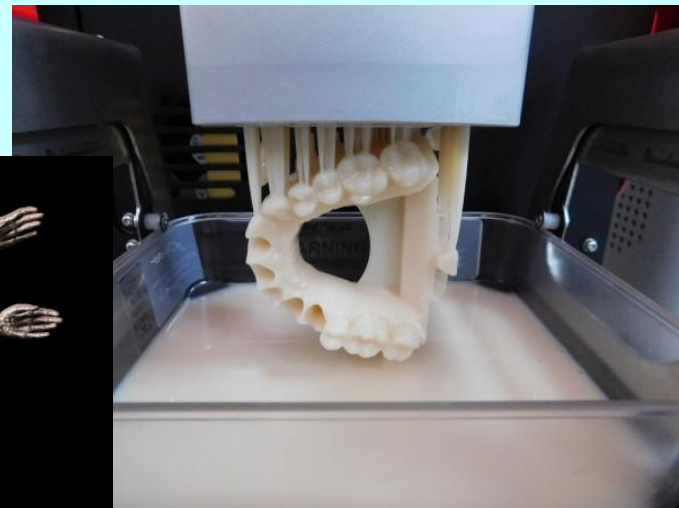


ФІЗИЧНІ ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА СТОМАТОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ



ПЛАН ЛЕКЦІЇ

1. Основи біомеханіки
 - 1.1. У витоків біомеханіки
 - 1.2. Опорно-руховий апарат людини
 - 1.3. Ступені вільності
 - 1.4. Зубощелепна система
 - 1.5. Важелі
 - 1.6. Біофізика м'язових скорочень
2. Основи стоматологічного матеріалознавства
 - 2.1. Класифікація матеріалів, які використовуються в стоматології
 - 2.3. Властивості стоматологічних матеріалів
 - 2.4. Методи дослідження матеріалів для стоматології

ПЕРШІ ЗГАДКИ ПРО БІОМЕХАНІКУ



АРИСТОТЕЛЬ

(384–322 pp. до н. е.),
Давньогрецький філософ і педагог



КЛАВДІЙ ГАЛЕН

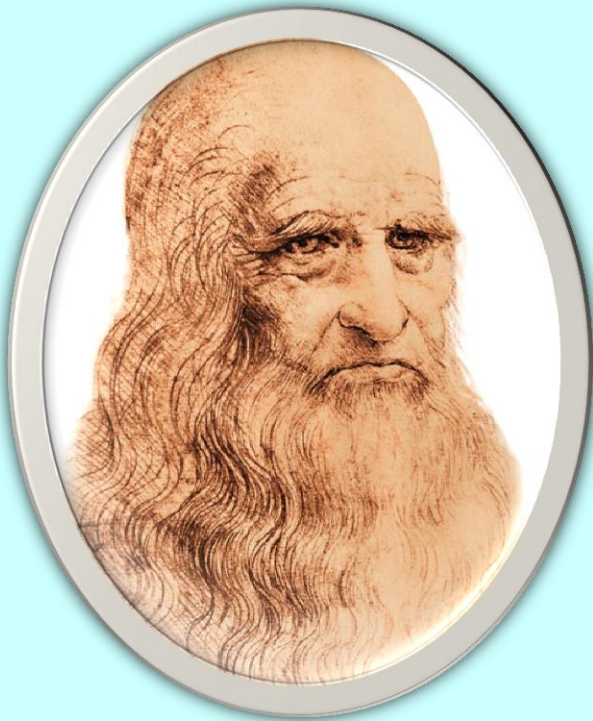
(129 або 131 р. – 200 або 210 р. н. е.)
Давньоримський вчений і лікар



Демокріт Абдерський
(460—370 до н. е.)
давньогрецький філософ



Архімед
(287—212 до н. е.)
давньогрецький математик,
фізик, інженер, винахідник та
астроном



Леонардо да Вінчі
(1452 — 1519 pp.)
італійський вчений,
дослідник, винахідник,
художник, архітектор,
анатоміст і інженер



Галілео Галілей
(1564 — 1642 pp.)
італійський
мислитель,
засновник класичної
механіки, фізик,
астроном,
математик, поет і
літературний критик



Рене Декарт
(1596 — 1650)
французький філософ,
фізик, фізіолог,
математик

АНГЛІЙСЬКІ МЕХАНІКИ

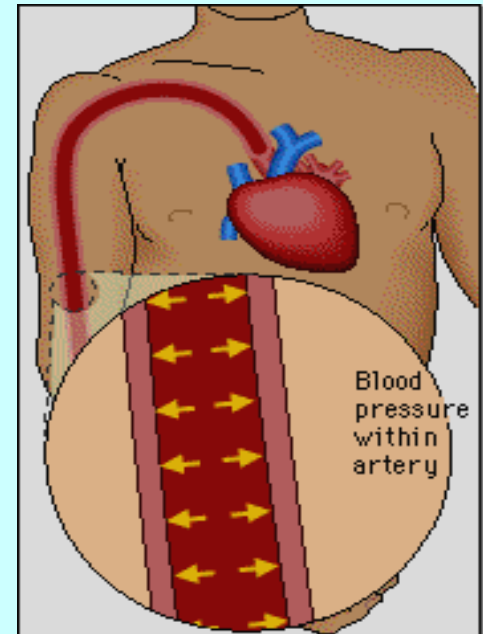
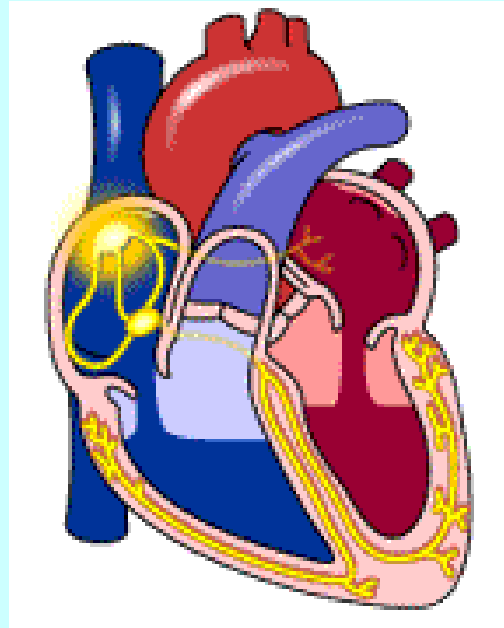
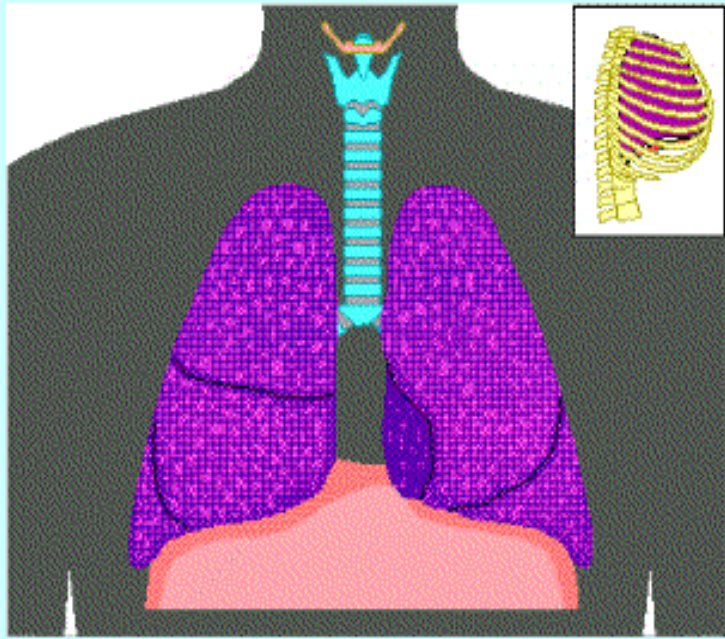


Ісаак Ньютон
(1643 — 1727)



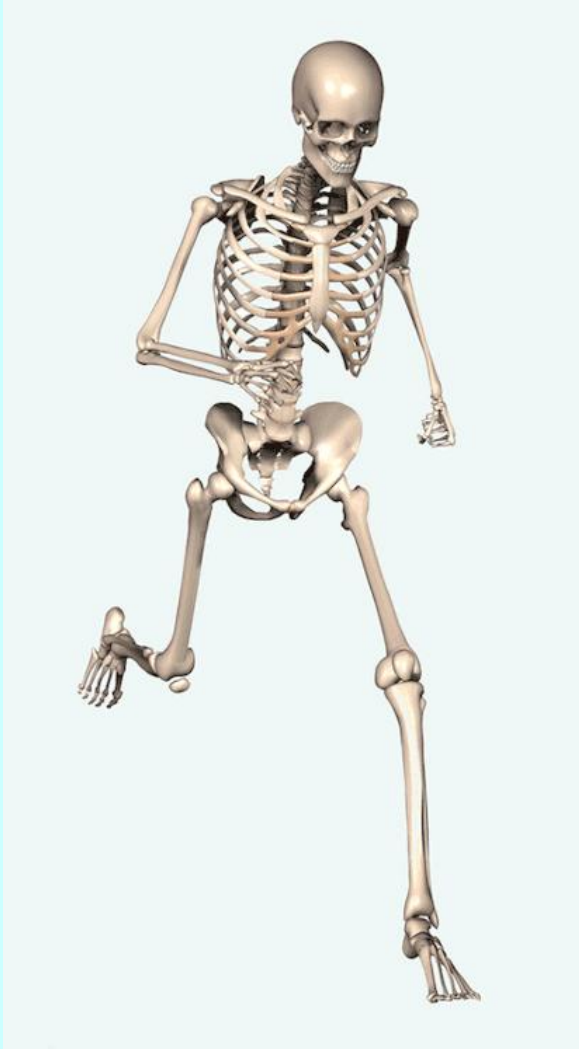
Роберт Гук
(1635 — 1703)

Біомеханіка – це розділ **біофізики**, який вивчає механічні властивості живих тканин , органів і організму вцілому, а також механічні явища, які в них відбуваються. Головною складовою біомеханіки є **біомеханіка опорно-рухового апарату**. Крім того біомеханіка включає в себе: **біомеханіку дихального апарату**, предметом вивчення якого є кінематика і динаміка дихальних рухів і **біомеханіку кровообігу**, яка вивчає пружні властивості судин та серця, гідравлічний опір судин потоку крові, рух крові, роботу серця та ін.



ОПОРНО-РУХОВИЙ АПАРАТ

В цій лекції ми зосередимо увагу на біомеханіці опорно-рухового апарата, складовими якого є **скелет** та **скелетні м'язи**.



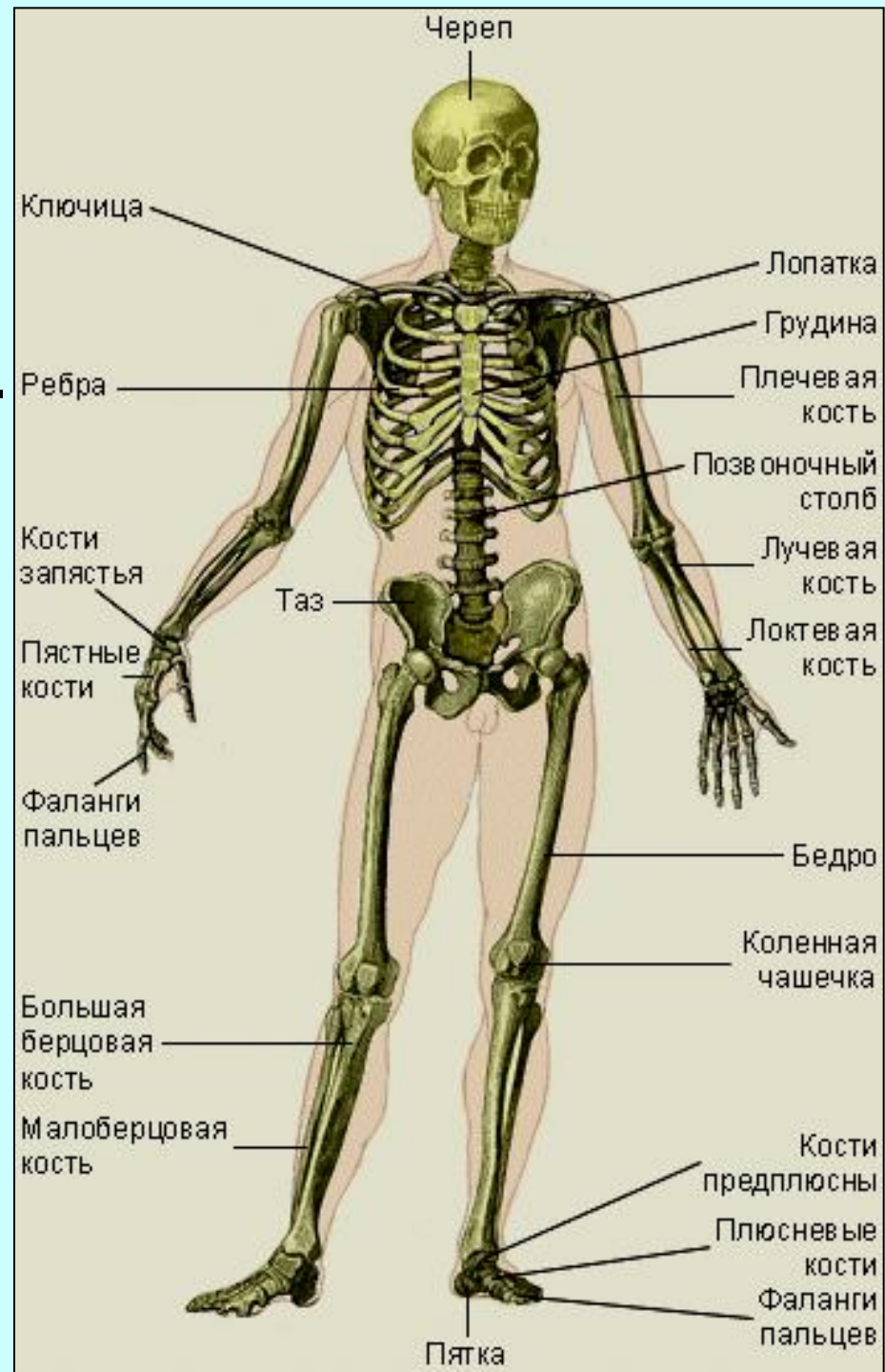
Функціонування опорно-рухового апарату забезпечується, з одного боку, механічними характеристиками його тканин (в першу чергу кістковою) та, з другого боку, силовими і енергетичними характеристиками м'язової тканини.

Скелет

- Скелет визначає конструктивну міцність системи при *статичних і динамічних навантаженнях*,
- а м'язи за рахунок основної відмінної ознаки м'язової тканини – здатності скорочуватись, і в зв'язку з цим розвивати силу, виконують статичну і динамічну роботу.

СКЕЛЕТ

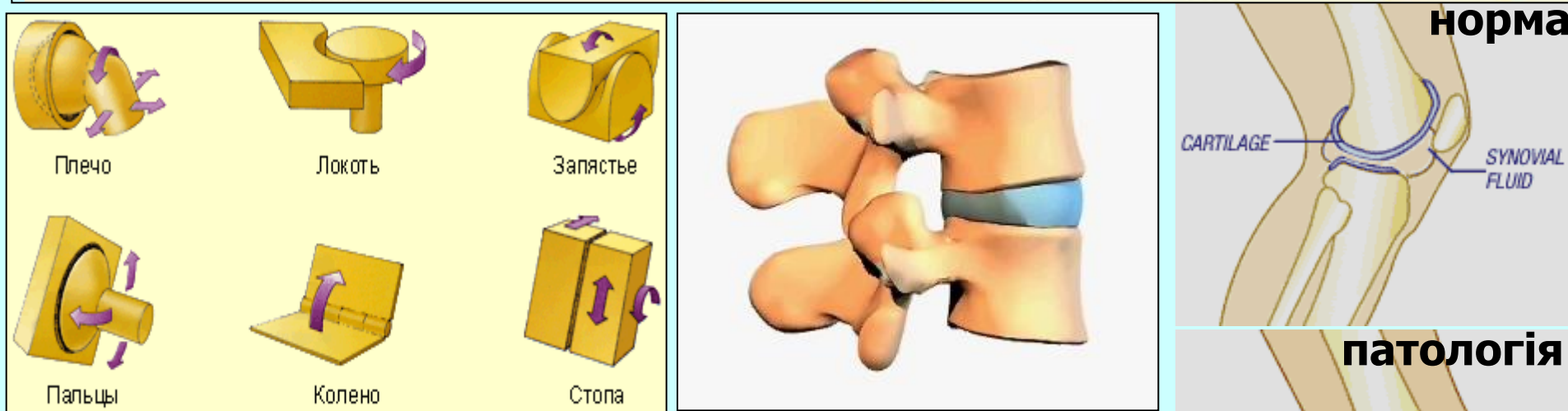
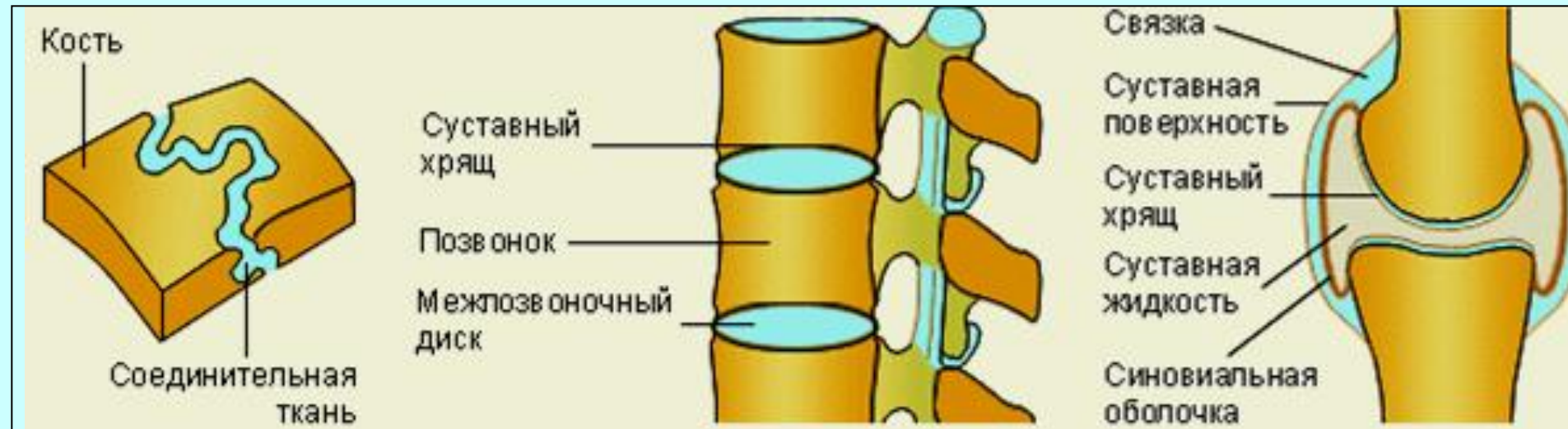
Скелет складається з більш ніж 220 кісток. З'єднання кісток в скелеті поділяються на три типи: **нерухомі, напіврухомі і рухомі**. Нерухомі з'єднання представлені кістками черепа, напіврухомі з'єднанням хребців за допомогою хрящів та зв'язок. Нарешті, рухомо з'єднуються **суглоби**. Кожен суглоб складається з суглобових поверхонь, сумки та синовіальної рідини, яка знаходиться в суглобовій порожнині. Синовіальна рідина зменшує тертя при русі. Суглоби скріплені зв'язками, які обмежують амплітуду їх рухів.



Нерухомі з'єднання

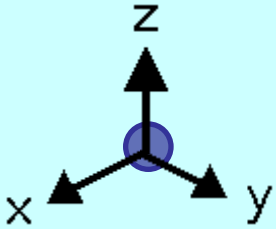
Напіврухомі з'єднання

Рухомі з'єднання

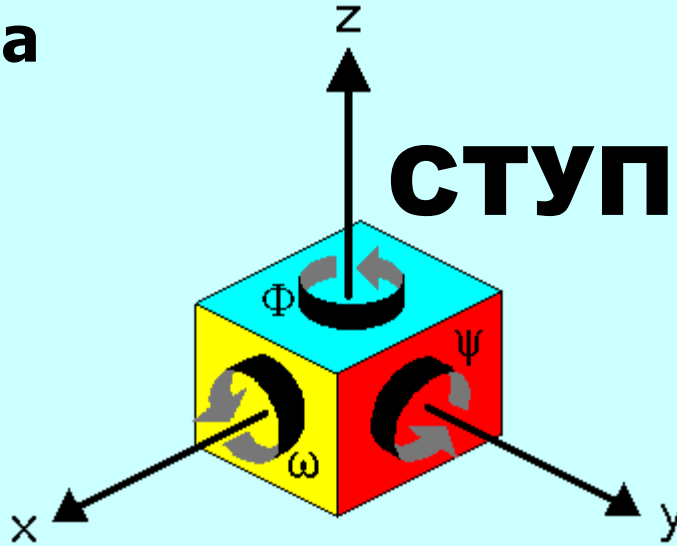


Тип руху в суглобі визначається кількістю **ступенів вільності**, поняття про які буде сформульовано на наступному слайді.

матеріальна
точка



СТУПЕНІ ВІЛЬНОСТІ



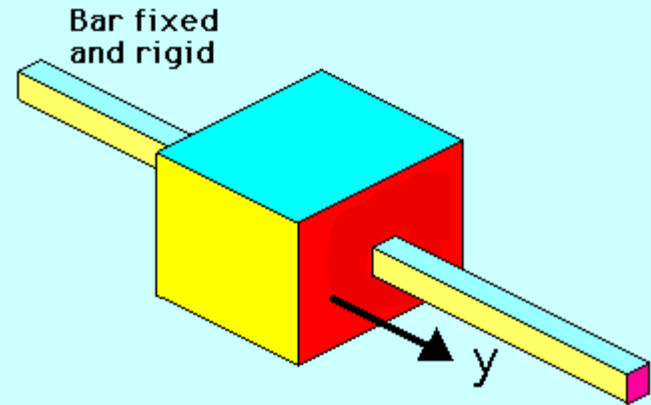
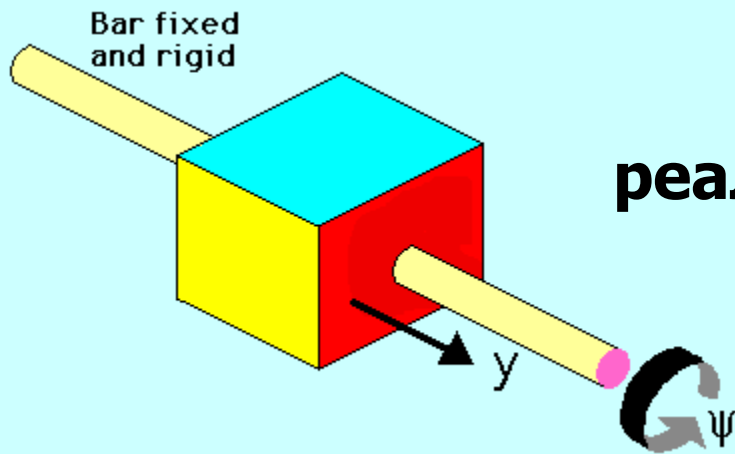
тіло



Кількість ступенів вільності – це кількість можливих незалежних рухів тіла або конструкції.

Матеріальна точка має **три поступальні ступені вільності** – вздовж осей **X**, **Y** і **Z**.

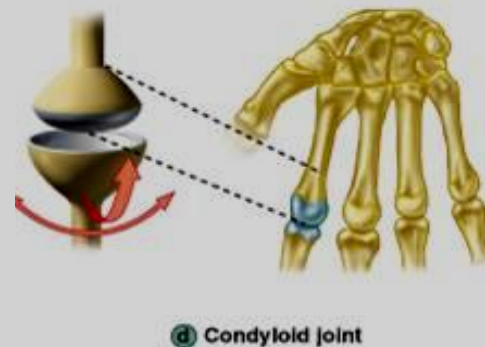
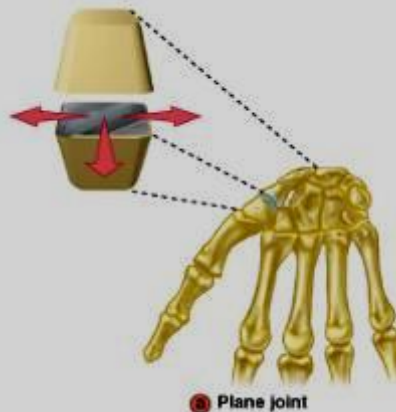
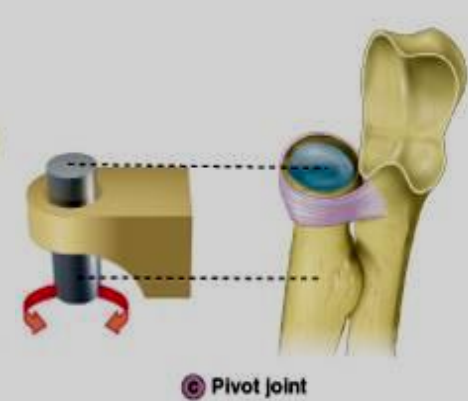
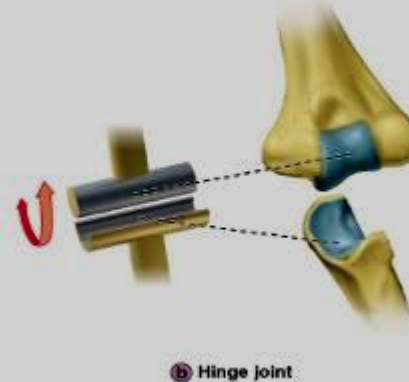
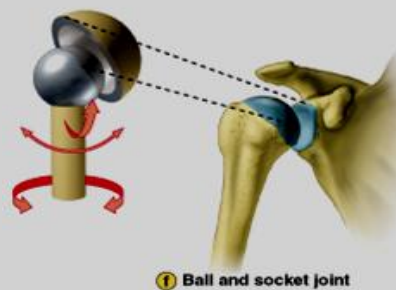
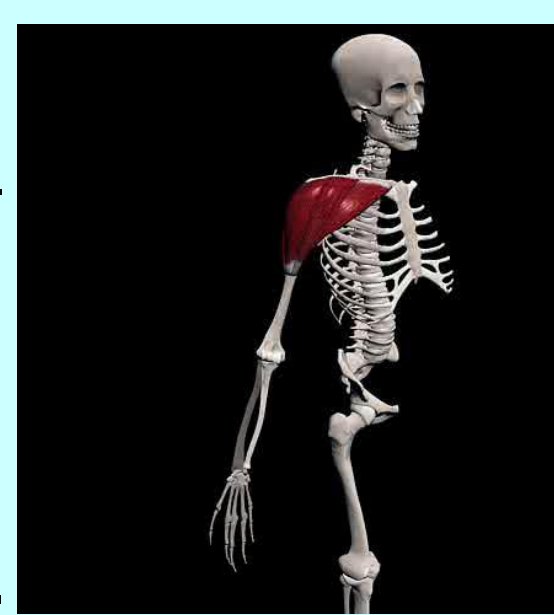
Тіло має **три поступальні ступені вільності** – вздовж осей **X**, **Y** і **Z**, а також **три обертальні ступені вільності** навколо тих же осей, тобто всього **шість ступеней вільності**.



- Кількість ступенів вільності **реального тіла** може бути обмежена конструктивно, що визначає тип руху тіла.
- В конструкції, так звані **кінематичні ланцюги** можуть мати велику кількість ступеней вільності.

СТУПЕНІ ВІЛЬНОСТІ РУКИ

Рука людини, як кінематичний ланцюг, починаючи з ключично-лопаточного з'єднання, має **33 ступені вільності**, що забезпечує можливість надзвичайно різноманітних рухів і обертань.

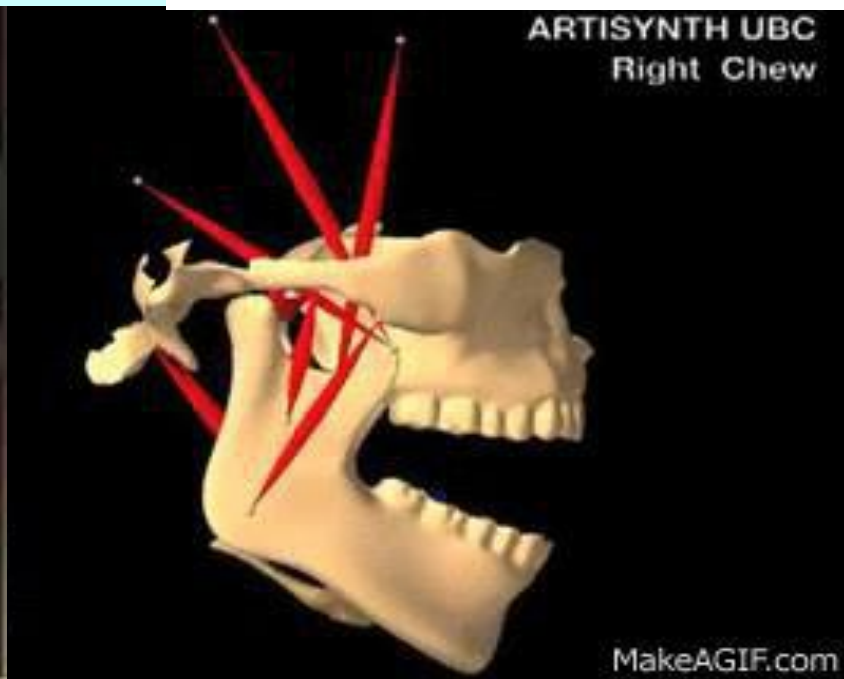
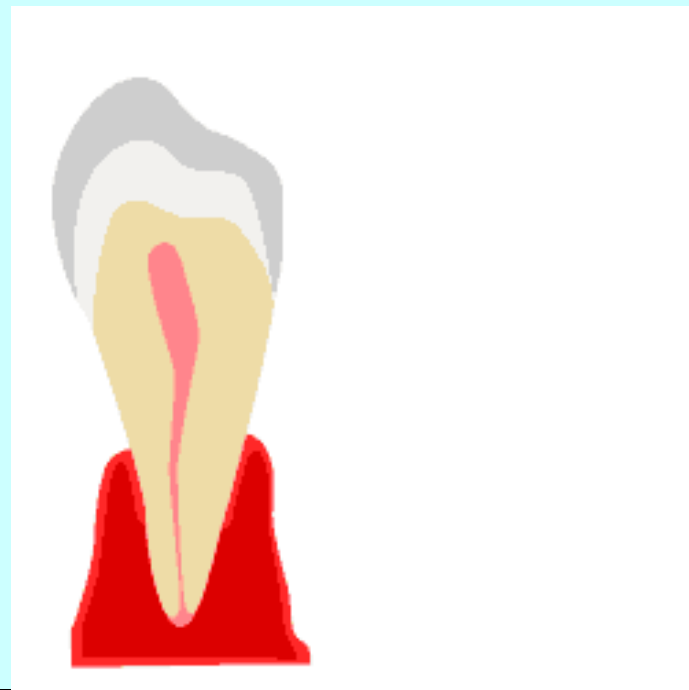




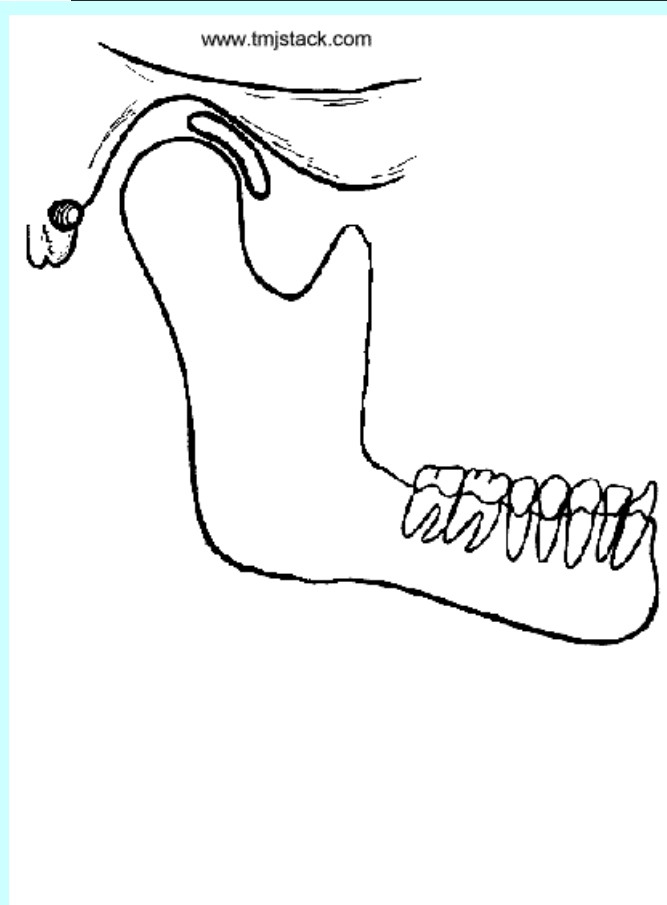
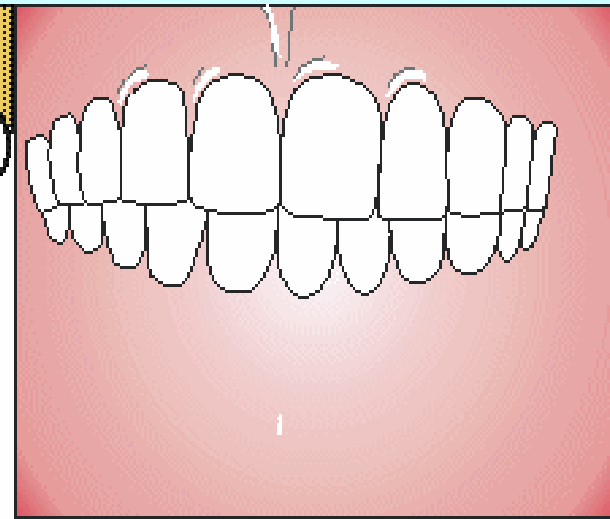
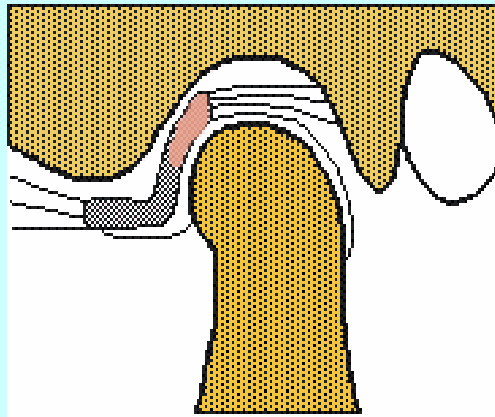
WeissOrtho.com



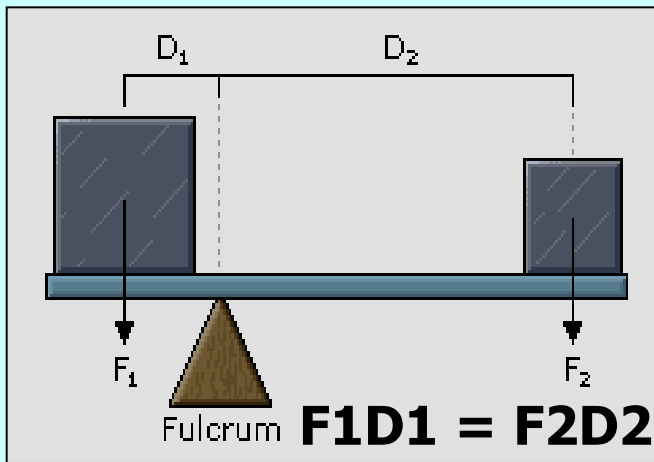
БІОМЕХАНІКА ЗУБОЩЕЛЕПНОЇ СИСТЕМИ



БІОМЕХАНІКА СКРОНЕВО - ЩЕЛЕПНОГО СУГЛОБА



ТРИ ТИПИ ВАЖЕЛІВ



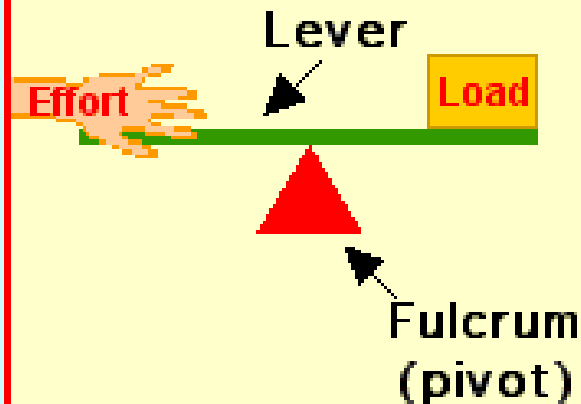
Важелем називають тверде тіло, що має нерухому вісь обертання, на яке діє сила, що прагне повернути його навколо цієї вісі. В залежності від взаємного розташування прикладених сил і точок опори всі важелі поділяються на три типи.

важіль **РІВНОВАГИ**

важіль **СИЛИ**

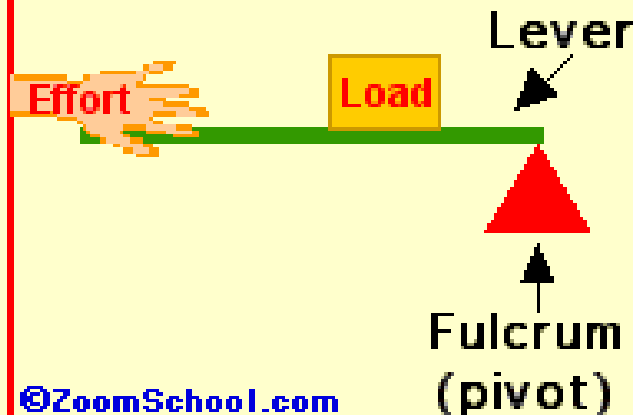
важіль **ШВИДКОСТІ**

First Class Lever



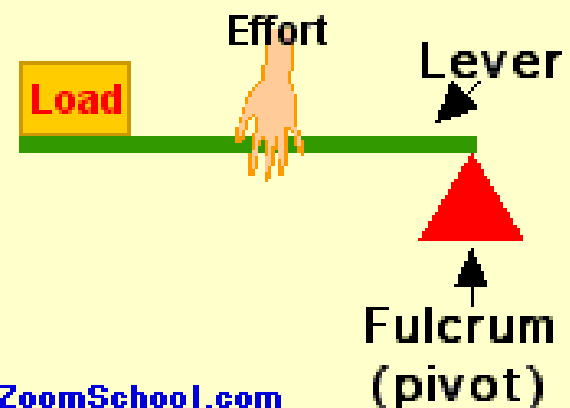
©ZoomSchool.com

Second Class Lever



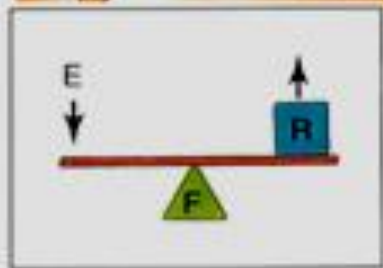
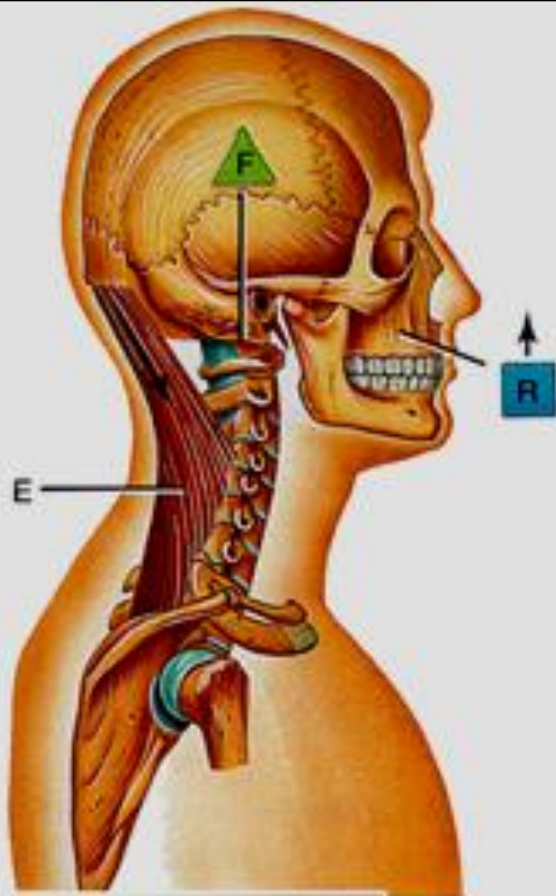
©ZoomSchool.com

Third Class Lever

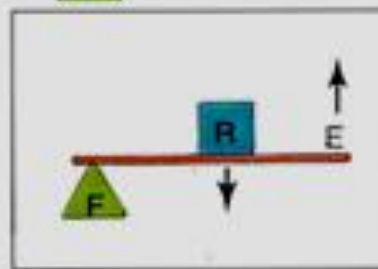


©ZoomSchool.com

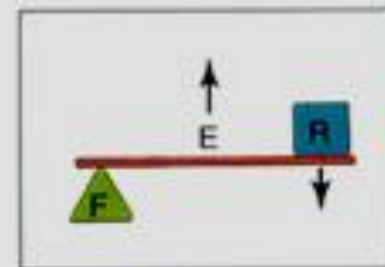
ВАЖЕЛІ В ОРГАНІЗМІ



(a) First-class lever



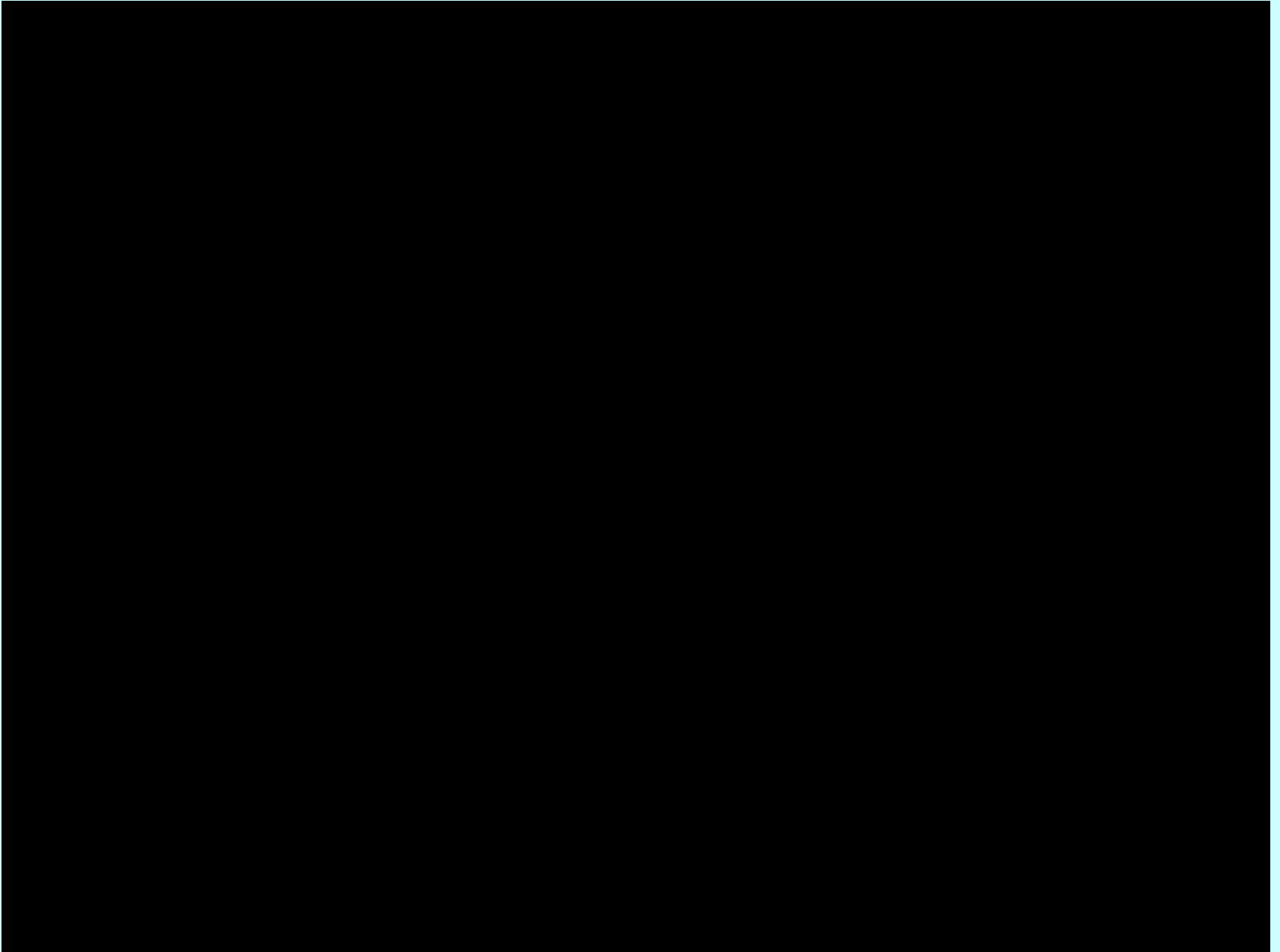
(b) Second-class lever



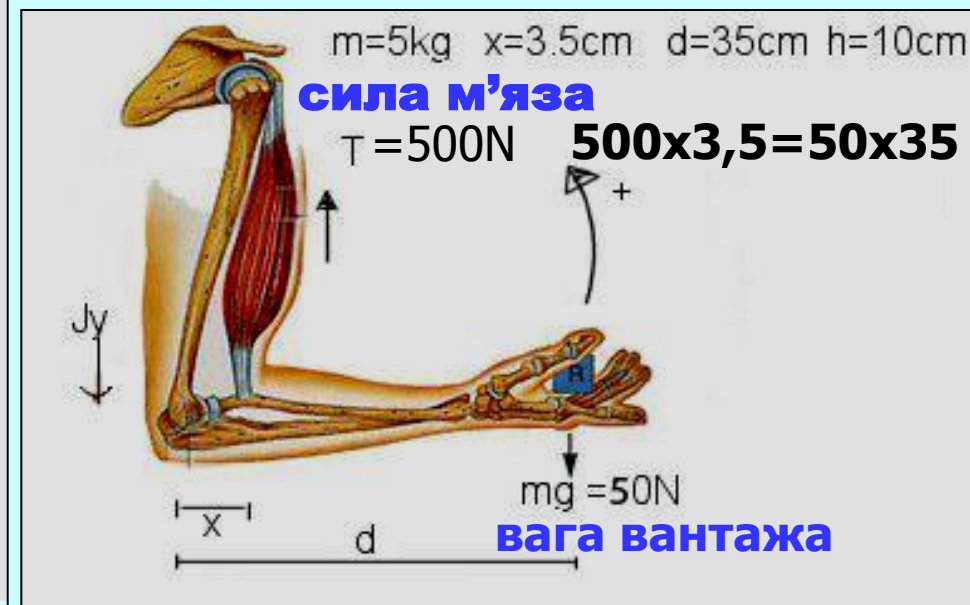
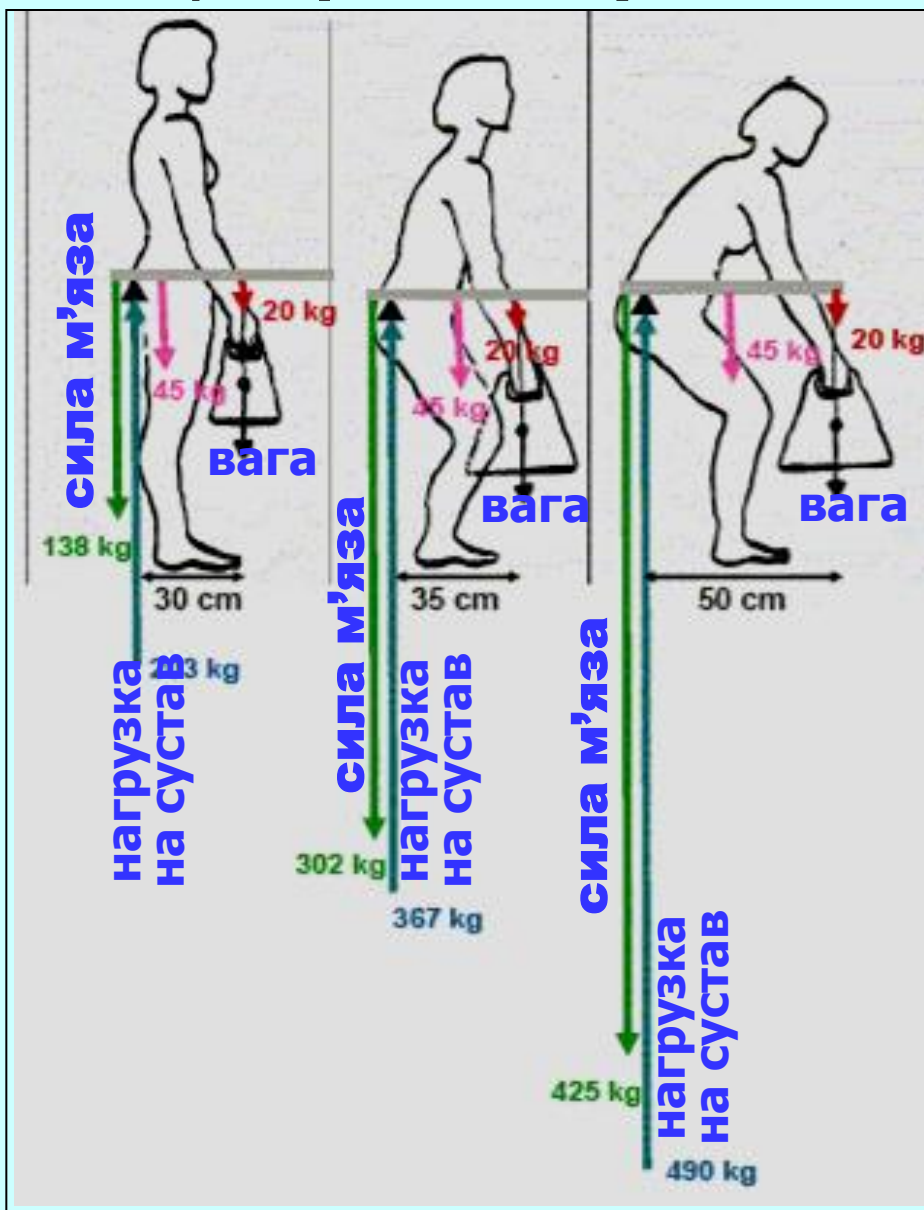
(c) Third-class lever

З механічної точки зору скелет це важільно-шарнірна система, яка утримується в рівновазі і приводиться до руху скелетними м'язами.

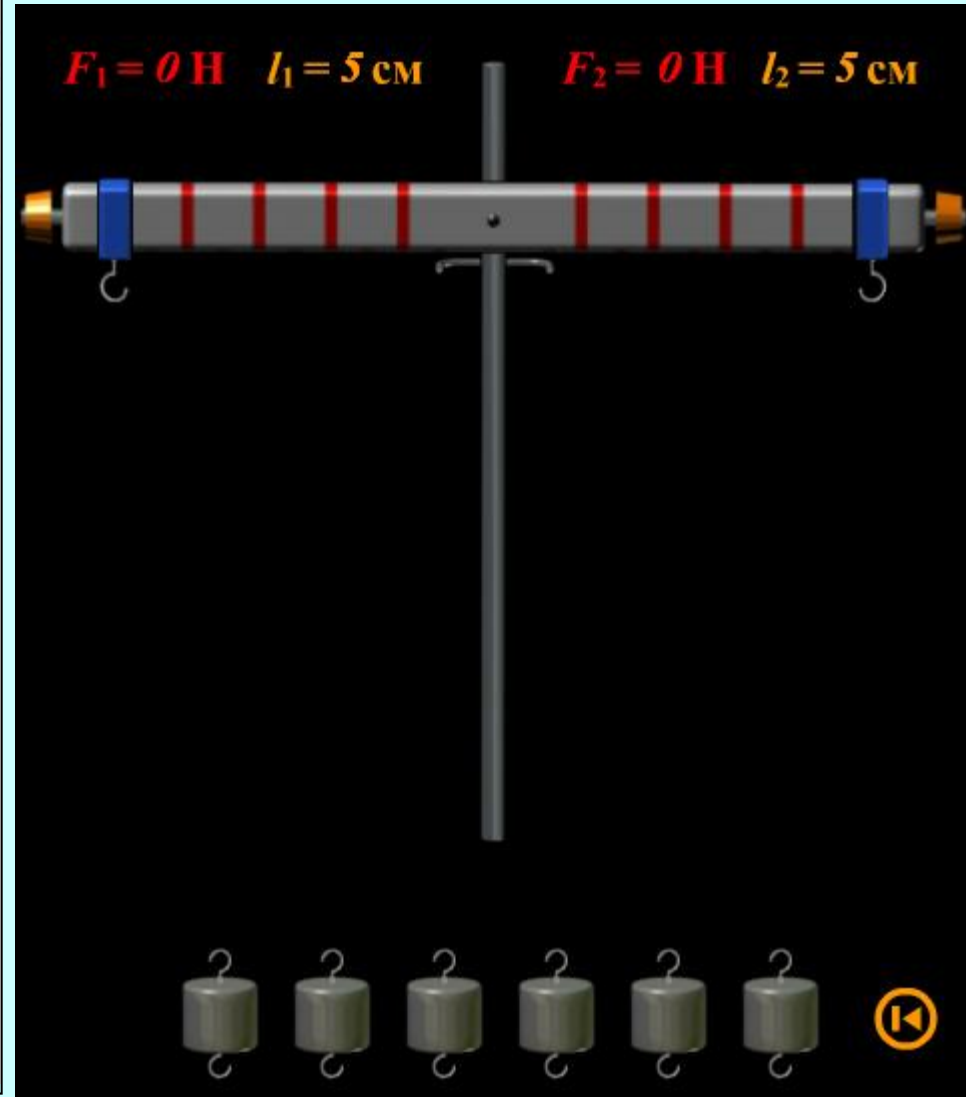
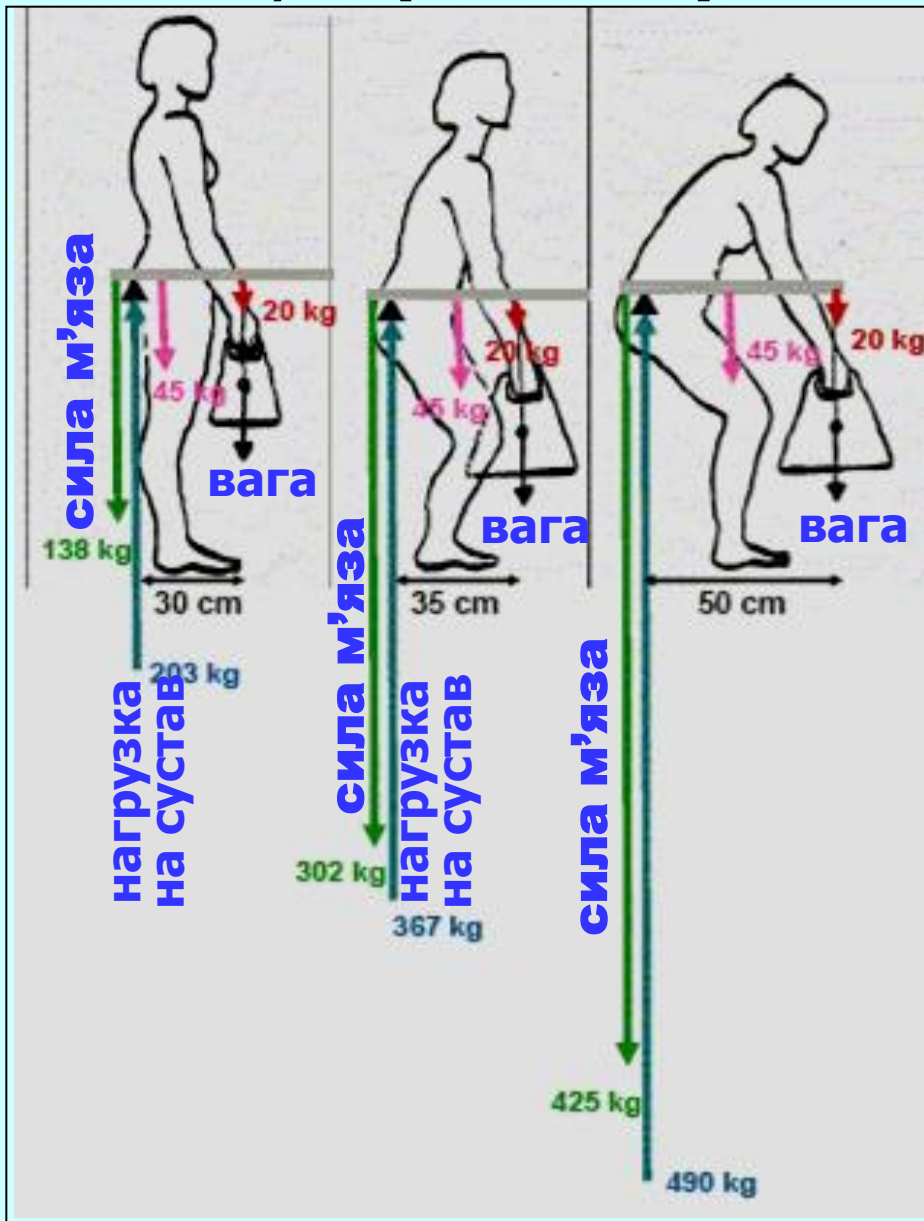
ВАЖЕЛІ В ОРГАНІЗМІ



ПРАВИЛО ВАЖЕЛЯ – важіль знаходиться в рівновазі, якщо алгебраїчна сума моментів сил (добуток сили на її плече) дорівнює нулю. Наслідок: величина сили обернено пропорційна довжині плеча. Правило важеля грає важливу роль при аналізі сил, які розвивають м'язи, і розгляду рівноваги, як окремих складових опорно-рухового апарату, так і всієї системи в цілому.



ПРАВИЛО ВАЖЕЛЯ – важіль знаходиться в рівновазі, якщо алгебраїчна сума моментів сил (добуток сили на його плече) дорівнює нулю. Висновок: величина сили обернено пропорційна довжині плеча.

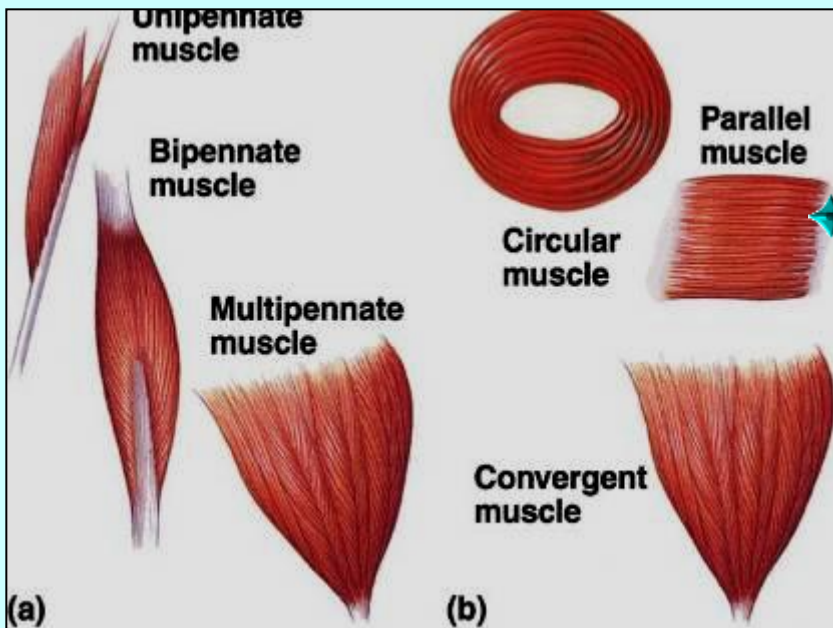




СКЕЛЕТНІ М'ЯЗИ

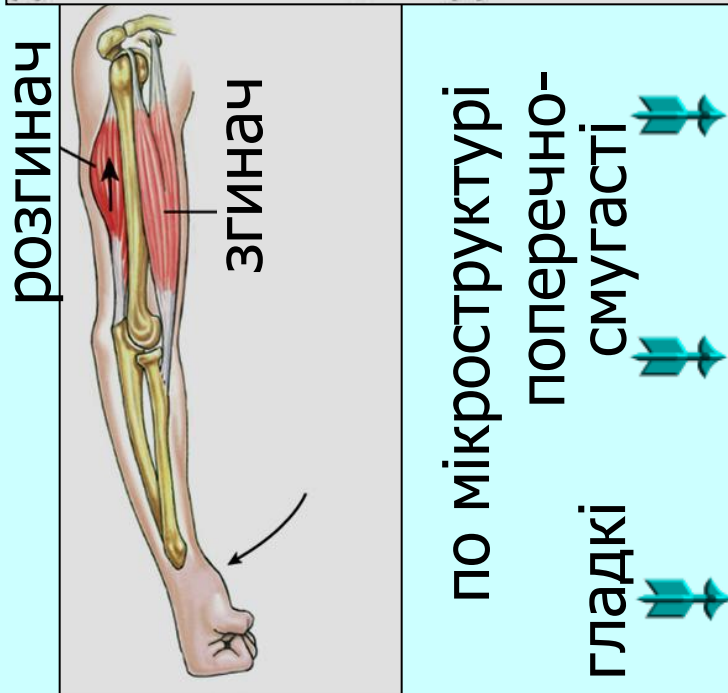
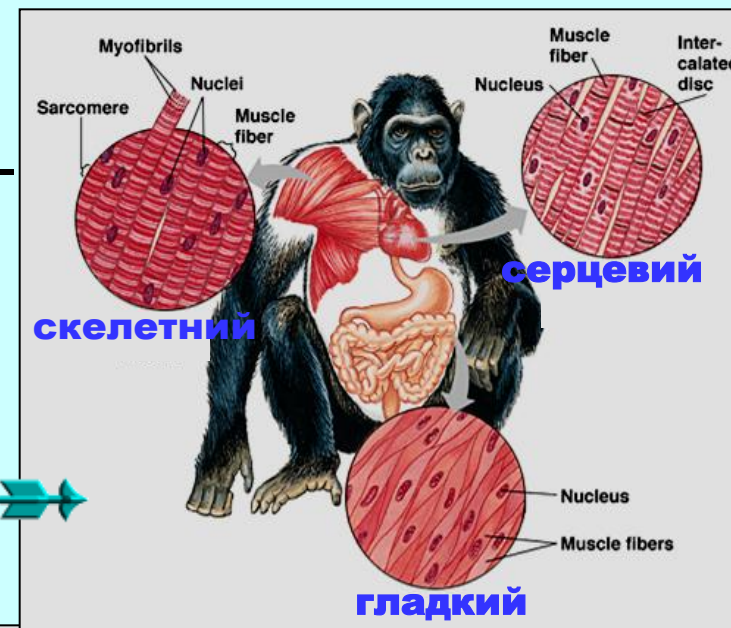


КЛАСИФІКАЦІЯ М'ЯЗІВ



по макро-структурі

по типу



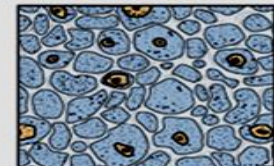
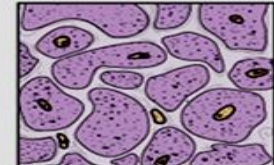
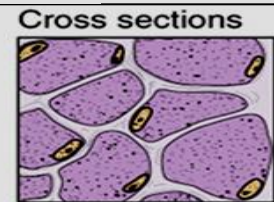
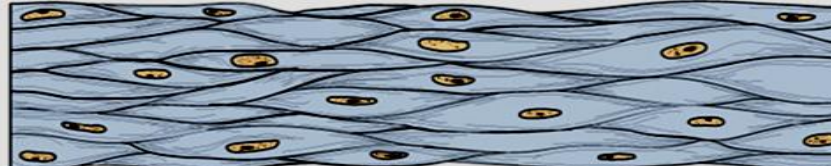
скелетний



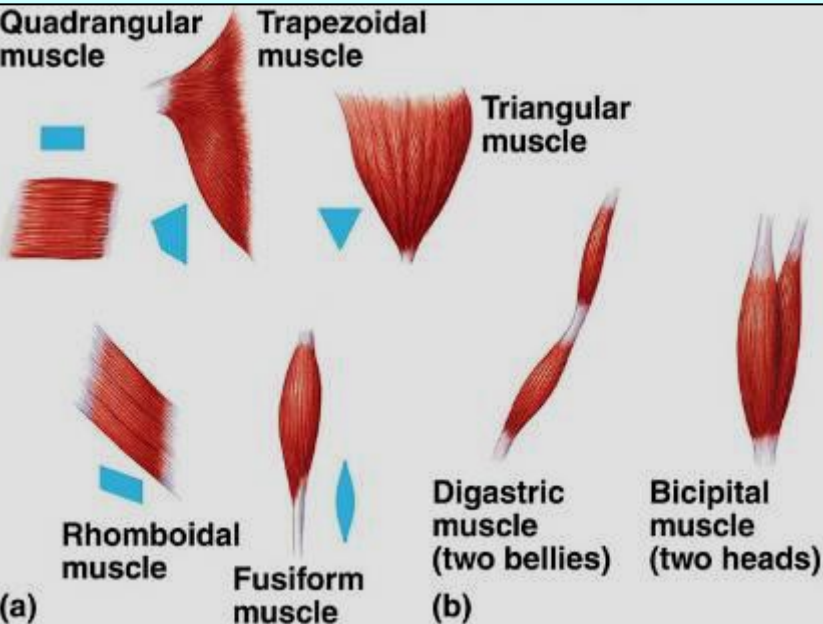
серцевий



гладкий

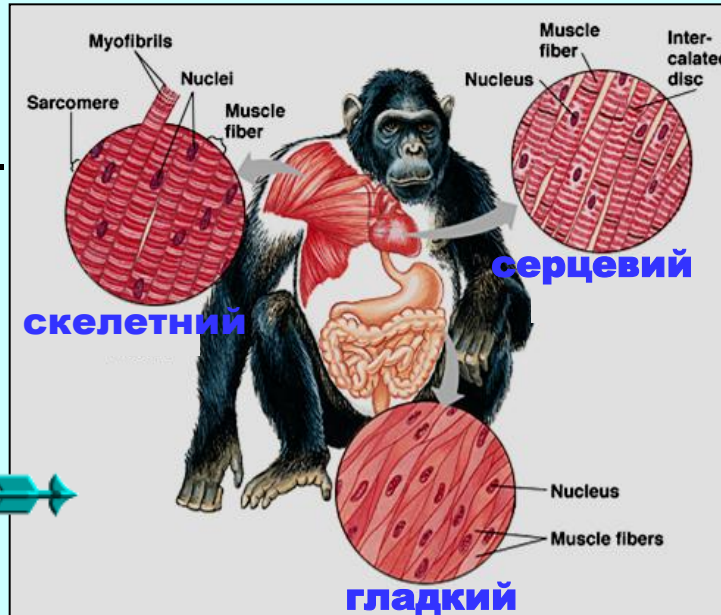


КЛАСИФІКАЦІЯ М'ЯЗІВ



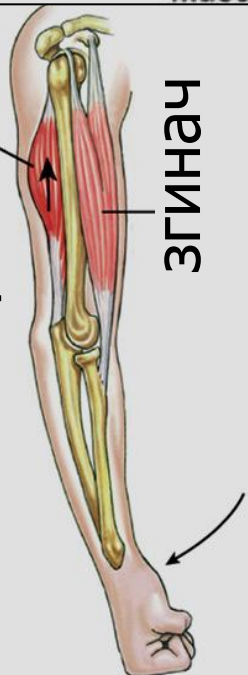
по макро-структурі

по типу



розгинач

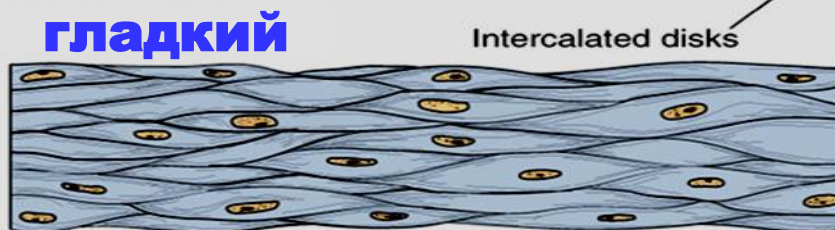
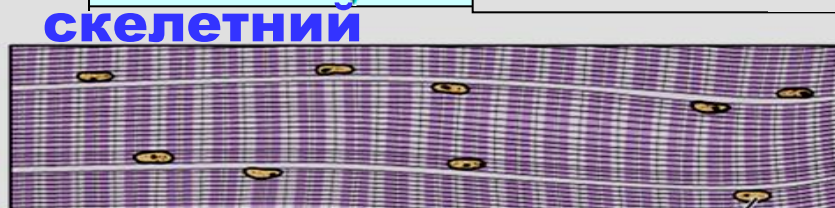
згинач



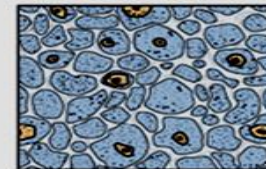
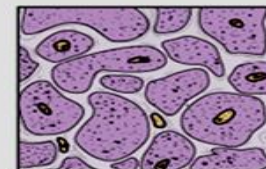
по мікроструктурі

поперечно-смугасті

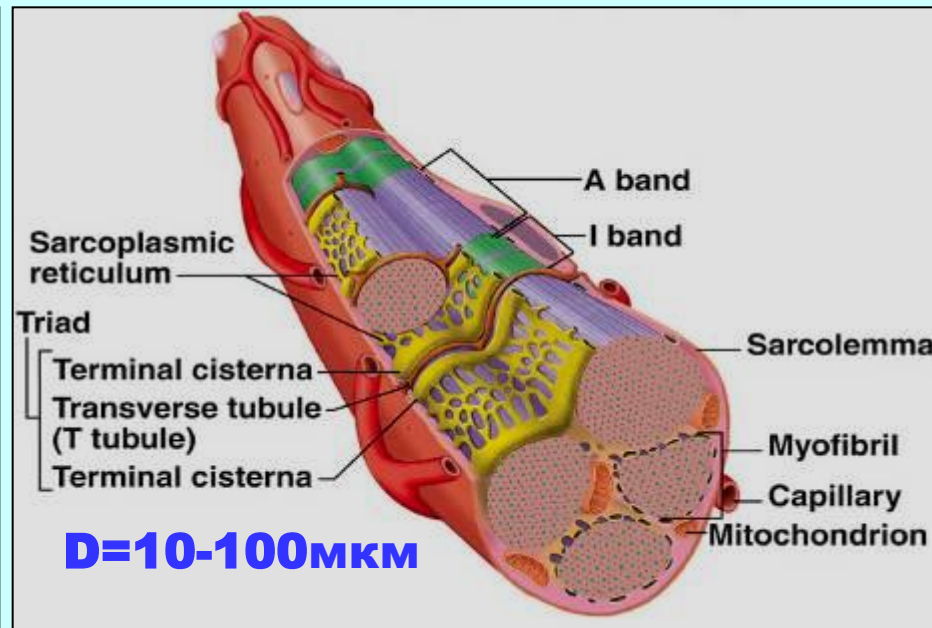
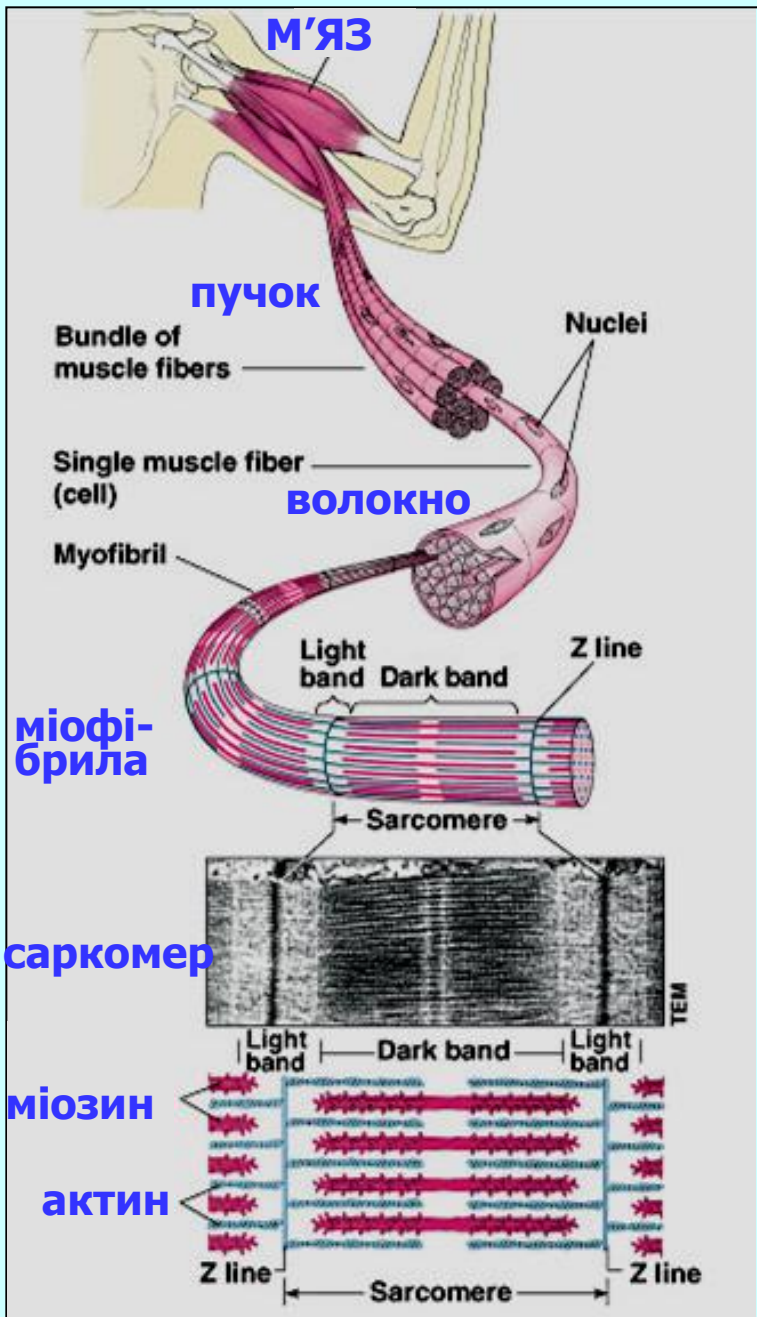
гладкі



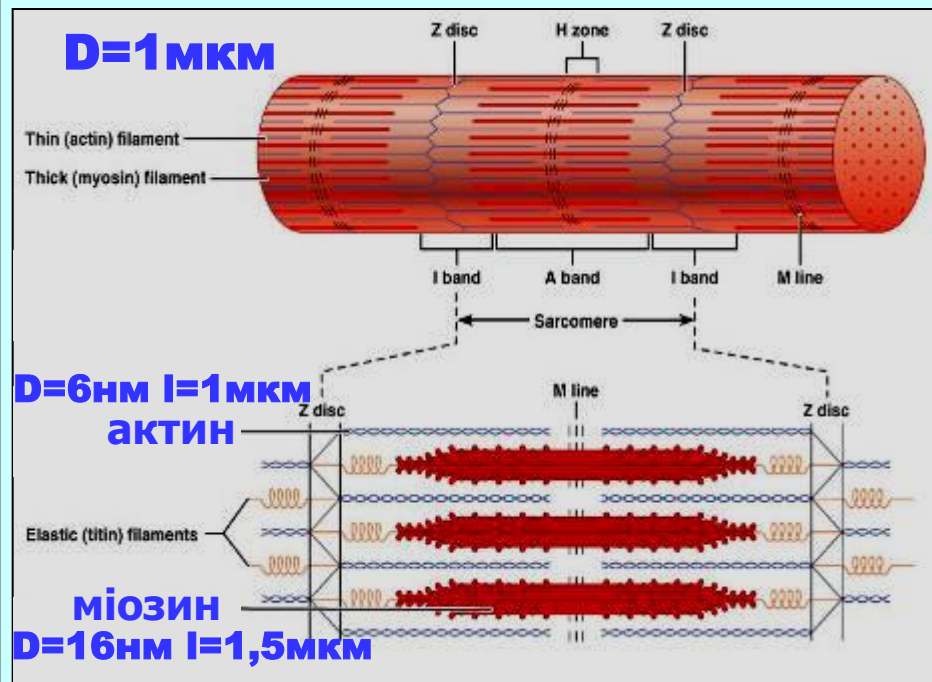
Cross sections



СТРУКТУРА СКЕЛЕТНОГО М'ЯЗА



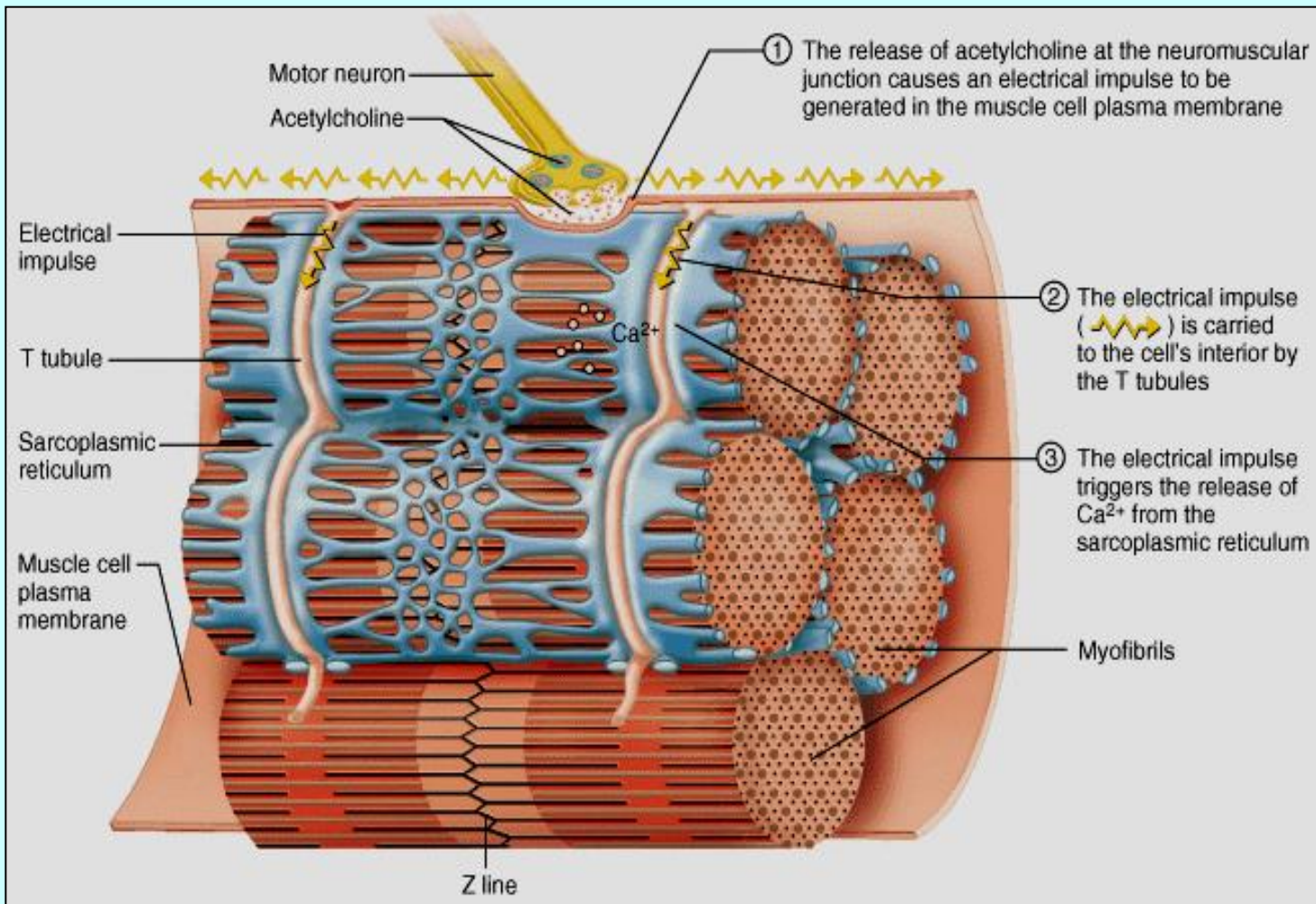
↔ **волокно**



↔ **міофібрила**

↔ **саркомер**

САРКОПЛАЗМАТИЧНИЙ РЕТИКУЛУМ

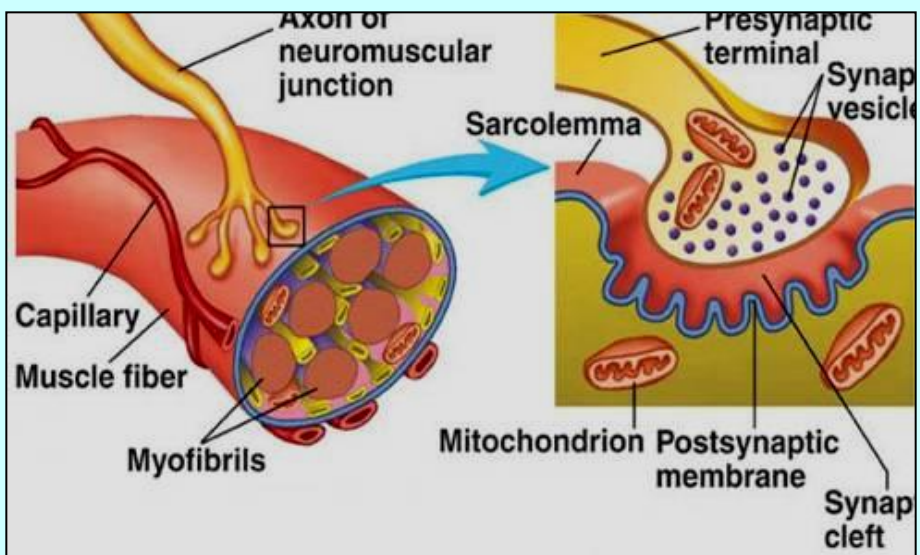
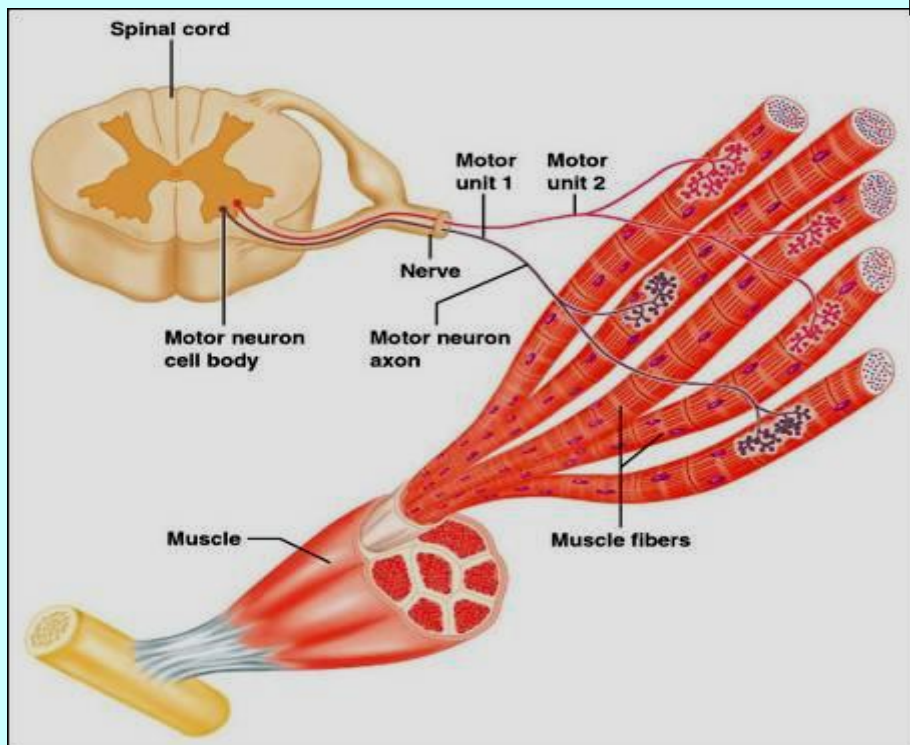


це глибока сітка внутрішньоклітинних каналців. Поперечні трубочки виконують функцію проведення збудження до мембрани саркоплазматичного ретикулума.

Поздовжні трубочки, з одного боку, виконують функцію депонування йонів **Ca²⁺** і, з іншого боку, по цій сітці йони **Ca²⁺** можуть переміщуватись безпосередньо до всіх актинових і міозинових волокон.

ІНЕРВАЦІЯ М'ЯЗІВ

Інервація скелетних м'язів здійснюється спинним мозком через **нейром'язові синапси**, які підведені до кожного волокна м'язів.



Function of the Neuromuscular Junction



Play

Pause

Audio

Text

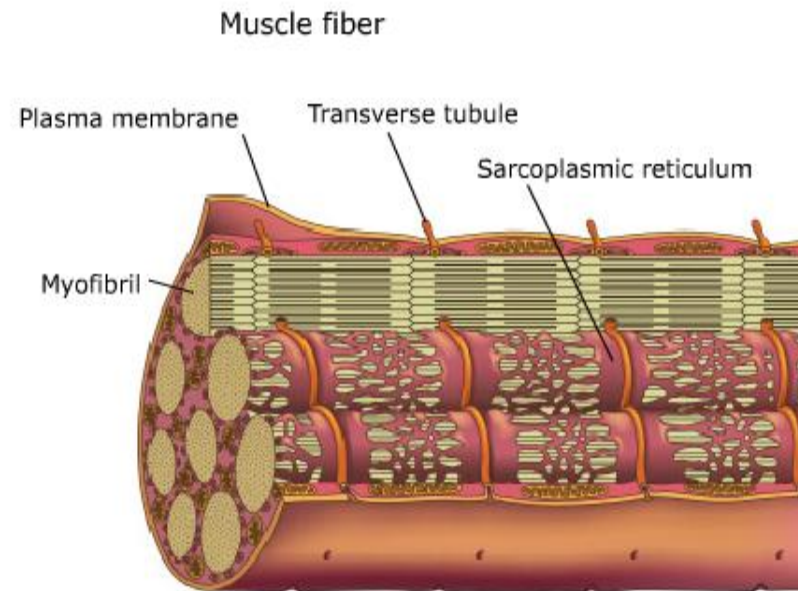
An action potential arrives at the presynaptic terminal causing voltage-gated calcium ion channels to open, increasing the calcium ion permeability of the presynaptic terminal cell membrane.

ІНЕРВАЦІЯ М'ЯЗІВ

Le reflexe achilléen

МЕХАНІЗМ СКОРОЧЕННЯ

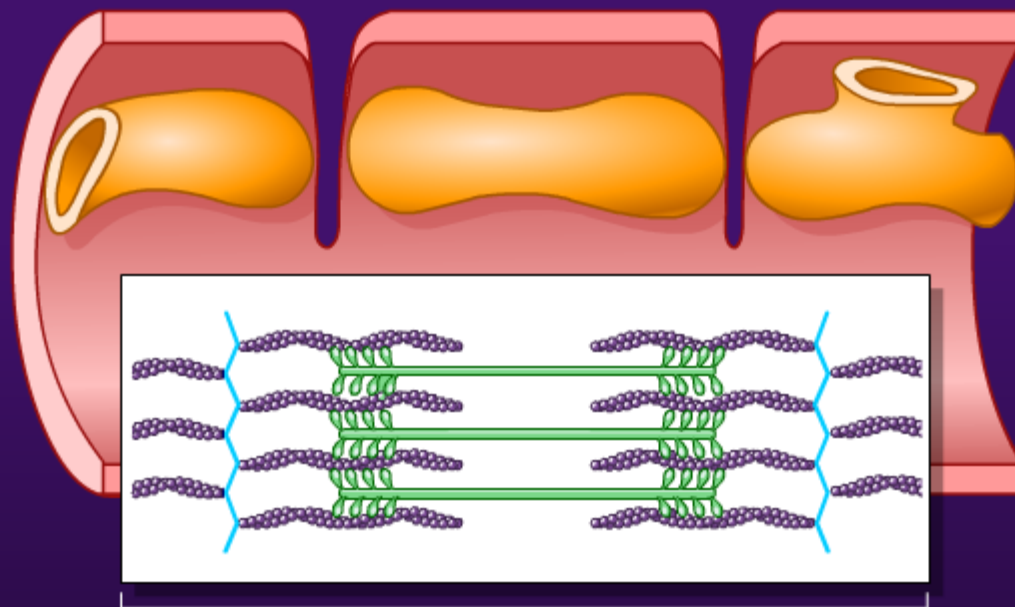
В результаті спрацьовування нейром'язового синапса генерується збудження (**потенціал дії**), яке розповсюджується по мембрані міофібрили і за рахунок системи поперечних трубок досягає саркоплазматичного ретикулума. Деполяризація мембрани саркоплазматичного ретикулума приводить до відкриття в ній **Ca²⁺**-каналів, через які в саркоплазму виходять йони **Ca²⁺**. Підвищення концентрації **Ca²⁺** в середині клітини є сигналом для початку м'язового скорочення.



МЕХАНИЗМ СКРОПОЧЕНИЯ



Action Potentials and Muscle Contraction



Sarcomere in myofibril
(located in sarcoplasm)



Play



Pause



Audio

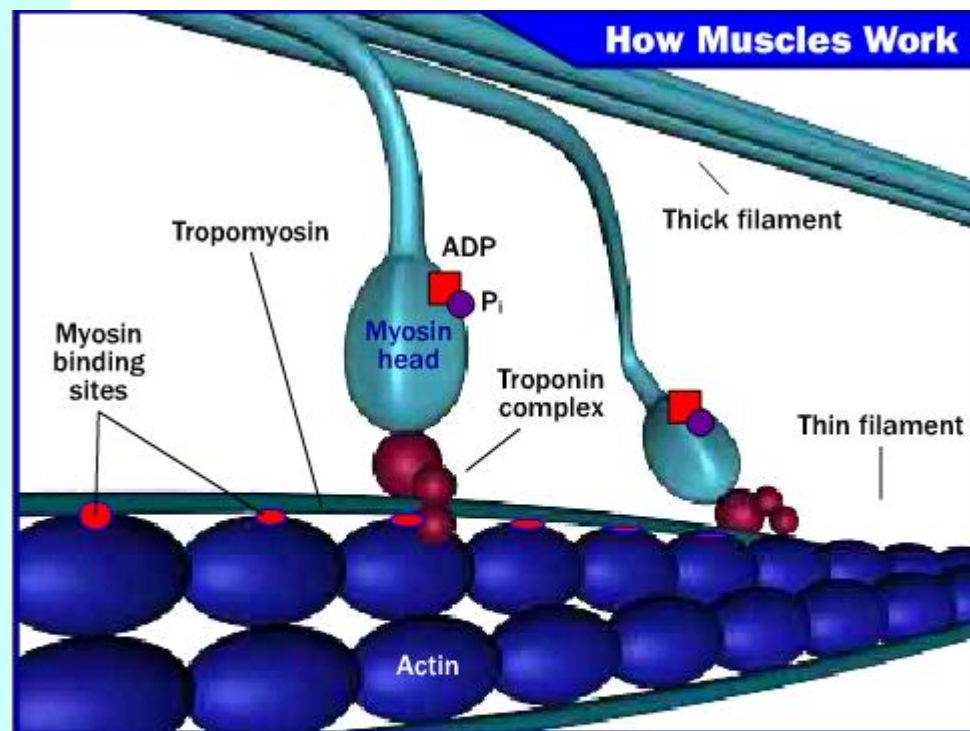
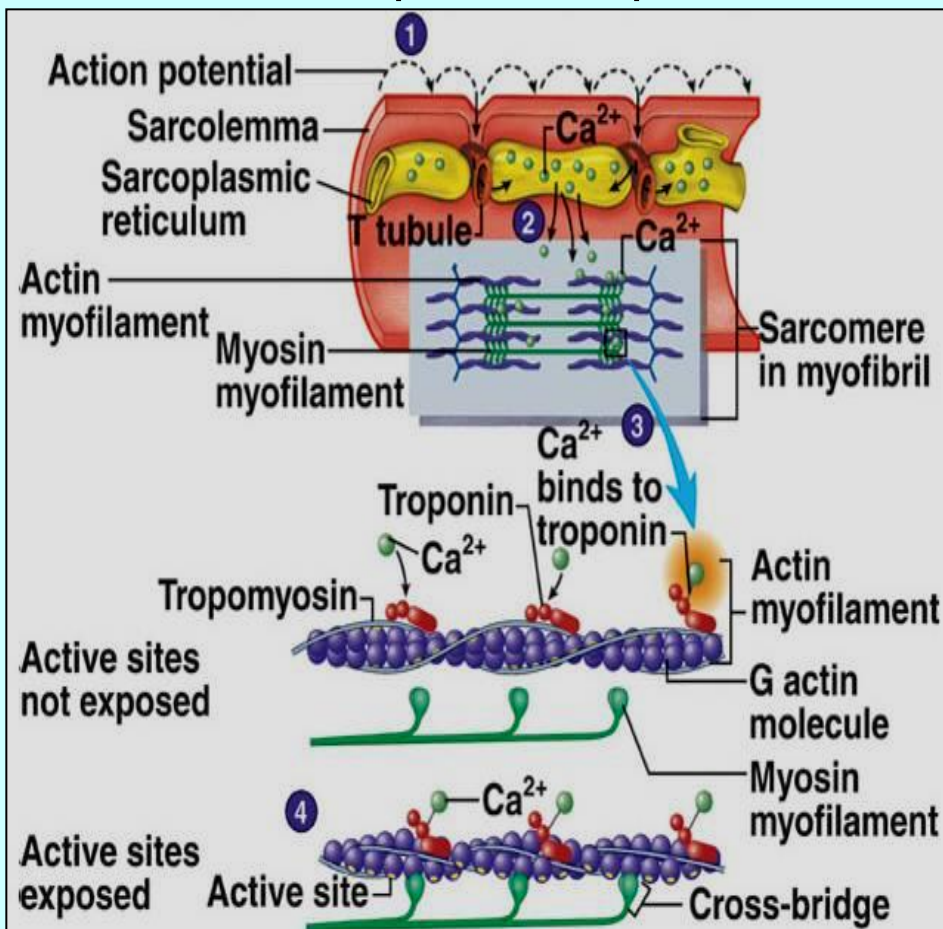
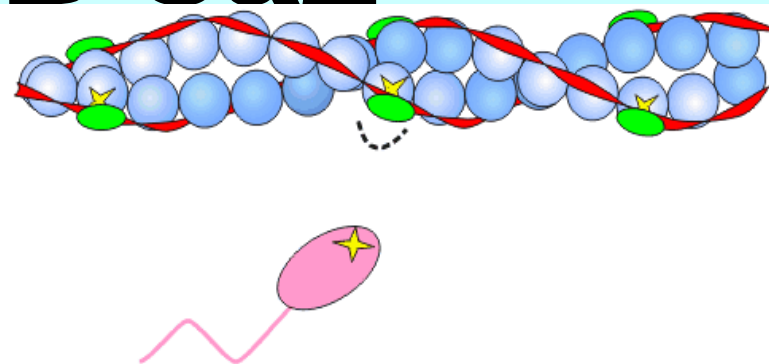


Text

An action potential introduced at the neuromuscular junction is propagated along the sarcolemma of the skeletal muscle.

РОЛЬ ІОНІВ Ca^{2+}

Іони Ca^{2+} зв'язуються з білком тропоніном. Тропонін змінює свою конформацію і зміщує молекули білка тропоміозина, які блокували центри зв'язування актина. До розблокованих центрів зв'язування приєднуються головки міозина, і починається процес скорочення.



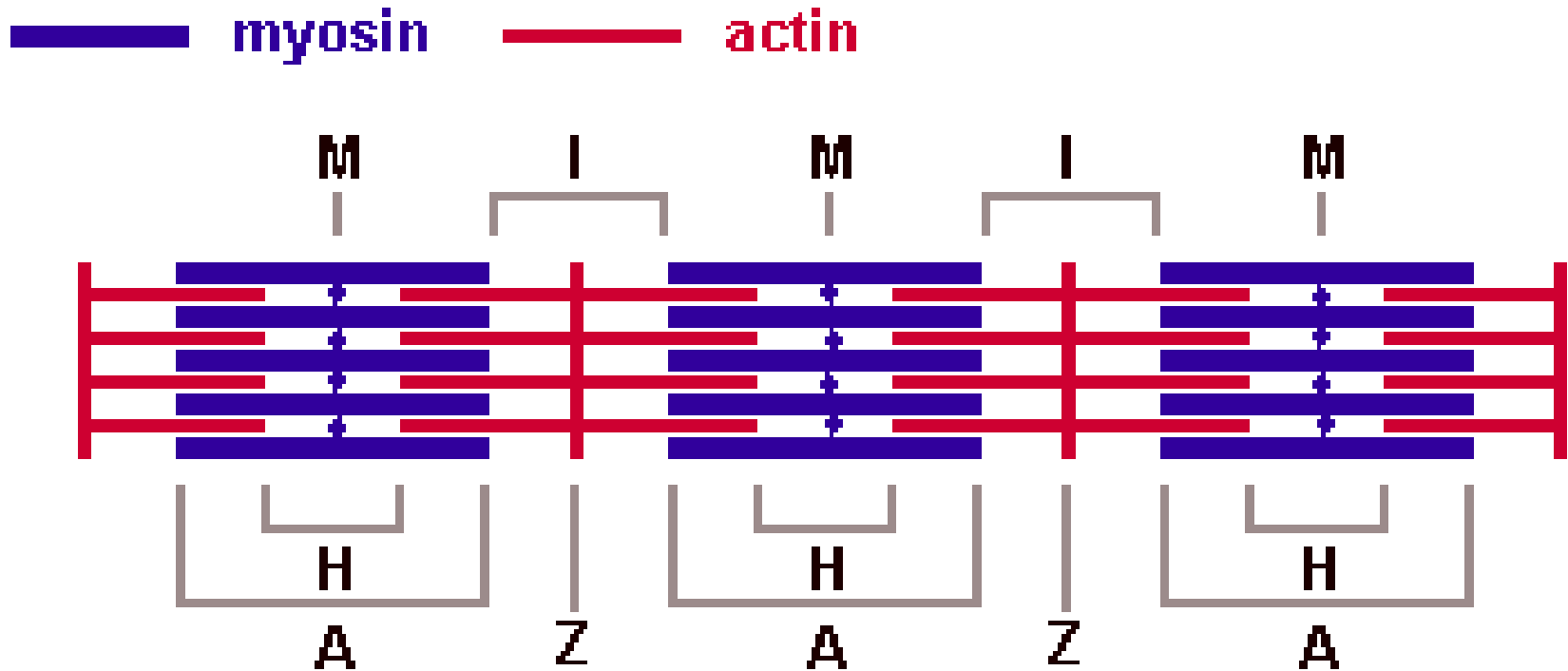
The introduction of Calcium causes the Troponin complex and the Tropomyosin to shift, thereby, exposing the Myosin binding sites to the Myosin heads.



СКОРОЧЕННЯ САРКОМЕРА

Саркомер – структурно-скорочувальна одиниця міофібрили.

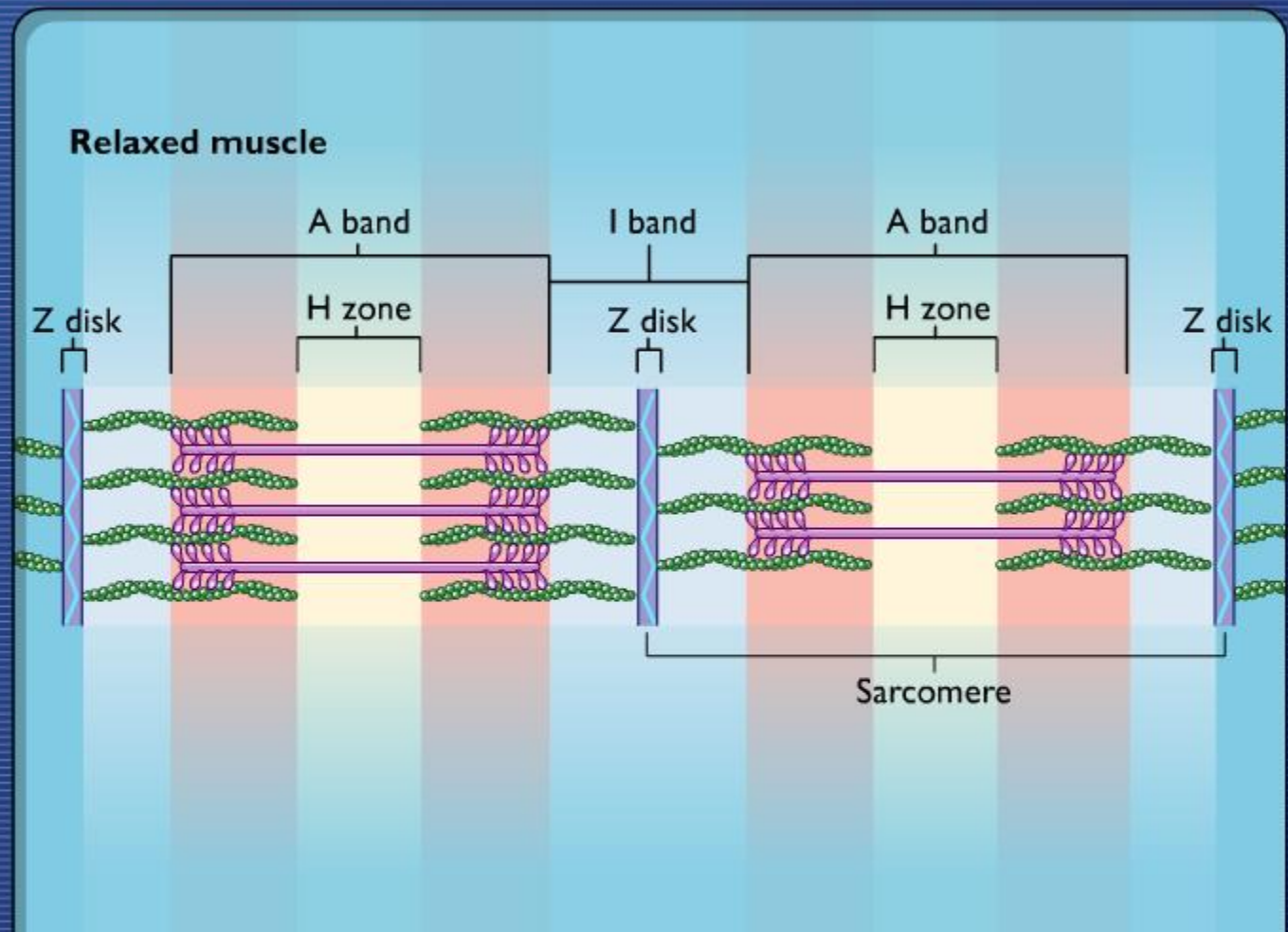
При скороченні саркомера довжина актинових і міозинових волокон не змінюється, а відбувається ковзання одного волокна відносно іншого, за рахунок чого збільшується їх перекриття і зменшуються проміжки між ними.



Bands and lines in the contractile apparatus of skeletal muscle

СКОРОЧЕННЯ САРКОМЕРА

Sarcomere Shortening



Play



Pause



Audio

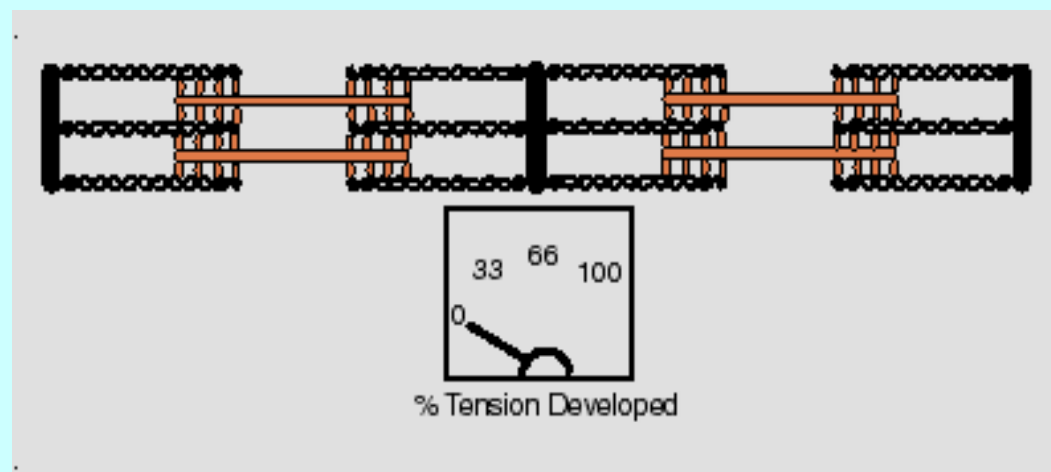
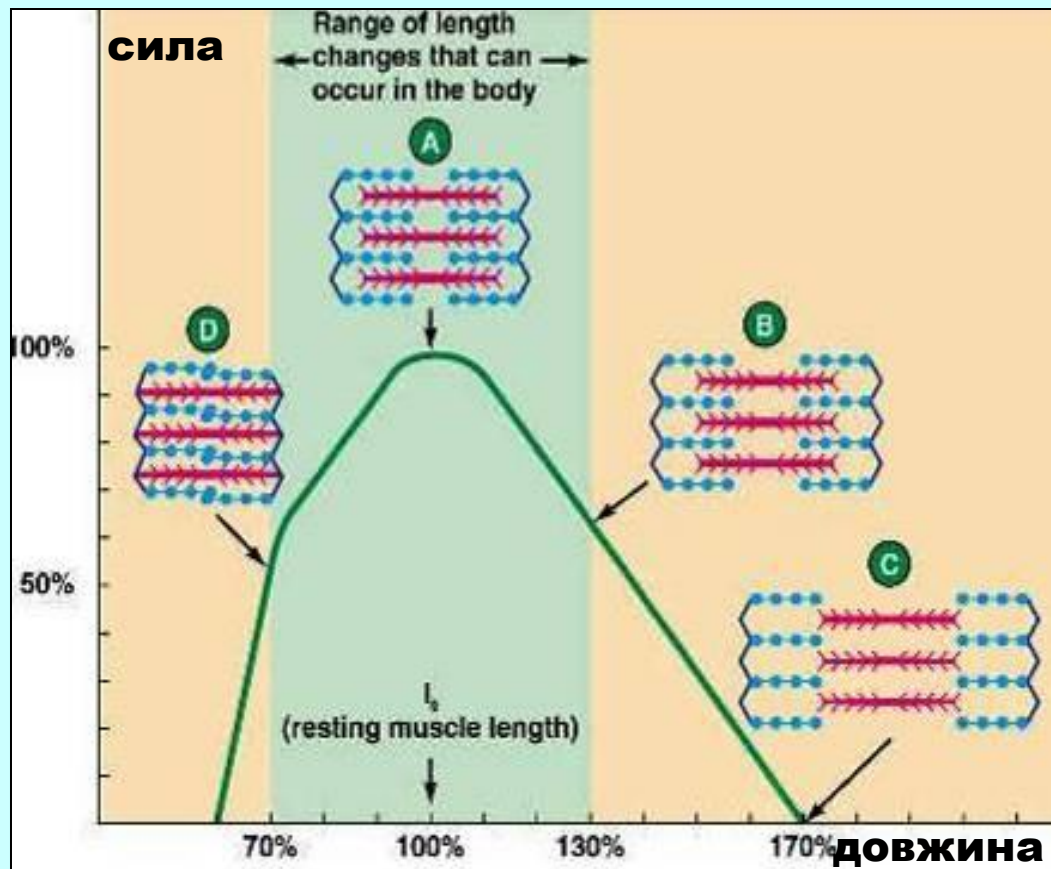


Text

In a relaxed muscle, actin and myosin myofilaments lie side-by-side and the H zones and I band are at maximum width.

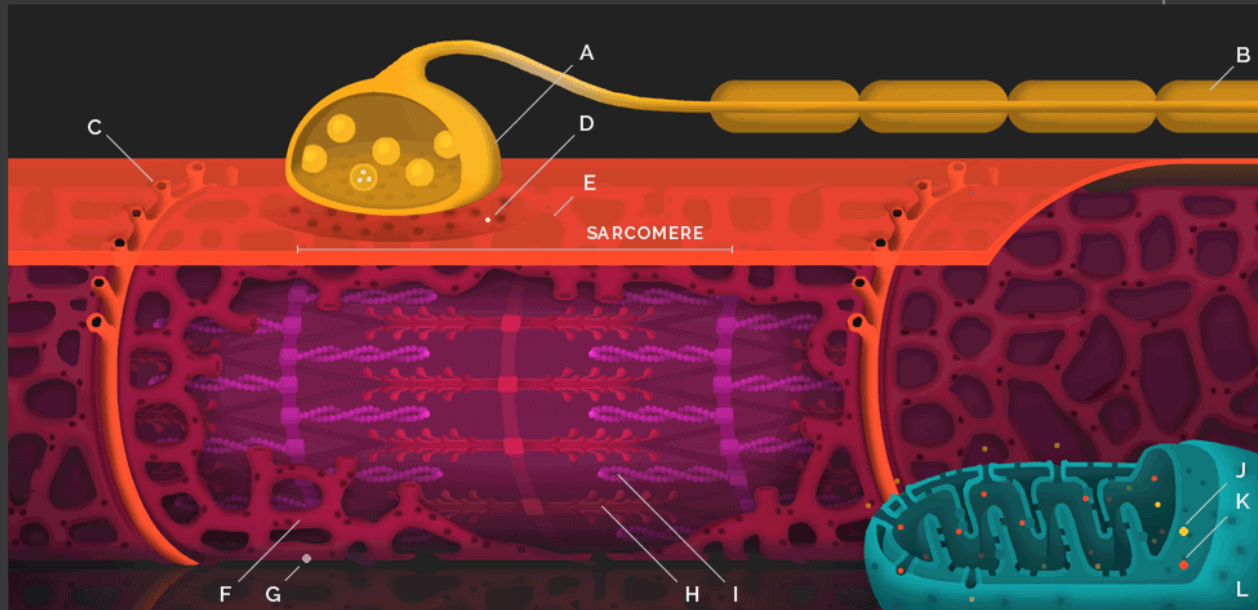
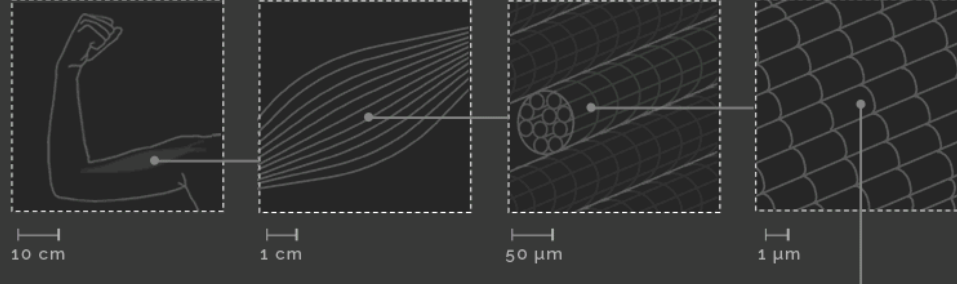
СПІВВІДНОШЕННЯ СИЛИ І ДОВЖИНИ САРКОМЕРА

Величина сили, яка розвивається саркомером залежить від кількості замкнутих місточків (кожен місток дає близько декількох піконьютонів сили в загальну силу, яка розвивається саркомером). Довжина ділянки перекриття актинових і міозинових волокон визначає максимальну кількість можливих місточків, що в свою чергу визначає залежність максимальної сили, яку може розвинути саркомер, від його довжини.



SKELETAL MUSCLE

This infographic describes skeletal muscles, which are structurally different from heart muscle and the smooth muscle that controls digestion. Unlike heart and smooth muscle, skeletal muscle can be voluntarily controlled. Skeletal muscle is also called striated muscle because of its striped appearance.



KEY

NEURON SYNAPSE

Electrical impulses carried along neurons are responsible for all voluntary movement in skeletal muscle.

MYELIN SHEATH

Many layers of myelin are wrapped around each neuron as insulation. This speeds up the transfer of electrical signals.

T-TUBULES

These invaginations of the muscle cell membrane propagate signals throughout the entire muscle cell.

ACETYLCHOLINE (ACh)

This neurotransmitter allows motor neurons to signal muscle cells. Botulism causes paralysis by blocking ACh release.

PLASMA MEMBRANE

This membrane covers muscle cells. Each cell contains many myofibrils, which are a unit of muscle contraction.

SARCOPLASMIC RETICULUM

This membrane uses calcium channels and pumps to control the level of calcium ions inside the muscle cell.

CALCIUM 2+ ION (Ca²⁺)

Calcium ions are important signal molecules. They bind to troponin in muscle cells, which is required for contraction.

MYOSIN (thick filament)

Myosin heads pull actin along myosin with the energy gained from breaking down ATP (only occurs when Ca²⁺ is present).

ACTIN (thin filament)

Before actin can interact with myosin, a Ca²⁺ mediated troponin-tropomyosin shift must uncover actin binding sites.

ATP

ATP fuels the movement of actin along myosin, and helps pump Ca²⁺ back into the sarcoplasmic reticulum.

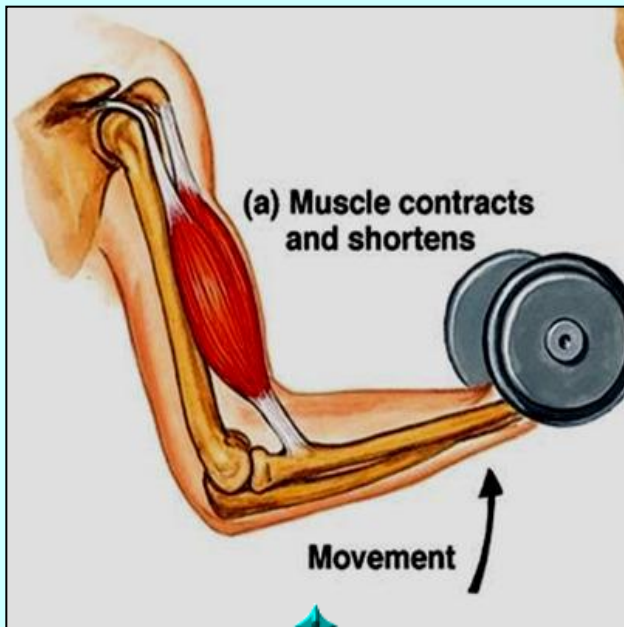
ADP

When ATP is used to facilitate a reaction, it is broken down into ADP and recycled back into ATP in the mitochondria.

MITOCHONDRIA

Mitochondria generate the energy needed for almost all bodily functions in the form of the molecule ATP.

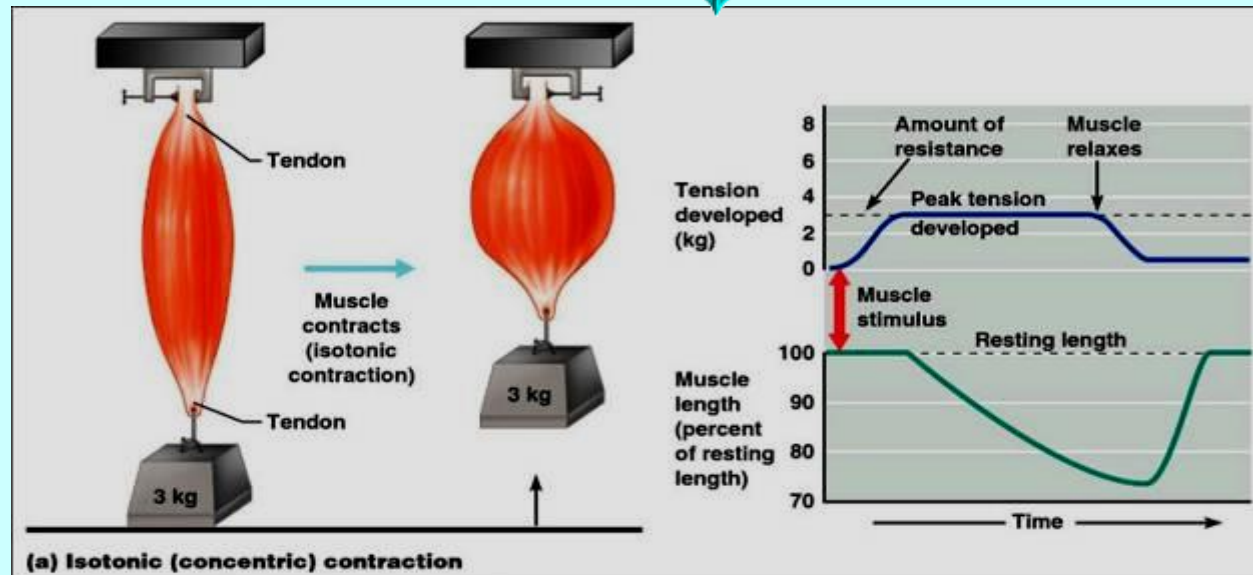
ДИНАМІЧНА РОБОТА, ІЗОТОНІЧНЕ ТА АУКСОТОНІЧНЕ СКОРОЧЕННЯ



Динамічна (долаюча) робота здійснюється, коли м'яз, скорочуючись, переміщує тіло або його частини в просторі.

При динамічній долаючій роботі відбувається **ауксотонічне скорочення**. При цьому напруга м'язів змінюється по мірі їх скорочення.

Ізотонічне скорочення – м'яз скорочується при постійному навантаженні. Ізотонічне скорочення можливе тільки в експерименті.



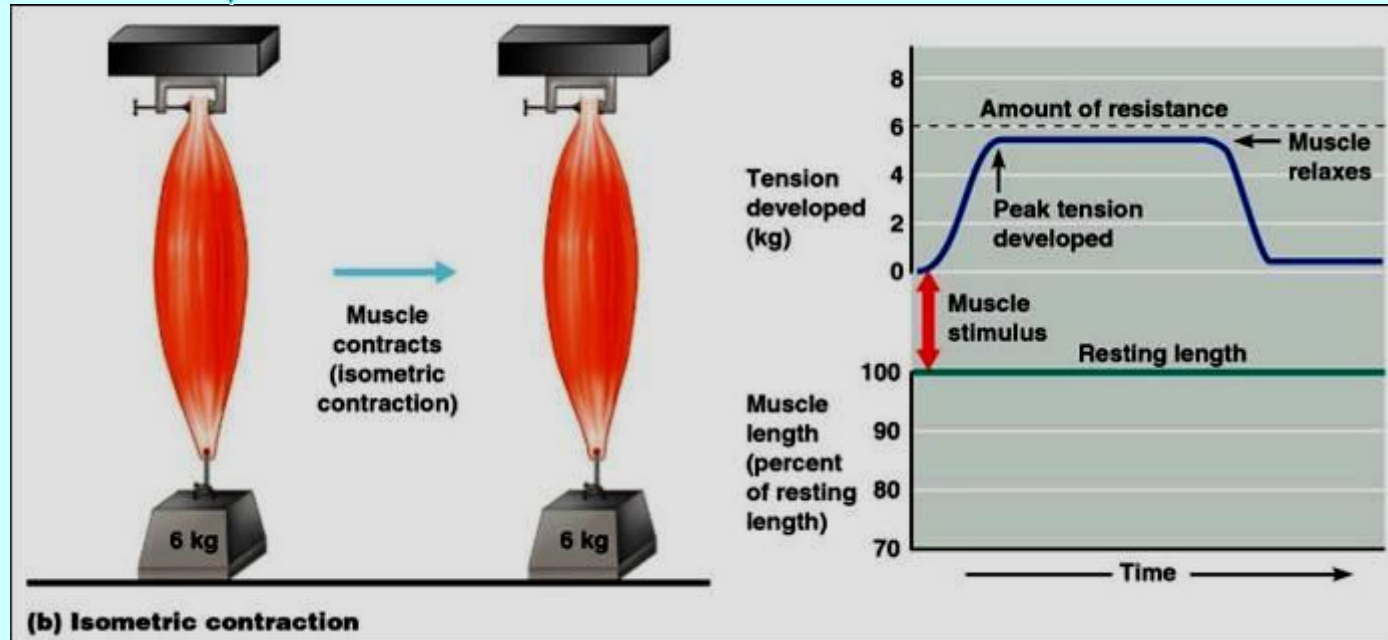
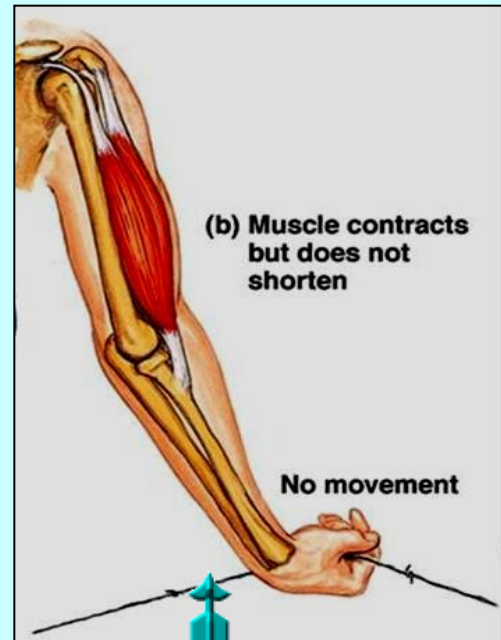
ІЗОТОНІЧНЕ СКОРОЧЕННЯ

СТАТИЧНА РОБОТА ІЗОМЕТРИЧНЕ СКОРОЧЕННЯ

При здійсненні статичної роботи м'яз виконує **ізометричне скорочення** – напруга м'яза підвищується, а його довжина не змінюється. При цьому механічна робота не виконується, т.як., не дивлячись на те, що м'яз розвиває певну силу, переміщення відсутнє.

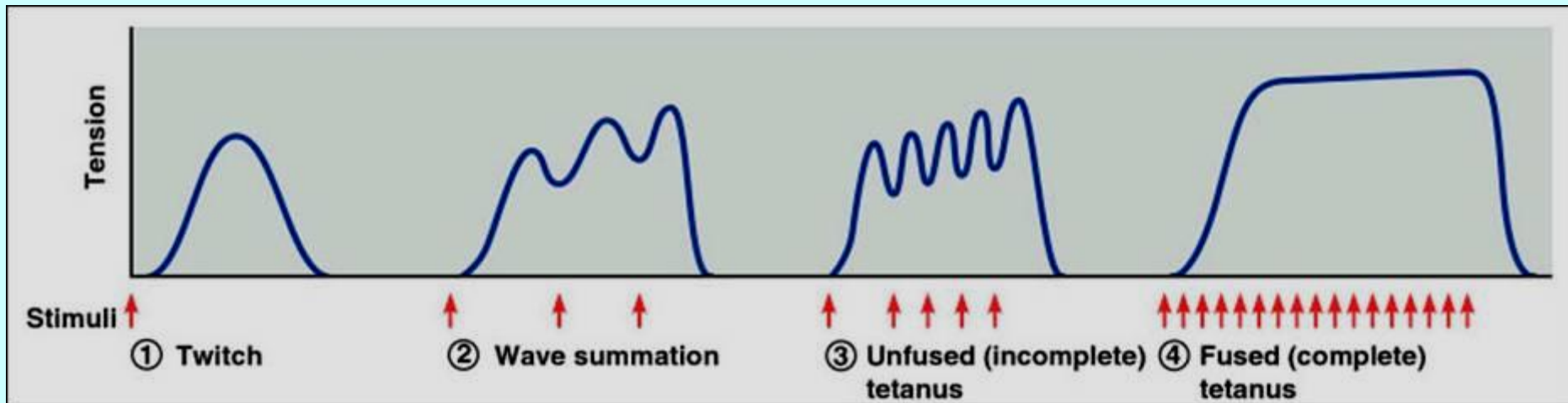
Т.ЯК. $S = 0$, $A = F \times S = 0$

Статична (утримуюча) робота виконується, якщо при скороченні м'язів, частини тіла зберігаються в певному положенні.



ІЗОМЕТРИЧНЕ СКОРОЧЕННЯ

РЕЖИМИ М'ЯЗОВИХ СКОРОЧЕНЬ



Одиночні м'язові скорочення виникають при низькій частоті електричних імпульсів. Якщо черговий імпульс приходить в м'яз після завершення фази скорочення, виникає серія послідовних одиночних скорочень. При більш високій частоті імпульсів черговий імпульс може співпасти з фазою розслаблення попереднього циклу скорочення. Амплітуда скорочення буде сумуватися, виникає **зубчатий тетанус** – довготривале скорочення, яке переривається періодами неповного розслаблення м'яза. При подальшому збільшені частоти імпульсів кожен наступний імпульс буде діяти на м'яз під час фази скорочення, в результаті чого виникає **гладкий тетанус** – довгочасне скорочення, яке не переривається періодами розслаблення.

ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЯ М'ЯЗА

Experimental Apparatus
Twitch Summation

Tetanus
Fatigue

Mechanics of Single Fiber Contraction

Twitch Summation

Tetanus

Fatigue



БУДОВА І ФУНКЦІОНУВАННЯ М'ЯЗІВ

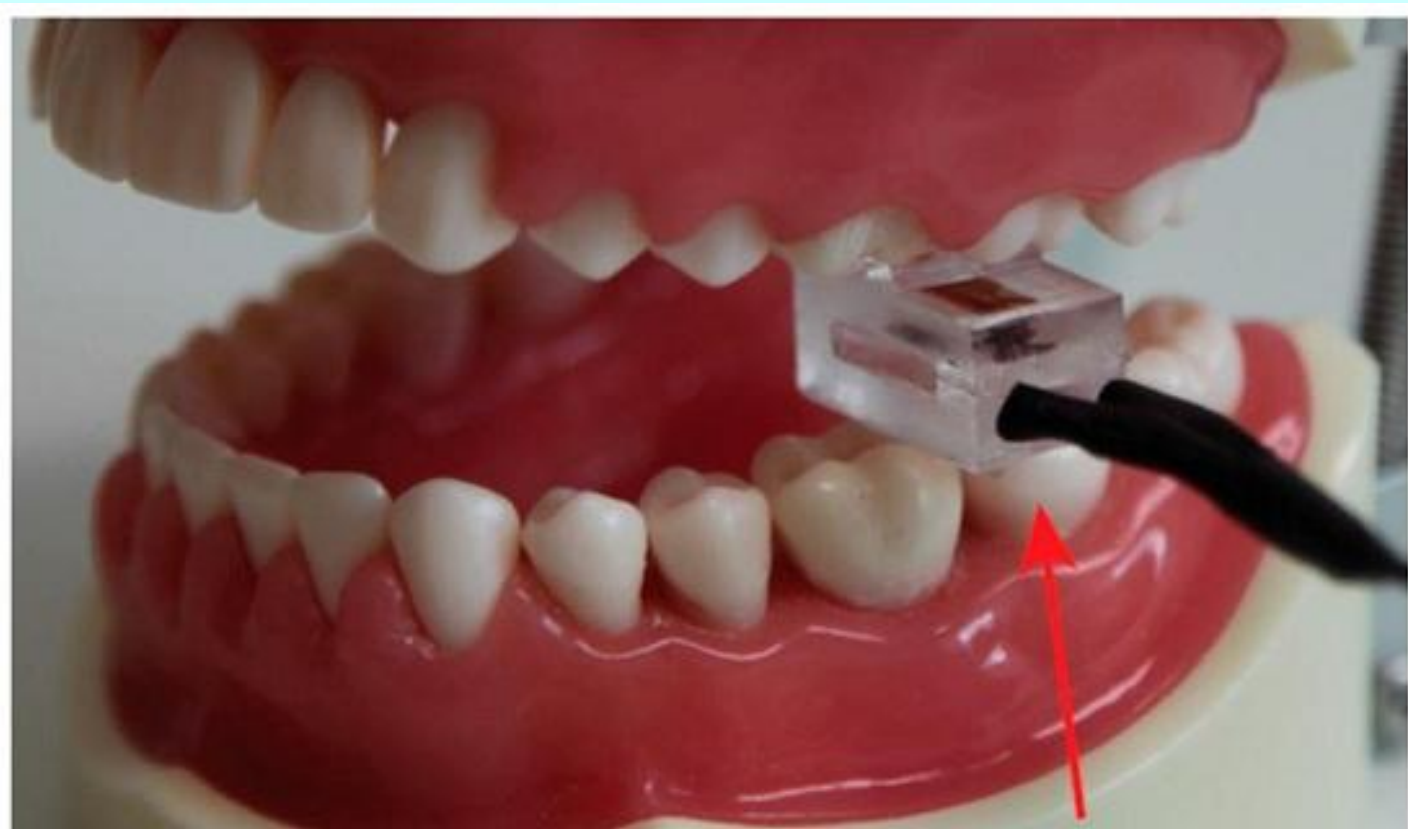
MUSCLE CONTRACTION

This exercise examines the structure of skeletal muscle as well as its mechanism of contraction. At the end of the following presentation, you will be able to:

1. Identify the structural components of the skeletal muscle cell
2. Identify the molecular components of the sarcomere, the functional unit of skeletal muscle cells
3. Explain the mechanism of skeletal muscle contraction



Датчик гнатодинамометра



Основи стоматологічного матеріалознавства

Стоматологічне матеріалознавство – це прикладний розділ загального матеріалознавства, направлений на створення нових і вдосконалення багаточисленних відомих матеріалів, вивчення їх будови, властивостей та технології застосування в стоматологічній практиці.

Класифікація матеріалів, які використовуються в стоматології

Стоматологічні матеріали

ОСНОВНІ

КЛІНІЧНІ

ДОПОМІЖНІ



моделювальні

формувальні

відтискні

абразивні

полірувальні

відбілювачі

ізоляційні

флюси

**Легкоплавкі
сплави**

припої

**Допоміжні
матеріали**



відтискні

пломбувальні

**Клінічні
матеріали**

**Воски і воскові
композиції**

Властивості стоматологічних матеріалів

❖ **Фізичні**

❖ **Механічні**

❖ **Технологічні**

❖ **Хімічні**

❖ **Експлуатаційні**

❖ **Біологічні**

Фізичні властивості

- ❖ Густина
- ❖ Температура плавлення і кипіння
- ❖ Поверхневищий натяг
- ❖ Теплоємність
- ❖ Теплопровідність
- ❖ Термічний коефіцієнт лінійного і об'ємного розширення
- ❖ Колір
- ❖ Електропровідність
- ❖ Усадка при затвердінні,

Основні механічні властивості

- ❖ Міцність
- ❖ Твердість
- ❖ В'язкість
- ❖ Пружність
- ❖ Пластичність
- ❖ Крихкість
- ❖ Утомленість
- ❖ Стирання

Методи дослідження матеріалів для стоматології

Методи фізичного аналізу

- ❖ Макро- і мікроскопічний
- ❖ Рентгеноструктурний
- ❖ Термічний
- ❖ Дилатометричний

Механічні дослідження матеріалу

- ❖ Статичні
- ❖ Динамічні
- ❖ На твердість

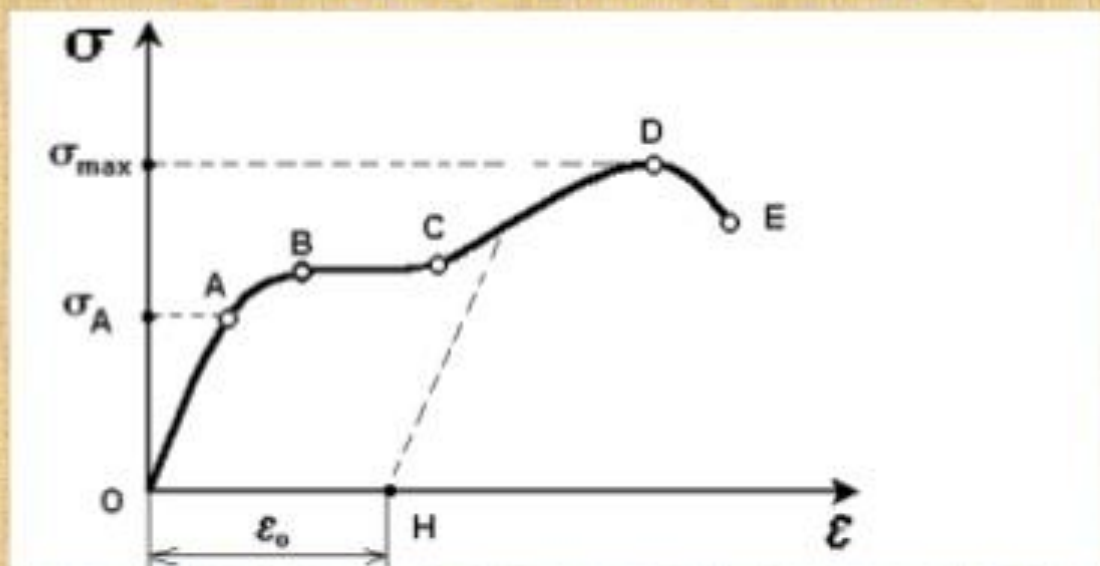
Технологічні випробування на

- ❖ Лиття
- ❖ Ковкість
- ❖ Штамповку
- ❖ Прокатку
- ❖ Волочіння
- ❖ Пайку
- ❖ Обробку

Вивчення механічних властивостей стоматологічних матеріалів

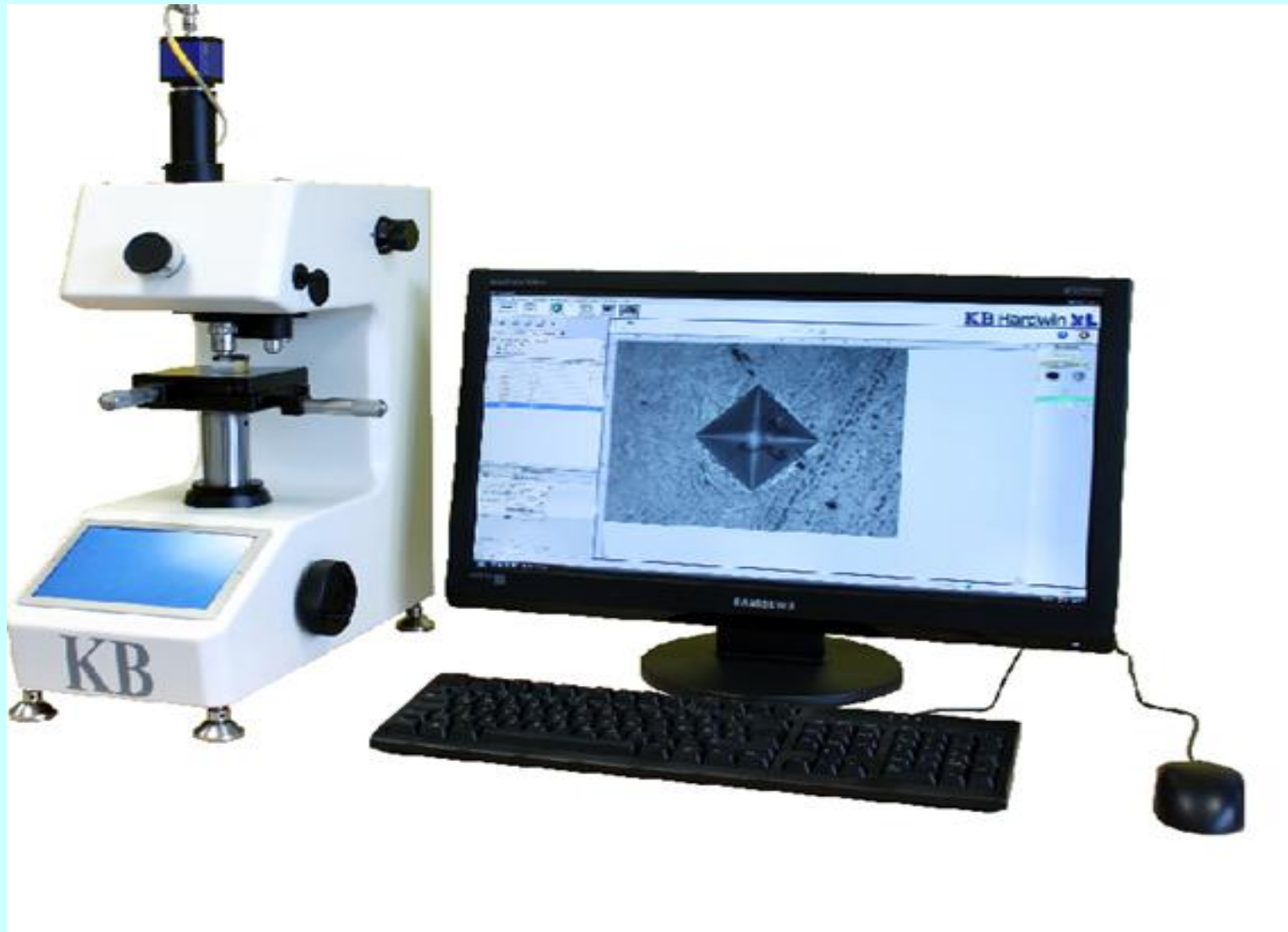


Діаграма розтягу



- **ділянка OA:** виконується закон Гука, деформація – пружна (зникає при знятті напруги, з точки **A** зразок по лінії **OA** повертається у початковий стан). σ_0 – межа пропорційності;
- **ділянка AB:** наростають порушення закону Гука ; точка **B** – початок текучості;
- **ділянка BC:** ділянка текучості: зразок видовжується при незмінній напрузі. Всередині тіла розмножуються дефекти, а в околі точці **C** їх стає так багато, що взаємовплив дефектів суттєво зміцнює матеріал зразка;
- **ділянка CD:** розтяг зразка продовжується. Зняття напруги у будь-якій точці на ділянці **BD** призводить до скорочення зразка по лінії **CH**, яка паралельна **OA** так, що зразок набуває залишкову деформацію ϵ_0 ;
- Значення σ_{max} у верхній точці кривої називається *границею міцності*,— це максимальна напруга, яку деякий час може витримати зразок без розриву, хоч і з певними залишковими деформаціями.
- На ділянці **DE** тіло розривається.

Визначення мікротвердості стоматологічних матеріалів



Дякую за увагу