

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА АНАТОМІЇ З КЛІНІЧНОЮ АНАТОМІЄЮ
ТА ОПЕРАТИВНОЮ ХІРУРГІЄЮ

Лекція

Фізіологія м'язової діяльності

Полтава-2024

План лекції

- Механізм м'язового скорочення.
- Енергетика м'язового скорочення.
- Функціональні типи м'язових волокон.
- Характеристика рухових одиниць м'язів.
- Роль спинного мозку в регуляції рухових функцій.
- Роль головного мозку в регуляції рухових функцій.
- Роль рухового аналізатора в регуляції рухових функцій.

Фізіологічні властивості скелетних м'язів

- Скелетні м'язи володіють збудливістю, провідністю, скоротливістю, лабільністю.
- При подразненні м'язів поодиноким стимулом виникає **поодинокі м'язове скорочення**.
- В ньому розрізняють латентний період (від початку подразнення до початку відповіді), період скорочення та період розслаблення. У відповідь на ритмічне подразнення, а саме таке відбувається в організмі, м'яз тривало скорочується. Таке скорочення називають **тетанусом**.
- Якщо кожний наступний імпульс надходить до м'язу в період, коли він починає розслаблюватись, виникає **зубчатий тетанус**.
- Якщо інтервал між подразненнями зменшується так, що кожний наступний імпульс надходить до м'язу в той момент, коли він знаходиться у фазі скорочення, виникає **гладкий тетанус**.

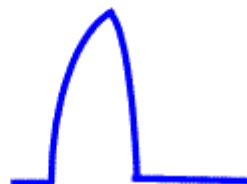
*Поодинокі
скорочення*



*Зубчатий
тетанус*



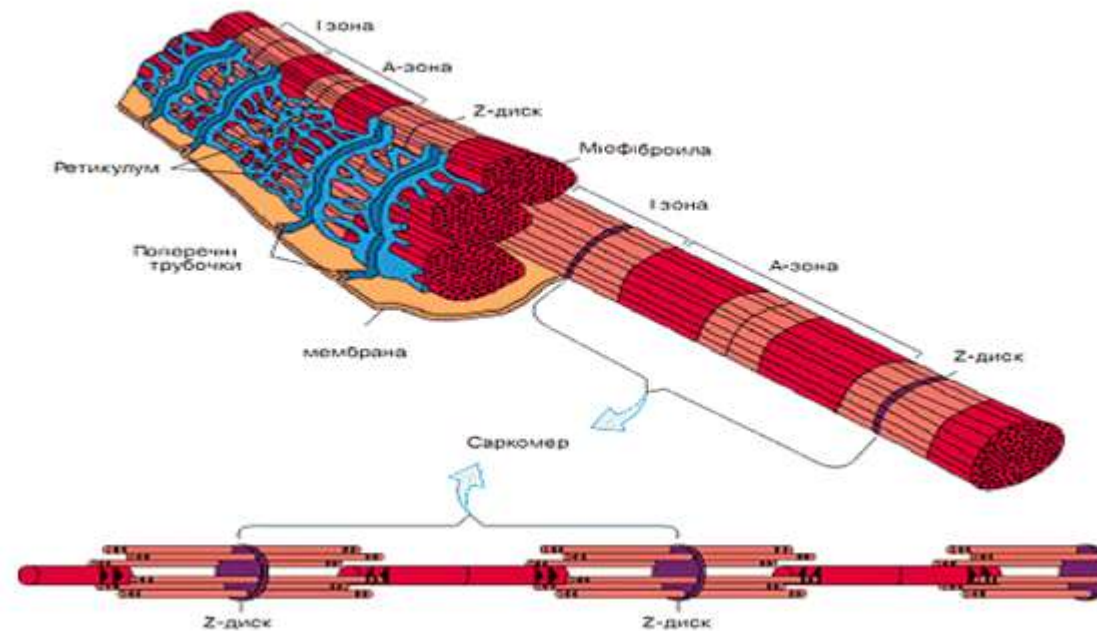
*Гладкий
тетанус*



- Типи м'язового скорочення
- **Ізотонічне** - це скорочення м'язів, коли їх волокна укорочуються при постійному зовнішньому навантаженні (в реальних умовах це практично відсутнє)
-
- **Ізометричне** - це тип активації м'язів, при яких вони розвивають напругу без зміни своєї довжини, що лежить в основі статичної роботи,
- **Ауксотонічне** - це режим, в якому м'яз розвиває напругу та укорочується, такі скорочення характерні при ході, бігові, плаванні.

Фізіологія м'язового скорочення

- Скорочувальний апарат скелетного м'яза представлений міофібрилами, які складаються з протофібрил - товстих і тонких ниток (філаментів). Міофібрили розділені на окремі частини – саркомери, довжина яких складає в середньому 2,5 мкм.
- Саркомери обмежені Z-мембранами. Ці мембрани служать для кріплення актинових ниток. У центрі саркомера розташовані товсті (міозинові) нитки. Вони утворюють А-диск (анізотропний).



- 
- **При роботі м'язів можуть бути два стани:**
 - **динамічний** - відбувається переміщення вантажів і рух кісток, суглобів.
 - **статичний** - м'язові волокна розвивають напругу і майже не укорочуються (наприклад, при утриманні вантажу). Статична робота більш виснажлива.

При тривалій роботі м'яза настає його втома. Причини втоми:

- **накопичення в м'язовій тканині метаболітів (молочної, піровиноградної та ін. кислот, іонів, що пригнічують потенціал дії);**
- **виснаження енергетичних запасів м'язів (глікогену, АТФ);**
- **порушення в результаті напруги м'язового кровообігу;**
- **зміна працездатності нервових центрів.**

- Типи м'язових волокон за отриманням енергії:
- Окислювальні:

Це червоні, повільні окисні м'язові волокна. Мають низьку швидкість скорочення, здатні тривало та безперервно працювати. Червоного забарвлення надає міоглобін (білок, що зв'язує та постачає кисень).

- Їх функції:
 - Підтримка осанки та пози тіла;
 - Динамічна робота або аеробне навантаження (плавання, легкий біг, велосипедний спорт та ін.);
 - Сильніше отримання кисню, за рахунок кращої циркуляції крові.

- Гліколітичні:
- Це білі, швидкі м'язові волокна. Їх діаметр більший в порівнянні з окислювальними. Мають анаеробну систему утворення енергії (гліколіз) та незначну кількість міоглобіну.
- Їх функції:
Інтенсивна робота за рахунок швидкого розщеплення АТФ, постійного ресинтезу;
Клітини мають у складі креатин фосфат, що подовжує інтенсивність роботи (10-15 сек.);
Забезпечення максимальної швидкості скорочень та сили;
Увімкнення анаеробного гліколізу;
Утворення лактату (молочна кислота).
- Проміжні:
- Швидкі окислювально-гліколітичні волокна. Являють собою своєрідний проміжний тип між повільними та швидкими м'язовими волокнами. Мають анаеробну систему утворення енергії та пристосовані до аеробного навантаження.
- Їх функції:
Розвиток високої швидкості скорочень та сили;
Ефективне використання окислення при низькій інтенсивності скорочень;
Увімкнення в роботу при навантаженні 20-40% від максимального.

- 
- Головним структурно-функціональним елементом нервово-м'язового апарата є *рухова одиниця* (РО). Її утворюють:
 - 1) тіло мотонейрона, яке знаходиться в передньому розі спинного мозку або в руховому ядрі головного мозку;
 - 2) аксон цього нейрона (один довгий відросток);
 - 3) кінцеві розгалуження аксона;
 - 4) нервово-м'язові синапси;
 - 5) м'язові волокна, з якими з'єднується аксон

- Усі РО організму складають нервово-м'язовий апарат. М'язове волокно є структурною одиницею м'яза, а РО – структурно-функціональною одиницею нервово-м'язового апарата. Нервово-м'язовий апарат не слід ототожнювати з опорно-руховим апаратом людини, до складу якого окрім рухових одиниць, входять кості скелету, суглоби і зв'язки.
- Рухові одиниці відрізняються між собою розмірами тіл мотонейронів, товщиною аксонів, а також числом і типом м'язових волокон. У зв'язку з цим виділяють *великі і малі РО*. Кількість м'язових волокон у них коливається від декількох десятків одиниць (м'язи ока) до декількох тисяч (литковий м'яз). Малі РО переважно входять до складу м'язів, які забезпечують швидкі і точні рухи (м'язи очного яблука, пальців кисті, дрібні м'язи обличчя). В інших м'язах малі РО забезпечують повільні рухи. Великі РО, як правило, входять до складу м'язів тулуба і кінцівок, які здійснюють як швидкі, так і повільні рухи.
- Великі РО є переважно високопороговими (В.І.Сафянц, 1976). їх активація можлива лише при виконанні фізичних вправ з значним напруженням м'язів. В цілому ж в кожному м'язі є різні за розміром РО, що зумовлює можливість розвитку ними різної величини напруження

- Функціонально РО поділяють на **повільні** (тип I) і **швидкі** – (тип II). Всі м'язові волокна, які входять до складу діючої РО, за своїми властивостями ідентичні. Кількісне співвідношення м'язових волокон цих двох типів РО має генетичне походження і змінюється в онтогенезі за спадковою програмою. У дітей дошкільного і молодшого шкільного віку основна маса скелетних м'язів складається з волокон типу I. В період статевого визрівання під впливом статевих гормонів, особливо тестостерону, в скелетних м'язах настають значні зміни в розвитку м'язових волокон. Починають швидко збільшуватись у поперечному розрізі і в кількості волокна типу II. Абсолютна кількість волокон типу I при цьому залишається незмінною (Д.А.Фарбер та ін., 1990).





Спинний мозок – циліндричний тяж, розміщений у хребтовому каналі, складається з сірої і білої мозкової речовини.

- **Біла речовина** складається виключно з аксонів нейронів спинного й головного мозку, гангліїв спинномозкових нервів, утворюючи канатики спинного мозку: передній, задній і бічний. Деякі з цих волокон не виходять за межі спинного мозку; інші, довші волокна з'єднують спинний мозок з головним. Групи волокон, які виконують певну функцію, утворюють нервові провідні шляхи.

- У людини від спинного мозку відходить 31 пара спинномозкових нервів, за якими його поділяють на відповідну кількість сегментів. Спинномозкові нерви з кожного сегмента утворюються з двох частин: переднього (вентрального) рухового і заднього (дорсального) чутливого корінців. На задніх корінцях є потовщення – *чутливий вузол спинномозкового нерва* (спінальний ганглії), де розміщені тіла чутливих (аферентних) нейронів, периферичний аксон яких передає інформацію від периферичних рецепторів, а центральний аксон прямує до спинного мозку. Через передні корінці виходять *рухові* (еферентні) *волокна* – аксони рухових нейронів спинного мозку. Така функціональна неоднозначність (*закон Белла – Мажанді*) добре виявляється після їх перерізання: передніх корінців – паралічем м'язів, задніх – втратою чутливості відповідних ділянок тіла.

- Для головного мозку характерне об'єднання діяльності усіх сегментарних і надсегментарних утворень із своєрідними структурно-функціональними особливостями. Це дозволяє йому керувати різними функціями цілісного організму, зокрема управляти рухом тіла, створювати пристосувальні механізми до змін зовнішнього середовища.
- Головний мозок розвивається із передньої мозкової трубки. Умовно його поділяють на чотири відділи;
 - 1 Задній мозок (довгастий мозок, вароліїв міст і мозочок);
 - 2 Середній мозок (ніжки мозку й покрівля середнього мозку);
 - 3 Проміжний мозок (зоровий горб - таламус і гіпоталамус);
 - 4 Передній мозок (дві великі півкулі).
- Довгастий мозок, міст і середній мозок об'єднуються під загальною назвою *стовбура мозку*.

- 
- Руховий, або кінестетичний, аналізатор являє собою фізіологічну систему, що здійснює аналіз і синтез сигналів, що йдуть від органів руху, регуляцію положення тіла в просторі, підтримання постійного тону поперечносмугастих м'язів, координацію рухів від простих рухових реакцій до складно координованих рухових навичок.

- **Периферичний відділ рухового аналізатора** представлений **пропріорецепторами**: **м'язовими веретенами - рецепторними клітинами, службовцями для визначення ступеня розтягнення м'яза, і сухожильними рецепторами Гольджі, розташованими в місцях з'єднання м'язів з сухожиллями.** М'язові веретена - освіти веретеновидної форми, укладені в розтягнуто-соединительнотканную капсулу. Веретена розташовуються в м'язі поздовжньо і утворені кількома інтрафузальних волокнами, які по спіралі обвиті афферентними нервовими волокнами (первинне закінчення м'язового веретена). З боків від первинних знаходяться більш тонкі вторинні закінчення. Первинне закінчення реагує на ступінь і швидкість розтягнення м'яза, а вторинне - на ступінь розтягування і зміни положення м'яза. Сухожильні рецептори Гольджі активуються при стисненні їх волокнами сухожилля, коли м'язові веретена неактивні. Вони покриті капсулою і іннервуються товстими мієлінових волокнами.

- **Провідниковий відділ.** Інформація від проприорецепторів надходить у спинний мозок на мотонейрони передніх рогів, інша її частина перемикається на вставні нейрони і надходить вище по тонкому і клиновидний пучку спинного мозку і по задньому і передньому спіномозжечковий шляхах. Чутливі нейрони розташовані в спінальних гангліях, а вставні - в задніх рогах спинного мозку. Аксони вставних нейронів залишаються на тій же стороні спинного мозку і утворюють задній шлях, а утворюють передній шлях переходять на протилежну сторону в бічній канатик. Задній шлях по нижнім ніжкам мозочка, а передній - по верхніх входять в мозочок і закінчуються на клітинах кори мозочка. Ці шляхи здійснюють інтеграцію інформації від м'язових і суглобових рецепторів і іннервують роботу нижніх кінцівок стоячи і при русі.

- **Центральний відділ** рухового аналізатора знаходиться в сенсорній зоні кори головного мозку, розташованої в задній центральній звивині і під роландовою борозною. І. П. Павлов, крім сенсорних зон, до коркової кінця рухового аналізатора відносив також моторні зони кори головного мозку, в яких на основі отриманої пропріоцептивної інформації здійснюються корекція протікає рухової діяльності і формування нових рухових програм. Надалі це положення було розвинене Н. А. Бернштейном, що розробив теорію поуровневої організації рухів і "кільцевого" характеру управління рухами за принципом зворотного зв'язку (1966).

- 
- Функціонування рухового аналізатора має важливе значення не тільки для діяльності м'язової системи. Пропріоцептивна імпульсація через ЦНС здатна активувати функції внутрішніх органів (роботу серця, органів дихання і т.д.) і змінювати інтенсивність обміну речовин. У фізіології ці взаємозв'язки між руховими і вегетативними функціями називають моторно-вісцеральними реакціями. Вивчення цих реакцій має важливе практичне значення для оптимальної організації ігрової, навчальної, трудової та спортивної діяльності дітей і підлітків. Крім того, взаємодія кінестетичних імпульсів з діяльністю шкірного аналізатора забезпечує людині здатність пізнання навколишнього світу за допомогою маніпуляції з різними предметами, яка є провідною в психічному розвитку протягом раннього дитинства.
 - Інтенсивна рухова активність і розвиток рухового аналізатора істотно стимулюють розвиток інших відділів нервової системи ("енергетичне правило скелетних м'язів» І. А. Аршавського). Наприклад, розвиток рухових навичок на першому році життя в значній мірі тягне за собою психічний розвиток, а юні спортсмени мають кращу просторову орієнтацію, пов'язану з формуванням інтелектуальних здібностей.

Література

- Філімонов В. І. Фізіологія людини. – К.: Медицина, 2021. – 488 с.
- Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин. К. Вища школа.- 1991.- С.3- 33.
- Сидоренко П. І., Бондаренко Г. О., Куц С. О. Анатомія та фізіологія людини. – К.: Медицина, 2015. – 248 с.
- Федонюк Я.І. Анатомія та фізіологія з патологією. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2001. – 676 с.
- Михалевич Р.Ф. Анатомія та фізіологія з основами патології. – К.: Здоров'я, 2001. – 175 с.



**СПАСИБІ ЗА
УВАГУ!**