоротливого апарату, який складається з 9 пар периферичних і однієї пари центральних трубчастих фібрил, розміщених усередині джгутика або війки. Кожна пара цих фібрил (А і В) складається з білка тубуліну. А-фібрила має бічні виступи, які в момент їх прикріплення до В-фібрили набувають здатності каталізувати розщеплення АТФ. За рахунок енергії АТФ здійснюється ковзання однієї фібрили відносно іншої і джгутик або війка згинається в бік вкороченої пари фібрил.



Джгутиковий рух забезпечує переміщення в просторі деяких найпростіших і сперматозоїдів ссавців. Війкові рухи спостерігаються у інфузорій під час їх переміщення в просторі, а також клітин війчастого епітелію стравоходу жаби, трахеї, бронхів і маткових труб ссавців. Ці рухи забезпечують переміщення рідини або твердих часточок у потрібному напрямку. Проте основним способом переміщення в просторі є м'язовий рух, властивий переважній більшості тварин.



Скоротливі волокна є вже у найпростіших. Усі багатоклітинні тварини мають спеціалізовані скоротливі клітини, механізм скорочення яких, як правило, однаковий. Він пов'язаний зі спеціальними білками, взаємодія яких обумовлює скорочення й розслаблення. Посмугованість м'язів виникла на ранніх етапах еволюції тваринного світу, і вже у кишковопорожнинних чимало м'язових волокон мають таку посмугованість, як, наприклад, волокна, що здійснюють швидкі рухи щупалець медуз.

Посмуговані та **непосмуговані (гладенькі) м'язові волокна** і відповідь м'яза утворюють рухові системи як у безхребетних, так і у хребетних тварин. Але спеціалізація гладеньких м'язових волокон на виконання вісцеральних, а посмугованих – соматичних (скелетна мускулатура) функцій притаманна лише хребетним тваринам. У безхребетних і ті, й інші м'язи можуть виконувати обидві функції. У молюсків майже усі м'язові волокна гладенькі, і, навпаки, у комах і ракоподібних – посмуговані.



2. Будова та функції посмугованих м'язів хребетних

Існують три види м'язів: посмуговані скелетні м'язи, посмугований серцевий м'яз і гладенькі м'язи.



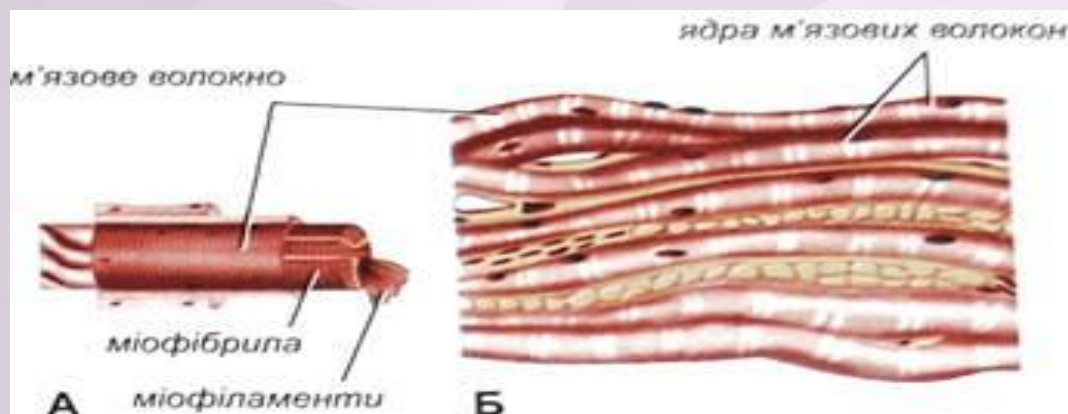
Посмуговані скелетні м'язи складають активну частину рухового апарату. Вони складаються з волокон двох типів. **Червоні м'язи** мають тонкі волокна, багаті на саркоплазму з великою кількістю ядер (до 100) і малим вмістом м'язових міофібрил, до того ж розміщених групами по 3-10. У саркоплазмі цих м'язів міститься пігмент міоглобін.

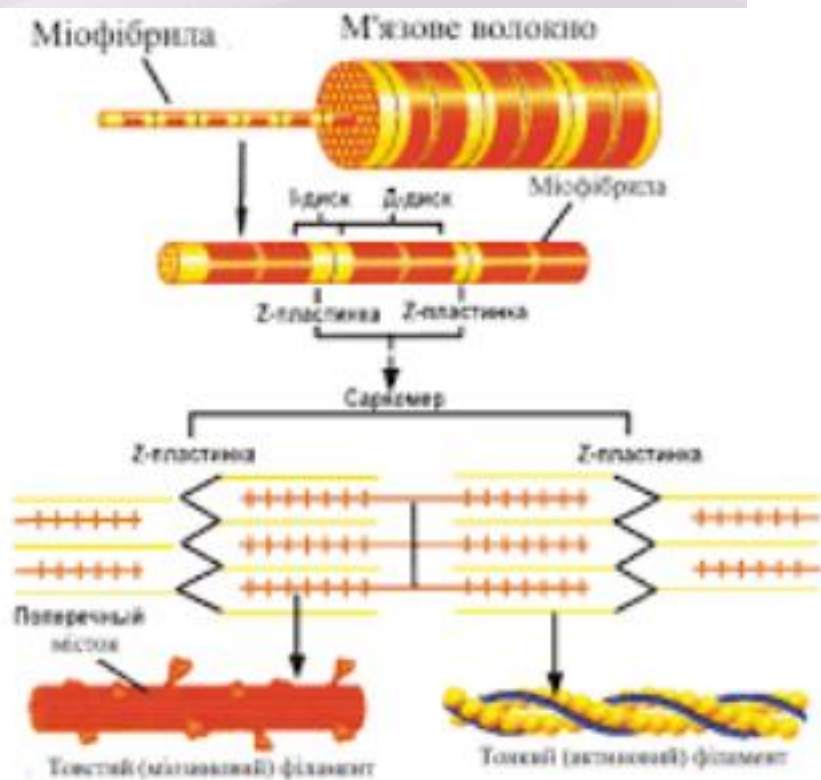
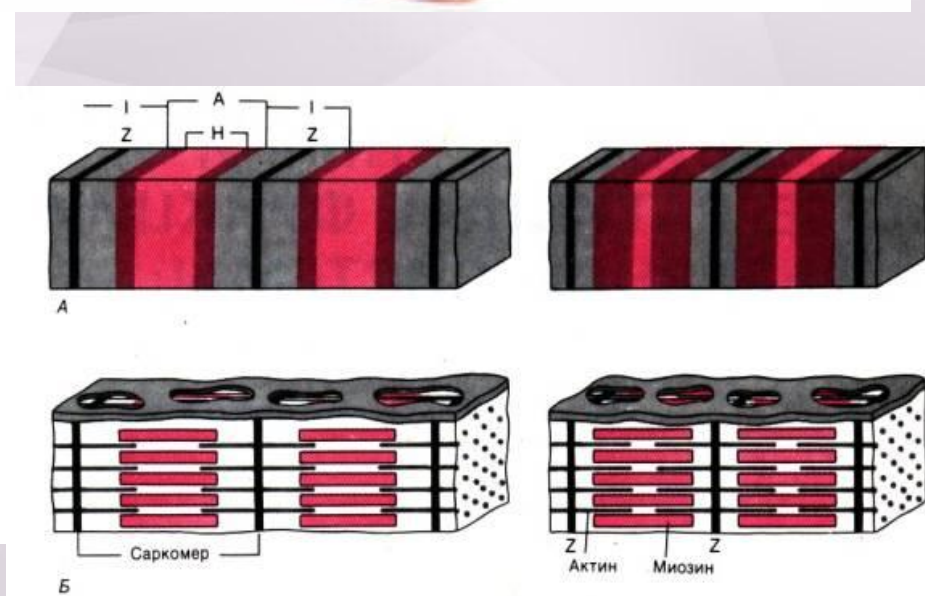
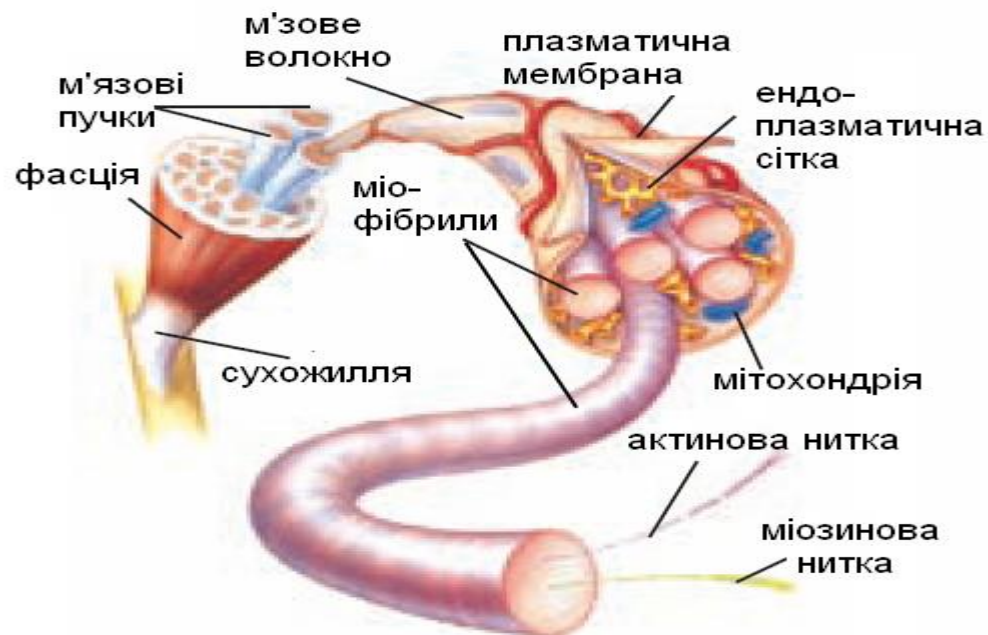
М'язи, які містять товсті волокна і значно більше міофібрил, рівномірно розподілених у саркоплазмі, мають світліший колір і тому звуться **білими**. **Червоні м'язи** звуться ще **статичними**, або **тонічними**, тому що вони працюють щоденно і фактично безперервно, забезпечуючи певну позу тварини. Білі м'язи називають ще **фазними**, або **тетанічними**, тому що вони здійснюють швидкі та сильні скорочення. У дорослої людини існує велика група м'язів змішаних, які мають обидва типи м'язових волокон.



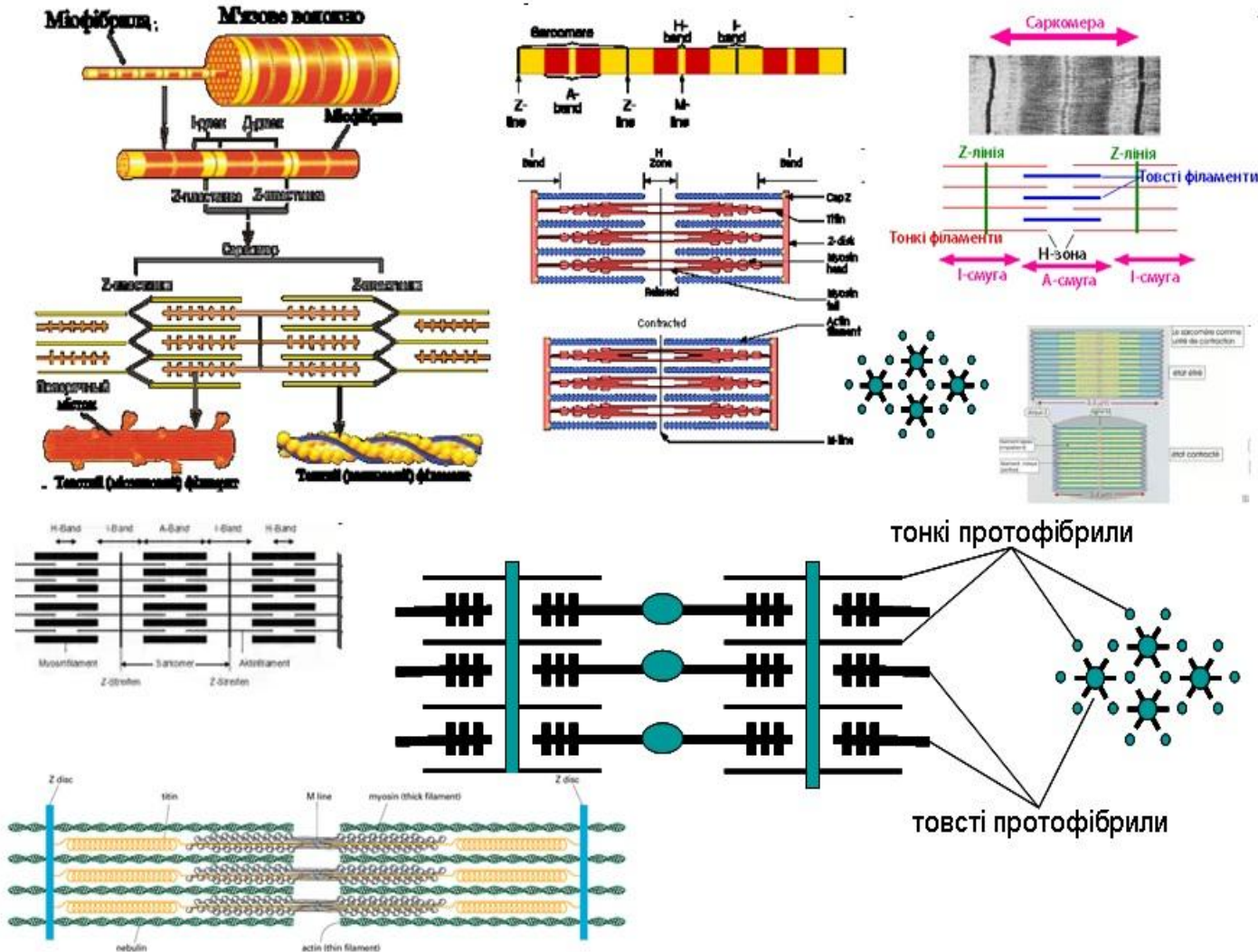
3. Механізм м'язового скорочення

Скелетні м'язи складаються з волокон, які відрізняються наявністю поперечної посмугованості: темні полоси (**анізотропний диск**, або **диск А**) чергуються зі світлими (**ізотропний диск**, або **диск І**). Темні диски мають подвійне світлозаломлення, а світлі – заломлюють світло один раз. Диск А розділений світлою зоною (**полоса Н**), диск І – темною **лінією Z** (**тілофрагма**). Волокна містять скоротливі елементи – **міофібрили**, серед яких розрізняють **товсті** (**міозинові**), які займають диск А, і **тонкі** (**актинові**), розташовані в диску І та прикріплюються до тілофрагм (Z – пластинки містять білок α - актин), причому кінці їх проникають у диск А між товстими фібрилами.



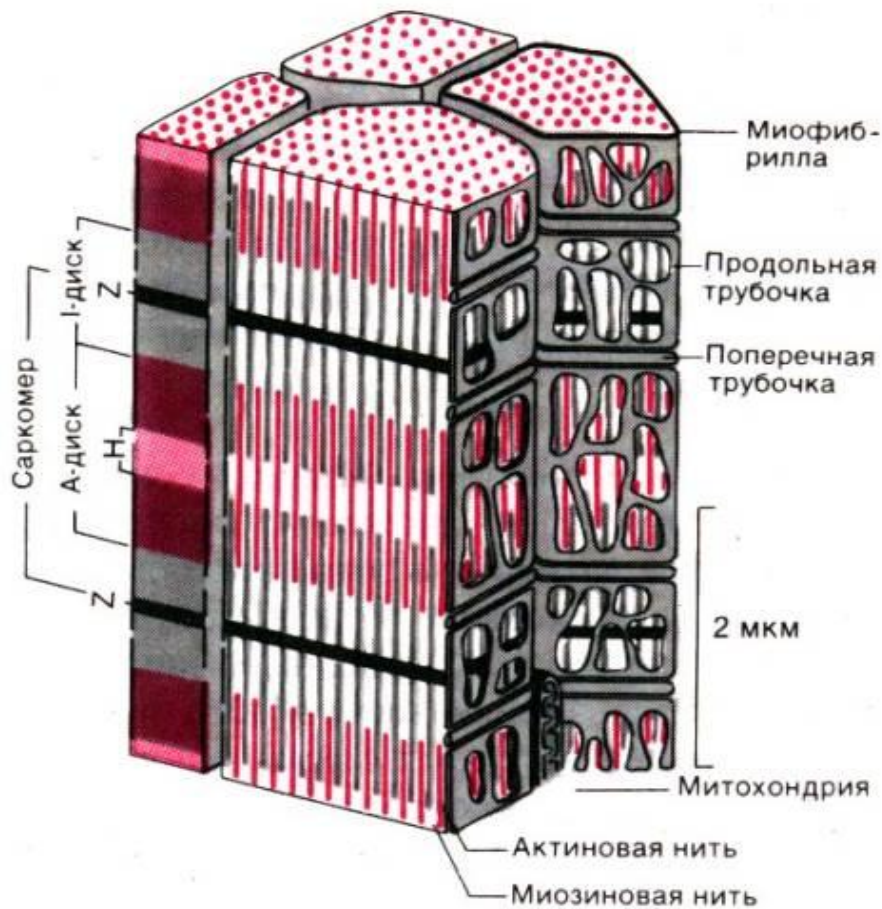


Будова саркомера



тонкі протофібрили

товсті протофібрили

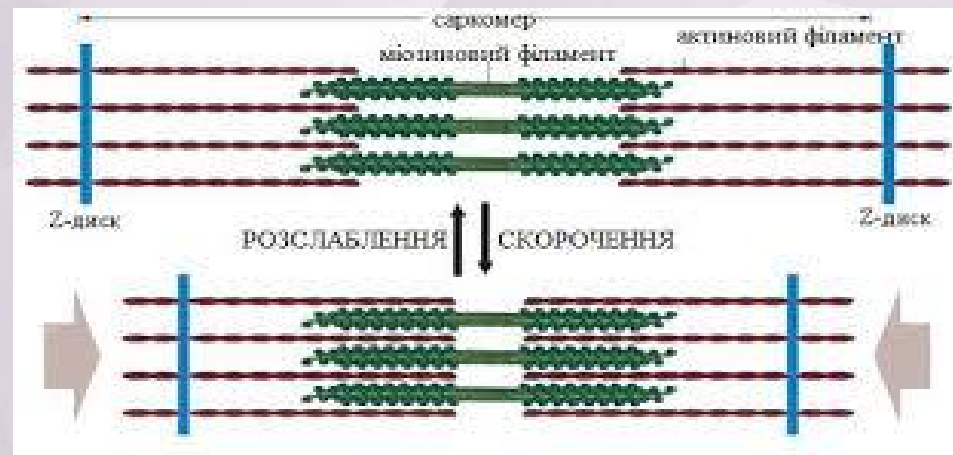


САРКОМЕР



Ділянка міофібрили, розташована між двома тілофрагмами, являє собою **саркомер** – скоротливу одиницю. На межі між дисками А та І сарколема вп'ячується, утворюючи **Т-трубочки**, які розгалужуються всередині волокна. У посмугованому м'язовому волокні добре розвинена незерниста ендоплазматична сітка, яка огортає саркомери. Сітки, що оточують саркомери, сполучаються між собою. Канали цієї сітки утворюють на кордонах саркомерів розширені **кінцеві цистерни**, які розташовуючись паралельно Т-трубочкам, стикаються з ними.

Кожне м'язове волокно несе на собі чутливе нервово закінчення та **моторну бляшку**, через яку передається імпульс по Т-трубочкам, а з них – на **кінцеві цистерни** саркоплазматичної сітки, викликаючи зміни проникності останніх, що веде до виходу іонів кальцію в цитоплазму. Це приводить до взаємодії актину з міозином і м'язовому скороченню. При м'язовому скороченні тонкі філаменти заходять між товстими та диск І скорочується або перестає бути видимим. Всунення філаментів відбувається за принципом ковзання. Тому теорія, що пояснює цей процес, зветься **теорією ковзання**.



4. Фізіологічні адаптації при м'язовій діяльності

Так як будь-яка м'язова діяльність тварини супроводжується збільшеними енергетичними витратами, найбільш загальною рисою є адаптація фізіологічних систем, спрямованих на забезпечення організму киснем. Тому найбільші зрушення в процесі адаптації відбуваються у функції дихання, кровообігу та в дихальній функції крові.

М'язова діяльність за своєю інтенсивністю та загальною величиною виконаної роботи розподіляється протягом життя тварини цілком нерівномірно. Особливо інтенсивна м'язова діяльність у певні періоди життя та в певні сезони. Так, велика м'язова робота виконується тваринами при кочівлях, міграціях і перельотах. З іншого боку, період вагітності у самиць багатьох гризунів, супроводжується різким обмеженням рухової діяльності. Велику м'язову роботу виконують тварини при викопуванні нір і укриття, а також у процесі запасання корму. Різкі вікові відмінності, пов'язані з підвищеною граальною діяльністю молодняку, характеризують більшість ссавців.

При м'язовій роботі спостерігається **збільшення вмісту еритроцитів і Нв у крові**, що пов'язано зі скороченням селезінки та викиданням крові з кров'яних депо в периферичне кров'яне русло, а також підсиленням і новоутворенням крові, що виражається в **збільшенні кількості ретикулоцитів**.

При м'язовій роботі **підвищується частота пульсу** паралельно її інтенсивності, тобто паралельно споживанню кисню. У тренованих людей і тварин, які виконують дуже інтенсивну м'язову роботу і добре пристосовані до неї, пульс зменшується, що обумовлено підвищеним тонусом блукаючого нерву.

Кров'яний тиск підвищується за рахунок систолічного.

Зміни дихання при м'язовій діяльності супроводжуються **збільшенням частоти й глибини дихання**, що дозволяє збільшити легеневий об'єм дихання або легеневої вентиляції. У тренованих людей збільшуються й частота й глибина, у нетренованих тільки частота.

У тренованих людей і тварин, які виконують інтенсивну м'язову роботу (північний олень), встановлено **високий рівень лужних резервів крові, збільшується кількість крові, велика киснева ємність.**

При коротких, хоча й інтенсивних м'язових навантаженнях, спостерігається **підвищення вмісту цукру в крові**, особливо ярко виражено на початку роботи, а при більш тривалих навантаженнях – **зниження вмісту цукру в крові.**

М'язова діяльність здійснює великий вплив на терморегуляцію організму. Так як м'язові скорочення пов'язані зі значними теплотворними процесами і при виконанні роботи в умовах середніх температур (не кажучи вже про високі), завжди є **позитивний баланс тепла.**

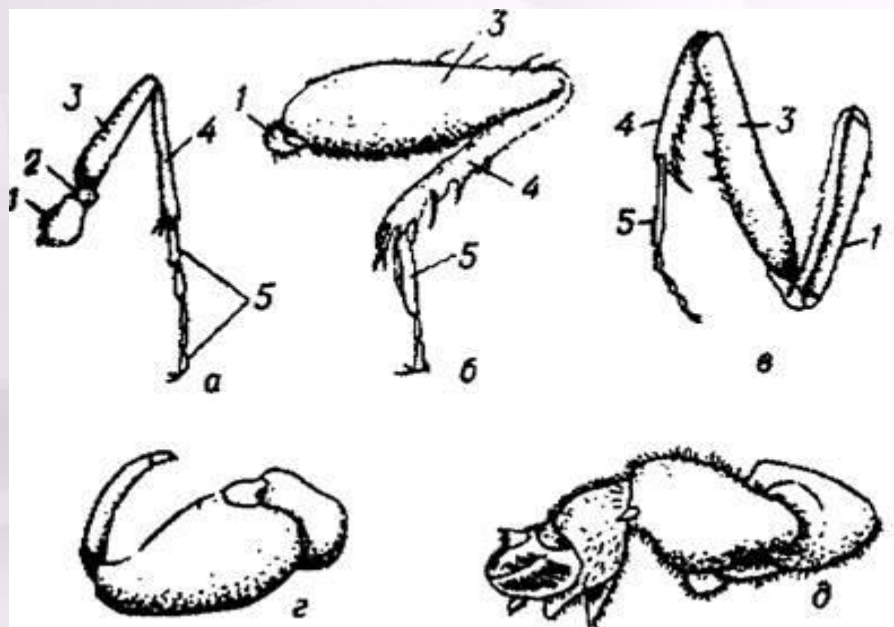
5. Адаптація до переміщень у різних умовах життя

Рухові акти, що обумовлюють переміщення тварин у довкіллі, надзвичайно різноманітні. Переміщення в **повітряному середовищі** – **політ**, у **водному** – **плавання**, у **щільному (земля)** – **риюча діяльність**, **пересування по поверхні** – **ковзання, біг, ходьба, повзання** та ін. Адаптивні зміни м'язової активності охоплюють більшість видів і у якійсь мірі створюють морфологічно однотипні життєві форми. Це можна спостерігати насамперед при вивченні структури кінцівок, типи яких (**бігаючий, риючий, плигаючий, плаваючий, літаючий**) у відомій мірі подібні у видів, які належать не тільки до різних отрядів, але й до різних класів тварин.



Типи кінцівок птахів:

а - беркут; б - перепелятник;
в - скопа; г - дятел; д - повзик;
е - глухар; є - норець; ж - дрохва;
з - жайворонок;
и - качка; і - саджа; ї - лиска; й -
пелікан; к - погонич; л - чапля.



Типи ніжок комах:

а - бігальна (жужелиці);
б - стрибальна (цвіркуна);
в - хапальна (богомол); г - хапальна
(клопа); д - риюча (капустянки):
1 - тазик; 2 - вертлуг; 3 - стегно;
4 - гомілка; 5 - лапка.



5.1 Особливості пересування у водному середовищі

Екологічно-морфологічні особливості водних організмів виражені дуже ярко. Вони стосуються насамперед форми тіла: а) **торпедоподібна** (найбільш швидке переміщення у відкритій воді); б) **сплющена з боків** (плавання у водоймищах з щільною рослинністю); в) **змієподібна** (риби заростей і ті, що занурюються в мул); г) **повільно плаваючі риби** мають стрічкоподібну форму. Риби здібні до зміни питомої ваги за рахунок: а) плавального міхура, скорочення якого дозволяє змінювати кількість газу в міхурі або тиску в ньому; б) наповнення його відбувається або за рахунок ковтання повітря або за рахунок виділення O_2 і CO_2 по типу секреції спеціальним утвором – червоним тілом. У акул і скумбрієвих плаваючого міхура немає. Швидкість переміщення у воді залежить від форми тіла, характеру рухів тулуба, хвоста і плавників, а також гідродинамічних особливостей тіла риби, тобто від опору, що здійснюється водою при просуванні вперед. Гідродинамічні властивості визначаються формою тіла (обтічна), поверхнею (гладка, вкрита слизом) і м'якістю демпферного шару підшкірної жирової клітковини (у дельфінів). Максимальна швидкість плавання з підвищенням температури води підвищується, але ККД скелетної мускулатури риби від температури середовища та від попередніх температурних впливів значно незалежний.

5.2 Пересування наземних хребетних

Нижчі ссавці – однопрохідні, сумчасті й неповнозубі. Качкодзьоб – малорухомий на суші, добре плаває, пірнає та риє землю. Єхидна – ходьба, біг і особливо риття землі. Сумчасті (кенгуру) – біг і стрибки. Лінивець (неповнозубі) – деревні тварини. Комахоїдні – мають низьку швидкість руху. Їжак, землерийка – ходьба, біг і риюча діяльність, кріт – риюча діяльність, вихухоль – плавання. У їжака є міцна шкірна посмугована мускулатура, важлива для оборонного рефлексу – скручування в кулю. Виділяють 3 м'язові системи: підтримуюча позу, стягуюча шкірний покрив і тіло їжака в кулю, стягуюча шкіру над головою.

Рукокрилі, або летучі миші, пристосовані до польоту та до спокою при висінні головою вниз у стані підвищеного тонузу задніх кінцівок, можливо повзання догори по вертикальній стелі. **Типи польоту:** *весловий, пурхаючий, плануючий.*

У гризунів і наземних хижаків можуть бути всілякі прояви м'язової діяльності: риття, гризіння, стрибки, біг, повзання, плавання.

Напівмаври (летяги) – дуже одноманітні рухи, мало рухомі, несталість фізіологічних функцій.

Мавпи – сталість фізіологічних функцій (древесні – багатство рухів, наземні (павіани) – їх одноманітність). Найбільш важливий момент в еволюції моторики мавп – перехід їх до руху на задніх лапах.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!