

Лекція 2

Тема: Рухова одиниця.

**Методи дослідження
фізіологічних та механічних
характеристик рухів людини**

- ✓ Елементарною функціональною одиницею м'язу є рухові, або локомоторні, одиниці (РО).
- ✓ Вони є кінцевою ланкою прямого нервового контролю рухів організму людини або тварини.
- ✓ Вперше термін “рухова одиниця” було введено у праці Ліддела і Шеррінгтона для визначення структури, що включає групу м'язових волокон, які іннервуються терміналями аксону.

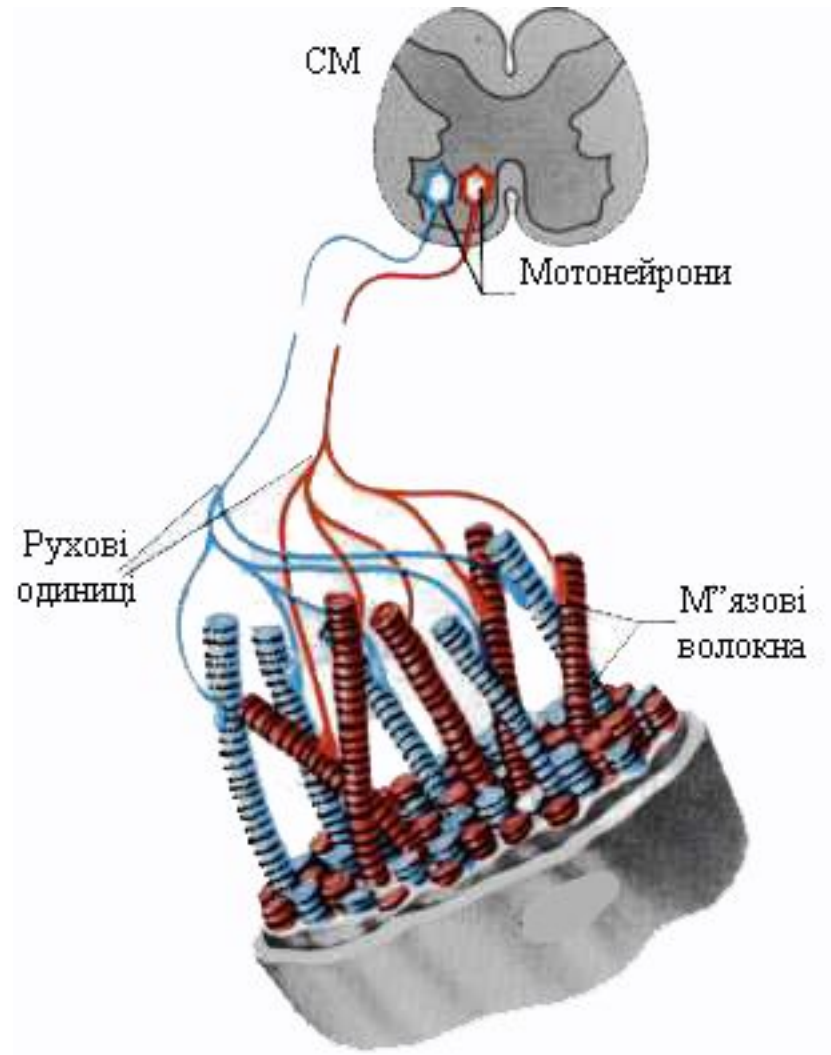
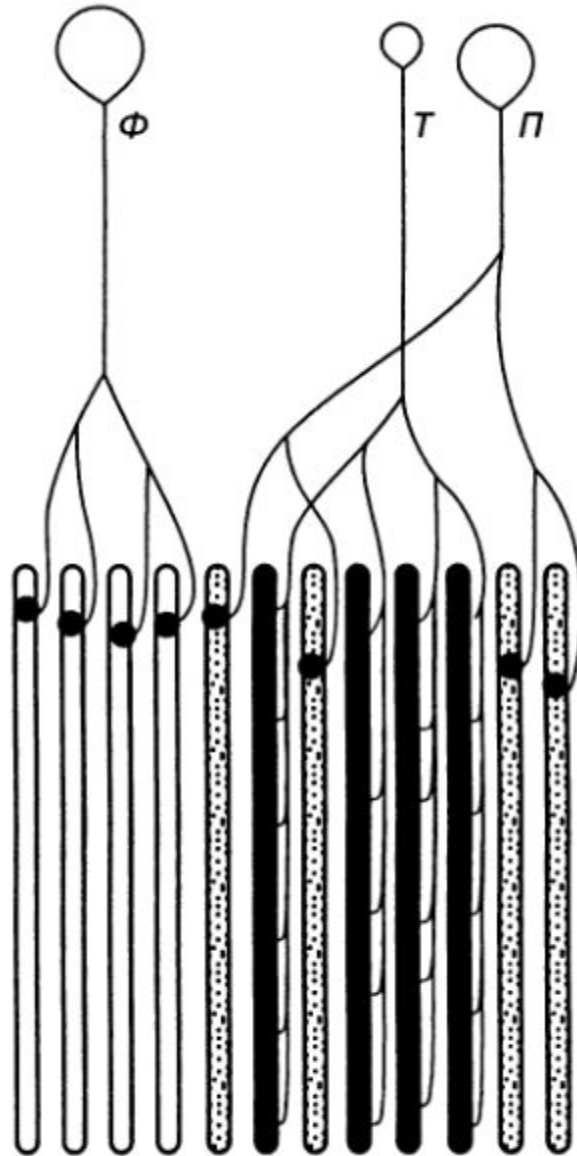


Рис. 1. Будова рухової одиниці.

Накопичення знань про РО призвело до виявлення відмінностей між ними за певними структурно-функціональними ознаками, а також зв'язками з нервовими структурами.

- ✓ За будовою розрізняють малі й великі РО;
- ✓ За функцією – повільні (тонічні) й швидкі (фазні).



**Рис. 2. Нервово-рухові одиниці різних типів:
Ф – фазна, Т – тонічна, П – перехідна.**

Порівняльна характеристика повільних і швидких РО

Повільні (тонічні) РО	Швидкі (фазні) РО
<i>За кількістю м'язових волокон</i>	
Включають декілька сотень і навіть тисяч м'язових волокон	Включають декілька м'язових волокон.
<i>За будовою м'язових волокон</i>	
Містять багато мітохондрій. Саркоплазматичний ретикулум розвинений погано. Є червоні внаслідок наявності міоглобіну і цитохромових пігментів. Уміст глікогену невеликий. Тісний контакт із кровоносними капілярами для прискорення обміну речовин.	Містять мало мітохондрій. Саркоплазматичний ретикулум розвинений добре. Є білими – міоглобіну і цитохромових пігментів мало або немає. Багато глікогенових гранул.
<i>За розміщенням у товщі м'язу</i>	
У глибоких шарах м'язів кінцівок.	Ближче до поверхні м'язів.

За характером іннервації

Повільні мотонейрони малі за величиною, характеризуються високою збудливістю, низьким порогом збудження і включення у імпульсну активність, відносно низькою частотою імпульсації, вузьким частотним діапазоном між мінімальною і максимальною частотою імпульсації, порівняно невисокою швидкістю проведення імпульсу по аксону (2-8 м/с), меншим діаметром аксону (5 мкм), високою витривалістю й невтомлюваністю. Здатні до тривалого (протягом десятків хвилин) підтримання стабільної низькочастотної імпульсації без зниження частоти. На одному м'язовому волокні розміщуються декілька кінцевих пластинок (множинний тип іннервації).

Швидкі мотонейрони – крупніші нервові клітини з товстішим аксоном (10-20 мкм у діаметрі). Характеризуються нищою збудливістю, високим порогом включення у імпульсну активність, відносно високою частотою імпульсації, широким діапазоном між мінімальною й максимальною частотою, порівняно високою швидкістю проведення імпульсів по аксону (8-40 м/с). Є втомлюваними і маловитривалими. Не можуть стійко підтримувати високочастотну імпульсацію: за високочастотним розрядом слідує швидке падіння частоти. На одному м'язовому волокні одна, рідше дві кінцеві пластинки (поодинокий тип іннервації).

За збудливістю мембрани м'язового волокна

Мембрана характеризується помірною й низькою електричною збудливістю. Кожний електричний імпульс призводить до вивільнення лише невеликої кількості АХ. У відповідь на подразнення в межах кінцевої пластинки виникає локальна деполяризація. Міра деполяризації мембрани залежить від частоти стимулів. ПД не генерується у зв'язку з відсутністю потенціалзалежних натрієвих каналів на мембрані волокна. Локальний потенціал здатний до електротонічного поширення вздовж волокна.

Мембрана відзначається високою електричною збудливістю. У відповідь на подразнення генерується ПД, що поширюється по волокну. ПД розвивається за принципом "все або нічого".

За типом відповіді м'язового волокна

Повільне градуальне скорочення і повільне розслаблення.

Сильне, швидке скорочення і швидке втомлення.

За характером енергетичного забезпечення

Джерело АТФ – аеробне дихання. При нестачі кисню м'язове волокно продовжує працювати за рахунок анаеробного гліколізу.

Джерело АТФ – анаеробні процеси (гліколіз)

За функцією, що виконують

Забезпечують тривале скорочення м'язу, що використовується для підтримання пози.

Забезпечують великі за силою статичні й динамічні м'язові скорочення, а також швидкісні напруження з високим градієнтом сили. Дуже важливі при локомоції.

**Методи дослідження фізіологічних та
механічних
характеристик рухів людини**

Динамометрія

- ✓ *Динамометрія* як метод дає можливість виміряти й зареєструвати силу скорочення тих чи інших м'язових груп.

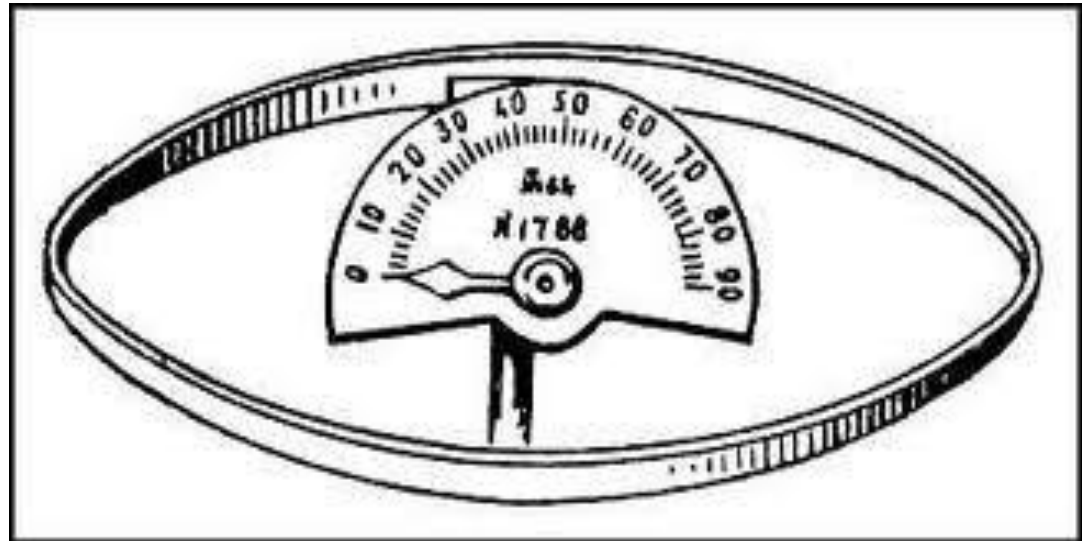


Рис. 3. Різні види кистевих динамометрів



Рис. 4. Становий динамометр

Ергографія

- ✓ *Ергографія* дозволяє отримати запис кутового або лінійного переміщення у часі при нескладних рухах типу згинання-розгинання.

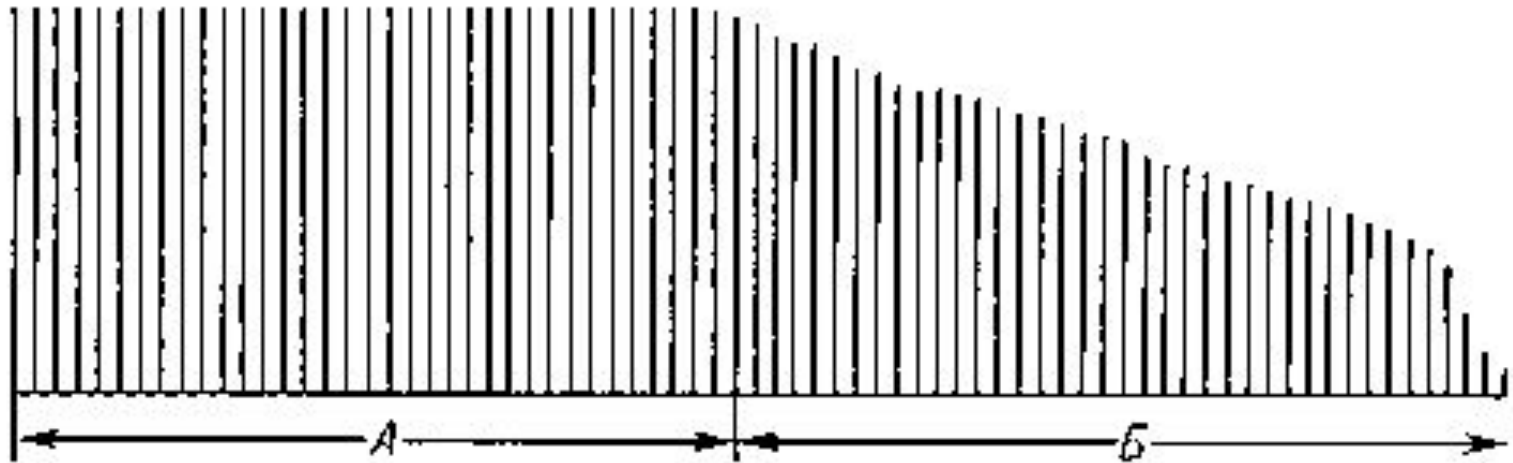


Рис. 5. Ергограма втомлення м'яза
А — фаза оптимальної працездатності;
Б — фаза розвитку втоми.

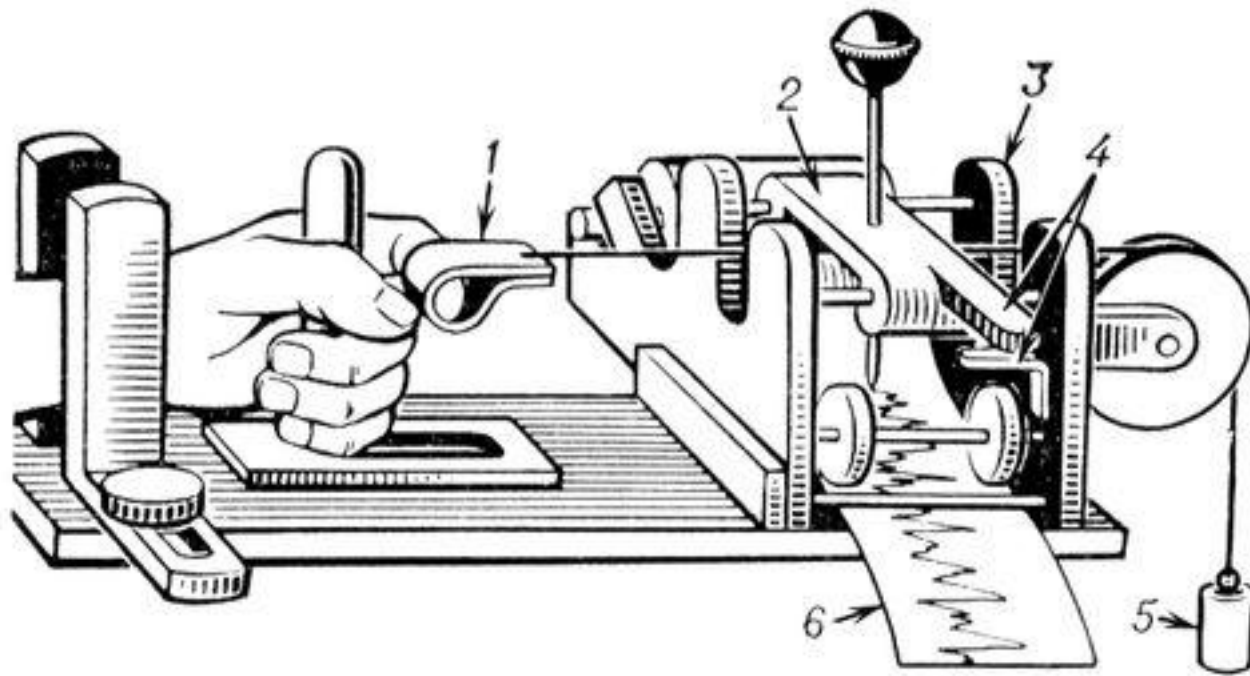


Рис. 6. Эргограф Моссо пальцевый:

1 — датчик руху; 2 — записуючий пристрій;
3 — салазки; 4 — частини механізму для руху стрічки; 5 — вантаж; 6 — стрічка для запису ергограми.

Ергометрію називається сукупність кількісних методів виміру фізичної працездатності людини, що має вираз у ергометричних показниках.

Якими є:

- ✓ Інтенсивність виконаного рухового завдання: а) швидкість спортсмена (м/сек); б) потужність (наприклад, при педалюванні на велоергометрі; одиниця виміру — вати); в) сила (наприклад, при статичному утриманні вантажу; одиниця виміру — ньютони).
- ✓ Об'єм виконаного рухового завдання: а) пройдений шлях (м); б) виконана робота (у фізичному змісті, наприклад, при обертанні педалей велоергометра; одиниця виміру — джоулі).
- ✓ Час виконання (одиниця виміру — секунди).

Циклографія

- ✓ *Циклографічна методика* полягає у багаторазовому фотографуванні помічених рухливих ланок тіла, а також у наступному аналізі запису у мікроінтервалах часу.



Рис. 7. Приклад циклограми

Іншими методами вивчення механічних параметрів рухів є використання датчиків, що перетворюють неелектричні величини у електричні. За їх допомогою може здійснюватись неперервна реєстрація змін суглобових кутів і сил у процесі природних рухових актів.

Електротензодинамографія

- ✓ Метод *електротензодинамографії* дозволяє реєструвати та вимірювати зусилля, що розвиває людина під час взаємодії з опорою та іншими об'єктами навколишнього середовища, котрі мають певну масу.



Рис. 8.

Електротензодатчик



Рис. 9. Універсальний електротензодинамометричний вимірювальний комплекс.

Має динамометричний стіл з рухомою рамою, на поперечній штанзі якої закріплений з можливістю руху у різних площинах електротензодинамометр, з'єднаний з реєструючим приладом, згідно з винаходом, комплекс додатково має опорну площадку, з'єднану з електротензодинамометром, закріплену до столу протиопору та нейтралізуючу манжетку, закріплену, наприклад, на балканській рамі.

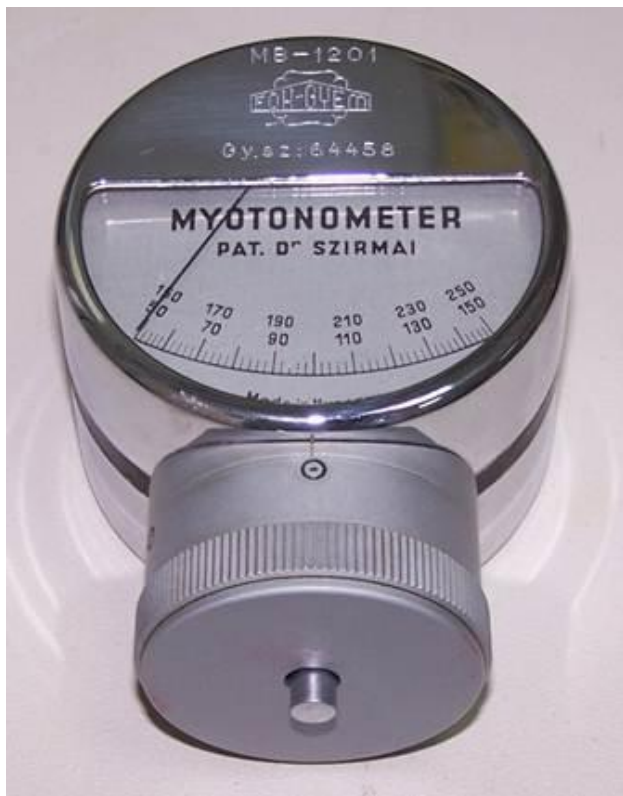
Стабілографія

- ✓ Нині для оцінки умов рівноваги тіла, координаційних можливостей людини, стерпності до статичних навантажень досить широко застосовується *методика стабілографії*.
- ✓ Під час дослідження людина стає на стабілографічну платформу і виконує контрольний тест.



Рис. 10. Стабілографічна установка

Міотонографія



- ✓ *Міотонографія* – це реєстрація та аналіз біомеханічних якостей скелетних м'язів людини.
- ✓ Інформація про біомеханічний стан досліджуваних м'язів отримується у цифровій та графічній формах.

Рис. 11. Міотонометр



**Рис.12. Вимірювання
тонусу правого
жувального м'язу
міотонометром.**



**Рис. 13. Вимірювання
тонусу правого
вискового м'язу
міотонометром.**

Акселерометрія

- ✓ *Акселерометрія* – це методика, котра дозволяє вимірювати прискорення тіла людини та окремих його біоланок при виконанні рухів.
- ✓ Вимірювання прискорення відбувається у два етапи:
 - 1) механічне вимірювання прискорення;
 - 2) перетворення механічного переміщення датчика на електричний сигнал.



Рис. 14. Акселерометр

Являє собою гнучкий бандаж, у якому у вигляді послідовно розміщених комірок знаходяться мікроакселерометри. Дані від кожного з них передаються до блоку первинної обробки і далі по радіоканалу, або за допомогою стандартного паралельного ПТ-порту на комп'ютер, де за допомогою спеціального програмного забезпечення ми бачимо стан хребта людини у візуальному режимі.

Гоніометрія

- ✓ *Гоніометрія* - це метод реєстрації кутових переміщень у суглобах. Величини суглобових кутів є важливими просторовими характеристиками рухів із приводу:
 - визначення рухомості сполучень ланок тіла;
 - оцінки гнучкості;
 - вивчення раціональної спортивної техніки.



Рис. 15. Гоніометр

Для вимірювання кутових переміщень ланок тіла людини, оцінки рівня розвитку гнучкості (амплітуди рухів) використовують такі методи, як:

- ✓ рентгенографічний,
- ✓ оптико-електричний,
- ✓ механічний,
- ✓ механоелектричний.

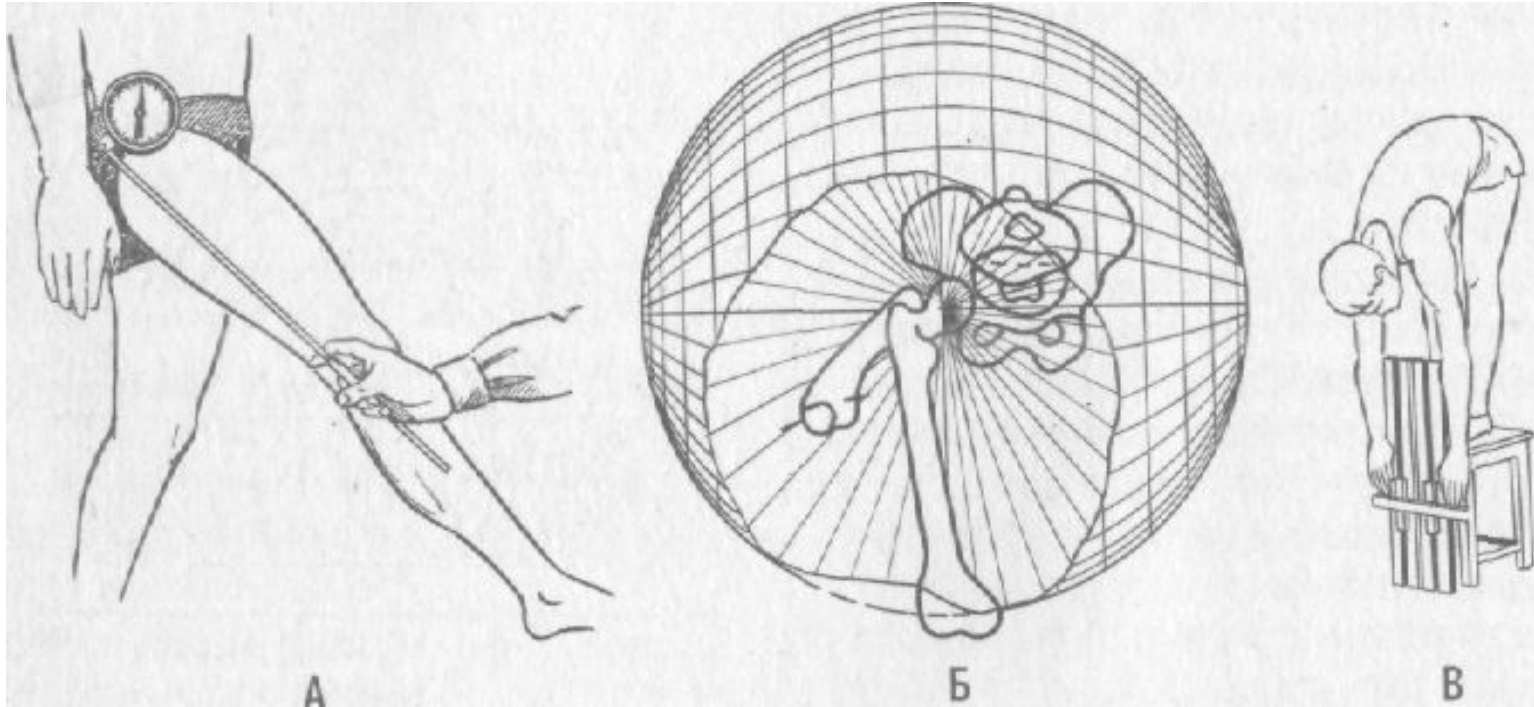


Рис. 16. Способи виміру гнучкості: А – гоніометричний; Б – глобографічний; В – у лінійних мірах.

Електроміографія

- ✓ Метод, що ґрунтується на реєстрації й аналізі біоелектричної активності м'язових і периферичних нервових волокон.

При цьому вивчається:

- ✓ 1) спонтанна біоелектрична активність, відображає стан нервово-м'язової системи у спокої і при м'язовому напруженні;
- ✓ 2) викликана біоелектрична активність, зумовлена електричною стимуляцією нерва або м'язу різної інтенсивності і частоти.

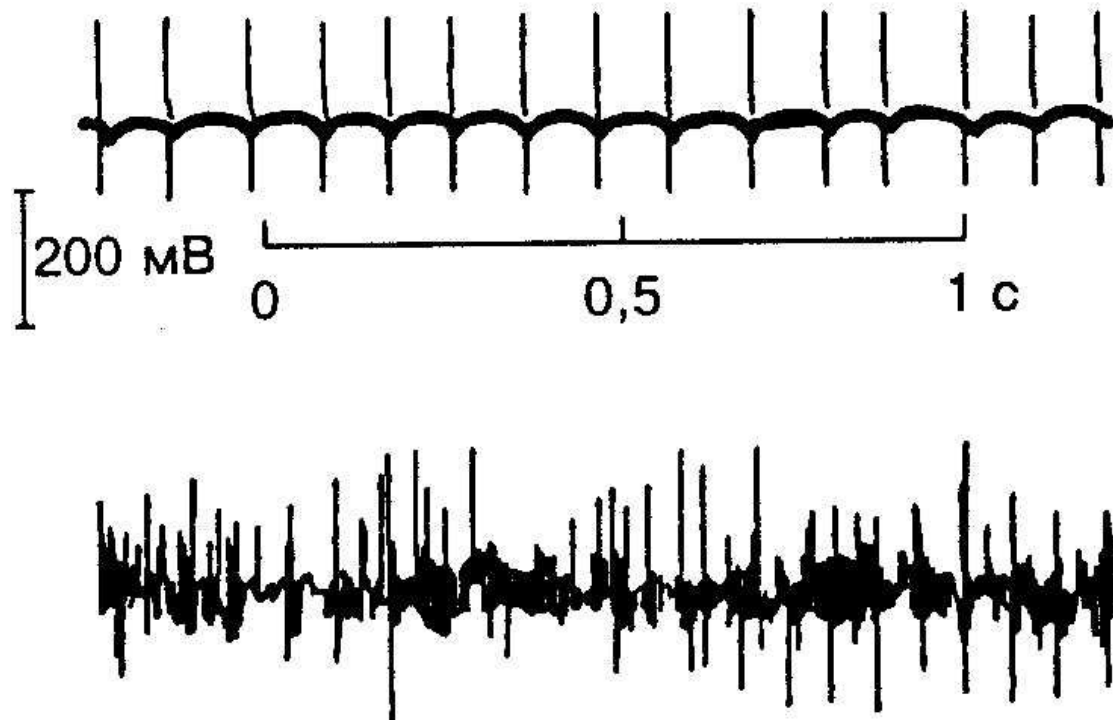


Рис. 17. Електрична активність окремої рухової одиниці (а) і м'яза (б) у людини

Стимуляційні методи у діагностиці нервово-м'язового апарату вирішують такі завдання:

- ✓ досліджують пряму збудливість м'язів,
- ✓ досліджують нервово-м'язову передачу,
- ✓ досліджують стан мотонейронів і їх аксонів,
- ✓ досліджують стан чутливих волокон периферичних нервів.



Рис. 18. Електроміограф

Дякую за увагу!