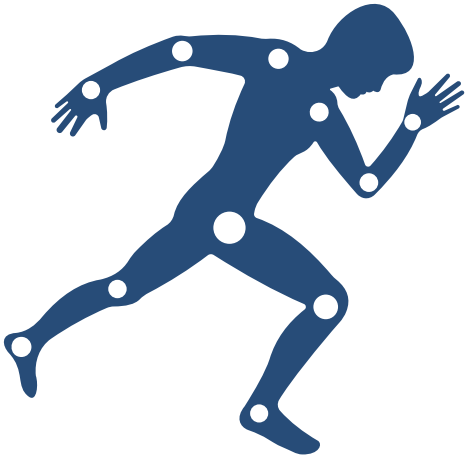
doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Сметанюк О.В., Булик Т.С., Олексюк А.В.

БІОМЕХАНІКА ТА КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ



https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СМЕТАНЮК О. В., БУЛИК Т. С., ОЛЕКСЮК А. В.

БІОМЕХАНІКА ТА КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Частина 1

Чернівці, 2025

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

УДК 612.76(075.8) + 615.825.6(075.8)
С 50

Рекомендовано до друку Вченою радою
Буковинського державного медичного університету
Протокол № 9 від 29 травня 2025 року

Автори: Сметанюк О. В., Булик Т. С., Олексюк А. В.

Рецензенти:

Шаповалова Ганна Анатоліївна – доктор медичних наук, доцент кафедри терапії та реабілітації Національного університету фізичного виховання і спорту України.

Куртян Тетяна Володимирівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри реабілітаційної медицини, фізичної терапії та спортивної медицини Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика.

Сметанюк О. В., Булик Т. С., Олексюк А. В.
С 50 Біомеханіка та клінічна кінезіологія. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Сметанюк, Т. С. Булик, А. В. Олексюк. Чернівці: БДМУ, 2025. 248 с.

ISBN 978-716-519-172-9

У навчальному посібнику на електронному носії розглянуто основи біомеханіки та клінічної кінезіології. Звертається увага на вивчення основних показників у біомеханіці та методів дослідження рухів, використання гоніометрії та динамометрії в клінічній практиці, висвітлено загальні принципи клінічної кінезіології відділів тіла людини.

Навчальний посібник містить тестові завдання для підготовки до Єдиного державного кваліфікаційного іспиту (ЄДКІ).

Для здобувачів ступеня вищої освіти на першому (бакалаврському) рівні за **спеціальністю І7** «Терапія та реабілітація».

УДК 612.76(075.8) + 615.825.6(075.8)

© Сметанюк О. В., Булик Т. С., Олексюк А. В., 2025
© БДМУ, 2025

ISBN 978-716-519-172-9

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

ЗМІСТ

Тема 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ БІОМЕХАНІКИ. ВИВЧЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН В КОНТЕКСТІ БІОМЕХАНІКИ …….. 4

Тема 2. БІОЛОГІЧНІ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КІСТКОВОЇ ТА СПОЛУЧНОЇ ТКАНИНИ ……... 40

Тема 3. ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ У БІОМЕХАНІЦІ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХІВ. ВИКОРИСТАННЯ ГОНІОМЕТРІЇ ТА ДИНАМОМЕТРІЇ В КЛІНІЧНІЙ ПРАКТИЦІ ……. 68

Тема 4. ВСТУП У КІНЕЗІОЛОГІЮ. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ АРТРОКІНЕМАТИКИ ТА ОСТЕОКІНЕМАТИКИ ……. 86

Тема 5. СКОРОЧЕННЯ ТА РОЗСЛАБЛЕННЯ М’ЯЗОВОГО ВОЛОКНА. М’ЯЗОВА АКТИВНІСТЬ ТА СИЛА …… 110

Тема 6. КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК: ПЛЕЧОВИЙ СУГЛОБ і ПЛЕЧОВИЙ КОМПЛЕКС …… 131

Тема 7. КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК: ЛІКТЬОВІ, ЗАП’ЯСТКОВІ СУГЛОБИ ТА СУГЛОБИ КИСТІ ……... 150

Тема 8. КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ ТУЛУБА І ХРЕБТА ……... 181

Тема 9. КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ НИЖНІХ КІНЦІВОК …… 199

Тема 10. КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ ЗАГАЛЬНИХ РУХІВ ТІЛА …… 214

Тема 11. БІОМЕХАНІКА ХОДЬБИ ТА БІГУ ……... 229

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ БІОМЕХАНІКИ. ВИВЧЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН В КОНТЕКСТІ БІОМЕХАНІКИ

Теоретичні питання

1. Історія розвитку біомеханіки.
2. Розвиток біомеханіки на сучасному етапі в Україні.
3. Загальні і конкретні завдання біомеханіки.
4. Предмет і методи біомеханіки.
5. Етапи розвитку та становлення біомеханіки.
6. Застосування біомеханіки в медицині та реабілітації.
7. Тіло як біомеханічна система.
8. Визначення та основні поняття біомеханіки: статика, кінематика, динаміка.
9. Основні фізико-хімічні властивості біологічних тканин.
10. Хімічний склад і його вплив на функціональні властивості.
11. Вода як компонент біологічних тканин.
12. Колаген, типи колагену: структура, функції та локалізація.
13. Деформація і відновлення біологічних тканин.
14. Зміни фізико-хімічних властивостей тканин у патологічних станах.
15. Біомедичні методи оцінки властивостей біологічних тканин.

Історія розвитку біомеханіки.

Витоки слова кінезіологія походять від грецького *kinesis* – рухатися, і *logy* – вивчати. Кінезіологія опорно-рухового апарату зосереджується на анатомічних та біомеханічних взаємодіях у опорно-руховому апараті. Краса і складність цих взаємодій були відображені багатьма великими художниками, такими як Мікеланджело Буонарроті (1475-1564) і Леонардо да Вінчі (1452-1519). Їхня робота, ймовірно, надихнула на створення класичного тексту Tabulae Sceleti et Musculorum Corporis Humani, опублікованого в 1747 році анатомом Бернхардом Зігфрідом Альбінусом (1697–1770) (рис. 1.1).

Біомеханіка як єдина система знань сформувалася порівняно не так давно, проте в історії світової науки рухи людини та тварин завжди привертали належну увагу. Ще Аристотель (384–322 рр. до н.е.), Клавдій Гален (130–201 рр. н.е.) та Авіценна (980–1037 рр. н.е.), спостерігаючи за рухами людини та тварин, по-своєму їх описували та аналізували. Однак тільки видатний Леонардо да Вінчі (1452–1519 рр.) першим звернув увагу на важливу роль механіки у вивченні рухів. Зокрема, він писав: "Як виявляється, всі живі тіла, які мають здатність до руху, діють за її законами, тому наука механіка є кориснішою за всі інші науки". На єдність законів механіки для всіх тіл у живій природі, вказував і Галілео Галілей (1638 р.), та зауважував, що зміни форми і внутрішньої структури тіла тварини обов’язково відбуваються внаслідок змін його розмірів (рис. 1.2).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

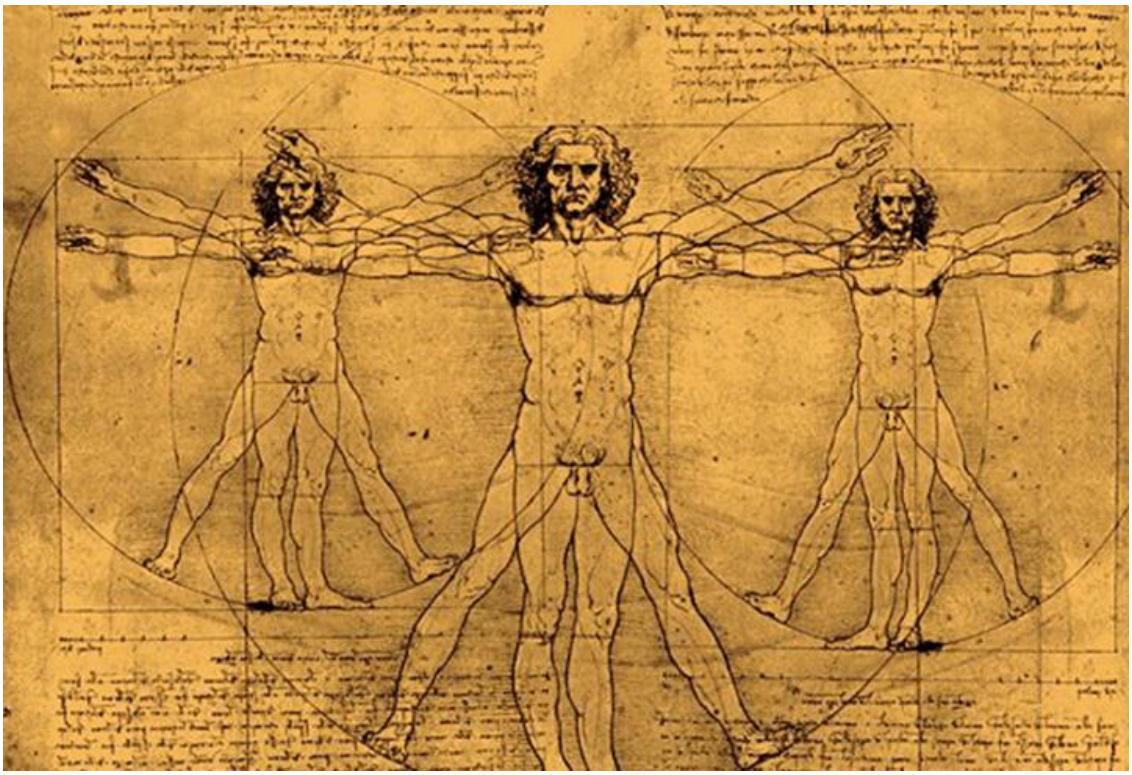


Рис. 1.1. «Вітрувіанська людина» Леонардо да Вінчі

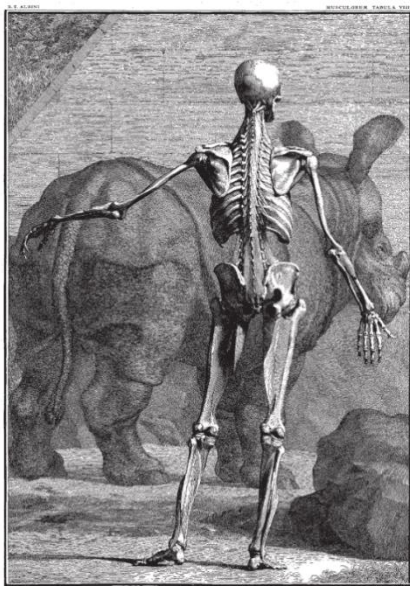


Рис. 1.2. Історична анатомічна ілюстрація доби Відродження

З видатної праці італійського лікаря і математика Джовані Альфонсо Борелли (1608–1679 рр.) "Про локомоції тварин" починається нова історія біомеханіки. У цій праці автор представляє відомості про центр тяжіння тіла людини і наводить першу класифікацію локомоторних рухів як активних переміщень тварин у просторі. У вченні про всесвітнє тяжіння Ісаак Ньютон своїм попередником вважав Борелли. На даний час ми з впевненістю можемо вважати Борелли фундатором

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

сучасної біомеханіки. І вже пізніше, на початку XIX ст., німецькі біологи брати Едуард та Вільгельм Вебері продовжили вивчення положення центру тяжіння у тілі людини, а також біомеханіки ходьби, бігу, стрибків та ін. локомоцій. Наприкінці XIX ст. їх співвітчизники Вільгельм Браун та Отто Фішер удосконалили декілька методів вимірювання біомеханічних рухів, суттєво доповнивши ці дослідження.

Вагомий внесок у розвиток біомеханіки, як науки, здійснив видатний французький дослідник Етьєн-Жюль Марей (1830–1904 рр.). Працюючи разом з відомим педагогом, автором одного з найфундаментальніших теоретичних та практичних курсів фізичного виховання Жоржем Демені, учений винайшов хронофотографію, яку використав для вивчення рухів тварин та людини. Згодом Марей її удосконалив, це призвело до появи у біомеханіці нового кінематографічного методу дослідження.

Значну роль у розумінні єдності структури і функцій органів опори та руху людини зіграли праці П.Ф. Лісгафта, який здійснив вагомий вклад у сучасне розуміння біомеханіки як науки. Лесгафт у 1874 р. опублікував відому монографію "Основи природної гімнастики", що поклала початок його курсу "Теорія тілесних рухів", де автор установив т.з. абетку рухів тіла людини.

У 1901 р. вийшла у світ праця "Нарис робочих рухів людини", в якій наведено основні положення біомеханіки трудової рухової діяльності людини.

Важливими віхами у розвитку науки біомеханіки стали праці відомого анатома-функціоналіста М.Ф. Іваницького, який у 1928 р. опублікував "Записки з динамічної анатомії", а в 1938 р. видав монографію "Рухи тіла людини".

Отже, у першій половині XX ст. біомеханіка вже сформувалася як вагома система знань, у якої виділялися морфологічні, фізіологічні та інструментально-технічні напрями. При цьому останній переважав у працях західноєвропейських фахівців, які активно проводили дослідження в галузі удосконалення методів вимірювання рухів людини. До кінця XX ст. цей напрямок набув надзвичайно високого рівня розвитку, що не тільки увібрав у себе потужний потенціал сучасних технологій, але й значною мірою стимулював розвиток низки галузей виробництва найсучаснішої вимірювальної апаратури. Вказане явище можна віднести до вагомих успіхів біомеханіки, науки, яка пояснює функціонування живих систем. Це, у свою чергу, відкриває серйозні перспективи розвитку методів їх моделювання в технологіях майбутнього. Водночас, неможливо не помітити деяку обмеженість інструментально-технічного напрямку біомеханіки, аналізуючи його стратегію розвитку. Зокрема, це проявляється в тому, що фахівці галузі, застосовуючи створені ними технічні прилади, досягають надзвичайної точності вимірювання рухів, водночас нерідко нівелюючи біологічну природу досліджуваних живих об’єктів. Таким чином, при спробі точного вимірювання витрачаються значні ресурси. У багатьох випадках, це трансформується на самоціль, але при її досягненні втрачається змістовна структура досліджуваних рухів людини. Відомо, що кожному рівню точності вимірювань відповідає характерний тільки йому рівень

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

організації рухів кожної біосистеми.

На цьому фоні вирізняються оригінальні праці видатного біомеханіка XX ст. М.О. Бернштейна, зокрема тим, що рухи людини представлені саме не як фізичні або механічні явища, а як біологічні структури, організовані у системному поєднанні тіла людини як живої цілеспрямованої системи. У своїх працях ученому вдалося не тільки об'єднати в єдину систему анатомічні, фізіологічні, психологічні, фізичні та ін. знання, але й фактично синтезувати нову сучасну біомеханіку. Серія дослідів М.О. Бернштейна, починаючи з 1939 р., увінчалася фундаментальною працею "Про побудову рухів" (1947 р.). Він розглянув рухи людини власне як найважливіший об'єкт досліджень у сучасній біології. Автор представив дані про походження рухової функції, розвиток структур центральної нервової системи у зв'язку з виникненням у людини ієрархічно залежних рівнів побудови рухів. Також детально описав субкортикальні рівні (рубро-спінальний рівень палеокінетичних регуляцій, таламо-палідарний рівень); кортикальні рівні (пірамідно-стріальний рівень просторового поля, тім'яно-премоторний рівень дій, вищі кортикальні рівні); розкрив механізми виникнення та розвитку рівнів побудови, формування рухових навичок, вимоги до елементів координаційної структури рухів, а також явища, що зумовлюють прояв певних патологічних синдромів, і механізми їх можливого виникнення у руховій системі людини.

Розвиток біомеханіки в Україні на сучасному етапі.

Розвиток біомеханіки у світі в 50-60-ті роки великою мірою відбувався під впливом робіт М.О. Бернштейна, якими вдалося об'єднати в єдину систему знань відомості про рухові функції людини. У ті часи біомеханіка сформувалася як самостійна навчальна дисципліна, яку традиційно викладали в інститутах фізичного виховання та на відповідних факультетах педагогічних вузів чи університетах. У 1957 р. учнем М.О. Бернштейна Д.Д. Донським видано спеціалізований підручник з біомеханіки, а у 1979 р. – перевидано його у співавторстві з В.М. Заціорським.

40–50-ті роки не можна визнати успішними для розвитку біомеханіки як науки та навчальної дисципліни через складність і драматичність військово-політичних подій у Європі. Однак, слід відмітити, що в ті важкі часи фахівці з біомеханіки працювали над підручниками та посібниками, зберігали та примножували досягнення, накопичені ще П.Ф. Лесгафтом.

Після заснування Інституту фізичного виховання ім. П.Ф. Лесгафта у 1919 р. проблеми теорії та історії фізичного освіти та теорії тілесних рухів об'єднані в єдиний курс, який читала учениця Лесгафта А.А. Красуська. У 1927 р. з цього курсу виділено окремі курси "Теорія та методика фізичного виховання", "Історія фізичної культури", а також "Теорія рухів".

За пропозицією Є.А. Котикової, яка очолила курс «Теорії рухів», у 1931 р. його перейменовано на курс "Біомеханіка фізичних вправ". У 1939 р. за її

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

редакцією видано перший навчальний посібник з біомеханіки фізичних вправ, а згодом у 1963 р. - підручник "Біомеханіка фізичних вправ" (автори: Є.К. Жуков, Є.Г. Котельникова, Д.О. Семенов). У Київському державному інституті фізичної культури (КДІФК) систематичне викладання біомеханіки почалося з 1960 р. при кафедрі анатомії (зав. кафедри – П.З. Ґудзь).

Наприкінці 60-х років у КДІФК вже проводились широкомасштабні дослідження з біомеханіки. Наслідуючись традицій вітчизняних та зарубіжних анатомів-функціоналістів, українські фахівці продовжували розвивати біомеханіку фізичних вправ. Так, у 1969 р. А.М. Лапутін розробив першу біомеханічну класифікацію опорно-рухового апарату, принципи біомеханічного моделювання суглобів; було сформульовано принципи аналізу так званих локомоторних механізмів. Це дало можливість на більш об'єктивній основі будувати біокінематичні схеми опорно-рухового апарату під час аналізу рухів людини. У практику вимірювань та аналізу біокінематичних характеристик Лапутіним (1970 р.) введено поняття про соматичну систему координат тіла людини, а також було створено біокінематичні моделі хребетного стовпа людини. Аналогічні біокінематичні моделі були розроблені для верхніх та нижніх кінцівок людини.

Удосконалювалися також інструментальні методи вимірювання рухів. Так, вперше у 1970 р. у практиці експериментальних досліджень з біомеханіки було застосовано трикомпонентні інерційні акселерометри (А.М. Лапутін, А.В. Чорний), багатокомпонентна гоніометрична вимірювальна система для хребетного стовпа, нижніх та верхніх кінцівок типу "екзоскелетон" (Лапутін, 1972 р.).

Успішний розвиток біомеханіки стимулював наукову громадськість до проведення на базі лабораторії біомеханіки кафедри анатомії КДІФК у 1974 р. першої Всесоюзної наукової конференції з біомеханіки. Підсумки цієї конференції показали, що біомеханіка не тільки стала теоретичною, фундаментальною наукою, а й почала суттєво впливати на різні галузі людської діяльності, зокрема промисловість, сільське господарство, військову справу, космонавтику, медицину, фізичне виховання та спорт.

Укріплювались творчі контакти співробітників лабораторії біомеханіки КДІФК та Академії наук України. Фахівці у галузі біомеханіки почали розробляти програмно-цільовий підхід в управлінні процесом формування рухів зі складною координаційною структурою. Велику допомогу у проведенні фундаментальних досліджень з біомеханіки надавали: президент АН України академік Б.Є. Патон, віце-президент АН України, академік В.М. Глушков, член-кореспондент АН України В.М. Малиновський та інші відомі вчені. Завдяки цьому вже в другій половині 70-х років розпочалася комп'ютеризація біомеханічних досліджень. Фахівці у галузі біомеханіки спорту були залучені як здобувачі до Комплексного плану Ради з автоматизації наукових досліджень при Президії АН України на 1981–1985 рр. (керівник – А.М. Лапутін). В результаті виконання цього плану було розроблено автоматизовану систему управління спортивно-технічним навчанням та

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

руховим удосконаленням (АСУ СТНРУ).

Наприкінці 70-х – початку 80-х років у лабораторії біомеханіки А.М. Лапутіним та А.В. Поповим розроблено спеціальний гравітаційний костюм для моделювання різних умов зовнішніх та внутрішніх динамічних взаємодій тіла людини у процесі спортивного тренування.

У 1981р. у КДІФК створено першу в Україні кафедру біомеханіки, яку очолив А.М. Лапутін. Цей організаційний крок справив значний позитивний вплив як на розвиток біомеханіки — науки, синтетичної системи знань, так і на становлення її як навчальної дисципліни, а монографія А.М. Лапутіна "Навчання спортивних рухів" (1986) стала узагальненням результатів багаторічної роботи в цьому напрямку.

У 1980-ті роки було розроблено новий науковий напрям у галузі вивчення рухів людини — «дидактичну біомеханіку», що дало змогу узагальнити досвід викладання рухів у різних сферах професійної рухової діяльності людини й, на цій основі, сформувати методологію ефективної організації педагогічного процесу.

Подальший розвиток біомеханічних досліджень з різних видів спорту відбувався завдяки працям науковців Гамалія В.В. (легка атлетика), Тесленка А.А. (велосипедний спорт), Хабінець Т.О. (лижний спорт), Архипова О.А. (гімнастика), Носько М.О. (волейбол), Ляпіна В.П., Чочарай З.Ю. (вільна боротьба), Смирнова В.М. (дзюдо), Македона А.А. (вільна боротьба), Пліська В.І., Кругова В.В. (військово-прикладні види єдиноборств) та ін.

Водночас подальшого розвитку набув прикладний напрям дидактичної біомеханіки — гравітаційне тренування. Концепція корекції гравітаційних взаємодій тіла людини відкрила перспективи підвищення ефективності та інтенсивності дидактичного процесу. Завдяки цьому може кардинально змінитися не лише методологія, а й конкретна технологія формування заданих систем рухів у руховій реабілітації, професійному навчанні та вдосконаленні складних рухових навичок у спортивному тренуванні.

У 90-ті роки XX ст. за цією тематикою найцікавіші біомеханічні дослідження проведені Кашубою В.О. (кульова стрілянина), Синіговцем В.І. (клінічна біомеханіка), Зубриловим Р.О. (біатлон), Кхеліфа Ріадом (баскетбол), Фадхлун Мурадом (гандбол), Юхно Ю.О., Закорка І.П. (дзюдо), Поліщук Т.А. (художня гімнастика), Бобровником В.І. (легка атлетика), Ратовим А.М. (лижний спорт) та ін.

У 1996-1997 рр. кафедра біомеханіки Українського державного університету фізичного виховання та спорту взяла участь у спільному українсько-американському проекті "ШАТЛ-97", що передбачав політ першого українського астронавта на американському космічному кораблі "Шатл". У квітні 1998 р. за успішну розробку та реалізацію програми гравітаційної підготовки українських астронавтів до першого польоту на американському кораблі "Шатл" Національним космічним агентством України і Федерацією космонавтики України Лапутіна А.М., Хабінець Т.О., Юхна Ю.О. нагороджено Почесними медалями ім. Ю. Кондратюка.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Наукову діяльність професора А. М. Лапутіна відзначено Золотою медаллю ВДНГ України (1990 р.) та іншими нагородами. У 1995 році, на Міжнародному конкурсі фундаментальних досліджень у галузі біології, А. М. Лапутін здобув індивідуальний грант Міжнародного фонду Сороса.

З середини 90-х років під керівництвом А.М. Лапутіна, В.О. Кашуба почав розробляти новий науковий напрямок у вивченні рухових можливостей людини, а саме з'ясування динаміки зміни її геометрії мас в онтогенезі.

Фахівцями кафедри біомеханіки, розвиваючи власний оригінальний напрямок у біомеханіці і використовуючи вже відомі, традиційні та широко апробовані методи дослідження онтогенетичного розвитку рухової функції людини, розроблено та вдало застосовано нові методи оцінки геометрії маси тіла. Надзвичайно важливим є те, що при розробці методики об'єктивної оцінки геометрії мас організму, що розвивається, було виявлено закономірний зв'язок певних геометричних параметрів розподілу маси тіла з енергетикою організму людини. Це, у свою чергу, відкриває перспективи та можливості корекції енергетичного статусу організму в процесі онтогенетичного розвитку людини.

Після отримання університетом статусу Національного, кафедра розширила навчальну роботу, включивши до навчального плану викладання на п'ятому курсі "Біомеханіка спорту". У подальшому прийнято рішення об'єднати всі навчальні предмети кафедри під назвою "кінезіологія", а колишня кафедра біомеханіки отримала назву – кафедра кінезіології.

Загальні і конкретні завдання біомеханіки.

Загальні завдання (широкі цілі, що охоплюють всю галузь).

1. Дослідження механічних властивостей біологічних тканин:

- Аналіз міцності, пружності та деформації кісток, м'язів, сухожиль, хрящів тощо.

- Вивчення реакції тканин на зовнішні навантаження (наприклад, при травмах або фізичних навантаженнях).

2. Аналіз рухових функцій організмів:

- Дослідження кінематики (траєкторії руху) та кінетики (сил, що спричиняють рух) у людини та тварин.

- Розуміння механізмів ходи, бігу, стрибків або специфічних спортивних рухів.

3. Розробка моделей та методів дослідження:

- Створення математичних, комп'ютерних або фізичних моделей для симуляції біомеханічних процесів (наприклад, метод скінченних елементів).

- Вдосконалення інструментів діагностики (наприклад, систем захоплення руху, силових платформ).

4. Оптимізація функціонування біосистем:

- Дослідження взаємозв'язку між структурою органів та їх функцією

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

(наприклад, форма суглоба та його рухливість).

- Запобігання травмам, шляхом аналізу механічних навантажень.

5. Міждисциплінарна інтеграція:

- Співпраця з медициною, інженерією, спортивною наукою для розв'язання комплексних проблем (наприклад, розробка імплантатів).

Конкретні завдання (вузькоспеціалізовані цілі в межах підгалузей):

1. Клінічна біомеханіка:

- Розробка протезів/ортопедичних пристроїв, що імітують природні рухи.

- Аналіз механізму травм (наприклад, розрив хрестоподібної зв'язки) для покращення лікування.

2. Спортивна біомеханіка:

- Оптимізація техніки спортсменів (наприклад, аналіз гольфового свінгу для збільшення точності).

- Проектування спортивного взуття з урахуванням розподілу навантажень на стопу.

3. Біомеханіка реабілітації:

- Створення індивідуальних програм відновлення після інсультів або травм.

- Використання електроміографії (ЕМГ) для оцінки активності м'язів під час тренувань.

4. Ергономіка та біомеханіка праці:

- Проектування робочих місць для зниження ризику професійних захворювань (наприклад, профілактика синдрому зап'ясткового каналу).

- Аналіз механічних навантажень при підйомі важких предметів.

5. Біомеханіка рослин і тварин:

- Дослідження механізмів пересування тварин (наприклад, політ птахів) для біоміметичного дизайну.

- Вивчення структурної стійкості рослин до вітрових навантажень.

***Приклади застосувань*:**

- Медицина: 3D-друк кісток з урахуванням біомеханічних характеристик.

- Спорт: використання даних GPS та акселерометрів для аналізу швидкості футболістів.

- Робототехніка: розробка біоподібних роботів, що копіюють рухи людини.

Ці завдання відображають як фундаментальні дослідження, так і прикладні розробки, що робить біомеханіку ключовою дисципліною для прогресу в медицині, спорті та інших технологіях.

Предмет і методи біомеханіки.

Біомеханіка – це наука, що вивчає механічні властивості живих тканин, органів і організмів, а також механічні явища, що відбуваються в них під час життєдіяльності.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Предмет біомеханіки:

1. Механічні властивості біологічних об'єктів: дослідження міцності, пружності, в'язкості та інших механічних характеристик кісток, м'язів, сухожиль, хрящів, кровоносних судин та інших тканин і органів.

2. Рух живих організмів: вивчення механізмів руху тварин, птахів, риб, комах та інших організмів, а також людини.

3. Біомеханіка людини: окремий напрямок, що вивчає опорно-руховий апарат людини, біомеханіку ходьби, бігу, стрибків, плавання та інших рухів, а також біомеханіку праці та спорту.

4. Біомеханіка патологій: дослідження механічних аспектів захворювань опорно-рухового апарату, серцево-судинної системи та інших органів і систем.

Методи біомеханіки:

1. Механічні експерименти: дослідження механічних властивостей тканин і органів на спеціальному обладнанні, такому як динамометри, віскозиметри та ін.

2. Математичне моделювання: створення математичних моделей, що описують механічну поведінку біологічних об'єктів.

3. Комп'ютерне моделювання: використання комп'ютерних технологій для створення віртуальних моделей органів і систем, що дозволяє досліджувати їх механічну поведінку в різних умовах.

4. Біомеханічні вимірювання: використання спеціальних приладів для вимірювання сили, швидкості, прискорення та інших параметрів руху живих організмів.

5. Візуалізація: використання методів візуалізації, таких як рентгенографія, магнітно-резонансна томографія та ультразвукове дослідження, для дослідження структури та руху внутрішніх органів і тканин.

Підсумок:

Біомеханіка є важливою наукою, що має широке застосування в медицині, спорті, ергономіці та інших галузях. Вона допомагає розуміти механізми функціонування живих організмів, розробляти нові методи діагностики та лікування захворювань, створювати ефективні спортивні тренування та покращувати умови праці.

Етапи розвитку та становлення біомеханіки.

Етапи розвитку та встановлення біомеханіки.

1. Античний та середньовічний періоди (до XV ст.):

- Основні здобутки: перші спостереження за рухом тварин і людини. Аристотель аналізував біологічні рухи, використовуючи філософські концепції.

- Приклади: Аристотель у праці "De Motu Animalium" описував механіку м'язів.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2. Ренесанс та ранній модерн (XV–XVIII ст.):

- Науковий внесок: Леонардо да Вінчі досліджував анатомію та кінематику тіла, створюючи детальні креслення. Галілео Галілей заклав основи механіки, що надалі слугувало теоретичною базою.

- Ключова фігура: Джованні Альфонсо Бореллі у праці "De Motu Animalium" (1680) застосував закони Ньютона до рухів тварин.

3. XIX століття – технологічний прорив:

- Інновації: винайдення фотографії дозволило аналізувати рух. Етьєн-Жуль Марей та Едвард Мейбрідж проводили хронографічні дослідження (наприклад, "Галопуючий кінь").

- Розвиток: введення понять кінематики та динаміки в біологію.

4. Початок XX століття – формалізація науки:

- Структуризація: біомеханіка відділилася як окрема дисципліна. Микола Бернштейн досліджував координацію рухів, заклавши основи нейробіомеханіки.

- Вплив подій: дві світові війни сприяли розвитку протезуванню та реабілітації.

5. Друга половина XX століття – комп'ютерна *революція:*

- Технології: ЕМГ (електроміографія), 3D-моделювання, МРТ. Девід Вінтер розробив методи аналізу ходи.

- Розвиток: засновано Міжнародне товариство біомеханіки (1973), відкрито спеціалізовані лабораторії.

6. Сучасність (XXI ст.) – інтердисциплінарний підхід:

- Напрямки: розробка біомедичних імплантатів, спортивна біомеханіка, робототехніка (біонічні протези).

- Тренди: штучний інтелект для прогнозування травм, портативні сенсори, персоналізована медицина.

- Важливі тенденції: інтеграція з генетикою, нанотехнологіями та етичні дискусії щодо вдосконалення людини. Біомеханіка лишається ключовою для розуміння життя в його фізичному вимірі.

Застосування біомеханіки в медицині та реабілітації.

Біомеханіка, яка досліджує механічні принципи в біологічних системах, має широкий спектр застосувань у медицині та реабілітації. Розглянемо основні напрямки:

1. Ортопедія та травматологія:

- Розробка протезів та імплантатів, що імітують природний рух суглобів.

- Аналіз механіки переломів для створення ортезів, які контролюють навантаження на кістки.

- Комп'ютерне моделювання для прогнозування ефективності хірургічних утручань.

2. Реабілітаційна медицина:

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Використання систем захоплення руху для аналізу ходи після операцій або інсультів.

- Розробка індивідуальних реабілітаційних програм, що враховують біомеханічні особливості пацієнта.

- Роботизовані екзоскелети для відновлення мобільності при паралічах.

3. Спортивна медицина:

- Оптимізація техніки рухів для профілактики травм (наприклад, аналіз кінематики бігу).

- Створення ортопедичних вкладок (устілок), що коректують навантаження на стопу.

4. Кардіоваскулярна біомеханіка:

- Дослідження гемодинаміки для розробки стентів або штучних клапанів серця.

- Моделювання розриву атеросклеротичних бляшок для оцінки ризиків.

5. Нейрореабілітація:

- Біомеханічні системи (наприклад, роботизовані тренажери) для відновлення рухів після уражень нервової системи.

- Аналіз балансу та координації за допомогою силових платформ.

6. Біоматеріали та тканинна інженерія:

- Створення імплантатів з механічними властивостями, сумісними з тканинами організму (наприклад, штучні хрящі).

- Використання механічної стимуляції для регенерації кісткової тканини.

7. Ергономіка та профілактика:

- Дизайн медичного обладнання, що зменшує навантаження на медичний персонал.

- Розробка стратегій попередження падіння у людей похилого віку (наприклад, взуття з антиковзкою підошвою).

8. Діагностичні інструменти:

- Відеоаналіз рухів використовується для виявлення патологій опорно-рухового апарату.

- Мапування тиску (візуалізація тиску, аналіз розподілу тиску, тискова діагностика) використовується для профілактики пролежнів у пацієнтів з обмеженою рухливістю.

9. Хірургія та робототехніка:

- Роботи-асистенти з високою точністю, які враховують механічні властивості тканин.

- Віртуальні симулятори для навчання та вдосконалення навичок хірургів.

Підсумок:

Біомеханіка інтегрує фізику, інженерію та біологію для вдосконалення діагностики, лікування та реабілітації. Вона є фундаментом інновацій у сферах

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

протезування, хірургії, реабілітаційної техніки та персоналізованої медицини.

Тіло як біомеханічна система.

Тіло як біомеханічна система – це концепція, яка розглядає людський організм крізь призму законів механіки, фізики та інженерії. Вона аналізує, як структури тіла (кістки, м'язи, суглоби, зв'язки) взаємодіють з механічними силами (наприклад, гравітацією, навантаженням під час руху) для забезпечення рухів, підтримання форми та адаптації до зовнішніх умов.

Основні компоненти біомеханічної системи.

1. Структурні елементи:

- Кістки – виконують роль важелів, передають і розподіляють навантаження.
- Суглоби – забезпечують рухливість і контроль напрямку руху (наприклад, кульшовий суглоб як "шарнір").
- М'язи – генерують силу для руху та стабілізації.
- Зв'язки та сухожилля - передають силу від м'язів до кісток, обмежують амплітуду рухів.

2. Джерела енергії:

- М'язова сила – результат хімічної енергії (АТФ), що перетворюється на механічну роботу.
- Гравітація та реакція опори – зовнішні сили, які впливають на рівновагу та характер рухів.

3. Система управління:

- Нервова система – координує рухи, регулює силу скорочення м'язів, забезпечує зворотний зв'язок (наприклад, пропріоцепція).

Ключові принципи біомеханіки тіла.

1. Механіка рухів:

- Рухи тіла описуються законами динаміки (прискорення, інерція) і кінематики (траєкторія, швидкість, амплітуда).
- Приклад: під час ходьби нога працює як маятник, а стопа – як амортизатор.

2. Рівновага та стабільність:

- Тіло підтримує рівновагу за рахунок центру маси, який має проектуватися на площу опори.
- Порушення рівноваги (наприклад, при остеопорозі) збільшує ризик падінь.

3. Біомеханічні навантаження:

- Стискання, розтягнення, зсув – види сил, що діють на кістки та суглоби.
- Наприклад: хребет під час підйому ваги відчуває стискаюче навантаження.

4. Енергоефективність:

- Тіло прагне мінімізувати витрати енергії (наприклад, оптимізація кроку під

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

час ходьби).

- Патології (наприклад, кульшової кульгавості) збільшують енерговитрати.

Приклади біомеханічних процесів.

1. Ходьба:

- Фази кроку (опора, перенесення ваги), роль стопи як амортизатора, взаємодія м'язів стегна і гомілки.
- Аналіз паттернів ходи допомагає діагностувати неврологічні або ортопедичні порушення.

2. Підйом ваги:

- Робота м'язів спини та ніг, розподіл навантаження на хребет.
- Неправильна техніка може призвести до грижі міжхребцевих дисків.

3. Спортивні рухи:

- Стрибок (енергія зберігається в ахілловому сухожиллі), удар по м'ячу (передача імпульсу).

Застосування концепції в медицині.

1. Ортопедія:

- Розробка протезів, що повторюють біомеханіку природних кінцівок.
- Аналіз деформацій кісток (наприклад, сколіозу) для вибору корекційних методів.

2. Реабілітація:

- Відновлення рухів після інсульту за допомогою біомеханічних тренажерів.
- Тренування балансу для пацієнтів з паркінсонізмом.

3. Спортивна медицина:

- Оптимізація техніки бігу для запобігання травми коліна.
- Використання екзоскелетів для зменшення навантаження на суглоби.

4. Ергономіка:

- Дизайн робочих місць, що знижує навантаження на хребет.

Підсумок:

Людське тіло – це складна біомеханічна система, де кожен елемент виконує певну функцію, а їх взаємодія підкорюється законам механіки. Розуміння цієї системи дозволяє створювати ефективні методи лікування та реабілітації; розробляти інноваційні медичні пристрої (протези, імплантати); запобігати травмам і патологіям, пов'язаним із механічними навантаженнями.

Ця концепція є основою для таких дисциплін, як біомеханіка, ортопедія та спортивна наука.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Визначення та основні поняття біомеханіки: статика, кінематика, динаміка.

Біомеханіка – це наука, яка використовує принципи механіки для вивчення структури, функціонування та рухів живих організмів, зокрема людини. Вона аналізує взаємодію біологічних систем (кісток, м'язів, сухожиль) із зовнішніми та внутрішніми силами. Основні розділи біомеханіки включають статику, кінематику та динаміку.

1. Статика – досліджує тіла або системи в стані рівноваги (без прискорення).

Особливості в біомеханіці:

- Аналізує умови, за яких тіло або його частини залишаються нерухомими або рухаються з постійною швидкістю.

- Вивчає розподіл сил у м'язах, суглобах та кістках для підтримки положення (наприклад, стоячи або тримаючи предмет).

Приклад: дослідження постурології (рівновага тіла), розрахунок навантаження на хребет під час статичного утримання вантажу.

2. Кінематика – описує рух тіл без урахування сил, що його викликають.

Особливості в біомеханіці:

- Фокусується на параметрах руху: траєкторія, швидкість, прискорення, кути згинання суглобів.

- Використовує інструменти на кшталт 3D-моделювання або маркерних систем для аналізу техніки бігу, стрибків або ходи.

Приклад: вимірювання амплітуди руху коліна під час присідання або аналіз фаз кроку в спортсмена.

3. Динаміка – досліджує сили та моменти сил, що зумовлюють або супроводжують рух.

Особливості в біомеханіці:

- Поділяється на кінетику (аналіз сил) та власне динаміку (зв'язок сил з рухом).

- Включає вивчення м'язової активності, сил тертя, реакції опори, а також енергетичних витрат.

Приклад: розрахунок сили імпульсу під час стрибка у висоту або визначення навантаження на суглоби при підйомі ваги.

Ключова відмінність:

- Статика – рівновага та стабільність.
- Кінематика – опис руху ("як" відбувається рух).
- Динаміка – причини руху ("чому" він відбувається).

Підсумок:

Ці концепції допомагають оптимізувати спортивні техніки, проектувати протези, лікувати травми та розуміти обмеження опорно-рухового апарату.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Основні фізико-хімічні властивості біологічних тканин.

1. Структура та склад.

Клітинна організація:

- Клітини тканин спеціалізовані: нейрони (провідність імпульсів), кардіоміоцити (скорочення серця), остеоцити (підтримка кісткової матриці).

- Позаклітинний матрикс (ПКМ):

- Колаген (типи I, II, III): надає механічну міцність. Наприклад, тип I переважає у кістках і сухожиллях, тип II – у хрящах.

- Еластин: забезпечує пружність (напр., у стінках артерій).

- Протеоглікани (напр., аггрекан): утримують воду завдяки гіалуронової кислоті та глікозаміногліканам (ГАГ), що важливо для амортизації в хрящах.

- Фібронектин та ламінін: адгезійні білки, які зв'язують клітини з матриксом.

Хімічні компоненти:

- Ліпіди: фосфоліпіди клітинних мембран формують біліпідний шар, стероїди (напр., холестерин), регулюють мембранну плинність.

- Вуглеводи: глікопротеїни (напр., муцини) захищають поверхні (слизові оболонки).

2. Вологість та гідрофільність.

Роль води:

- Метаболізм: вода – розчинник для ферментативних реакцій (напр., гідроліз АТФ).

- Тургор клітин: тиск води підтримує форму рослинних клітин, а у тварин – еластичність шкіри.

- Транспорт речовин: дифузія іонів і молекул через водне середовище (напр., синовіальна рідина в суглобах).

Гідрофільність ПКМ:

- Гідрофільні ГАГ (напр., хондроїтинсульфат) зв'язують воду, утворюючи гелеподібну структуру, що зменшує тертя в хрящах.

3. Електричні властивості.

Іонна провідність:

- Натрій-калієві насоси: підтримують градієнт Na^+/K^+ (трансмембранний потенціал ~-70 мВ).

- Деполяризація: швидкий вхід Na^+ у нейрони генерує потенціал дії.

- Специфіка тканин: м'язова тканина має високу електропровідність через саркоплазматичний ретикулум, який звільняє Ca^{2+}.

- Біоелектричні явища:

- ЕКГ/ЕЕГ: виникають через координовану електричну активність клітин серця або мозку.

4. Механічні властивості.

Типи деформацій:

- Пружність (шкіра повертає форму після стискання).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Пластичність (кістки частково деформуються без руйнування).

- В’язкопружність: комбінація пружності та в’язкості (напр., хрящі "повільно" відновлюють форму).

- Міцність:

- Сухожилля: витримують розтяг до 100 МПа завдяки паралельним волокнам колагену.

- Кістки: композит колагену (гнучкість) та гідроксиапатиту (твердість).

5. Термічні властивості.

Теплопровідність:

- Жирова тканина має низьку теплопровідність (~0,2 Вт/м·К), виконуючи роль ізолятора.

- М’язи (~0,5 Вт/м·К) швидше розсіюють тепло під час фізичного навантаження.

Теплоємність:

- Високий вміст води в тканині (напр., мозок) збільшує теплоємність, запобігаючи перегріву.

6. Проникність та дифузія.

Дифузія в ПКМ:

- Вільна дифузія: маленькі молекули (O_2, CO_2) легко проходять через рідкий матрикс.

- Обмежена дифузія: великі молекули (напр., білки) уповільнюються через взаємодію з протеогліканами.

Селективні бар’єри:

- Гематоенцефалічний бар’єр: ендотелій капілярів мозку обмежує проникність завдяки щільним контактам.

7. pH та буферні системи.

Регуляція pH:

- Бікарбонатна система: $HCO_3^- + H^+ \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$. Активна в крові та міжклітинній рідині.

- Фосфатна система: $H_2PO_4^- \leftrightarrow HPO_4^{2-} + H^+$. Важлива у клітинній цитоплазмі та нирках.

- Білки: гемоглобін зв’язує H^+ у еритроцитах.

- Патології: ацидоз (pH < 7.35) при гіпоксії, алкалоз (pH > 7.45) при гіпервентиляції.

8. Осмотичні властивості.

Осморегуляція:

- Клітинні іонні насоси (напр., Na^+/K^+-АТФ) підтримують осмотичний баланс.

- Онкотичний тиск: білки плазми (напр., альбумін) утримують воду в судинах.

- Приклади дисбалансу: набряки при зниженні онкотичного тиску (цироз печінки).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

9. Оптичні параметри.

Взаємодія зі світлом:

- Прозорість рогівки: забезпечується впорядкованим колагеном та відсутністю кровоносних судин.

- Пігменти: меланін шкіри поглинає УФ, гемоглобін еритроцитів – видиме світло.

Медична діагностика:

- Оптична когерентна томографія (ОКТ): використовує інфрачервоне світло для візуалізації сітківки.

10. Хімічна реакційна здатність.

Ферментативні процеси:

- Цикл Кребса: в мітохондріях м'язів генерує АТФ.

- Оксидативний стрес: супероксид-радикали (O_2^-) ушкоджують клітини, нейтралізуються супероксиддисмутазою.

- Детоксикація: гепатоцити печінки використовують цитохром Р450 для метаболізму токсинів.

11. Вікові та патологічні зміни.

Деградація колагену:

- Зменшення синтезу колагену після 25 років → зморшки, втрата пружності шкіри.

- Глікація колагену (зв'язування з цукрами) при діабеті → жорсткість судин.

Кісткова резорбція:

- Зменшення естрогену в менопаузі → активізація остеокластів → остеопороз.

Практичне значення

- *Медицина:* розробка біоматеріалів (напр., штучні хрящі з гідрогелів), діагностика за допомогою біоелектричних сигналів.

- *Реабілітація*: розуміння в'язкопружних властивостей тканин допомагає у фізіотерапії.

- *Косметологія:* креми з гіалуронової кислоти відновлюють гідрофільність шкіри.

Ці властивості – основа для розуміння фізіології, розробки ліків та біотехнологічних рішень.

Хімічний склад і його вплив на функціональні властивості.

Хімічний склад тканин визначає їхні структурні, механічні, метаболічні та функціональні характеристики (табл. 1.1). Ось детальний аналіз ключових компонентів та їхньої ролі:

1. Вода (60-90% маси тканин).

Вплив на функції:

- Транспорт речовин: вода – середовище для дифузії іонів (Na^+, K^+), молекул (глюкоза, кисень) та ферментативних реакцій.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Структурна стабільність: забезпечує тургор клітин (напр., у рослинних клітинах або хрящах).

- Терморегуляція: висока теплоємність води запобігає перегріву тканин (напр., у м'язах під час навантаження).

2. Білки (20-30% сухої маси).

Колаген (25-35% всіх білків організму):

- Склад: три спіральні ланцюги, багаті на гліцин, пролін, гідроксипролін.

- Функція: надає міцність на розрив (сухожилля, кістки). При дефіциті – слабкість зв'язок, остеопороз.

Еластин:

- Склад: багатий на гідрофобні амінокислоти (напр., валін).

- Функція: забезпечує пружність (артерії, легені). При старінні – розщеплення еластину → зморшки, атеросклероз.

Ферменти (напр., амілаза, АТФ-синтаза):

- Функція: каталіз біохімічних реакцій. Наприклад, кератин у шкірі захищає від механічних ушкоджень.

3. Ліпіди (2-15% маси).

Фосфоліпіди:

- Склад: гідрофільні "головки" та гідрофобні "хвости".

- Функція: основа клітинних мембран. Визначають плинність мембран (напр., вплив холестерину на жорсткість).

Тригліцериди:

- Функція: енергетичний запас у адипоцитах (жирова тканина). При надлишку - ожиріння, інсулінорезистентність.

Стероїди (напр., гормони):

- Функція: регуляція метаболізму (кортизол) або структурна підтримка (холестерин у мембранах).

4. Вуглеводи (1-5% маси).

Глікозаміноглікани (ГАГ):

- Склад: повторювані дисахаридні ланцюги (напр., хондроїтинсульфат, гіалуронова кислота).

- Функція: зв'язують воду в позаклітинному матриксі → амортизація (хрящі), змащення суглобів.

Глікопротеїни:

- Приклад: фібронектин (зв'язує клітини з колагеном).

- Функція: клітинна адгезія, імунні реакції (напр., антитіла).

5. Мінерали (1-5% маси).

Кальцій (Ca^{2+}*) і фосфор (*P*):*

- Функція: утворення гідроксиапатиту в кістках (твердість). Дисбаланс → рахіт, остеомаляція.

Калій (K^+) *і натрій* (Na^+):

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Функція: підтримка мембранного потенціалу (нейрони, м'язи). Порушення → аритмії, судоми.

6. Нуклеїнові кислоти (ДНК, РНК).

- Функція: зберігання та передача генетичної інформації. Пошкодження ДНК (напр., через УФ або радіацію) → мутації, апоптоз клітин.

Таблиця 1.1

Ключові взаємозв'язки хімічного складу та функцій

Компонент	Хімічна особливість	Функціональний вплив
Гіалуронова кислота	Високогідрофільні полісахариди	Утримує воду → амортизація суглобів, еластичність шкіри.
Гемоглобін	Залізовмісний білок	Транспорт O_2 та CO_2. При дефіциті заліза → анемія, гіпоксія тканин.
Кератин	Білок з дисульфідними зв'язками	Міцність нігтів, волосся. При порушенні синтезу → ламкість, алопеція.
Колаген типу I	Щільні волокна з високим вмістом гліцину	Міцність кісток, сухожиль. При дефіциті вітаміну С → порушення синтезу → цинга.
Ліпопротеїни	Комплекси ліпідів і білків	Транспорт холестерину (ЛПНП – атеросклероз, ЛПВП – "захисний" ефект).

Приклади патологій, пов'язаних із хімічним складом:

1. Мармурова хвороба (остеопетроз): надлишкова мінералізація кісток через порушення балансу Ca^{2+}/фосфатів → кістки крихкі.
2. Муковісцидоз: дефект білка CFTR (хлорний канал) → згущення слизу, порушення дихання.
3. Атеросклероз: накопичення ліпідів (ЛПНП) у стінках судин → звуження просвіту, ішемія.

Підсумок:

Хімічний склад тканин безпосередньо визначає їхню функціональну спеціалізацію:

- Структурна роль: білки (колаген, кератин) та мінерали (Ca^{2+}).
- Динамічні функції: ліпіди (енергія), вуглеводи (гідрофільність), іони (провідність).
- Адаптація: зміни складу при навантаженні (напр., збільшення міоглобіну в м'язах) або патологіях (глікація білків при діабеті).

Розуміння цих взаємозв'язків є критичним для розробки ліків, біоматеріалів та методів лікування (напр., замісна терапія ферментами при лізосомних хворобах).

Вода як компонент біологічних тканин.

Вода є основним компонентом всіх біологічних тканин, складаючи від 60% до

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

90% їхньої маси (залежно від типу тканини). Її унікальні фізико-хімічні властивості роблять її незамінною для підтримки життєдіяльності, структурної цілісності та функцій організму. Розглянемо детальніше роль води в біологічних тканинах.

1. Фізико-хімічні властивості води, важливі для тканин.

- Полярність молекули: дозволяє воді бути універсальним розчинником для іонів (Na^+, K^+, Ca^{2+}), полярних молекул (глюкоза, амінокислоти) та газів (O_2, CO_2).
- Висока теплоємність: поглинає та утримує тепло, стабілізуючи температуру тіла.
- Висока поверхнева напруга: забезпечує капілярний ефект (рух рідин у судинах, транспорт у рослинах).
- Здатність до формування водневих зв'язків: впливає на структуру білків, ДНК та позаклітинного матриксу.

2. Основні функції води в тканинах.

А. Транспортна функція.

Розчинник для метаболітів:

- Вода – середовище для всіх біохімічних реакцій (напр., гідроліз АТФ, цикл Кребса).
- Транспортує поживні речовини (глюкозу, амінокислоти) до клітин і виводить токсини (сеча, піт).

Кров і лімфа: плазма крові містить ~90% води, що забезпечує перенесення гормонів, імунних клітин, газів.

Б. Структурна функція.

Тургор клітин:

- У рослинних клітинах тиск води підтримує форму (напр., тургесцентність листя).
- У тканинах тварин (напр., хрящах) вода в позаклітинному матриксі створює амортизацію.

Гідрофільність білків:

- Колаген та гіалуронова кислота утримують воду, формуючи гелеподібні структури (напр., скловидне тіло ока, хрящі).

В. Терморегуляція.

- Потовиділення: випаровування води з поверхні шкіри охолоджує організм.
- Розподіл тепла: високий вміст води в крові та м'язах запобігає локальному перегріву.

Г. Участь у хімічних реакціях.

- Гідроліз: вода розщеплює макромолекули (напр., ліпіди → жирні кислоти + гліцерин).
- Фотосинтез: вода – джерело кисню в реакції світлової фази.
- Синтез макромолекул: конденсаційні реакції (напр., утворення пептидних зв'язків) виділяють воду.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

3. Розподіл води в тканинах *(табл. 1.2)**.***

Таблиця 1.2

Розподіл води в тканинах

Тканина/орган	Вміст води (%)	Приклад функціонування
Кров	90-92	Транспорт газів, іонів, білків.
М'язи	75-80	Гідрофільність міофібрил забезпечує скорочення
Головний мозок	~75	Захист від механічних пошкоджень (спинномозкова рідина).
Кістки	10-20	Мінералізований матрикс (гідроксиапатит) містить зв'язану воду
Жирова тканина	10-15	Низький вміст води пояснює її роль як ізолятора.

4. Регуляція водного балансу.

Механізми гомеостазу:

- Нирки: фільтрують кров, видаляючи надлишок води (сеча).

Гормони:

- Антидіуретичний гормон (АДГ) → зменшує виведення води.
- Альдостерон → регулює рівень Na^+/K^+, впливаючи на осмотичний тиск.
- Осморецептори: в гіпоталамусі виявляють зміни концентрації іонів.

5. Патології, пов'язані з порушенням водного балансу.

Зневоднення (дегідратація):

- Причини: нестача вживання води, діарея, надмірне потовиділення.
- Наслідки: згущення крові → порушення кровообігу, судоми, ниркова недостатність.

Набряки (гіпергідратація):

- Причини: серцева недостатність, цироз печінки, дисфункція нирок.
- Наслідки: надлишок води в міжклітинному просторі → порушення обміну речовин.

Електролітний дисбаланс:

- Гіпонатріємія (низький рівень Na^+) → набряк мозку.
- Гіперкаліємія (високий рівень K^+) → аритмії.

Вода в спеціалізованих тканинах:

- Слизові оболонки: вода в складі муцинів захищає епітелій шлунку від кислоти.
- Синовіальна рідина: містить воду та гіалуронову кислоту → змащує суглоби.
- Очне яблуко: водяниста волога та скловидне тіло підтримують форму ока та заломлення світла.

Підсумок:

Вода – це не просто «середовище» для життя, а активний учасник усіх біологічних процесів. Її кількість, розподіл та взаємодія з іншими компонентами тканин (білками, іонами, ліпідами) визначають:

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- структурну стабільність (тургор, амортизація);
- динамічні функції (метаболізм, провідність імпульсів);
- адаптацію до зовнішніх умов (терморегуляція, детоксикація).

Порушення водного балансу призводить до критичних станів, що підкреслює її життєву важливість. Дослідження ролі води в тканинах актуальні для медицини (лікування набряків, розробка гідрогелів), косметології (зволоження шкіри) та біотехнологій.

Колаген, типи колагену: структура, функції та локалізація.

Колаген – це основний структурний білок організму, який становить близько 30% від усіх білків тіла. Він формує "каркас" сполучної тканини, забезпечуючи міцність, пружність та механічну стабільність. Існує понад 28 типів колагену, але найпоширеніші типи I, II, III, IV, V (табл. 1.3).

Структура колагену:

- Склад: 3 поліпептидні ланцюги (α-ланцюги), скручені у потрійну спіраль.
- Амінокислотний склад: багатий на гліцин (33%), пролін та гідроксипролін (стабілізують спіраль).
- Посттрансляційна модифікація: гідроксилювання проліну та лізину (вимагає вітаміну С) → формування поперечних зв'язків між молекулами.

Таблиця 1.3

Основні типи колагену, їх функції та локалізація

Тип колагену	Локалізація	Структура/ функція	Патології при порушеннях
Тип I	Кістки (90%), шкіра, сухожилля, рогівка	**Щільні фібрили** → міцність на розрив. Складається з двох α1- і одного α2-ланцюгів.	Остеопороз, цинга, рубці після травм.
Тип II	Хрящі, скловидне тіло ока	**Тонкі фібрили** → амортизація навантажень. Складається з трьох α1-ланцюгів.	Остеоартрит, дегенерація хрящів.
Тип III	Судини, органи (печінка, легені), ембріональна тканина	**Ретикулярні волокна** → пружність. Часто супроводжує тип I.	Синдром Елерса–Данлоса (тип IV), аневризми.
Тип IV	Базальні мембрани (нирки, епітелій)	**Мережевий каркас** → фільтрація та адгезія клітин. Утворює шари, а не фібрили.	Синдром Альпорта, нефропатії.
Тип V	Плацента, рогівка, кістки (разом з типом I)	**Регулює діаметр фібрил** типу I. Взаємодіє з глікозаміногліканами.	Синдром Елерса–Данлоса (класичний тип).
Тип VII	Епідерміс (з'єднує дерму та епідерміс)	**Анкерні фібрили** → кріплення базальної мембрани до дерми.	Буллезний епідермоліз (пухирці на шкірі).
Тип X	Гіаліновий хрящ (зони росту кісток)	**Регулює мінералізацію** кісткової тканини.	Дисплазії скелету, порушення росту кісток.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Ключові особливості окремих типів.

1. Тип I:

- Найпоширеніший тип (90% колагену організму).
- У кістках утворює композит з гідроксиапатитом, що надає твердість.
- При дефіциті вітаміну С порушується гідроксилювання → цинга (кровоточивість ясен, руйнування тканин).

2. Тип II:

- Основна складова гіалінового хряща (суглоби, міжхребцеві диски).
- Деградація типу II під дією ферментів (напр., матриксних металопротеїназ) → остеоартрит.

3. Тип IV:

- Формує базальні мембрани, які розділяють епітелій та сполучну тканину.
- Мутації в гені COL4A5 → синдром Альпорта (ниркова недостатність, втрата слуху).

Синтез колагену.

1. Утворення проколагену: синтез α-ланцюгів у клітинах (фібробластах, остеобластах, хондроцитах).
2. Гідроксилювання: додавання - ОН груп до проліну та лізину за участю вітаміну С.
3. Секреція у позаклітинний матрикс: відщеплення пропептидів → формування фібрил.
4. Поперечні зв’язки: фермент лізилоксидаза з’єднує молекули, підвищуючи міцність.

Патології, пов’язані з колагеном:

- Синдром Елерса–Данлоса: генетичні дефекти синтезу колагену → гіперрухливість суглобів, тендітність шкіри.
- Остеогенез імперфекта ("крихкі кістки"): мутації в колагені типу I → часті переломи.
- Склеродермія: надлишкове відкладення колагену в шкірі та органах → фіброз.

Застосування колагену.

Медицина:

- Штучні хрящі для трансплантації.
- Колагенові губки для загоєння опіків.

Косметологія:

- Креми з гідролізованим колагеном для зволоження шкіри.
- "Колагенові ін’єкції" для заповнення зморшок.
- Харчова промисловість: желатин (денатурований колаген) як харчовий додаток.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Підсумок:

Колаген – це не лише "будівельний матеріал", а й динамічний компонент, який забезпечує:

- механічну стабільність тканин (типи I, II);
- фільтрацію (тип IV у нирках);
- регенерацію (участь у загоєнні ран).

Розуміння його типів та функцій важливе для діагностики захворювань, розробки біоматеріалів та антивікових терапій.

Деформація і відновлення біологічних тканин.

Біологічні тканини мають унікальні механічні властивості, які дозволяють їм деформуватися під навантаженням і відновлюватися після пошкоджень. Ці процеси залежать від типу тканини, її складу та фізіологічних умов.

Типи деформації тканин.

1. Пружна деформація (зворотна):

- Тканина повертає форму після припинення навантаження.
- Приклади:
  - Шкіра розтягується під час руху і відновлюється.
  - Сухожилля повертають довжину після скорочення м’язів.

2. Пластична деформація (незворотна):

- Тканина змінює структуру назавжди.
- Приклади:
  - Кістки при переломах (потрібна ремоделювання).
  - Рубці на шкірі після глибоких пошкоджень.

3. В’язкопружна деформація:

- Поєднання пружності та в’язкості (тканина "повільно" відновлюється).
- Приклади:
  - Хрящі суглобів амортизують ударні навантаження.
  - Легеневі альвеоли розширюються під час вдиху.

Механізми відновлення тканин (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Залежить відновлення від типу тканини та ступеня пошкодження

Тканина	Спосіб відновлення	Час
Епітелій	Швидка регенерація клітин (напр., шкіра, кишківник)	Дні–тижні
Печінка	Регенерація гепатоцитів навіть після втрати 70% маси	Тижні–місяці
Кістки	Ремоделювання за участю остеокластів (руйнують) та остеобластів (будують)	Місяці
Серцевий м’яз	Обмежена регенерація; пошкоджені ділянки замінюються сполучною тканиною (рубець)	Неповне відновлення
Нервова	Нейрони ЦНС не регенерують; аксони периферичних нервів відростають повільно	Місяці–роки

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Фази відновлення тканин.

1. Запалення (до 7 днів):

- Кровоносні судини: звужуються, потім розширюються.
- Імунні клітини: нейтрофіли та макрофаги видаляють мертві клітини.
- Сигнали: вивільнення факторів росту (TGF-β, PDGF).

2. Проліферація (7–21 днів):

- Фібробласти: синтез колагену для формування грануляційної тканини.
- Ангіогенез: утворення нових капілярів.
- Епітелізація: міграція кератиноцитів для закриття рани.

3. Ремоделювання (від 21 днів до років):

- Зрілий рубець: колагенові волокна переорієнтовуються.
- Апоптоз: надлишкові клітини (напр., фібробласти) видаляються.

Чинники, що впливають на деформацію та відновлення:

- Вік: зменшення синтезу колагену та еластину після 30 років → уповільнене загоєння.
- Харчування: дефіцит білків, вітаміну С, цинку → порушення синтезу колагену.
- Кровопостачання: гіпоксія (напр., при діабеті) уповільнює регенерацію.
- Гормони: кортизол пригнічує запалення, але перешкоджає проліферації.

Патології деформації та відновлення:

1. Гіпертрофічні рубці: надлишковий синтез колагену після опіків.
2. Фіброз: патологічне відкладення сполучної тканини (напр., цироз печінки).
3. Контрактура Дюпюїтрена: втрата пружності сполучної тканини долоні.

Сучасні методи стимуляції відновлення:

- Біоматеріали: гідрогелі з гіалуроновою кислотою для заповнення дефектів хрящів.
- Стовбурові клітини: ін’єкції для регенерації м’язів або нервів.
- Біодрук: 3D-друк тканин із використанням клітин пацієнта.
- Електростимуляція: прискорення загоєння ран і відновлення нервів.

Підсумок:

Деформація та відновлення тканин – це динамічні процеси, що залежать від:

- механічних властивостей (пружність, міцність);
- клітинної активності (фібробласти, стовбурові клітини);
- зовнішніх умов (харчування, кровопостачання).

Розуміння цих механізмів дозволяє розробляти інноваційні методи лікування, такі як біоінженерні імпланти або персоналізовану регенеративну медицину.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Зміни фізико-хімічних властивостей тканин у патологічних станах.

Патологічні процеси (запалення, ішемія, пухлини, фіброз тощо) суттєво змінюють фізико-хімічні властивості тканин, що впливає на їх функціонування та клінічні прояви. Ось ключові зміни:

1. Механічні властивості.

Фіброз (цироз печінки, легеневий фіброз):

- Зміна: надлишковий синтез колагену типу I → підвищення жорсткості тканин.

- Наслідок: втрата еластичності, порушення функції органів (напр., зниження дихальної ємності легень).

Остеопороз:

- Зміна: демінералізація кісток → зменшення міцності на стиск.

- Наслідок: підвищений ризик переломів.

- Атеросклероз: відкладення ліпідів і кальцію в судинах → зниження пружності стінок артерій.

2. Електричні властивості.

Ішемія міокарда:

- Зміна: порушення іонного балансу (натрію, калію, кальцію) → аномальна деполяризація клітин.

- Наслідок: аритмії, фібриляція шлуночків.

Епілепсія:

- Зміна: патологічна синхронізація електричної активності нейронів.

- Наслідок: епілептичні напади.

3. Гідрофільність та проникність.

Набряки:

- Зміна: збільшення проникності капілярів або зниження онкотичного тиску → накопичення води в міжклітинному просторі.

- Причини: серцева недостатність, ниркова патологія, запалення.

Пухлини:

- Зміна: аномальний ангіогенез → "протікаючі" судини, що сприяє метастазуванню.

4. Термічні властивості.

Запалення:

- Зміна: локальне підвищення температури через вазодилатації та активність імунних клітин.

- Приклад: артрит → нагрівання суглобів.

Гіпотермія/гіпертермія:

- Зміна: порушення терморегуляції (напр., при сепсисі, інсульті).

5. Оптичні властивості.

Меланома:

- Зміна: збільшення поглинання світла через накопичення меланіну.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Діагностика: використання дерматоскопії для виявлення атопічних пігментних ділянок.

Катаракта:

- Зміна: денатурація білків кришталика ока → зниження прозорості.

6. Хімічна реакційна здатність.

Діабет:

- Зміна: глікація білків (колагену, еластину) → утворення кінцевих продуктів глікації (AGEs).

- Наслідок: жорсткість судин, нейропатії, уповільнене загоєння ран.

Окислювальний стрес:

- Зміна: накопичення активних форм кисню (АФК) → пошкодження ліпідів, білків, ДНК.

- Приклади: нейродегенеративні захворювання (хвороба Альцгеймера), атеросклероз.

7. Осмотичні властивості.

Цироз печінки:

- Зміна: зниження синтезу альбуміну → падіння онкотичного тиску → асцит (накопичення рідини в черевній порожнині).

Діабетична кетоацидоз:

- Зміна: надлишок глюкози та кетонових тіл у крові → осмотичний діурез → зневоднення.

8. Зміни pH.

Ацидоз/алкалоз:

- Метаболічний ацидоз (напр., при нирковій недостатності): pH < 7.35 → порушення ферментативних реакцій.

- Респіраторний алкалоз (гіпервентиляція): pH > 7.45 → судоми, головний біль.

Механізми патологічних змін:

1. Дисфункція клітин (напр., фібробластів при фіброзі).

2. Порушення синтезу/деградації макромолекул (напр., надмірна активність матриксних металопротеїназ при артриті).

3. Імунні реакції: цитокіни (напр., IL-6, TNF-α) змінюють проникність судин і активність ферментів.

4. Генетичні мутації: напр., дефекти колагену при синдромі Елерса–Данлоса.

Діагностичне значення змін:

- Біопсія: оцінка жорсткості або складу тканин (напр., фіброз печінки).

- МРТ/КТ: визначення щільності тканин (остеопороз, пухлини).

- лабораторні тести: pH крові, рівень електролітів, маркери окиснювального стресу.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Підсумок:

Патологічні стани порушують природний баланс фізико-хімічних властивостей тканин, що призводить до:

- втрати функції (напр., жорсткі судини → гіпертензія);
- структурних дефектів (рубці, кальцифікація);
- системних ускладнень (набряки, ацидоз).

Розуміння цих змін дозволяє розробляти цільову терапію (напр., антифібротичні ліки) та діагностичні методи (біомаркери жорсткості тканин).

Біомедичні методи оцінки властивостей біологічних тканин.

Для дослідження фізико-хімічних, механічних та функціональних властивостей тканин використовують сучасні методи, які дозволяють отримувати дані на макро-, мікро- та нанорівнях. Розглянемо основні підходи:

1. Візуалізаційні методи.

МРТ (магнітно-резонансна томографія):

- Принцип: відображення розподілу протонів води в тканинах.
- Застосування: оцінка структури м'язів, хрящів, виявлення пухлин, набряків.
- Специфіка: дифузійно тензорна МРТ вивчає орієнтацію волокон (напр., у мозку).

Ультразвукова діагностика:

- Принцип: відбиття ультразвукових хвиль від тканин.
- Застосування: вимірювання жорсткості (еластографія для діагностики фіброзу печінки), оцінки кровотоку (доплерографія).

КТ (комп'ютерна томографія):

- Принцип: рентгенівське випромінювання для оцінки щільності тканин.
- Застосування: дослідження кісток (остеопороз), кальцифікацій у судинах.

Оптична когерентна томографія (ОКТ):

- Принцип: інфрачервоне світло для отримання зображень з високою роздільною здатністю.
- Застосування: діагностика захворювань сітківки, аналіз стану шкіри.

2. Механічне тестування.

Реологія:

- Принцип: Вимірювання деформації тканин під навантаженням.
- Параметри: Модуль Юнга (пружність), в'язкість, міцність на розрив.
- Застосування: Характеристика хрящів, сухожиль, штучних імплантів.

Атомно-силова мікроскопія (AFM):

- Принцип: сканування поверхні мікрозондом для оцінки жорсткості на нанорівні.
- Застосування: дослідження клітинних мембран, колагенових волокон.

Індентування (наноіндентування):

- Принцип: введення індентора в тканину для вимірювання твердості.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Застосування: аналіз мінералізації кісток, еластичності пухлин.

3. Біохімічні та спектральні методи.

Інфрачервона спектроскопія (FTIR):

- Принцип: взаємодія інфрачервоного випромінювання з хімічними групами.
- Застосування: визначення складу колагену, ліпідів, білків.

Раманівська спектроскопія:

- Принцип: аналіз розсіяного світла для виявлення молекулярних вібрацій.
- Застосування: діагностика раку (відмінності у спектрах здорової та пухлинної тканини).

Масовий спектрометричний аналіз (МС):

- Принцип: ідентифікація молекул за масою/зарядом.
- Застосування: визначення біомаркерів у крові, метаболоміка тканин.

4. Електричні та електрофізіологічні методи.

Імпедансна спектроскопія:

- Принцип: вимірювання опору тканин змінному струму.
- Застосування: оцінка стану шкіри, виявлення набряків.

Електроміографія (ЕМГ):

- Принцип: реєстрація електричної активності м'язів.
- Застосування: діагностика нейром'язових захворювань.

ЕКГ/ЕЕГ:

- Принцип: фіксація електричної активності серця або мозку.

5. Термічні методи.

Інфрачервона термографія:

- Принцип: вимірювання теплового випромінювання тканин.
- Застосування: виявлення запалення, порушень кровообігу.

Динамічна калориметрія (DSC):

- Принцип: аналіз теплових змін при фазових переходах (напр., денатурація білків).
- Застосування: дослідження стабільності білків у патологіях.

6. Молекулярно-біологічні підходи.

Гістохімія та імунофлуоресценція:

- Принцип: використання антитіл або барвників для візуалізації білків (напр., колагену, еластину).
- Застосування: діагностика фіброзу, амілоїдозу.

ПЛР (полімеразна ланцюгова реакція):

- Принцип: виявлення експресії генів, пов'язаних із синтезом компонентів тканин (напр., COL1A1 для колагену).

7. In vitro та in vivo моделювання.

Тканинні інженерні конструкції:

- Принцип: вирощування тканин на 3D-каркасах для тестування їх властивостей.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Застосування: дослідження регенерації хрящів, тестування ліків.

Біореактори:

- Принцип: симуляція фізіологічних умов (навантаження, температура) для вивчення механічної адаптації тканин.

8. Інноваційні технології.

Штучний інтелект у аналізі зображень:

- Принцип: алгоритми машинного навчання для класифікації тканин за даними МРТ/КТ.

- Застосування: автоматизація діагностики пухлин, фіброзу.

3D-біодрук – створення тканинних структур з клітин пацієнта для тестування властивостей.

Клінічне значення методів:

- Діагностика: виявлення ранніх змін при остеопорозі, фіброзі, онкопатологіях.

- Моніторинг лікування: оцінка ефективності терапії (напр., регенерація хряща після введення стовбурових клітин).

- Розробка біоматеріалів: тестування штучних судин, імплантів.

Підсумок:

Сучасні біомедичні методи дозволяють:

1. Кількісно оцінювати фізико-хімічні параметри тканин (жорсткість, електропровідність, теплопровідність);
2. Виявляти патології на до клінічних стадіях (напр., початковий фіброз);
3. Персоналізувати лікування через моделювання тканинних реакцій;
4. Створювати нові матеріали для регенеративної медицини.

Ці технології є основою для розвитку прецизійної медицини та розуміння механізмів захворювань.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Хто першим звернув увагу на механіку у вивченні рухів?

A. Ісаак Ньютон
B. Леонардо да Вінчі
C. Аристотель
D. Етьєн-Жюль Марей
E. Лесгафт П.Ф.

2. Яку роль у розвитку біомеханіки відіграв Джовані Альфонсо Бореллі?

A. Створив концепцію біомеханічного моделювання
B. Об’єднав знання з анатомії, фізіології та механіки

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

C. Розробив метод хромофотографії
D. Вперше описав центр тяжіння людини
E. Винайшов перші інструменти для вимірювання рухів

3. Який вчений зробив внесок у розвиток кінематографічного методу дослідження рухів?

A. Галілео Галілей
B. Донською Д.Д.
C. Вільгельм Вебер
D. Бернштейн М.О.
E. Етьєн-Жюль Марей

4. Яка подія сприяла формуванню біомеханіки як навчальної дисципліни у 1957 році?

A. Видання першого підручника з біомеханіки Д.Д. Донським
B. Використання акселерометрів у біомеханічних дослідженнях
C. Проведення першої Всесоюзної наукової конференції з біомеханіки
D. Запровадження курсу "Теорія рухів" у КДІФК
E. Поява біомеханіки у програмах медичних університетів

5. Який основний об’єкт вивчення біомеханіки?

A. Хімічні процеси в організмі
B. Фізичні властивості тканин
C. Робота внутрішніх органів
D. Механіка руху живих організмів
E. Біологічні ритми

6. Який метод найчастіше використовується для аналізу руху людини?

A. Біохімічний аналіз
B. Електроенцефалографія
C. Магнітно-резонансна томографія
D. Лабораторний аналіз крові
E. Відеоаналіз і трекінг руху

7. Яка сила є головною в підтримці рівноваги тіла?

A. Сила тертя
B. Сила тяжіння
C. Сила м’язів
D. Сила опору повітря
E. Сила інерції

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

8. Яка структура відповідає за активний рух у суглобах?

A. М’язи
B. Кістки
C. Суглобові хрящі
D. Синовіальна рідина
E. Зв’язки

9. Яка характеристика описує здатність матеріалу чинити опір деформації?

A. В’язкість
B. Пружність
C. Пластичність
D. Гнучкість
E. Щільність

10. Що вивчає розділ біомеханіки – кінематика?

A. Рівновагу тіла та розподіл сил у стані спокою
B. Причини руху та взаємодію сил з тілом
C. Вплив температури на механічні властивості тканин
D. Опис руху без урахування сил, що його викликають
E. Будову клітин та їх біохімічний склад

11. Який компонент позаклітинного матриксу відповідає за його пружність?

A. Колаген
B. Гіалуронова кислота
C. Еластин
D. Протеоглікани
E. Фібронектин

12. Який білок утворює основу кісток та сухожиль, надаючи їм міцності?

A. Еластин
B. Фібрин
C. Актин
D. Колаген
E. Кератин

13. Який механізм підтримує мембранний потенціал клітин?

A. Осмос
B. Пасивна дифузія
C. Фагоцитоз
D. Гідратація білків
E. Натрій-калієвий насос

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

14. Яка речовина утримує воду в позаклітинному матриксі, забезпечуючи амортизацію суглобів?

A. Гіалуронова кислота
B. Колаген
C. Еластин
D. Ліпопротеїни
E. Кальцій

15. Що вимірює імпедансна спектроскопія?

A. Генетичну експресію
B. Еластичність кісток
C. Вібрації молекул
D. Опір тканин змінному струму
E. Температурні зміни у тканинах

Питання до самоконтролю:

1. Які етапи розвитку біомеханіки ви можете виділити?
2. Які сучасні напрямки розвитку біомеханіки в Україні?
3. Які загальні та конкретні завдання біомеханіки?
4. Що є предметом біомеханіки, які її основні методи дослідження?
5. Як застосовується біомеханіка в медицині та реабілітації?
6. Чому тіло людини розглядається як біомеханічна система?
7. Які основні поняття біомеханіки та чим вони відрізняються? (статика, кінематика, динаміка)
8. Які основні фізико-хімічні властивості біологічних тканин?
9. Як хімічний склад тканин впливає на їхні функціональні властивості?
10. Яку роль відіграє вода у складі біологічних тканин?
11. Що таке колаген, які його основні типи, функції та локалізація?
12. Які механізми деформації та відновлення біологічних тканин?
13. Як змінюються фізико-хімічні властивості тканин у патологічних станах?
14. Які біомедичні методи використовуються для оцінки властивостей біологічних тканин?
15. Чому знання з біомеханіки важливі для медичної практики та реабілітації?

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т.118 (1), № 52. С. 1-13.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник/ укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : Навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л. О. Вакуленко [та ін.]; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.
7. Human Anatomy:textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

Додаткові цифрові ресурси:

Biomechanics Terminology: Stress, Strain and an Introduction to Tissue Stress

Biomechanics Terminology: Viscoelasticity

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 2. БІОЛОГІЧНІ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КІСТКОВОЇ ТА СПОЛУЧНОЇ ТКАНИНИ

Теоретичні питання

1. Види та типи тканин опорно-рухової системи.
2. Пружні властивості тканин опорно-рухової системи.
3. Стійкість до деформацій та міцність тканин.
4. В'язко-пружні та пластичні властивості, їхня роль в опорно-руховій системі.
5. Особливості механічних властивостей хрящової тканини.
6. Механічні властивості м'язів та їхня роль у русі.
7. Адаптація тканин до фізичного навантаження.
8. Методи вимірювання механічних властивостей тканин (ультразвук, рентгенівська денситометрія).
9. Вікові зміни механічних властивостей тканин.
10. Механічні властивості тканин у контексті патологій.
11. Фізичні властивості тканин.
12. Графіки залежності від часу тривалості зовнішньої сили та швидкості її застосування (повзучість, стрес-деформація, гістерезис).

Види та типи тканин опорно-рухової системи.

Опорно-рухова система складається з **кісток**, **м'язів**, **хрящів**, **сухожиль**, **зв'язок** та інших сполучних тканин, які забезпечують рух, підтримку та захист організму. Ось детальна класифікація:

1. Кісткова тканина:

Функції: опора, захист внутрішніх органів, депо мінералів (Ca^{2+}, P), кровотворення.

Типи:

Компактна (щільна) кістка:

- Складається з остеонів (гаверсових систем).
- Формує зовнішній шар кісток, забезпечує міцність.

Губчаста кістка:

- Має сітчасту структуру з трабекул.
- Зосереджена в епіфізах довгих кісток і всередині плоских кісток (напр., хребців).

2. Хрящова тканина (табл. 2.1):

Функції: амортизація, зменшення тертя в суглобах, підтримка форми (напр., ніс, вушна раковина).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Таблиця 2.1

Типи хрящової тканини

Тип хряща	Структура	Локалізація
Гіаліновий	Гладкий, з колагеном типу II	Суглоби, ребра, носова перегородка
Еластичний	Містить еластинові волокна	Вушна раковина, надгортанник
Волокнистий	Щільні колагенові волокна (тип I)	Міжхребцеві диски, лобкове зчленування

3. М'язова тканина (табл. 2.2):

Функції: скорочення для руху, підтримки пози, терморегуляції.

Таблиця 2.2

Типи м'язової тканини

Тип м'язів	Характеристики	Локалізація
Поперечнопосмуговані (скелетні)	Довільні скорочення, багатоядерні клітини	Прикріплені до кісток (напр., біцепс)
Гладкі	Мимовільні скорочення, веретеноподібні клітини	Стінки внутрішніх органів (кишківник, судини)
Серцеві	Мимовільні, мають міжклітинні контакти (вставні диски).	Серце

Примітка: в опорно-руховій системі переважають скелетні м'язи.

4. Сполучна тканина (табл. 2.3, рис. 2.1):

Функції: З'єднання, підтримка, амортизація, захист.

Таблиця 2.3

Основні типи сполучної тканини

Тип тканини	Специфічні структури	Характеристика тканини
Щільна регулярна або оформлена (правильна);	Зв'язки, сухожилля	Щільне, паралельне розташування колагенових волокон; пропорційно менше речовини
Щільна нерегулярна або неоформлена (неправильна)	Апоневроз, окістя, суглобові капсули, дерма шкіри, ділянки підвищених механічних навантажень	Щільна, різноспрямоване розташування колагенових волокон; здатні протистояти різноспрямованим навантаженням
Пухка волокниста	Поверхневі фасціальні оболонки, оболонки м'язів і нервів, опорні оболонки внутрішніх органів.	Розріджене різноспрямоване розташування колагенових волокон; присутня більша кількість еластину

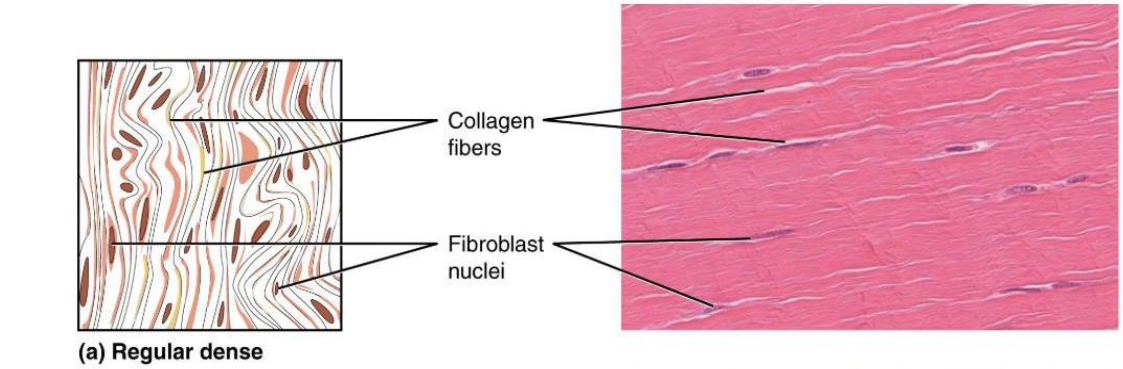
Пухка сполучна тканина:

- Ареолярна: заповнює простори між органами, містить фібробласти, колаген, еластин.

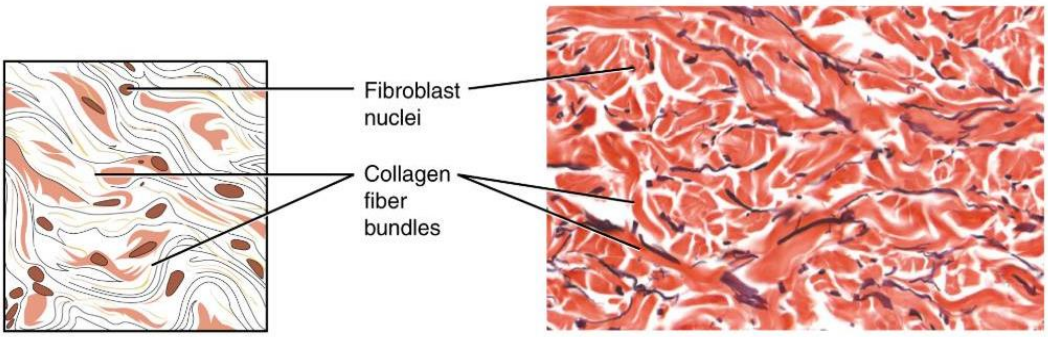
https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

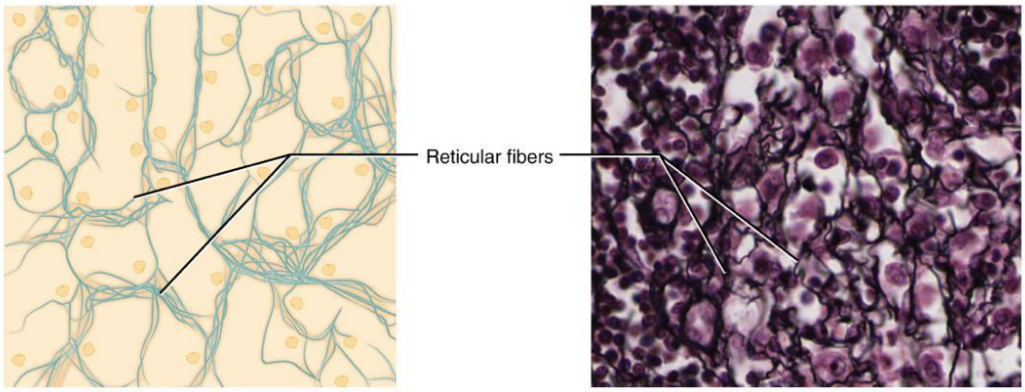
- Жирова: накопичує енергію, ізолює тепло (напр., під шкірою).



а



б



в

Рис. 2.1. Типи сполучної тканини: а) щільна регулярна або оформлена (правильна); б) щільна нерегулярна або неоформлена (неправильна); в) пухка волокниста

5. Кров та лімфа:

- Функції: транспорт поживних речовин, кисню, імунний захист.
- Кров: еритроцити, лейкоцити, тромбоцити в плазмі.
- Лімфа: відводить надлишок рідини, містить лімфоцити.

6. Нервова тканина:

- Функції: проведення імпульсів для координації рухів.
- Склад: нейрони (генерують сигнали) та гліальні клітини (підтримка).
- Локалізація: нерви, спинний і головний мозок.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Ключові взаємодії в опорно-руховій системі:

1. Кістки + м’язи: за допомогою сухожиль утворюють важелі для руху.
2. Суглоби + хрящі: зменшують тертя та амортизують навантаження.
3. Зв’язки + фасції: стабілізують структури, запобігають травмам.

Патології тканин опорно-рухової системи:

- Остеопороз: руйнування кісткової тканини → переломи.
- Артрит: дегенерація суглобового хряща → болючість.
- Тендиніт: запалення сухожилля через надмірне навантаження.
- Міастенія: автоімунне ураження м’язових рецепторів → слабкість.

Підсумок:

Опорно-рухова система – це комплекс тканин, які забезпечують:

- рух (скелетні м’язи, сухожилля);
- опору (кістки, хрящі);
- захист (ребра, череп);
- адаптацію до навантажень (амортизація хрящів, ремоделювання кісток).

Розуміння будови та функцій цих тканин важливе для діагностики, лікування захворювань і травм, а також розробки біоматеріалів (напр., штучних суглобів).

Пружні властивості тканин опорно-рухової системи.

Сполучна тканина буває **еластичною (пружність), в’язкопружною і пластичною** і володіє всіма трьома якостями одночасно (рис. 2.2).

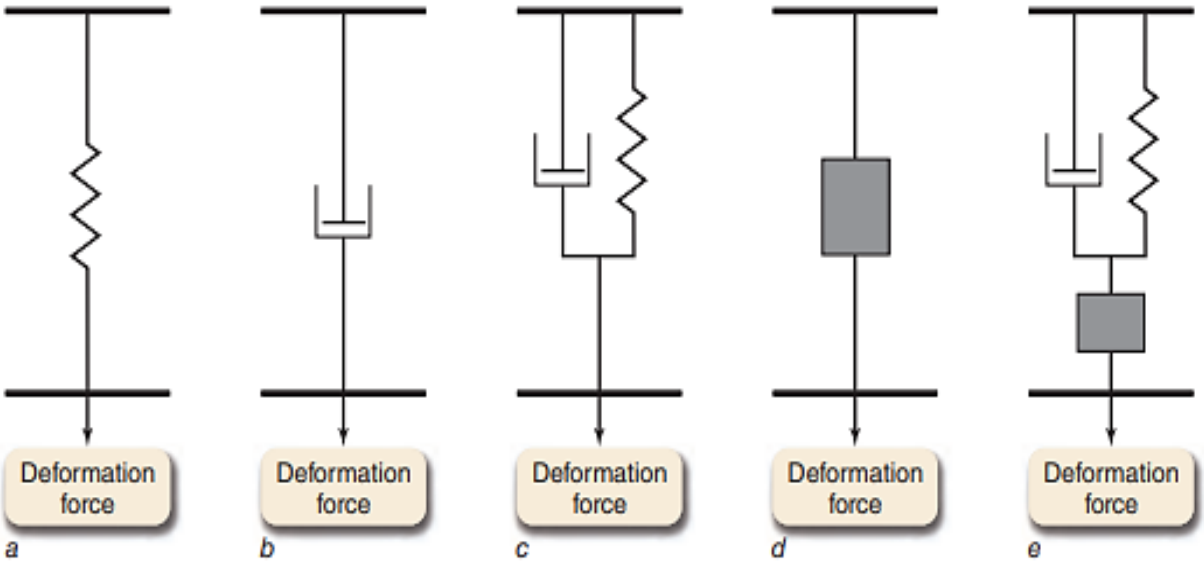


Рис. 2.2. Моделі опору тканин проти сил деформації: (a) еластичність, (b) в’язкість, (c) в’язкопружність, (d) пластичність, (e) в’язкопружність з пластичними компонентами

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Коли сполучна тканина розтягнута, всі три якості можуть бути порушені. Якщо ми розділимо властивості та подивимось їх окремо, можливо, легше зрозуміти, як функції колагену та що ми можемо зробити, щоб впливати на нього. **Пластичність** дозволяє довжину сполучної тканини змінювати, тоді як **еластичність** дозволяє деяке відновлення нормальної довжини після навантаження.

Ефективність розтяжки залежить від кількості **колагену** та **еластину** у загальній структурі.

Ефективність розтяжки теж залежить від **величини прикладеної сили, тривалості розтягування, температури тканини** та **фізичних властивостей колагену.**

Пружність (еластичність) – це здатність структури повертатися до своєї нормальної довжини після прикладання сили подовження або навантаження (стрес). Відбувається таке відновлення довжини через накопичену структурою **потенціальну енергію**. Еластичний матеріал зазвичай позначається пружиною в інженерних моделях. Гумка легко демонструє еластичність. Якщо ви коротко потягнете гумову стрічку, а потім зменшите силу, гумка повертається до своєї нормальної довжини.

В’язко-пружні та пластичні властивості, їхня роль в опорно-руховій системі.

В’язко-пружність властива речовинам, які одночасно володіють пружними і в’язкими властивостями.

В’язкість – це опір зовнішній силі, яка спричиняє постійну деформацію, подібно до рідини.

Опір виникає через зчеплення молекул, що створюють силу зсуву, щоб протистояти зміні структурної форми. Потенціальна енергія не зберігається у в’язкому об’єкті, тому немає енергії, щоб дозволити йому повернутися до нормальної довжини; іншими словами, енергія вивільняється у вигляді тепла, перш ніж її можна буде зберегти. Прикладом в’язкої речовини є дьоготь.

Пластичність – здатність речовини постійно змінювати розмір або форму після прикладання деформуючої сили.

В’язкість і **пластичність** створюють подібні ефекти в тканинах людини.

Приклад пластичності є витягування кульки шпаклівки; шпаклівка змінюється по довжині і не повертається до колишнього стану, коли ви відпускаєте зусилля. Якщо сила, прикладена до блоку більше, ніж може витримати конструкція, конструкція подовжиться; якщо прикладена сила менша за опір конструкції до змін, подовження не відбудеться. Так само і з пластичністю колагену: Зміна довжини відбувається, коли прикладена сила більше, ніж сила, що утримує колагенові волокна один одному (рис. 2.3).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

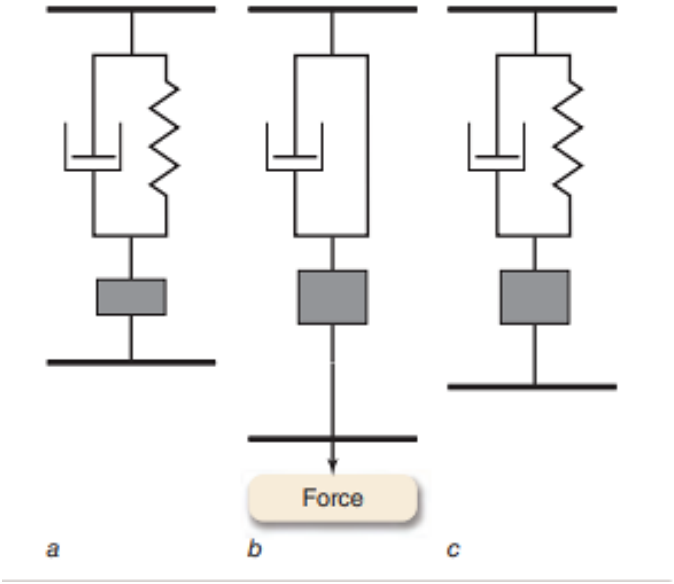


Рис. 2.3. Ілюстрація інтеграції пластичних і в'язкопружнних властивостей опору тканини, що діють проти сили, що збільшує довжину тканини: a) тканини без сили опору її довжині; b) тканина, нездатна протистояти зусиллю з пластичними змінами тканини, що відбуваються після того, як в'язкопружна тканина була розтягнута; c) пластичні зміни залишаються після звільнення від розтягування та повернення в'язкопружних якостей

Стійкість до деформацій та міцність тканин.

Хоча різні тканини мають різні специфічні конфігурації, всі тканини дотримуються концепції кривої напруження-деформації (рис. 2.4).

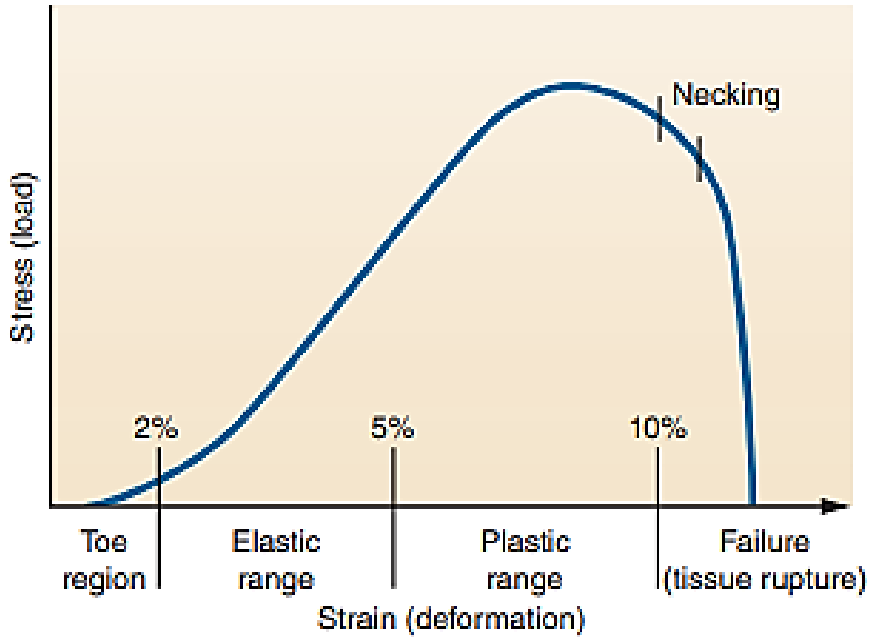


Рис. 2.4. Крива напруження-деформації

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Деякі тканини можуть мати більшу область пальців, а інші можуть мати більш різке співвідношення деформації напруги, але всі тканини мають криву напруга-деформації, яка містить область пальця, пружності, пластичності та зони руйнування.

Навантаження, необхідне для зміни довжини сполучної тканини, знаходиться в прямій залежності до міцності тканини, а міцність тканини безпосередньо пов'язана з її здатністю чинити опір навантаженню. Цей взаємозв'язок визначається законом Гука, який стверджує, що деформація об'єкта безпосередньо пов'язана зі здатністю об'єкта чинити опір напрузі (навантаженню), і ілюструється кривою напруження-деформація.

Напруга – це сила, яка змінює форму тіла. Сполучна тканина піддається трьом типам стресу: напрузі натягу (сила розтягування), напрузі стиснення (через скорочення м'язів і навантаження на суглоби) і силу зсуву (сила, прикладена паралельно поперечному перерізу тканини).

Деформація – це величина деформації, якої зазнає конструкція при додатку напруги. Всі структури мають криву напружень-деформацій, яка відображає їх власну специфічну здатність чинити опір деформуючим силам. Хоча криві стрес-деформація різних тканин організму можуть відрізнятися за часом і величиною, вони мають однакові загальні характеристики. Специфічні реакції тканин на навантаження, показані на графіку крива-навантаження.

Початковою частиною кривої напруження-деформація, є область пальців. У сполучній тканині колагенові волокна в стані спокою мають хвилясте, звивисте розташування. На область пальців припадає від 1,5% до 5% від загального можливого подовження колагенових волокон. При застосуванні сили волокна розтягуються в пружний діапазон. Оскільки слабкість колагену заповнюється під час прикладання сили розтягування, він втрачає свій хвилястий вигляд. На макроскопічному рівні опір відчувається, коли тканина доходить до кінця межі його пружності. У еластичному діапазоні колагенове волокно подовжується від 2% до 5% від загальної можливої елонгації. Повний нормальний діапазон рухів тканин знаходиться в еластичному діапазоні. Якщо сила буде відпущена в цьому діапазоні, тканина повернеться до своєї початкової довжини.

У точці межі плинності напруга навантажує тканину за межі її еластичного діапазону в її пластичний діапазон. Тканина, навантажена в цей діапазон, піддається постійному подовженню. Це результат того, що кілька колагенових волокон не витримують навантаження, що створює порушення деяких поперечних зв'язків. Колагенові волокна зазнають невдачі через ряд механізмів, включаючи збій реакції сила-релаксація, коли навантаження прикладається занадто швидко для виникнення в'язкопружних і пластичних адаптацій колагену. Волокна також розриваються, якщо реакція повзучості викликає занадто сильну деформацію занадто швидко. Ця деформація може виникати як в одному епізоді, так і від накопиченого напруження від ряду менших навантажень. Цей збій ізольованих

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

колагенових волокон відбувається непередбачувано і призводить до збільшення діапазону.

Слід згадати два фактори, що виходять за межі пластичного діапазону. **Гранична міцність** – це найбільше навантаження, яке може витримати тканина. Після цього моменту довжина волокна змінюється без застосування будь-якого додаткового навантаження. Точка граничної сили зазвичай не є метою в розтяжці. Безпосередньо перед руйнуванням у матеріалі виникає «шийка» — локальна зона, де опір тканини різко зменшується. Через це для подальшого подовження потрібна вже менша сила. Якщо навантаження продовжують прикладати, розрив тканини стає практично неминучим**.**

Втомне руйнування — це стан, за якого тканина більше не може протистояти тривалому циклічному навантаженню й розривається. Для колагенових волокон це настає, коли їх подовження перевищує приблизно ***6–10 %*** їхньої початкової (спокійної) довжини.

Кілька чинників впливають на специфічну криву тканин; деякі з цих факторів включають стать, зріст та індекс маси тіла (ІМТ). Певні додаткові фактори впливають на точку відмови всієї структури тіла, а не лише на вміст сполучної тканини. Ширина тканини є одним з таких факторів. Більший розмір поперечного перерізу конструкції вказує на більшу кількість волокон, тому для руйнування структури потрібно більше навантаження. Ще одним фактором є довжина провисання тканини. Більш довгі тканини здатні витримувати більші навантаження, оскільки мають більший запас слабини, тобто можуть розтягуватися довше, перш ніж у них з’явиться значне напруження. Мікроструктура тканин і орієнтація їхніх елементів відносно прикладених сил також визначають здатність зв’язок і сухожиль чинити опір деформувальним навантаженням.

Жорсткість тканини — це її опір деформації під дією навантаження. Чим вища жорсткість, тим краще тканина зберігає початкову форму. Навпаки, тканини з високою піддатливістю (низькою жорсткістю) легко деформуються: для їхнього подовження достатньо порівняно невеликої сили, тоді як жорстким тканинам потрібні значно більші зусилля, щоб змінити форму.

Особливості механічних властивостей хрящової тканини.

Види хрящів класифікуються за будовою матриксу, типом волокон та функціями. У людському організмі існує три основних типи хрящової тканини: ***гіаліновий хрящ*** (суглобовий), ***еластичний хрящ*** та ***волокнистий хрящ*** (фіброзний) (рис. 2.5).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

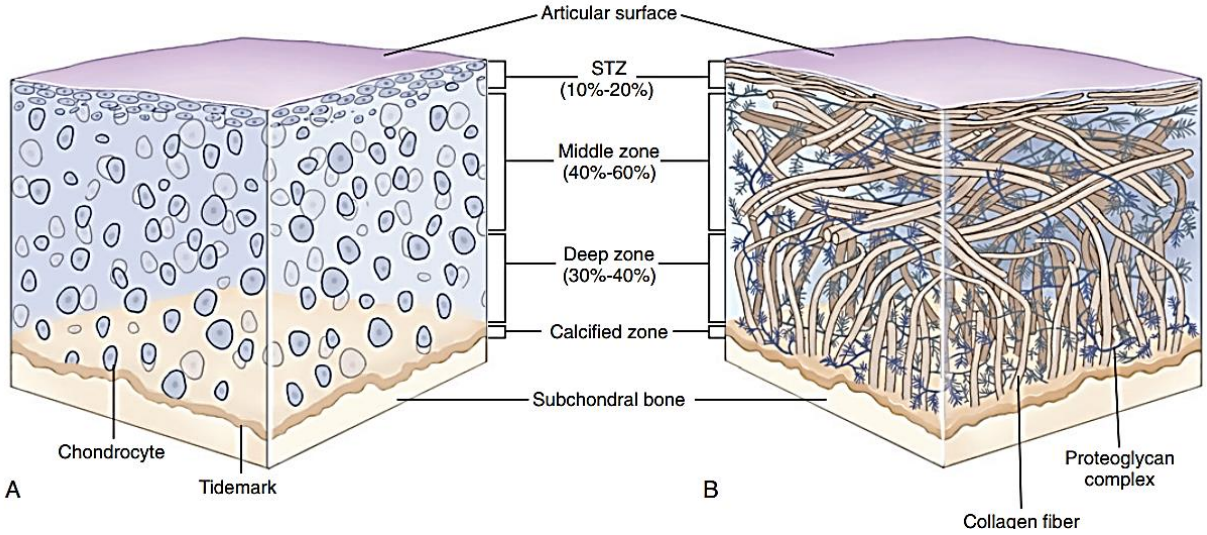


Рис. 2.5. Два високо-діаграматичних зображення суглобового хряща

Властивості хрящової тканини.

1. В'язкоеластичність:

Хрящ демонструє в'язкоеластичну поведінку, деформація якого залежить від часу та швидкості навантаження. Це проявляється у явищах повзучості (поступова деформація під постійним навантаженням) та релаксації напружень (зменшення напружень при постійній деформації). Дана властивість забезпечує амортизацію у суглобах.

2. Міцність на стискання:

Здатність протистояти стискаючим силам забезпечується гідрофільними протеогліканами, які утримують воду, створюючи тиск усередині матриксу. Колагенова сітка (переважно тип II) стабілізує структуру, запобігаючи надмірній деформації.

4. Міцність на розтягування:

Колагенові волокна, впорядковані в заданому напрямку, надають поверхневим шарам хряща високої міцності на розтяг, що запобігає його розриву під час розтягувальних навантажень.

4. Опір зсуву:

Взаємодія між рідкою та твердою фазами матриксу (колаген + протеоглікани) розсіює енергію при зсувних навантаженнях, зменшуючи пошкодження.

5. Пороеластичність та проникність:

Пориста структура хряща дозволяє міжклітинній рідині рухатися під навантаженням. При стисканні рідина витісняється, а при знятті навантаження – повертається, що забезпечує динамічну адаптацію до навантажень.

6. Зносостійкість та низьке тертя:

Гладкий поверхневий шар хряща разом із синовіальною рідиною (завдяки любріцину) зменшує тертя в суглобах, запобігаючи зношуванню.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

7. Анізотропія:

Механічні властивості тканини залежать від напрямку прикладеного навантаження, що зумовлено орієнтацією колагенових волокон. Найвища розтяжна міцність спостерігається уздовж волокон, тоді як у поперечному напрямку вона суттєво менша.

8. Шарова гетерогенність:

- Поверхневий шар: щільний колаген, високий опір зсуву.
- Середній шар: більше протеогліканів, амортизує стиск.
- Глибокий шар: інтеграція з кісткою, забезпечує стабільність.

9. Обмежена регенерація:

Відсутність судин і низька клітинна активність обмежують самовідновлення хряща, що призводить до дегенеративних захворювань (наприклад, остеоартрозу).

Підсумок:

Ці властивості роблять хрящ ідеальним матеріалом для амортизації, розподілу навантажень та забезпечення рухливості суглобів, зберігаючи цілісність тканин протягом життя

Механічні властивості м’язів та їхня роль у русі.

Основні механічні властивості м’язів.

1. Еластичність:

- Здатність повертатися до початкової форми після деформації завдяки структурі титину та сполучнотканинним компонентам (наприклад, сухожилкам).
- Дозволяє м’язу акумулювати та віддавати енергію (наприклад, при стрибках).

2. Контрактильність:

- Здатність скорочуватися у відповідь на нервовий імпульс завдяки взаємодії актинових та міозинових філаментів (механізм "ковзних ниток").
- Генерує механічну силу, необхідну для руху.

3. Збудливість:

- Реакція на електричні сигнали (потенціали дії) через іонні канали клітинних мембран.
- Забезпечує швидкий перехід від спокою до активності.

4. В’язкопружність:

- Комбінація в’язкості та пружності. Впливає на плавність рухів і розсіювання енергії під навантаженням.

5. Пластичність (адаптивність):

- Здатність змінювати структуру та функції під впливом навантажень:
  - Гіпертрофія – збільшення об’єму м’язів при регулярному навантаженні.
  - Атрофія – деградація м’язів за відсутності активності.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Роль м’язів у русі.

1. Генерація руху:

- Скелетні м’язи прикріплюються до кісток за допомогою сухожиль. При скороченні вони змінюють положення кісток у суглобах, забезпечуючи:

- Динамічні рухи (ходьба, біг, жести).
- Стабілізацію суглобів і тіла (наприклад, підтримка постави).

2. Регуляція типу руху:

- Залежно від активованих м’язових волокон:

- Повільні волокна (тип I) – витривалість, тривалі рухи (наприклад, біг на довгі дистанції).
- Швидкі волокна (тип II) – потужність, короткочасні сплески активності (стрибки, спринт).

3. Динамічна амортизація:

- М’язи поглинають ударні навантаження (наприклад, при приземленні після стрибка), запобігаючи пошкодженню кісток та суглобів.

4. Терморегуляція:

- При скороченні виділяється тепло, що підтримує температуру тіла (наприклад, тремтіння при холоді).

5. Взаємодія з нервовою системою:

- Рефлекторні дуги (наприклад, колінний рефлекс) забезпечують миттєву реакцію на зовнішні подразники.

Клінічний аспект:

- М’язові травми: розтягнення, розриви волокон через надмірне навантаження.
- Міастенія: автоімунне порушення, що викликає слабкість м’язів.
- Денервація: втрата м’язового тонусу при пошкодженні нервів (наприклад, після інсульту).

Підсумок:

М’язи є ключовим елементом опорно-рухової системи, перетворюючи хімічну енергію на механічну роботу. Вони забезпечують не лише рух, але й захист організму, підтримку гомеостазу та адаптацію до зовнішніх умов.

Адаптація тканин до фізичного навантаження.

Фізичне навантаження викликає структурно-функціональні зміни у різних тканинах організму, що дозволяє їм ефективніше функціонувати в умовах стресу. Основні механізми адаптації включають клітинну перебудову, синтез нових білків, зміну метаболізму та підвищення стійкості до пошкоджень.

1. М’язова тканина.

Гіпертрофія м’язових волокон:

- Збільшення об’єму міофібрил (за рахунок синтезу актину та міозину) під

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

впливом силових тренувань.

- Активація супутникових клітин, які відновлюють та зміцнюють волокна.

Підвищення витривалості:

- Зростання кількості мітохондрій та капілярів (покращує аеробний метаболізм).

- Збільшення запасів глікогену та активності окислювальних ферментів.

Зміна типу волокон:

- Часткова трансформація швидких волокон (тип II) у повільні (тип I) при тривалих аеробних навантаженнях.

Приклад: силові тренування → зростання сили, біг на довгі дистанції → підвищення витривалості.

2. Кісткова тканина.

Підвищення мінеральної щільності (механізм закону Вольфа):

- Кістки адаптуються до механічного навантаження, стимулюючи активність остеобластів (клітин, що формують кісткову тканину).

- Зменшення ризику остеопорозу за рахунок зміцнення трабекулярної структури.

Ремоделювання кістки:

- Напрямлена орієнтація кісткових балок вздовж ліній навантаження.

Приклад: стрибки, біг, вагові тренування → зміцнення кісток гомілок, стегна, хребта.

3. Сухожилля та зв'язки.

Підвищення міцності на розрив (механізм закону Девіса):

- Збільшення синтезу колагену типу I та його організації у паралельні пучки.

- Підвищення вмісту протеогліканів, що підвищує еластичність.

Зменшення жорсткості:

- Адаптація до циклічних навантажень (наприклад, у бігунів) через оптимізацію співвідношення колаген/еластин.

Ризик: надмірне навантаження без відновлення → мікротравми → тендиніт або розриви.

4. Хрящова тканина.

Стимуляція синтезу матриксу:

- Помірне навантаження, підвищує вироблення протеогліканів та колагену типу II, що покращує амортизацію.

- Рух стимулює дифузію поживних речовин з синовіальної рідини до хряща.

Дегенерація при надмірному навантаженні:

- Хронічний тиск або удари, руйнують матрикс → остеоартроз.

Приклад: плавання або їзда на велосипеді → безпечне навантаження для суглобів.

5. Серцево-судинна система.

Серцевий м'яз:

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Гіпертрофія лівого шлуночка (у витривалих атлетів) → збільшення серцевого викиду.

- Покращення еластичності міокарда.

Судини:

- Зростання кількості капілярів (ангіогенез) у м'язах.

- Підвищення еластичності артерій та зниження периферичного опору.

Ефект: зниження пульсу спокою, збільшення максимального споживання кисню (VO_2 max).

6. Нервова система.

Покращення нейром'язової координації:

- Синхронізація роботи моторних одиниць → точність рухів.

- Збільшення швидкості проведення імпульсів.

Нейропластичність:

- Утворення нових синапсів у рухових зонах кори головного мозку (наприклад, при вивченні складних рухових навичок).

Приклад: регулярні тренування з балансу → покращення пропріоцепції.

7. З'єднувальна тканина (фасції, апоневрози).

Підвищення пружності:

- Перебудова колагенових волокон під впливом механічного стресу.

- Зменшення кількості міжклітинного фіброзу.

Чинники, що впливають на адаптацію:

- Індивідуальні: генетика, вік, стать.

- Тип навантаження: інтенсивність, тривалість, частота.

- Відновлення: достатній сон, харчування (білок, вітаміни), мінімізація стресу.

Клінічний аспект:

- Перетренованість: порушення балансу між навантаженням і відновленням → катаболізм, травми.

- Реабілітація: поступове збільшення навантаження після травм для стимуляції регенерації.

Підсумок:

Адаптація тканин до фізичного навантаження – це динамічний процес, спрямований на оптимізацію функцій організму. Він залежить від типу, дозування навантаження та індивідуальних особливостей, що підкреслює важливість індивідуального підходу у тренувальних програмах.

Методи вимірювання механічних властивостей тканин.

1. Ультразвукові методи.

Використовують звукові хвилі високої частоти (1–20 МГц) для оцінки

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

механічних властивостей тканин через аналіз їхньої деформації або швидкості поширення хвиль.

Основні техніки:

- ***Ультразвукова еластографія:***

Принцип: оцінює жорсткість тканини на основі її деформації під зовнішнім тиском або власними коливаннями.

Типи:

- Strain elastography: вимірює ступінь деформації тканини під тиском (наприклад, рукою лікаря).

- Shear-wave elastography: генерує зсувні хвилі за допомогою ультразвукового імпульсу, вимірюючи їх швидкість (чим вища швидкість, тим жорсткіша тканина).

Параметри: модуль Юнга (E), швидкість зсувної хвилі (м/с).

Застосування:

- Діагностика фіброзу печінки, пухлин молочної залози, захворювань щитоподібної залози.

- Оцінка м'язової жорсткості та сухожилкові патологій.

- ***Імпедансна ультразвукова спектроскопія:***

- Аналізує опір тканини (імпеданс) ультразвуковим хвилям, що корелює з її щільністю та пружністю.

Переваги:

- Неінвазивність, відсутність іонізуючого випромінювання.

- Можливість використання в реальному часі (наприклад, під час операцій).

- Висока чутливість до м'яких тканин (хрящі, м'язи, печінка).

Недоліки:

- Обмежена глибина проникнення (залежить від частоти).

- Вплив суб'єктивних факторів (наприклад, тиск датчика при strain elastography).

2. Рентгенівська денситометрія.

Використовує рентгенівське випромінювання для оцінки щільності кісткової тканини (BMD – bone mineral density), що корелює з її міцністю.

Основні техніки:

- ***Двоенергетична рентгенівська абсорбціометри (DEXA):***

Принцип: Вимірює поглинання рентгенівських променів двома енергетичними рівнями. Кісткова тканина поглинає більше енергії порівняно з м'якими тканинами.

Параметри: T-бал (порівняння з нормою для молодих дорослих), Z-бал (порівняння з віковою групою).

Застосування:

- Діагностика остеопорозу, остеопенії.

- Оцінка ризику переломів (наприклад, стегнової кістки, хребта).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- ***Кількісна комп'ютерна томографія (QCT):***

- Дозволяє 3D-оцінку щільності кістки з урахуванням трабекулярної та кортикальної структури.

Переваги:

- Висока точність для кісткової тканини.
- Швидкість (DEXA-сканування займає 5–10 хвилин).
- Мінімальна доза опромінення (нижча, ніж у стандартних рентгенівських знімків).

Недоліки:

- Обмежена інформація про мікроархітектоніку кістки (наприклад, сполученість трабекул).
- Не оцінює механічні властивості м'яких тканин.

Таблиця 2.4

Порівняння параметрів методів ультразвукової еластографії та рентгенівської денситометрії

Параметр	Ультразвукова еластографія	Рентгенівська денситометрія
Об'єкт дослідження	М'які тканини (печінка, м'язи, хрящі)	Кісткова тканина
Вимірювані властивості	Пружність, жорсткість	Мінеральна щільність (BMD)
Інвазивність	Неінвазивна	Неінвазивна
Випромінення	Відсутнє	Низька доза рентгенівського променя
Клінічне застосування	Діагностика фіброзу, пухлин	Остеопороз, оцінка ризику переломів

Клінічні приклади

1. Ультразвук:

- Виявлення фіброзу печінки (F0–F4 за шкалою METAVIR) без біопсії.
- Оцінка жорсткості сухожилля Ахілла при тендинопатії.

2. DEXA:

- Визначення ступеня остеопорозу у жінок після менопаузи.
- Контроль ефективності лікування бісфосфонатами.

Обмеження та перспективи

Ультразвук:

- Складність дослідження глибоко розташованих органів (наприклад, підшлункова залоза).
- Розвиток 4D-еластографії для динамічної візуалізації рухомих органів.

Рентгенівська денситометрія:

- Не враховує якість колагену та мікротріщини в кістках.
- Інтеграція з МРТ/КТ для комплексної оцінки кісткової структури.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Підсумок:

Обидві методики є ключовими у діагностиці та дослідженні механічних властивостей тканин. Ультразвук ідеальний для м'яких тканин із оцінкою пружності, тоді як денситометрія залишається "золотим стандартом" для аналізу кісткової щільності. Вибір методу залежить від клінічного завдання, доступного обладнання та безпеки для пацієнта (див. табл. 2.4).

Вікові зміни механічних властивостей тканин.

З віком механічні властивості тканин змінюються через структурні та біохімічні перетворення, що призводить до зниження функціональності та підвищення ризику патологій. Ось основні зміни в ключових тканинах:

1. Кісткова тканина.

Зміни:

- Зниження мінеральної щільності (остеопороз) через дисбаланс між остеобластами (клітини будівництва) та остеокластами (клітини резорбції).
- Збільшення жорсткості та крихкості через накопичення мікротріщин і зменшення трабекулярної архітектоніки.

Причини:

- Зниження рівня естрогену (у жінок після менопаузи) та тестостерону.
- Накопичення просунутих продуктів глікації (AGEs), які зміцнюють колагенові зв'язки.

Наслідки: підвищений ризик переломів (наприклад, стегна, хребта).

2. М'язова тканина.

Зміни:

- Саркопенія – втрата маси та сили м'язів (особливо швидких волокон типу II).
- Зменшення еластичності через фіброз (надлишок колагену) та зменшення тітину (еластичний білок).

Причини:

- Зниження синтезу білків, гормонів росту, інсулін подібного фактору росту (IGF-1).
- Накопичення окислювального стресу та мітохондріальної дисфункції.

Наслідки: слабкість, зниження рухливості, ризик падінь.

3. Хрящова тканина.

Зміни:

- Деградація матриксу: зменшення протеогліканів (наприклад, аггрекану) та колагену типу II.
- Зниження товщини та гідрофільності → слабка амортизація.

Причини:

- Знижена активність хондроцитів та збільшення активності ферментів (наприклад, матриксних металопротеаз).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Хронічне механічне навантаження (остеоартроз).

Наслідки: больові синдроми, обмеження рухливості суглобів.

4. Сухожилля та зв'язки.

Зміни:

- Збільшення жорсткості через перехресні зв'язки колагену та зменшення еластину.
- Зниження в'язкопружних властивостей.

Причини:

- Накопичення AGEs, зменшення кількості фібробластів.
- Знижена синтез гіалуронової кислоти та протеогліканів.

Наслідки: ризик розривів (наприклад, ахіллового сухожилля), тендинопатії.

5. Шкіра.

Зміни:

- Зменшення еластичності через деградацію еластину та колагену.
- Зниження товщини шкіри та гідратації.

Причини:

- УФ-опромінення, окислювальний стрес, зменшення активності фібробластів.
- Зниження вироблення гіалуронової кислоти.

Наслідки: зморшки, повільне загоєння ран, сухість.

6. Судини.

Зміни:

- Артеріальна жорсткість через фрагментацію еластину та накопичення колагену.
- Зменшення здатності до вазодилатації.

Причини:

- Окислення ліпідів, ендотеліальна дисфункція.
- Накопичення кальцію в стінках судин (атеросклероз).

Наслідки: гіпертонія, інфаркт, інсульт.

7. Нервова тканина.

Непрямі впливи:

- Денервація м'язів через дегенерацію мотонейронів → посилення саркопенії.
- Зниження пропріоцепції → порушення координації рухів.

Ключові механізми старіння тканин:

1. Накопичення модифікованих білків: AGEs, окиснений колаген.
2. Клітинне старіння (сенесценція): фібробласти, хондроцити втрачають регенеративний потенціал.
3. Зниження синтезу компонентів позаклітинного матриксу.
4. Хронічне запалення: цитокіни (наприклад, IL-6, TNF-α) прискорюють деградацію тканин.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Фактори, що модулюють вікові зміни:

Генетика: вплив генів (наприклад, гени репарації ДНК).

Стиль життя:

- Фізична активність: стимулює синтез колагену, підтримує м'язову масу.
- Дієта: Антиоксиданти (вітаміни С, Е), достатній білок.

Хвороби: цукровий діабет (прискорює утворення AGEs), автоіммуннім патології.

Підсумок:

Вікові зміни механічних властивостей тканин є результатом комплексного впливу молекулярних, клітинних та системних факторів. Проте активний спосіб життя, збалансоване харчування та сучасні медичні підходи (наприклад, бісфосфонати при остеопорозі) можуть уповільнити деградацію тканин і покращити якість життя у літньому віці.

Механічні властивості тканин у контексті патологій.

Патологічні процеси часто порушують механічні характеристики тканин, що призводить до втрати функціональності, болю та ускладнень. Ось ключові приклади впливу патологій на різні типи тканин:

1. Кісткова тканина.

Остеопороз:

- *Зміни:* зниження мінеральної щільності та мікроархітектоніки → зменшення стискової міцності та крихкість.
- *Наслідки:* ризик переломів навіть при мінімальних навантаженнях (наприклад, перелом стегна).

Остеогенез імперфекта:

- *Причина:* дефекти колагену типу I → порушення формування кісткового матриксу.
- *Ефект:* надмірна крихкість кісток («крихкі кістки»), деформації скелета.

2. Хрящова тканина.

Остеоартроз:

- *Зміни:* деградація протеогліканів і колагену II типу → втрата амортизаційної здатності та підвищення тертя у суглобах.
- *Симптоми:* больові синдроми, обмеження рухливості.

Ревматоїдний артрит:

- *Механізм:* автоімунне запалення → руйнування хряща синовіальними ферментами (наприклад, матриксними металопротеазами).

3. М'язова тканина.

М'язова дистрофія:

- *Причина*: мутації генів (наприклад, дистрофіну) → дегенерація м'язових волокон.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- *Ефект*: зниження сили скорочення, заміна м'язів жиром і фіброзною тканиною.

Фіброміалгія:

- Характеристика: хронічний біль і підвищена жорсткість м'язів через порушення нейром'язової передачі.

4. Сухожилля та зв'язки.

Тендинопатія (наприклад, ахіллового сухожилля):

- *Зміни:* дезорганізація колагену I типу → зниження пружності та мікророзриви.

- *Клініка:* біль при русі, ризик повного розриву.

Синдром Елерса-Данлоса:

- *Причина*: дефекти колагену або еластину → гіпермобільність суглобів та слабкість зв'язок.

5. Судинна система.

Атеросклероз:

- *Механізм:* накопичення ліпідів і кальцію в стінках артерій → підвищення жорсткості судин.

- *Наслідки*: Збільшення ризику аневризм, інфаркту.

Варикоз:

- *Зміни:* деградація еластичних волокон → втрата тонусу вен, порушення клапанного апарату.

6. Шкіра.

Склеродермія:

- Патофізіологія: надлишковий синтез колагену → підвищення жорсткості шкіри, обмеження рухів.

Синдром Марфана:

- Причина: мутації в гені фібриліну-1 → порушення еластичності шкіри та судин.

7. Нервова тканина.

Нейропатії:

- Ефект: деінервація м'язів → атрофія та зниження еластичності через фіброз.

Хвороба Паркінсона:

- Характеристика: ригідність м'язів через порушення дофамінової регуляції → підвищений опір пасивним рухам.

Підсумок:

Порушення механічних властивостей тканин при патологіях суттєво впливають на функціонування організму. Розуміння цих змін дозволяє розробляти цільові лікувальні стратегії, такі як біомеханічні імпланти, тканинна інженерія або фармакологічна корекція. Рання діагностика (наприклад, за допомогою

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

еластографії) та профілактика (фізична активність, дієта) допомагають уповільнити прогресування захворювань.

Фізичні властивості тканин. Графіки залежності від часу тривалості зовнішньої сили та швидкості її застосування (повзучість, стрес-деформація, гістерезис).

Тканини організму (кістки, м'язи, хрящі, сухожилля) мають **в'язкопружні властивості**, тобто їхня деформація залежить від часу, швидкості навантаження та тривалості дії сили (рис. 2.6), (табл. 2.5).

Це проявляється у таких властивостях: *повзучості, релаксації напружень, гістерезис.*

1. Повзучість (Creep).

Опис: деформація тканини під дією постійного навантаження з плином часу.

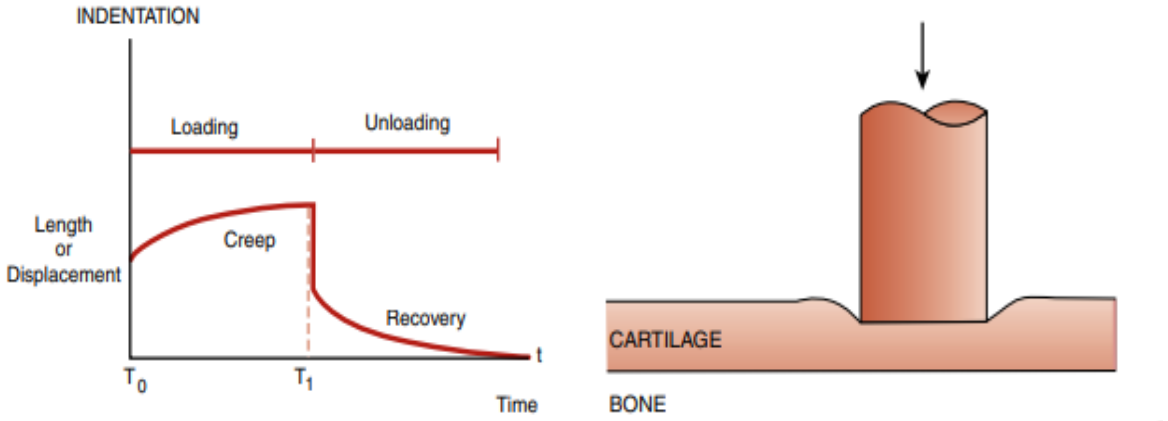


Рис. 2.6. Залежність деформації (ε) від часу (t) при постійному напруженні (σ_0)

Фази:

1. Миттєва деформація: пружна відповідь (вирівнювання волокон колагену).
2. Первинна повзучість: швидке збільшення деформації через в'язкий потік матриксу.
3. Вторинна повзучість: стабілізація (баланс між деформацією та відновленням).

Приклад:

- Міжхребцеві диски, під час тривалого сидіння (зростання деформації → зменшення росту).
- Сухожилля при постійній напрузі.

2. Гістерезис (Hysteresis).

Опис: втрата енергії під час циклічного навантаження-розвантаження через внутрішнє тертя (рис. 2.7).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

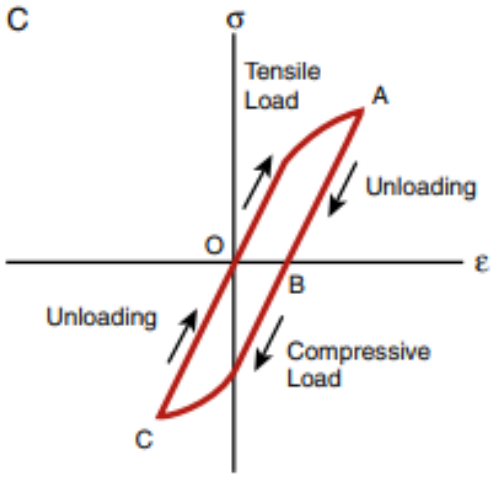


Рис. 2.7. Петля гістерезису – залежність напруження (σ) від деформації (ε) при повторних циклах.

Особливості:

- Площа між кривими навантаження та розвантаження відповідає енергії, розсіяній у вигляді тепла.
- Ширина петлі залежить від швидкості деформації та в'язкопружних властивостей тканини.

Приклади:

- Серцево-судинна система: гістерезис артерій при пульсації крові.
- М'язи: втрата енергії під час повторних скорочень.

3. Релаксація напружень (Stress Relaxation).

Опис: зменшення напруження в тканині при постійній деформації з часом (рис. 2.8).

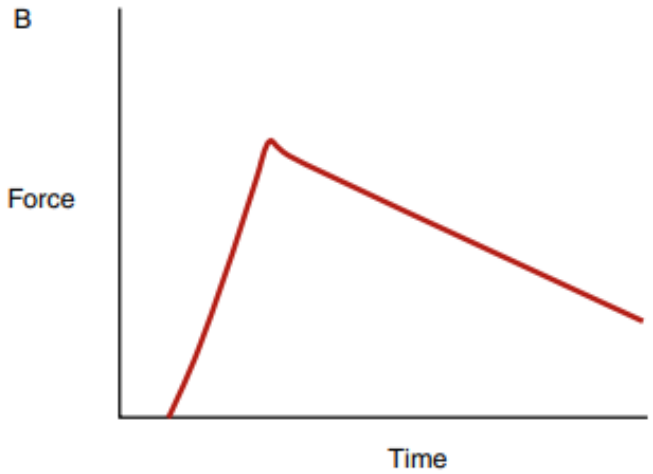


Рис. 2.8. Залежність напруження від часу при фіксованій деформації

Механізм:

- Перебудова молекул колагену та протеогліканів.
- Витиснення рідини з матриксу (наприклад, у хрящі).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Таблиця 2.5

Порівняння тканин за механічними властивостями

Тканина	Повзучість	Гістерезис	Релаксація напружень
Кістка	Низька (крихка)	Мінімальний	Швидка
Хрящ	Висока (амортизація)	Помірний	Повільна
Сухожилля	Середня	Високий (пружність)	Середня

Фактори, що впливають на графіки:

1. Швидкість навантаження:

- високі швидкості → більша жорсткість (крутіший схил stress-strain).

2. Тривалість сили:

- довге навантаження → виражена повзучість.

3. Температура:

- підвищення температури прискорює в'язкий потік (наприклад, у м'язах під час розминки).

Клінічне значення:

- *Ортопедія:* підбір матеріалів для імплантатів з урахуванням повзучості кістки.
- *Реабілітація:* контроль навантаження на сухожилля для уникнення мікророзривів.
- *Діагностика:* виявлення фіброзу печінки через аналіз гістерезису (ультразвукова еластографія).

Підсумок:

Графіки повзучості, релаксація напружень та гістерезису відображають ключові аспекти механічної поведінки тканин. Ці дані використовуються у біомеханіці, протезуванні та лікуванні травм, де критично враховується час, сила та швидкість навантаження.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Яка основна функція кісткової тканини?

A. Проведення нервових імпульсів
B. Опора, захист внутрішніх органів, кровотворення
C. Синтез білків
D. Амортизація та зменшення тертя
E. Запасання глікогену

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2. Яка структура характерна для компактної кістки?

A. Трабекули
B. Лакуни з хондроцитами
C. Еластичні волокна
D. Остеони
E. Міоцити

3. Де в організмі знаходиться волокнистий хрящ?

A. Суглобові поверхні
B. Вушна раковина
C. Міжхребцеві диски
D. Носова перегородка
E. Альвеоли легенів

4. Яка з м'язових тканин є мимовільною та має вставні диски?

A. Скелетна
B. Гладка
C. Поперечнопосмугована
D. Еластична
E. Серцева

5. Яка з наступних структур належить до щільної правильної сполучної тканини?

A. Дерма шкіри
B. Апоневроз
C. Окістя
D. Кров
E. Зв'язки

6. Що означає пластичність тканини?

A. Постійна зміна форми після прикладення сили
B. Здатність до скорочення
C. Повернення до початкової форми після навантаження
D. Опір навантаженню без деформації
E. Здатність до передачі імпульсів

7. Що відбувається, коли тканина досягає межі плинності на кривій напруження-деформації?

A. Тканина повертається до початкового стану
B. Відбувається повний розрив тканини
C. Відбувається пластична деформація

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

D. Тканина не змінюється
E. Тканина втрачає еластичність

8. Яка з наведених властивостей хряща відповідає за його здатність амортизувати навантаження?
A. Міцність на розтягування
B. В’язкоеластичність
C. Зносостійкість
D. Опір зсуву
E. Пороеластичність

9. Що забезпечує хрящу високу міцність на стискання?
A. Протеоглікани
B. Еластичні волокна
C. Синовіальна рідина
D. Колаген типу II
E. Міозин

10. Як називається здатність хряща змінювати свої механічні властивості залежно від напрямку навантаження?
A. Пластичність
B. Анізотропія
C. Опір зсуву
D. Зносостійкість
E. В’язкопружність

11. Яка з механічних властивостей м’язів відповідає за їх здатність до скорочення?
A. Еластичність
B. Пластичність
C. В’язкопружність
D. Контрактильність
E. Збудливість

12. Яка властивість м’язів дозволяє змінювати структуру під впливом фізичного навантаження?
A. Контрактильність
B. В’язкопружність
C. Пластичність
D. Збудливість
E. Еластичність

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

13. Як називаються м'язові волокна, що відповідають за витривалість?

A. Тип I
B. Тип II
C. Швидкі волокна
D. Гібридні волокна
E. Скелетні волокна

14. Який метод використовується для оцінки жорсткості тканин за допомогою ультразвукових хвиль?

A. Імпедансна ультразвукова спектроскопія
B. Рентгенівська денситометрія
C. Динамічна еластографія
D. КТ-сканування
E. Ультразвукова еластографія

15. Який з наведених механізмів сприяє зміцненню м'язових волокон при тренуваннях?

A. Збільшення кількості мітохондрій
B. Трансформація типів волокон
C. Гіпертрофія міофібрил
D. Зниження кількості протеогліканів
E. Зменшення колагену

Питання до самоконтролю:

1. Які основні види та типи тканин входять до складу опорно-рухової системи?
2. Які пружні властивості характерні для тканин опорно-рухової системи?
3. Як визначають стійкість до деформацій та міцність тканин?
4. Що таке в'язко-пружні та пластичні властивості, і яку роль вони відіграють в опорно-руховій системі?
5. Які особливості механічних властивостей хрящової тканини?
6. Як механічні властивості м'язів впливають на виконання рухів?
7. Які механізми адаптації тканин до фізичного навантаження?
8. Які методи використовують для вимірювання механічних властивостей тканин, і в чому їх особливості?
9. Як змінюються механічні властивості тканин з віком?
10. Які механічні властивості тканин можуть змінюватися при різних патологіях?
11. Які основні фізичні властивості тканин опорно-рухової системи?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

12. Як змінюються механічні характеристики тканин при різній тривалості та швидкості застосування зовнішньої сили (повзучість, стрес-деформація, гістерезис)?

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т.118 (1), № 52. С. 1-13.
3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник/ укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : Навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л. О. Вакуленко [та ін.] ; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.
7. Human Anatomy:textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Додаткові цифрові ресурси:

Biomechanics:
Tendon & Ligament
Mechanical Properties

Biomechanics:
Tendon Structure

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 3. ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ У БІОМЕХАНІЦІ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХІВ. ВИКОРИСТАННЯ ГОНІОМЕТРІЇ ТА ДИНАМОМЕТРІЇ В КЛІНІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

Теоретичні питання

1. Основні біомеханічні показники руху (кінематичні, динамічні та антропометричні).
2. Гоніометрія: методи і застосування на практиці.
3. Динамометрія: методи та принцип роботи.
4. Типи динамометрів (ручні, ізометричні, електронні).
5. Застосування динамометрії у практиці.
6. Використання гоніометрії та динамометрії у спортивних тестах.
7. Фактори, що впливають на результати гоніометрії.
8. Фактори, що впливають на результати динамометрії.
9. Інтерпретація показників гоніометрії та динамометрії для оцінки стану опорно-рухової системи.

Основні біомеханічні показники руху (кінематичні, динамічні та антропометричні).

Біомеханіка дозволяє аналізувати рухові процеси, використовуючи різні показники, які поділяються на три основні групи: кінематичні, динамічні\ та антропометричні. Ці показники є важливими для розуміння механізмів рухів, діагностики порушень, оптимізації тренувань та реабілітації.

Кінематичні показники – описують рух тіла у просторі та часі, не враховуючи сили, які його викликають.

1. Траєкторія руху – це шлях, який проходить точка тіла під час руху. Траєкторія може бути прямолінійною, криволінійною або складною (наприклад, під час руху руки під час кидка м’яча).

2. Швидкість визначається як зміна положення тіла за одиницю часу.

Вона може бути:

- Лінійною (наприклад, швидкість бігу).
- Кутовою (наприклад, швидкість обертання руки під час метання).

3. Прискорення – це зміна швидкості за одиницю часу.

Воно може бути:

- Позитивним (при збільшенні швидкості).
- Негативним (при уповільненні руху).

4. Кутові характеристики

Це параметри, які описують обертальний рух, наприклад:

- кут повороту (наприклад, кут згинання коліна);
- кутова швидкість (швидкість обертання);

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- кутове прискорення (зміна кутової швидкості);
- кінематичні показники дозволяють оцінити, як рухається тіло, але не пояснюють причини цих рухів.

Динамічні показники – описують сили, які впливають на рух тіла.

Вони включають:

1. **Сила** – це міра взаємодії тіл, яка може викликати рух або деформацію. У біомеханіці розглядаються:
   - М'язова сила (наприклад, сила, яку створює м'яз під час скорочення).
   - Сила реакції опори (наприклад, сила, яка діє на стопу під час ходьби).
   - Сила тяжіння (вага тіла).
2. **Імпульс** – це добуток маси тіла на його швидкість. Він визначає кількість руху тіла і є важливим, наприклад, у спортивних дисциплінах (стрибки, метання).
3. **Робота та енергія.**

Робота виконується, коли сила переміщує тіло на певну відстань.

Кінетична енергія пов'язана з рухом тіла.

Потенційна енергія залежить від положення тіла в полі сил (наприклад, гравітації).

4. **Момент сили** (обертальний момент) визначає здатність сили викликати обертання тіла навколо осі (наприклад, момент сили в колінному суглобі під час підняття ноги).

Динамічні показники допомагають зрозуміти, які сили впливають на рух і як вони взаємодіють із структурами тіла.

Антропометричні показники.

Антропометричні показники описують фізичні характеристики тіла, які впливають на його рухові можливості. Вони включають:

1. **Розміри тіла**

Довжина кінцівок, розміри суглобів, обхват м'язів тощо. Наприклад, довжина ніг впливає на швидкість бігу.

2. **Маса тіла**

Маса тіла визначає інерцію (опір змінам руху) та впливає на енерговитрати під час руху.

3. **Центр маси**

Центр маси – це точка, в якій зосереджена маса тіла. Його положення впливає на рівновагу та стабільність тіла.

4. **Момент інерції**

Момент інерції описує розподіл маси тіла відносно осі обертання. Він впливає на здатність тіла обертатися (наприклад, у фігурному катанні).

Антропометричні показники важливі для індивідуалізації підходів у спорті, медицині та реабілітації.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Значення біомеханічних показників:

У медицині: дозволяють діагностувати порушення рухів, розробляти методи лікування та реабілітації.

У спорті: допомагають оптимізувати техніку рухів, підвищити результативність та запобігти травмам.

У ергономіці: використовуються для створення зручних і безпечних умов праці.

Підсумок:

Таким чином, біомеханічні показники є важливим інструментом для аналізу рухів людини та їх оптимізації в різних сферах життя.

Гоніометрія: методи і застосування на практиці.

1. Гоніометрія: визначення та основи.

Гоніометрія – це наука, що займається вимірюванням кутів рухів суглобів. Вона є важливим інструментом у клінічній кінезіології для оцінки функціонального стану суглобів та рухової активності пацієнтів.

Використовується для визначення амплітуди рухів у суглобах та виявлення обмежень або патологій.

2. Методи гоніометрії.

Класичні методи вимірювання: використання механічних гоніометрів для визначення кута руху суглоба.

***Активне і пасивне вимірювання*:** активне вимірювання – це коли пацієнт виконує рух самостійно, пасивне – коли рух виконується фахівцем без участі пацієнта.

***Типи гоніометрів*:** механічні, цифрові, інфрачервоні, лазерні – різні типи для різних завдань і рівнів точності.

3. Типи гоніометрів та їх конструкція.

Механічні гоніометри складаються з рухомих частин, що дозволяють виміряти кут між двома сегментами тіла (рис. 3.1).

Цифрові гоніометри використовують електронні датчики для автоматичного вимірювання і можуть виводити точні результати на екран (рис. 3.2)

Інфрачервоні і лазерні гоніометри застосовуються для вимірювання рухів з високою точністю, використовуючи сенсори і лазерні промені (рис. 3.3).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

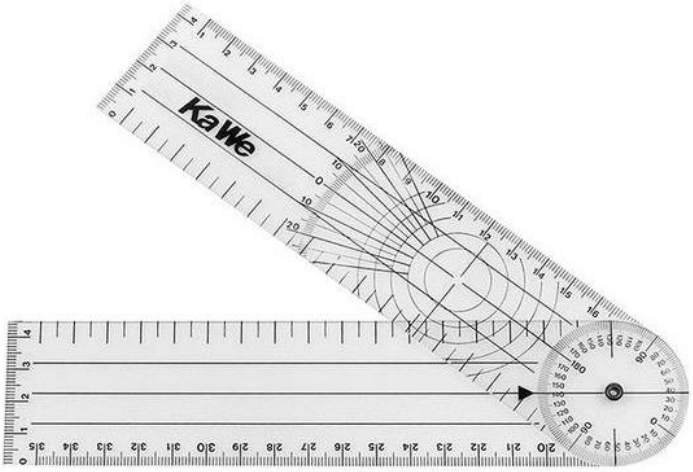


Рис. 3.1. Механічний гоніометр

Рис. 3.2. Цифровий гоніометр

Рис. 3.3. Лазерний гоніометр

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

4. Принципи вимірювання рухів за допомогою гоніометрів.

Положення пацієнта: пацієнт має бути в комфортному положенні, яке забезпечує максимальний діапазон руху.

Розташування гоніометра: гоніометр повинен бути правильно розташований на осі руху суглоба для отримання точних показників (рис. 3.4).

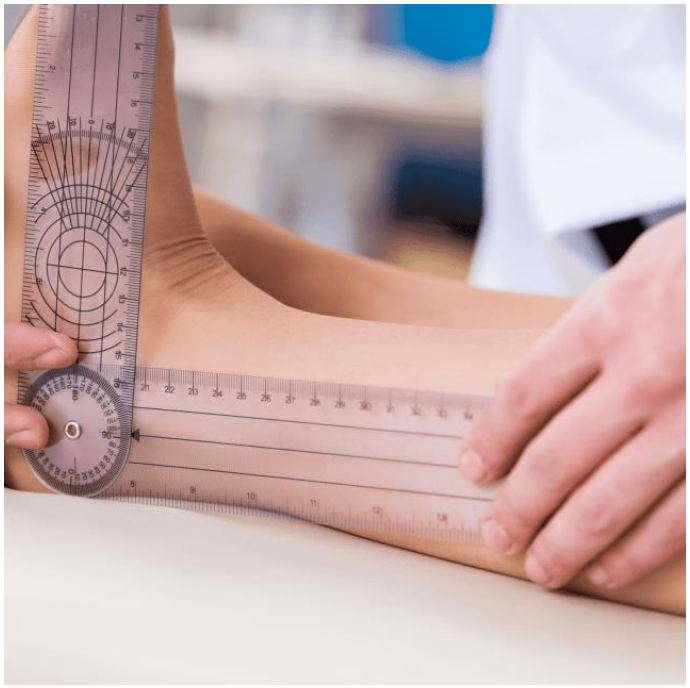


Рис. 3.4. Застосування механічного гоніометра

Кроки вимірювання – важливо проводити вимірювання в декілька повторів для зменшення похибки.

5. Аналіз отриманих результатів.

Вимірюється амплітуда руху суглоба. Нормальні значення амплітуди можуть змінюватися в залежності від віку, статі і фізичної підготовленості.

Патологічні значення амплітуди можуть вказувати на наявність обмежень або болю в суглобах.

6. Застосування гоніометрії в клінічній практиці:

***Оцінка при травмах*:** гоніометрія використовується для визначення обмежень рухів після травм, хірургічних втручань або артритів.

Реабілітація: гоніометрія дозволяє контролювати прогрес у відновленні рухової функції суглобів під час реабілітаційних процедур.

***Спортивна медицина*:** застосовується для визначення амплітуди руху спортсменів до і після травм, для коригування тренувальних програм.

7. Переваги і обмеження гоніометрії.

Переваги:

- Висока точність вимірювань.
- Об’єктивність результатів.
- Можливість повторення вимірів і порівняння результатів.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Обмеження:

- Невірне використання або некоректне розташування може призвести до помилок.
- Обмеження у вимірюваннях на пацієнтах з важкими деформаціями або іншими патологіями.

8. Інновації в гоніометрії

Розвиток новітніх технологій у гоніометрії включає інтеграцію з комп'ютерними програмами для автоматичної обробки даних.

Використання віртуальної реальності та сенсорних технологій дає можливість точніше вимірювати рухи і надавати пацієнту візуальну зворотну інформацію.

Динамометрія: методи та принцип роботи.

Динамометрія – це наука, яка вивчає вимірювання сили або тиску. Вона використовується для визначення фізичних характеристик, таких як сила м'язів, сила рук або інші механічні параметри.

Принцип роботи динамометрії полягає в тому, що сила, яку прикладає об'єкт, впливає на зміну фізичних параметрів, які фіксуються при допомозі різних типів динамометрів. Це може бути механічне, електронне або ізометричне вимірювання.

Методи динамометрії.

Пряме вимірювання сили: при цьому методі використовуються різні типи динамометрів для визначення сили, яку прикладає пацієнт або об'єкт.

Ізометричне вимірювання: вимірюється сила в статичному положенні, коли змінюється тільки величина прикладеної сили, але без зміни довжини або руху.

Динамічне вимірювання: здійснюється вимірювання сили під час руху або під впливом зусиль, що змінюються з часом.

Типи динамометрів (ручні, ізометричні, електронні).

Ручні динамометри – це механічні інструменти, що використовуються для вимірювання сили за допомогою пружинного механізму (рис. 3.5).

Рис. 3.5. Ручний динамометр

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Вони зазвичай складаються з ручки, яка натягується за допомогою сил, що прикладаються, та шкали для вимірювання сили.

***Переваги*:** простота використання, доступність, відсутність потреби в електроживленні.

***Обмеження*:** низька точність і можливість помилок через людський фактор.

Ізометричні динамометри дозволяють вимірювати силу без зміни довжини м'язів або руху суглобів (ізометричне навантаження).

Такі динамометри часто використовуються в фізіотерапії для визначення сили м'язів у нерухомому положенні.

Вони дозволяють фіксувати точні показники сили, яку генерує м'яз без активного руху.

***Переваги*:** Висока точність вимірювань, можливість точного вимірювання навіть при мінімальних зусиллях.

Електронні динамометри використовують електронні датчики для вимірювання сили та зберігання даних.

Вони можуть бути оснащені цифровими дисплеями для точних показників і мають здатність зберігати вимірювання для подальшого аналізу (рис. 3.6).

Рис. 3.6. Електронний динамометр

Переваги: висока точність, автоматичне збереження даних, зручність в аналізі.

Обмеження: залежність від живлення, вища вартість порівняно з механічними моделями.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Застосування динамометрії у практиці.

Оцінка м'язової сили: динамометрія використовується для вимірювання сили м'язів при травмах, після операцій або при захворюваннях, які впливають на м'язову функцію.

Вона дозволяє відслідковувати відновлення м'язової сили та ефективність реабілітаційних процедур.

Тестування м'язової сили у спортсменів: спортивні медики використовують динамометрію для оцінки м'язової сили у спортсменів, визначення їх фізичних можливостей і оптимізації тренувальних програм.

Вимірювання сили під час фізіотерапії: важливе для визначення прогресу пацієнтів після травм, порушень опорно-рухового апарату або в процесі відновлення після хірургічних втручань.

Моніторинг м'язової сили в реабілітаційних центрах: призначення динамометрії в таких установах полягає в тому, щоб визначити рівень відновлення після травм або хірургічних процедур.

Важливо застосовувати динамометрію для раннього виявлення можливих порушень, таких як атрофія м'язів, дисфункція суглобів або інші патології.

Переваги та обмеження динамометрії.

Переваги:

Об'єктивність і точність вимірювання сили.

Можливість контролю і моніторингу прогресу реабілітації або тренувальних процесів.

Зручність і легкість використання в клінічній практиці.

Обмеження:

Деякі динамометри можуть бути менш точними при вимірюванні дуже малих або дуже великих сил.

Потрібна кваліфікація медичного працівника для точного використання інструменту.

Інновації в динамометрії.

Від останніх досягнень в цій сфері можна зазначити розвиток **портативних електронних динамометрів** з можливістю бездротової передачі даних.

Використання **передових технологій, таких як сенсори і віртуальна реальність**, дозволяє створювати більш точні, адаптивні і зручні інструменти для вимірювання сили, що відкриває нові можливості в лікуванні та реабілітації пацієнтів.

Використання гоніометрії та динамометрії у спортивних тестах.

У спортивній медицині, фізіотерапії та реабілітації важливим аспектом є оцінка фізичних можливостей спортсменів і пацієнтів, а також моніторинг їх

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

прогресу під час тренувань або відновлення після травм. Для цієї мети широко використовуються спеціалізовані інструменти та методи, зокрема гоніометрія і динамометрія. Ці методи дозволяють точніше оцінити рівень фізичних можливостей спортсменів і виявити недоліки або порушення, що можуть потребувати корекції.

Гоніометрія у спортивних тестах.

1. ***Поняття гоніометрії та її застосування в спорті:***

Гоніометрія – це наука, яка вивчає вимірювання кутів рухів суглобів. Гоніометр в спортивних тестах використовується для визначення амплітуди рухів у суглобах і визначення гнучкості спортсмена. Це важливий інструмент для оцінки рухливості суглобів і виявлення обмежень, які можуть бути результатом травм, недостатнього тренування чи порушень в роботі м'язово-зв'язкового апарату.

У спортивних тестах гоніометрія застосовується для:

Оцінки гнучкості – важливою складовою фізичної підготовленості, особливо для гімнастів, танцюристів, фітнес-інструкторів і атлетів, які виконують силові та розтягувальні вправи.

Виявлення обмежень рухливості суглобів – це може бути пов'язано з травмами або хронічними захворюваннями, що впливають на діапазон рухів. Своєчасне виявлення таких обмежень дозволяє коригувати тренувальний процес і мінімізувати ризик травм.

Планування тренувального процесу – дані про амплітуду рухів дозволяють тренерам коригувати навантаження на різні групи м'язів, що допомагає досягти кращих результатів і уникнути перенавантаження.

2. ***Як використовується гоніометрія в спортивних тестах:***

При тестуванні спортсмена за допомогою гоніометрії оцінюється амплітуда рухів в основних суглобах: плечовому, ліктьовому, тазостегновому, колінному, гомілковостопному та інших. Зазвичай тестування проводиться в кілька етапів:

- спочатку визначається початковий кут руху суглоба у спокійному стані;
- потім спортсмен виконує рух в заданому напрямку, при цьому тренер або фізіотерапевт фіксує кут руху за допомогою гоніометра;
- після цього визначається діапазон рухів, який порівнюється з нормою або попередніми результатами для виявлення змін у гнучкості.

3. ***Переваги використання гоніометрії.***

Об'єктивність вимірювання: гоніометрія дозволяє отримати точні і об'єктивні дані про діапазон рухів суглоба.

Моніторинг прогресу: тести на гнучкість можна регулярно проводити для оцінки прогресу спортсмена і коригування тренувального процесу.

Виявлення патологій: допомагає виявити зменшення рухливості, що може бути ознакою травми або захворювання суглобів.

Динамометрія у спортивних тестах.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Поєднання гоніометрії та динамометрії у спортивних тестах:

Поєднання методів гоніометрії та динамометрії дає змогу отримати повну картину фізичних можливостей спортсмена. Вимірювання сили та гнучкості є важливими індикаторами для:

1. ***Оцінки функціональних можливостей спортсмена:*** комбінація цих тестів дозволяє оцінити не тільки рівень сили, але й діапазон рухів суглобів, що дає змогу комплексно оцінити здатність спортсмена до виконання фізичних вправ.
2. ***Виявлення слабких місць у тілі***: використання обох методів допомагає виявити дисбаланс між м'язовою силою і гнучкістю, що може призвести до травм. Це дозволяє тренерам або фізіотерапевтам розробити індивідуальні програми тренувань або реабілітації.
3. ***Профілактика травм:*** систематичне тестування з використанням гоніометрії та динамометрії допомагає знизити ризик травм, оскільки дозволяє вчасно коригувати тренувальні програми, враховуючи фізичні можливості спортсмена.

Підсумок:

Використання гоніометрії та динамометрії в спортивних тестах є важливим інструментом для оцінки фізичних можливостей спортсменів, виявлення слабких місць у м'язово-суглобовій системі та контролю за прогресом в тренувальному процесі. Вони дозволяють не тільки підвищити ефективність тренувань, але й значно знизити ризик травм, забезпечуючи тим самим кращі результати в спорті.

Фактори, що впливають на результати гоніометрії та динамометрії.

1. ***Положення тіла.***

Правильне положення тіла є ключовим для точних результатів при вимірюваннях за допомогою гоніометра (для вимірювання амплітуди рухів) та динамометра (для оцінки сили м'язів). Невірне розташування тіла або частин тіла може призвести до зміщення суглоба або неправильної сили, що, в свою чергу, спотворює результати вимірювань.

Рекомендація: тіло повинно бути стабільно зафіксоване, а вимірювання слід проводити в стандартних позиціях, з урахуванням анатомічних особливостей.

2. ***Втома м'язів.***

Втома впливає на здатність м'язів виконувати максимальні зусилля. При проведенні тесту на силу м'язів з використанням динамометра втомлені м'язи не здатні продемонструвати своєї максимальної потужності.

Рекомендація: для отримання точних результатів важливо враховувати рівень втоми пацієнта та, за можливості, проводити вимірювання після відпочинку або в середині сесії, щоб мінімізувати вплив втоми.

3. ***Вік.***

Вік є важливим фактором, який впливає на результати гоніометрії та

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

динамометрії. З віком знижується еластичність тканин і м'язова сила, що може спричиняти зменшення амплітуди рухів та сили м'язів. Молодші пацієнти можуть демонструвати кращі результати, тоді як літні особи – знижену функцію рухового апарату.

Рекомендація: різні вікові групи потребують інтерпретації результатів з урахуванням фізіологічних змін, характерних для кожного віку.

4. ***Рівень тренованості.***

Тренованість м'язів та загальний фізичний стан пацієнта суттєво впливають на результати динамометрії. Спортсмени та люди з високим рівнем фізичної підготовки можуть досягати більших значень сили, а також вищої амплітуди рухів порівняно з мало тренованими особами.

***Рекомендація*:** важливо оцінювати фізичний стан пацієнта та порівнювати результати з нормами для різних рівнів тренованості.

5. ***Власна похибка клініциста.***

Не менш важливим фактором є похибка самого клініциста, який проводить вимірювання. Похибки можуть бути зумовлені як технічними недоліками при використанні апарату, так і суб'єктивними помилками в розташуванні сенсорів або інтерпретації показників. Професіоналізм та досвід клініциста допомагають знизити ці похибки.

Рекомендація: дотримання стандартів техніки вимірювання та регулярна перевірка пристроїв для забезпечення точності результатів.

Підсумок:

Результати гоніометрії та динамометрії залежать від багатьох факторів, включаючи правильне положення тіла, стану м'язів, вік, рівень тренованості та можливу похибку клініциста. Важливо враховувати всі ці аспекти для досягнення найбільш точних та коректних результатів.

Інтерпретація показників гоніометрії та динамометрії для оцінки стану опорно-рухової системи.

Показники, що вимірюються при гоніометрії:

1. ***Кут згинання/розгинання суглоба***: вимірюється за допомогою двокутних шкал.
2. ***Амплітуда рухів:*** показує максимальну можливу величину руху в суглобі. Це важливий параметр для оцінки функціонального стану суглоба.
3. ***Пасивні та активні рухи***: розрізняють залежно від того, чи здійснюється рух за допомогою зовнішнього механізму (пасивний) чи м'язовою силою пацієнта (активний).

Інтерпретація результатів:

1. ***Нормальні показники***: амплітуда рухів повинна відповідати фізіологічним нормам для кожного суглоба.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2. ***Обмеження рухливості***: якщо амплітуда рухів менша за норму, це може свідчити про наявність механічних або запальних порушень.
3. ***Гіпермобільність:*** якщо амплітуда рухів більше норми, це може бути ознакою підвищеної рухливості суглобів, що часто спостерігається при спадкових захворюваннях сполучної тканини.

Показники, що вимірюються при динамометрії:

1. ***Сила м'язів***: вимірюється як максимальна сила, яку може генерувати м'яз при максимальному зусиллі.

Вимірювання зазвичай проводяться в таких групах м'язів:

- М'язи верхніх кінцівок (наприклад, сила захвату).
- М'язи нижніх кінцівок (наприклад, сила ноги).
- М'язи спини та тулуба.

2. ***М'язова асиметрія***: різниця в силі м'язів лівої та правої частини тіла, що може свідчити про наявність травм або дисфункцій.

Інтерпретація результатів:

1. ***Нормальні показники***: відповідно до віку, статі та фізичної підготовленості, сила м'язів повинна відповідати певним фізіологічним нормам.
2. ***Зниження сили м'язів***: свідчить про можливі травми, запалення або захворювання м'язів та нервової системи.
3. ***Гіпертрофія м'язів:*** може бути ознакою надмірного навантаження або певних захворювань, таких як м'язові дистрофії.

Підсумок:

Гоніометрія та динамометрія є важливими інструментами для оцінки функціонального стану опорно-рухової системи. Вони дозволяють лікарям проводити точні та об'єктивні вимірювання рухливості суглобів та сили м'язів, що є основою для постановки правильного діагнозу, моніторингу прогресу реабілітації та корекції лікувальних програм.

Ці методи є важливими не тільки в медичній практиці, а й у спортивній медицині, де точна оцінка стану опорно-рухової системи дозволяє досягати кращих результатів та запобігати травмам.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Що таке кінематичні показники руху?

A. Показники, що описують сили, які впливають на рух
B. Показники, що описують обертання тіла навколо осі
C. Показники, що описують рух без урахування сил, що його викликають

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

D. Показники, що визначають фізичні характеристики тіла
E. Показники, що описують взаємодії між м’язами

2. Яка з наступних характеристик є кінематичним показником?
A. Швидкість
B. Сила
C. Імпульс
D. Момент сили
E. Маса тіла

3. Який тип динамометра використовується для вимірювання сили без зміни довжини м’язів?
A. Механічний
B. Ізометричний
C. Цифровий
D. Лазерний
E. Гідравлічний

4. Що таке амплітуда руху суглоба?
A. Максимальна сила, яку може прикласти м’яз
B. Відстань, яку проходить кінцівка під час руху
C. Обмеження руху через травму
D. Кут, на який повертається суглоб
E. Кількість рухів, які можна виконати за одиницю часу

5. Що визначає динамічний показник імпульсу?
A. Зміна сили
B. Роботу, виконану силою
C. Добуток маси тіла на його швидкість
D. Кутову швидкість
E. Розподіл маси тіла

6. Які методи вимірювання використовуються в гоніометрії?
A. Активне та пасивне вимірювання
B. Лінійне та кутове вимірювання
C. Механічне та електронне вимірювання
D. Вимірювання сили та тиску
E. Вимірювання температури

7. Який тип гоніометра використовує інфрачервоні датчики для вимірювання кутів?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

A. Механічний гоніометр
B. Цифровий гоніометр
C. Лазерний гоніометр
D. Механічний із цифровим екраном
E. Інфрачервоний гоніометр

8. Що таке центр маси тіла?
A. Це точка, в якій зосереджена маса тіла
B. Це точка, в якій зосереджена максимальна сила
C. Це точка, де розподіляється енергія
D. Це точка, де прикладається сила тяжіння
E. Це найважча частина тіла

9. Які показники використовуються для оцінки стану суглобів після травм?
A. Кутова швидкість
B. Амплітуда руху суглобів
C. Швидкість обертання
D. Розмір м’язів
E. Маса тіла

10. Що визначає момент інерції?
A. Розподіл маси тіла відносно осі обертання
B. Швидкість обертання
C. Кількість енергії, що передається в систему
D. Зміна положення тіла
E. Сила, що викликає обертання

11. Яка з таких характеристик є динамічним показником?
A. Маса тіла
B. Швидкість
C. Траєкторія
D. Імпульс
E. Кутове прискорення

12. Що є основною метою застосування гоніометрії в клінічній практиці?
A. Визначення сили м’язів
B. Підрахунок кількості рухів
C. Оцінка амплітуди рухів у суглобах
D. Визначення температури тіла
E. Оцінка фізичної форми

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

13. Який із типів динамометрів найкраще підходить для вимірювання сили під час статичних вправ?

A. Ізометричний динамометр
B. Механічний динамометр
C. Цифровий динамометр
D. Лазерний динамометр
E. Тензометричний динамометр

14. Яка з наведених технологій використовує динамометр для вимірювання сили м'язів?

A. Лазерний датчик
B. Ізометричний вимір
C. Відеоаналіз
D. Цифровий вимір
E. Кисневий аналіз

15. Для чого використовується комбінування гоніометрії та динамометрії в спортивних тестах?

A. Для визначення рівня гнучкості суглобів
B. Для вимірювання температури тіла
C. Для оцінки кров'яного тиску
D. Для визначення маси тіла
E. Для оцінки сили м'язів і гнучкості суглобів

Питання до самоконтролю:

1. Що таке біомеханіка і яку роль вона відіграє у фізичній реабілітації?
2. Які основні показники руху використовуються в біомеханіці?
3. Як можна визначити амплітуду руху суглоба за допомогою гоніометра?
4. Що таке момент сили та як він вимірюється?
5. Які існують типи динамометрів і в чому їхня різниця?
6. Як вимірюється сила м'язів за допомогою динамометра?
7. Що таке кутова швидкість і як її визначити?
8. Які методи існують для вимірювання сили під час динамічних навантажень?
9. Що таке імпульс, і як він впливає на рух тіл?
10. Як проводиться вимірювання статичної сили в ізометричних умовах?
11. Які функції виконує гоніометрія в спортивній медичній практиці?
12. Які основні принципи застосування цифрових динамометрів?
13. Як правильно користуватися механічним гоніометром для вимірювання кута згинання суглоба?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

14. Як впливає точність вимірювань динамометрів на результат спортивних тестів?
15. Як визначити, чи є порушення у русі суглобів за допомогою кінематичних показників?

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т.118 (1), № 52. С. 1-13.
3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник/ укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : Навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л. О. Вакуленко [та ін.] ; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.
7. Human Anatomy:textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Додаткові цифрові ресурси:

Louisiana Tech University:
How to use a Biodex
Isokinetic Dynamometer

Goniometer –
Lower Extremity

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 4. ВСТУП У КІНЕЗІОЛОГІЮ. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ АРТРОКІНЕМАТИКИ ТА ОСТЕОКІНЕМАТИКИ

Теоретичні питання

1. Клінічна кінезіологія: основи та значення.
2. Основні принципи клінічної кінезіології.
3. Методи оцінки в клінічній кінезіології.
4. Значення клінічної кінезіології.
5. Клінічна кінезіологія в міждисциплінарній команді.
6. Об’єкт дослідження кінезіології.
7. Методи дослідження у кінезіології.
8. Ключові терміни та визначення у кінезіології.
9. Класифікація положень і рухів у різних площинах (остеокінематика).
10. Принципи артрокінематики.
11. Характеристика обертальних і поступальних рухів.
12. Нормальні кінцеві відчуття під час рухів суглобів.
13. Порушення кінцевих відчуттів при патологіях.
14. Оцінка амплітуди рухів суглобів.

Клінічна кінезіологія: основи та значення.

Клінічна кінезіологія – це наукова дисципліна, що вивчає механізми руху людського тіла, його анатомічні та фізіологічні аспекти, а також їх взаємодію в умовах здоров’я та патологій. Вона є основою для діагностики, лікування та профілактики рухових порушень, поєднуючи знання з анатомії, біомеханіки, неврології та реабілітації.

Основні принципи клінічної кінезіології.

1. Анатомія та біомеханіка:

- Вивчення будови м’язів, суглобів, кісток і їх функціональної взаємодії під час руху.

- Аналіз сил, що діють на тіло (наприклад, тиск, тяжіння), та їх вплив на рухові паттерни.

2. Фізіологія м’язової активності:

- Дослідження м’язового скорочення, координації, витривалості та енергетичного обміну.

- Оцінка нейром’язової передачі сигналів для розуміння причин дисфункцій.

3. Рухові паттерни:

- Визначення нормальних та патологічних моделей руху (наприклад, кульгавість, асиметрія ходи).

- Динамічний аналіз ходи (гайт-аналіз), стрибків або інших функціональних рухів.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Методи оцінки в клінічній кінезіології.

1. Мануальне м'язове тестування: оцінка сили, тонусу та витривалості окремих м'язів.
2. Аналіз діапазону рухів (ROM): вимірювання гнучкості суглобів за допомогою гоніометра.
3. Постуральний аналіз: виявлення порушень постави (наприклад, сколіоз, лордоз).
4. Електроміографія (ЕМГ): реєстрація електричної активності м'язів для діагностики неврологічних порушень.
5. Відеозйомка руху: використання 3D-технологій для детального аналізу рухових паттернів.

Значення клінічної кінезіології.

1. Реабілітація після травм та операцій: відновлення функції м'язів і суглобів після переломів, розтягнень або ендопротезування (наприклад, реабілітація після заміни колінного суглоба).

2. Лікування хронічного болю: виявлення м'язових дисбалансів або перенавантажень, що спричиняють біль у спині, шиї чи суглобах.

3. Неврологічні порушення: робота з пацієнтами після інсультів, розсіяного склерозу або травм спинного мозку для покращення рухової активності.

4. Спортивна медицина: профілактика травм, корекція техніки рухів, підвищення продуктивності спортсменів.

Приклад: аналіз бігу для мінімізації навантаження на коліна.

5. Ергономіка та профілактика: розробка індивідуальних програм для працівників, які страждають від профзахворювань (наприклад, синдрому комп'ютерної шиї).

6. Педіатрія та геріатрія: допомога дітям із ДЦП у розвитку моторики; підтримка людей похилого віку для збереження рухової самостійності.

Клінічна кінезіологія в міждисциплінарній команді.

- Співпраця з фахівцями: фізичними терапевтами, ортопедами, неврологами, ерготерапевтами.
- Інструменти сучасної медицини: використання технологій на кшталт екзоскелетів для тренування ходи або біозворотного зв'язку (biofeedback) для покращення контролю рухів.

Виклики та перспективи:

1. Персоналізація лікування: інтеграція ШІ для аналізу рухових даних і створення індивідуальних програм.
2. Телемедицина: дистанційний моніторинг пацієнтів за допомогою спеціальних пристроїв (наприклад, смарт-годинників).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

3. Біомеханічні імплантати: розробка протезів, що імітують природні рухи.

Підсумок:

Клінічна кінезіологія є невід'ємною частиною сучасної медицини, де наука про рух перетворюється на практичні рішення для покращення якості життя. Вона дозволяє не лише лікувати, але й запобігати руховим порушенням, роблячи медицину активною та орієнтованою на пацієнта. Від спортивних залів до реабілітаційних центрів – її значення виходить далеко за межі клінік, торкаючись кожного аспекту людського руху.

Об'єкт дослідження кінезіології.

Об'єкт дослідження кінезіології:

Кінезіологія вивчає рухову активність людини в контексті фізичного, фізіологічного, психологічного та соціального здоров'я (рис. 4.1).

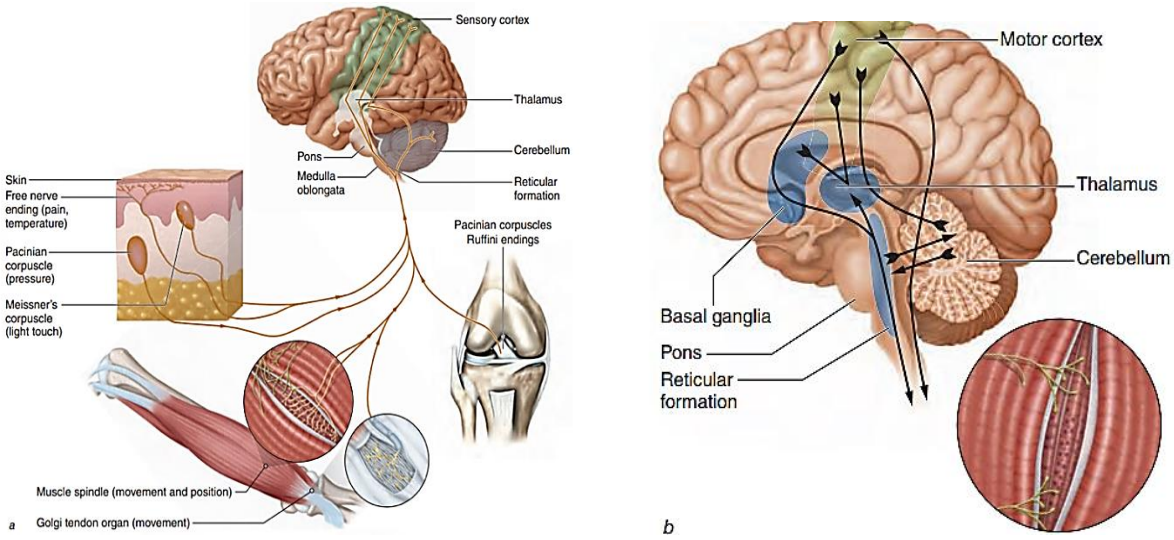


Рис. 4.1. Нейрофізіологічні механізми контролю рухів

До об'єкта належать:

1. **Біомеханіка руху:** аналіз сил, що діють на тіло, та їх вплив на структури (кістки, м'язи, суглоби).
2. **Нейром'язова функція:** взаємодія нервової системи та м'язів під час руху.
3. **Фізіологія фізичного навантаження:** адаптація організму до тренувань, метаболічні процеси.
4. **Психологія руху:** мотивація, стресостійкість, когнітивні аспекти контролю рухів.
5. **Реабілітація та профілактика:** відновлення рухових функцій після травм, оптимізація рухової активності.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Методи дослідження у кінезіології.

1. Біомеханічні методи:

- Кінематика: вивчення руху тіла за допомогою 3D-моделювання або міток.
- Кінетика: аналіз сил (наприклад, сила реакції опори за допомогою платформ).

2. Фізіологічні методи:

- Електроміографія (ЕМГ): вимірювання електричної активності м'язів.
- Спірометрія: оцінка дихальної функції під час навантаження.

3. Клінічні оцінки:

- Тести гнучкості, сили, витривалості (наприклад, динамометрія).
- Аналіз ходи (гайт-аналіз).

4. Психологічні інструменти:

- Анкети для оцінки мотивації, тривожності, якості життя.

5. Дослідницькі підходи:

- Експерименти, когортні дослідження, клінічні випробування.

Ключові терміни та визначення у кінезіології.

1. Біомеханіка – наука, що вивчає механічні закони руху живих організмів, включаючи сили, які діють на тіло, та їхній вплив на структури (кістки, м'язи, суглоби).

Деталі:

- Кінематика: аналіз руху без урахування сил, що його викликають (напр., траєкторія руху руки під час кидка м'яча).
- Кінетика: вивчення сил, які впливають на рух (напр., сила тяжіння або сила реакції опори під час бігу).
- Застосовується для оптимізації спортивних технік, профілактики травм, розробки протезів.

2. Моторний контроль – процеси, за допомогою яких центральна нервова система (ЦНС) планує, організовує та виконує рухи.

Деталі:

- Включає зворотній зв'язок (корекція руху на основі сенсорної інформації) та передбачення (прогнозування руху).
- Приклад: здатність ловити м'яч, регулюючи силу і траєкторію рук на основі зорової інформації.
- Порушення моторного контролю спостерігаються при інсульті, хворобі Паркінсона.

3. Пропріоцепція – здатність відчувати положення тіла в просторі завдяки рецепторам у м'язах, сухожиллях і суглобах.

Деталі:

- Рецептори: м'язові веретена (контроль довжини м'яза), сухожилкові органи Гольджі (контроль напруги).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Приклад: можливість йти із закритими очима, не втрачаючи рівноваги.

- Тренування пропріоцепції використовується в реабілітації після травм коліна або щиколотки.

4. Кінестезія – усвідомлення рухів власного тіла через інтеграцію сигналів від пропріоцепторів шкіри та зору.

Деталі:

- Відрізняється від пропріоцепції тим, що включає свідоме сприйняття руху.

- Приклад: танцюрист, який контролює точність рухів під час виконання складних па.

- Порушення кінестезії можуть виникати при нейродегенеративних захворюваннях.

5. Аеробний та анаеробний метаболізм:

- Аеробний: вироблення енергії з використанням кисню (тривалі, низькоінтенсивні навантаження, напр., марафон).

- Анаеробний: енергія виробляється без кисню (короткочасні, високоінтенсивні навантаження, напр., спринт).

Деталі:

- Аеробні процеси переважають у витривалих видах спорту, анаеробні – у силових.

- Молочна кислота, що накопичується під час анаеробного метаболізму, викликає втому.

6. Агоністи та антагоністи:

- Агоністи: м’язи, що скорочуються для здійснення руху (напр., двоголовий м’яз плеча при згинанні руки).

- Антагоністи: м’язи, що розслабляються або протидіють руху (напр., триголовий м’яз плеча при згинанні руки).

Деталі:

- Система "агоніст-антагоніст" забезпечує плавність і контроль рухів.

- Дисбаланс між ними призводить до травм (напр., надрив м’яза).

7. Моторне навчання - процес формування та автоматизації рухових навичок через повторення і адаптацію.

Деталі:

- Фази навчання:

  - Когнітивна (свідоме вивчення руху).
  - Асоціативна (поліпшення техніки).
  - Автономна (автоматизація навички, напр., їзда на велосипеді).

- Використовується в спорті, реабілітації, нейрореабілітації після інсультів.

8. Ергономіка – наука про оптимізацію взаємодії людини з робочим середовищем для зниження навантаження та підвищення продуктивності.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Деталі:

- Приклади: проектування ортопедичних крісел, розміщення комп'ютерної клавіатури.

- Зв'язок з кінезіологією: попередження м'язово-скелетних розладів (напр., синдром зап'ясткового каналу).

9. Ізотонічні та ізометричні скорочення:

- Ізотонічні: скорочення м'яза зі зміною його довжини (напр., підйом гантелі).

- Ізометричні: скорочення без зміни довжини (напр., утримання планки).

Деталі:

- Ізотонічні тренування розвивають силу і м'язову масу.

- Ізометричні тренування корисні для реабілітації та зміцнення суглобів.

10. Ексцентричне та концентричне скорочення:

- Концентричне: скорочення м'яза зі зменшенням його довжини (напр., підйом на носки).

- Ексцентричне: скорочення зі збільшенням довжини (напр., опускання в присіданні).

- Ексцентричні навантаження часто викликають м'язові болі, але ефективні для розвитку сили (рис. 4.2).

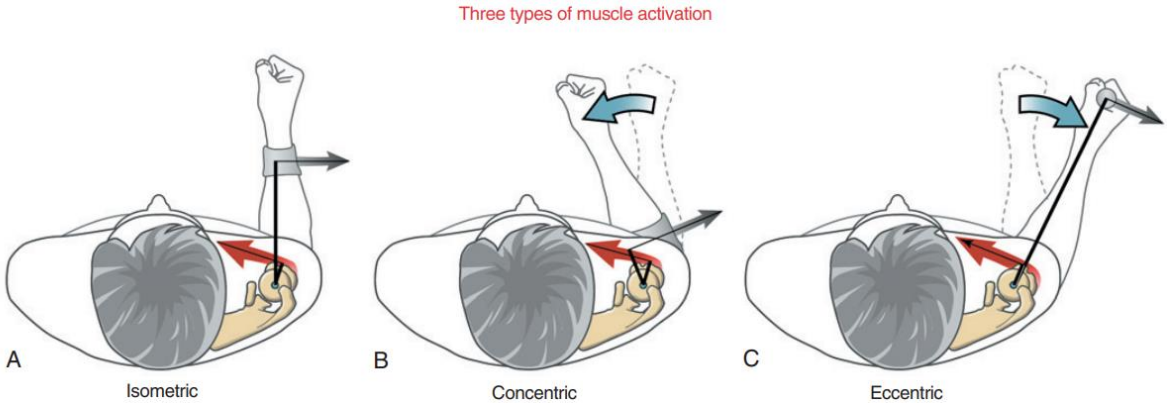


Рис. 4.2. Види м'язових скорочень

11. Реабілітація – система заходів для відновлення фізичних, психологічних та соціальних функцій після травм або хвороб.

Деталі:

- Методи: лікувальна фізкультура, механотерапія, ерготерапія.

- Приклади: відновлення ходи після перелому, відпрацювання рівноваги після інсульту.

- Базується на принципах біомеханіки та моторного контролю.

12. Гіпокінезія – дефіцит рухової активності, що призводить до атрофії м'язів, порушень обміну речовин, остеопорозу.

- Актуальна проблема в сучасному суспільстві через сидячий спосіб життя.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Підсумок:

Кінезіологія інтегрує знання з анатомії, фізіології, неврології та психології. Її ключові терміни є основою для розуміння рухової активності людини в спорті, медицині, ергономіці та повсякденному житті.

Примітка:

Кінезіологія як наукова дисципліна відрізняється від "прикладної кінезіології" (альтернативної медицини). Вона спирається на емпіричні докази та міждисциплінарні дослідження.

Класифікація положень і рухів у різних площинах (остеокінематика). Опис остеокінематичних рухів.

Остеокінематика – науки про рухи кісток у суглобах.

1. Площини та осі руху:

Рухи тіла описуються у трьох анатомічних площинах, кожна з яких перпендикулярна до певної осі:

- Сагітальна площина (стрілоподібна): ділить тіло на ліву та праву частини.
  - Вісь: фронтальна (горизонтальна, перпендикулярна сагітальній площині).
- Фронтальна площина (коронарна або вінцева): ділить тіло на передню та задню частини.
  - Вісь: сагітальна (горизонтальна, перпендикулярна фронтальній площині).
- Горизонтальна (поперечна) площина: ділить тіло на верхню та нижню частини.
  - Вісь: вертикальна (перпендикулярна поперечній площині) (рис. 4.3).

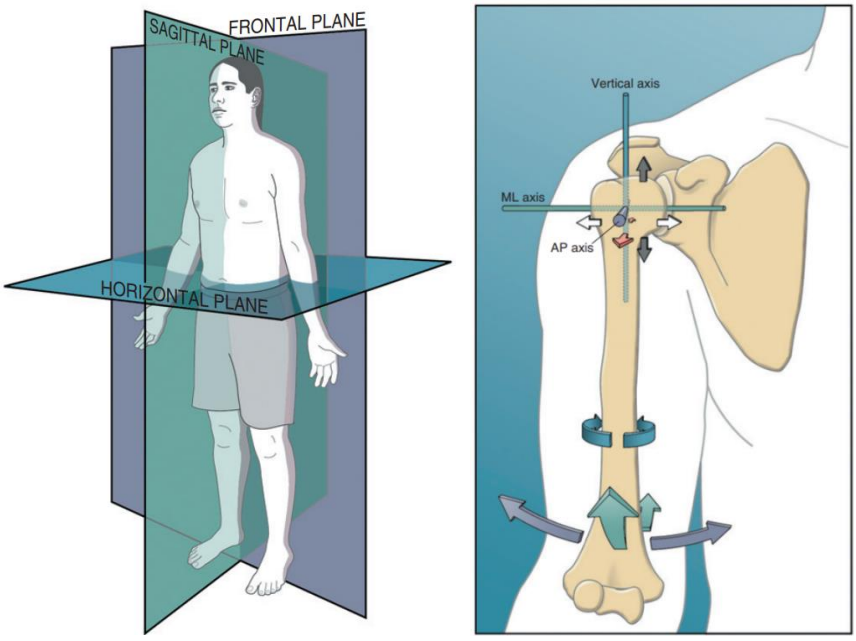


Рис. 4.3. Анатомічні площини

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2. Основні рухи в кожній площині:

А. Сагітальна площина:

- Згинання (флексія): зменшення кута між кістками (напр., згинання руки в лікті).

- Розгинання (екстензія): збільшення кута між кістками (напр., випрямлення ноги в коліні).

- Гіперекстензія: пере розгинання суглоба за межі анатомічного положення (напр., відхилення голови назад).

Приклади:

- Ходьба (рухи ніг у колінах).

- Підйом на носки.

Б. Фронтальна площина:

- Відведення (абдукція): рух кінцівки від серединної лінії тіла (напр., підняття руки вбік).

- Приведення (аддукція): рух кінцівки до серединної лінії тіла (напр., опускання руки до тулуба).

- Боковий нахил: рух тулуба або голови вбік (напр., нахил голови до плеча).

Приклади:

- Рухи гімнаста на брусах.

- Вправи з розведенням ніг у тренажері.

В. Горизонтальна площина:

- Внутрішнє обертання (медіальна ротація): поворот кістки до середини тіла (напр., обертання плеча всередину).

- Зовнішнє обертання (латеральна ротація): поворот кістки назовні від тіла (напр., обертання плеча назовні).

- Горизонтальне приведення/відведення: рухи паралельно землі (напр., зведення рук перед грудьми).

Приклади:

- Удар у тенісі з обертанням плеча.

- Повороти голови вліво або вправо.

3. Складні (комбіновані) рухи:

- Циркумдукція: круговий рух, що поєднує згинання, відведення, розгинання та приведення (напр., рух рукою по колу).

- Супінація/пронація:

- Супінація: поворот передпліччя долонею догори (або стопи назовні).

- Пронація: поворот передпліччя долонею донизу (або стопи всередину) (рис. 4.4).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Рис. 4.4. Складні або комбіновані рухи

4. Особливі рухи для окремих частин тіла:

- Стопа:
  - Дорсіфлексія (підйом носка): рух у сагітальній площині.
  - Плантарфлексія (опускання носка).
- Хребет:
  - Ротація (обертання хребта в горизонтальній площині).
  - Латерофлексія (бічний нахил у фронтальній площині).
- Плечовий суглоб:
  - Антеверзія/ретроверзія (рух плеча вперед/назад).

5. Значення остеокінематики:

- В медицині: діагностика порушень рухових функцій (напр., обмеження амплітуди рухів після травм).
- В спорті: оптимізація техніки для зменшення навантаження на суглоби.
- В реабілітації: розробка програм для відновлення рухливості.

Підсумок:

Остеокінематика тісно пов’язана з артрокінематикою (рухами суглобових поверхонь). Наприклад, при згинанні коліна (остеокінематика) відбувається ковзання кісток у суглобі (артрокінематика).

Принципи артрокінематики.
Артрокінематичні рухи: механізм та особливості.

Артрокінематика вивчає рух суглобових поверхонь відносно одна одної під час виконання остеокінематичних рухів (наприклад, згинання, обертання). Вона описує мікрорухи всередині суглоба, які забезпечують плавність та стабільність. Основні принципи:

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

1. Три основні типи рухів у суглобі:

1. Ковзання (Glide або Slide) - паралельне зміщення однієї суглобової поверхні відносно іншої (рис. 4.5).

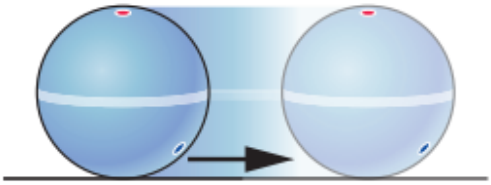


Рис. 4.5. Ковзання

Приклад: при згинанні коліна суглобова поверхня стегнової кістки ковзає по поверхні великогомілкової кістки.

2. Обертання (Spin) - одна кістка обертається навколо своєї осі, залишаючись у контакті з іншою (рис. 4.6).

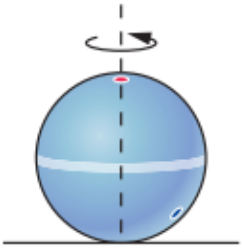


Рис. 4.6. Обертання

Приклад: обертання плечової кістки в плечовому суглобі під час кругових рухів руки.

3. Перекочування (Roll) - рух, при якому нова точка однієї кістки контактує з новою точкою іншої кістки (рис. 4.7).

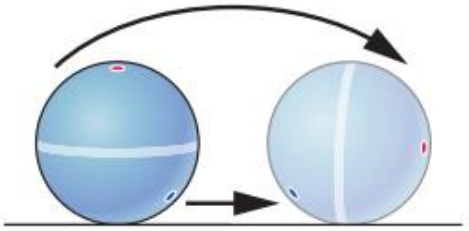


Рис. 4.7. Перекочування

Приклад: перекочування стегнової кістки по меніску коліна під час ходьби.

2. Правило "опукло-увігнутої" поверхні - рухи суглобових поверхонь залежать від їхньої форми:

- Якщо опукла поверхня рухається по увігнутій: напрямок ковзання протилежний напрямку руху кістки.

Приклад: плечовий суглоб (головка плечової кістки – опукла, суглобова ямка лопатки – увігнута). Під час підняття руки, ковзання відбувається «вниз», хоча кістка рухається вгору.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Якщо увігнута поверхня рухається по опуклій: напрямок ковзання збігається з напрямком руху кістки.

Приклад: колінний суглоб (великогомілкова кістка – увігнута, стегнова – опукла). Під час розгинання коліна ковзання великогомілкової кістки відбувається вперед (рис. 4.8).

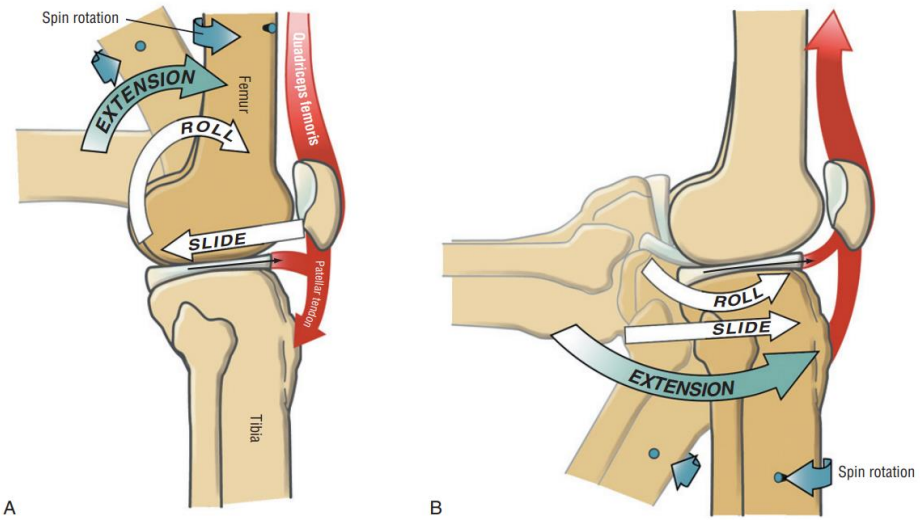


Рис. 4.8. Згинання та розгинання у колінному суглобі

3. Зв'язок артрокінематики з остеокінематикою:

- Артрокінематичні рухи завжди супроводжують остеокінематичні (наприклад, згинання коліна включає ковзання і перекочування суглобових поверхонь).

- Дисфункція артрокінематики (наприклад, обмежене ковзання) призводить до болю, обмеження рухливості або травм.

4. Принцип "комбінованих рухів":

- У більшості суглобів рухи є комбінацією ковзання, перекочування та обертання.

Приклад: у плечовому суглобі під час підняття руки відбувається:

- Перекочування головки плечової кістки вгору.
- Одночасне ковзання вниз (для запобігання імпінджменту).

5. Вплив м'язів і зв'язок на артрокінематику:

- М'язи стабілізують суглоби та контролюють артрокінематичні рухи.

Приклад: м'язи-ротатори плечового суглоба забезпечують центрацію головки плечової кістки під час руху.

6. Клінічне значення:

1. Реабілітація – мобілізація суглобів (наприклад, мануальна терапія) спрямована на відновлення ковзання.

2. Профілактика травм – тренування м'язового контролю для оптимальної артрокінематики.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

3. Хірургія – при протезуванні суглобів враховують форму поверхонь для відтворення фізіологічних рухів.

Приклади патологій через порушення артрокінематики

- Імпінджмент-синдром плеча: недостатнє ковзання головки плечової кістки вниз при піднятті руки.
- Артроз: зношення суглобового хряща через аномальне ковзання або перекочування.

Підсумок:

Артрокінематика – основа для розуміння біомеханіки суглобів, діагностики патологій та розробки ефективних методів лікування. Її принципи використовуються у фізіотерапії, спортивній медицині та ортопедії.

Характеристика обертальних і поступальних рухів.

1. Поступальний рух – рух, при якому всі точки тіла рухаються однаково і паралельно одна одній.

Основні характеристики:

- Траєкторія: усі точки тіла описують ідентичні траєкторії.
- Швидкість: лінійна швидкість (v) однакова для всіх точок.
- Прискорення: лінійне прискорення (a) визначається силою (F) за другим законом Ньютона:

$$\mathrm{a} = \frac{F}{m}$$

Приклади: рух автомобіля по прямій дорозі, ковзання книги по столу.

Особливості:

- Не має осі обертання.
- Енергія руху описується кінетичною енергією поступального руху:

$$E_k = \frac{(\mathrm{m} \cdot \mathrm{v}^2)}{2}$$

2. Обертальний рух – рух, при якому точки тіла рухаються по колам навколо спільної осі обертання.

Основні характеристики:

- Кутова швидкість (ω): визначає швидкість обертання (рад/с).
- Кутове прискорення (α): зміна кутової швидкості з часом.
- Момент інерції (I): залежить від маси та її розподілу відносно осі обертання.
- Рівняння руху: зв'язок моменту сили (Ƭ) з кутовим прискоренням:

$$Ƭ = I\alpha$$

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Приклади: обертання колеса, рух лопатей вентилятора, обертання Землі навколо осі.

Особливості:

- Лінійна швидкість точки залежить від відстані до осі (r):

$$v = \omega r$$

Доцентрове прискорення (a_c): направлене до центру обертання

$$a_c = \omega^2 r; \;\; a_c = \frac{v^2}{r}$$

Кінетична енергія обертання:

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2}$$

3. Комбінований рух – тіло здійснює одночасно поступальний і обертальний рух.

Приклад: кочення колеса:

- Центр мас колеса рухається поступально (v).
- Точки на ободі колеса обертаються навколо осі (ω).
- Кінетична енергія:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

Практичне значення:

- Інженерія: проектування механізмів (редуктори, шестерні), де важливе перетворення обертального руху в поступальний (і навпаки).
- Спорт: техніка стрибків у фігурному катанні (збереження кутового моменту).
- Астрономія: рух планет (поступальний – навколо Сонця, обертальний – навколо власної осі).

Підсумок:

Розуміння відмінностей між поступальним і обертальним рухом є ключовим у фізиці та інженерії. Поступальний рух описує переміщення тіла в просторі, тоді як обертальний – його рух навколо осі. Обидва типи рухів підкоряються фундаментальним законам механіки, а їх комбінація лежить в основі багатьох технічних процесів.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Нормальні кінцеві відчуття під час рухів суглобів.

1. **Кінцеві відчуття (енд-філ)** – це фізіологічний опір або відчуття, яке виникає при досягненні максимальної амплітуди пасивного руху в суглобі. Вони відображають анатомічні структури, що обмежують рух. Виділяють три типи нормальних кінцевих відчуттів:

1. Кістковий (твердий) енд-філ – різкий, жорсткий стоп-сигнал, коли кістки стикаються.

Приклади:

- Розгинання ліктя (стик ліктьової та променевої кісток).
- Розгинання коліна (контакт стегнової та великогомілкової кісток).

2. М'якотканинний (еластичний) енд-філ - м'який, пружний опір через стискання м'язів або жирової тканини.

Приклади:

- Згинання коліна (стискання задньої групи м'язів).
- Згинання ліктя (стискання м'язів передпліччя та плеча).

3. Капсулярно-зв'язковий (натяжний) енд-філ - еластичний опір, схожий на розтягнення гуми, обумовлений напруженням суглобової капсули або зв'язок.

Приклади:

- Зовнішнє обертання плеча (натяг передньої капсули плечового суглоба).
- Відведення стегна (натяг пахових зв'язок).

Порушення кінцевих відчуттів при патологіях.

Порушення кінцевих відчуттів при патологіях – патологічні енд-філи свідчать про структурні або функціональні порушення суглоба. Вони допомагають діагностувати захворювання (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Приклади патологій та їхні енд-філи

Патологія	Тип порушення енд-філу	Механізм
Остеоартроз	Твердий (кістковий)	Остеофіти обмежують рух
Ревматоїдний артрит	М'якотканинний (набряк)	Синовіїт і запалення
Розрив меніска	Пружинний блок	Зміщення ушкодженого мениска
Тендиніт	Пустий (больовий)	Больове обмеження руху
Спастичний параліч	Спастичний	Гіпертонус м'язів

Патологічні типи кінцевих відчуттів.

1. Ранній/патологічно м'який енд-філ - м'який опір виникає раніше, ніж очікується.

Причини:

- Набряк суглоба (напр., при синовіїті).
- Гематома або запалення м'яких тканин.

Приклад: Набряк коліна при остеоартрозі обмежує згинання.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2. Пружинний (блокуючий) енд-філ - відчуття "пружини" або механічного блоку.

Причини:

- Ушкодження меніска (коліно).
- Вільні суглобові тільця ("суглобові миші").

Приклад: блокада коліна при розриві меніска.

3. Пустий енд-філ - рух обмежується різким болем до досягнення фізіологічного бар'єра.

Причини:

- Гострий запальний процес (напр., бурсит).
- Перелом або розрив зв'язок.

Приклад: гострий больовий синдром при тендиніті плеча.

4. Спастичний енд-філ - різкий стоп-сигнал через рефлекторний м'язовий спазм.

Причини:

- Травма (напр., розтягнення зв'язок).
- Неврологічні порушення (напр., спастичність при ДЦП).

Приклад: спазм м'язів шиї при грижі міжхребцевого диска.

5. Патологічно твердий енд-філ - надмірно жорсткий опір, не характерний для даного суглоба (див. табл. 4.1).

Причини:

- Остеофіти (кісткові вирости) при остеоартрозі.
- Аносталоз (кісткове зрощення суглоба).

Приклад: обмеження рухів у тазостегновому суглобі при коксартрозі.

Клінічне значення оцінки енд-філу:

1. Діагностика:

- Визначення типу ушкодження (напр., диференціація між запаленням і механічною блокадою).

2. Планування лікування:

- Мобілізація суглоба при капсулярному обмеженні.
- Хірургічне втручання при блокуванні суглоба.

3. Моніторинг:

- Оцінка ефективності терапії (напр., зменшення набряку після лікування).

Підсумок:

Аналіз кінцевих відчуттів – це ключовий елемент мануального обстеження суглобів. Він дозволяє виявити структурні зміни, відрізнити норму від патології та вибрати оптимальну тактику лікування. Наприклад, "пружинний" енд-філ у коліні може вказувати на розрив меніска, тоді як "пустий" енд-філ у плечі часто пов'язаний із запаленням сухожилля.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Оцінка амплітуди рухів суглобів.

Оцінка амплітуди рухів суглобів (ROM – Range of Motion) – це процес вимірювання максимального кута, на який суглоб може рухатися в певній площині. Це ключовий елемент діагностики, реабілітації та моніторингу захворювань опорно-рухового апарату.

1. Методи оцінки амплітуди рухів.

А. Гоніометрія:

- Інструмент: гоніометр – пристрій з рухомою стрілкою та шкалою для вимірювання кутів.
- *Процедура:*
  1. Фіксують ось обертання суглоба (напр., ліктьовий відросток для ліктя).
  2. Рухають кінцівкою до максимальної амплітуди.
  3. Вимірюють кут між двома кістками.
- Переваги*:* точність, стандартизація.
- Недоліки: залежить від досвіду дослідника.

Б. Візуальна оцінка:

- Опис: приблизне визначення амплітуди "на око".
- Застосування: швидкий скринінг, неможливість використання інструментів.
- Недоліки: суб’єктивність, низька точність.

В. Інклінометрія:

- Інструмент: цифровий інклінометр або додаток для смартфону.
- Застосування: для суглобів зі складними осями (напр., хребет).

Г. Функціональні тести:

Приклади:

- Тест "Дотягнись до спини": оцінка рухливості плечового суглоба.
- Тест Томаса: оцінка гнучкості стегнового суглоба.

2. Типи амплітуди рухів.

1. Активна амплітуда (AROM) – рух, який виконує сам пацієнт за допомогою м’язів.

2. Пасивна амплітуда (PROM) – рух, який виконує терапевт без участі м’язів пацієнта.

Важливо: PROM часто більша за AROM. Різниця може вказувати на м’язову слабкість або больовий синдром.

3. Фактори, що впливають на амплітуду:

- Вік: зменшується з віком через зниження пружності зв’язок.
- Стать: жінки часто мають більшу гнучкість.
- Суглобова патологія: артроз, артрит, контрактури.
- Травми: розриви зв’язок, переломи.
- М’язова гіпертонія або гіпотонія.

4. Норми амплітуди рухів для ключових суглобів (табл. 4.2)

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Таблиця 4.2

Типи та норми амплітуди рухів у суглобах

Joint motion	Hoppenfeld[54]	Daniels & Worthingham[55]	AAOS[56]	Kendall et al.[57]	Kapandji[58,59]	Esch & Lepley[60]	Gerhardt & Russe[61]
Hip							
Flexion	120	115–125	120	125	120	130	125
Extension	30	15	30	10	30	45	15
Abduction	45–50	45	45	45	45	45	45
Adduction	20–30	—	30	10	30	15	15
Medial rotation	35	45	45	45	45	33	45
Lateral rotation	45	45	45	45	60	36	45
Shoulder							
Flexion	180	—	180	180	180	170	170
Extension	45	50	60	45	50	60	50
Abduction	180	—	180	180	180	170	170
Lateral rotation	45	90	90	90	80	90	90
Medial rotation	55	90	70	70	95	80	80
Horizontal abduction	—	—	—	—	—	—	30
Horizontal adduction	—	—	135	—	—	—	135
Elbow							
Flexion	135+	145–160	150	145	145–160	150	150
Forearm							
Supination	90	90	80	90	80	90	90
Pronation	90	90	80	90	85	90	80
Wrist							
Extension	70	70	70	70	85	70	50
Flexion	80	90	80	80	85	90	60
Radial deviation	20	—	20	20	15	20	20
Ulnar deviation	30	—	30	35	45	30	30
Thumb, carpometacarpal							
Abduction	70	50	70	80	50	—	—
Flexion	—	—	15	45	—	—	—
Extension	—	—	20	0	—	—	—
Opposition	Tip of thumb to tip of 5th finger (all investigators agree)						
Thumb, metacarpophalangeal							
Flexion	50	70	50	60	80	—	—
Thumb, interphalangeal							
Flexion	90	90	80	80	80	—	—
Digits 2–5, metacarpophalangeal							
Flexion	90	90	90	90	—	—	—
Extension	45	30	45	—	—	—	—
Digits 2–5, proximal interphalangeal							
Flexion	100	120	—	—	—	—	—
Digits 2–5, distal interphalangeal							
Flexion	90	80	—	—	—	—	—
Subtalar joint							
Inversion	—	—	35	35	52	30	40
Eversion	—	—	20	20	30	15	20
Ankle, talocrural							
Dorsiflexion	20	—	20	20	20–30	10	20
Plantar flexion	50	45	50	45	50	65	45
Knee							
Flexion	135	135	135	140	135	135	130

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

5. Патологічні зміни амплітуди:

- Обмеження рухів (гіпомобільність):
  - *Причини*: артроз, контрактури, спайки, рубці.
  - *Приклад*: зменшення згинання коліна після перелому.
- Надмірна рухливість (гіпермобільність):
  - *Причини*: синдром Елерса-Данлоса, розтягнення зв'язок.
  - *Приклад:* збільшене відведення пальців рук.
- Больове обмеження:
  - *Причини*: запалення (напр., бурсит), травми.

6. Клінічне значення:

- Діагностика: визначення ступеня ушкодження суглоба.
- Реабілітація: планування вправ для збільшення ROM.
- Хірургія: оцінка результатів ендопротезування.
- Спорт: профілактика травм через контроль гнучкості.

7. Приклади оцінки в клінічній практиці

- Плечовий суглоб - обмеження згинання → можливий імпінджмент-синдром.
- Хребет - зменшення бокового нахилу → підозра на грижу диска.
- Колінний суглоб - неможливість повного розгинання → ушкодження меніска або ЗКС.

8. Поширені помилки при вимірюванні:

- Неправильне позиціювання осі гоніометра.
- Ігнорування компенсаторних рухів (напр., нахил тулуба при піднятті руки).
- Неврахування больового синдрому.

Підсумок:

Оцінка амплітуди рухів суглобів – це базовий навик для фізіотерапевтів, ортопедів та ревматологів. Вона допомагає виявити патології на ранніх стадіях, оцінити ефективність лікування та запобігти ускладненням. Наприклад, зменшення ROM у тазостегновому суглобі може вказувати на коксартроз, а надмірна рухливість у пальцях – на системні захворювання сполучної тканини.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Що є об'єктом дослідження клінічної кінезіології?

A. Лікування захворювань суглобів
B. Вивчення анатомії м'язів
C. Вивчення психології
D. Механізми руху людського тіла
E. Лікування травм лише в спорті

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2. Який з методів використовується для оцінки сили та витривалості м'язів?

A. Електроміографія
B. Мануальне м'язове тестування
C. Відеозйомка руху
D. Спірометрія
E. Тест гнучкості

3. Яка з наступних характеристик є важливою для клінічної кінезіології?

A. Анатомія м'язів
B. Біомеханіка суглобів
C. Всі варіанти правильні
D. Психологічні аспекти руху
E. Фізіологія м'язової активності

4. Який рух відбувається в сагітальній площині?

A. Розгинання руки в плечовому суглобі
B. Поворот голови вліво-вправо
C. Підняття руки вбік
D. Поворот тулуба
E. Згинання ноги в коліні

5. Що описує остеокінематика?

A. Психологічні аспекти руху
B. М'язові скорочення
C. Рухи кісток у суглобах
D. Діагностику патологій суглобів
E. Нейром'язову функцію

6. Яка площина розділяє тіло на передню та задню частини?

A. Фронтальна
B. Сагітальна
C. Горизонтальна
D. Трансверзальна
E. Поперечна

7. Що відбувається під час флексії в сагітальній площині?

A. Збільшення кута між кістками
B. Поворот кінцівки
C. Відведення кінцівки
D. Зменшення кута між кістками
E. Приведення кінцівки

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

8. Який із наступних рухів є прикладом комбінованого руху?

A. Згинання ноги в коліні
B. Поворот голови вліво
C. Циркумдукція руки
D. Підняття руки вбік
E. Розгинання плеча

9. Що таке пропріоцепція?

A. Здатність відчувати болючу реакцію
B. Усвідомлення руху через зір
C. Контроль над емоційними реакціями
D. Відчуття температури в тілі
E. Здатність відчувати положення тіла в просторі

10. Яка з характеристик є властивою для поступального руху?

A. Рух всіх точок тіла по колах навколо осі обертання
B. Лінійна швидкість усіх точок однакова
C. Момент інерції визначає рух тіла
D. Кутова швидкість змінюється з часом
E. Кінетична енергія визначається моментом сили

11. Що є основною характеристикою обертального руху?

A. Кутова швидкість визначає швидкість обертання
B. Всі точки тіла рухаються паралельно одна одній
C. Лінійне прискорення є постійним
D. Момент сили не залежить від моменту інерції
E. Траєкторії точок тіла є прямими лініями

12. Яка з характеристик є важливою для комбінованого руху?

A. Відсутність будь-яких змін у кінетичній енергії
B. Центр мас тіла рухається по колу
C. Всі точки тіла рухаються з однаковою швидкістю
D. Поєднання поступального і обертального руху
E. Кінетична енергія тільки обертальна

13. Який тип кінцевих відчуттів відчувається, коли кістки суглоба стикаються?

A. М’якотканинний (еластичний) енд-філ
B. Пустий енд-філ
C. Кістковий (твердий) енд-філ
D. Спастичний енд-філ

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

E. Пружинний енд-філ

14. Який тип кінцевих відчуттів свідчить про наявність синовіїту або запалення м'яких тканин?

A. Твердий (кістковий) енд-філ
B. Порожній енд-філ
C. Пружинний (блокуючий) енд-філ
D. Спастичний енд-філ
E. М'якотканинний (еластичний) енд-філ

15. Що характерне для порушення кінцевих відчуттів у разі гематоми або набряку суглоба?

A. Ранній м'який енд-філ
B. Спастичний енд-філ
C. Патологічно твердий енд-філ
D. Порожній енд-філ
E. Пружинний блок

Питання до самоконтролю:

1. Що таке клінічна кінезіологія та чим вона займається?
2. Назвіть основні принципи клінічної кінезіології.
3. Які методи оцінки використовуються в клінічній кінезіології?
4. Як клінічна кінезіологія допомагає в реабілітації після травм?
5. В чому полягає значення клінічної кінезіології для спортивної медицини?
6. Які основні напрямки використання клінічної кінезіології в педіатрії та геріатрії?
7. Опишіть методи дослідження в кінезіології.
8. Які ключові терміни в кінезіології визначають механізми контролю рухів?
9. Що таке остеокінематика та як вона класифікує рухи тіла?
10. Як остеокінематика застосовується в реабілітації та спорті?
11. Що таке артрокінематика і які основні типи рухів описуються в ній?
12. Як ковзання, обертання і перекочування відрізняються один від одного в контексті артрокінематики?
13. Що означає правило "опукло-увігнута поверхня" та як воно впливає на напрямок ковзання?
14. Як дисфункція артрокінематики може призвести до болю або обмеження рухливості?
15. Які м'язи та зв'язки стабілізують суглоби і контролюють артрокінематичні рухи?
16. Що таке кінцеві відчуття (енд-філ) та які їх типи існують в нормі?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

17. Як порушення кінцевих відчуттів може допомогти в діагностиці патологій суглобів?
18. Які методи використовуються для оцінки амплітуди рухів суглобів і що вони вимірюють?

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т.118 (1), № 52. С. 1-13.
3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник/ укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : Навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л. О. Вакуленко [та ін.] ; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.
7. Human Anatomy:textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Додаткові цифрові ресурси:

Arthrokinematics: Roll, Gilde, Sprin, Traction & Compression

Arthrokinematics vs Osteokinematics

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 5. СКОРОЧЕННЯ ТА РОЗСЛАБЛЕННЯ М'ЯЗОВОГО ВОЛОКНА. М'ЯЗОВА АКТИВНІСТЬ ТА СИЛА

Теоретичні питання

1. Структура та організація м'язових волокон.
2. Процеси скорочення і розслаблення м'язового волокна.
3. Взаємозв'язок м'язової активності та сили.
4. Функціональна термінологія м'язової діяльності (м'язи-агоністи, антагоністи, синергісти).
5. Класифікація типів м'язового скорочення.
6. Причини і наслідки м'язової втоми.
7. Способи вимірювання м'язової сили.
8. Адаптація м'язів до змін у функції.

Структура та організація м'язових волокон.

1. Загальна будова скелетного м'яза:

М'яз – орган, що складається зі м'язових волокон, сполучної тканини, судин та нервів.

Ієрархія організації:

- М'яз → фасцикули (пучки) → м'язові волокна (клітини) → міофібрили → саркомери.

2. Сполучна тканина:

- Епімізій – оточує весь м'яз.
- Перимізій – обволікає фасцикули.
- Ендомізій – охоплює окремі м'язові волокна.

3. Будова м'язового волокна:

- Сарколема – клітинна мембрана.
- Саркоплазма – цитоплазма, містить глікоген, АТФ, мітохондрії та міофібрили.
- Багато ядерність – результат злиття міобластів під час ембріогенезу.
- Саркоплазматичний ретикулум (СР) – депо кальцію.
- Т-трубочки – інвагінації сарколеми, проводять потенціали дії до СР (рис. 5.1).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

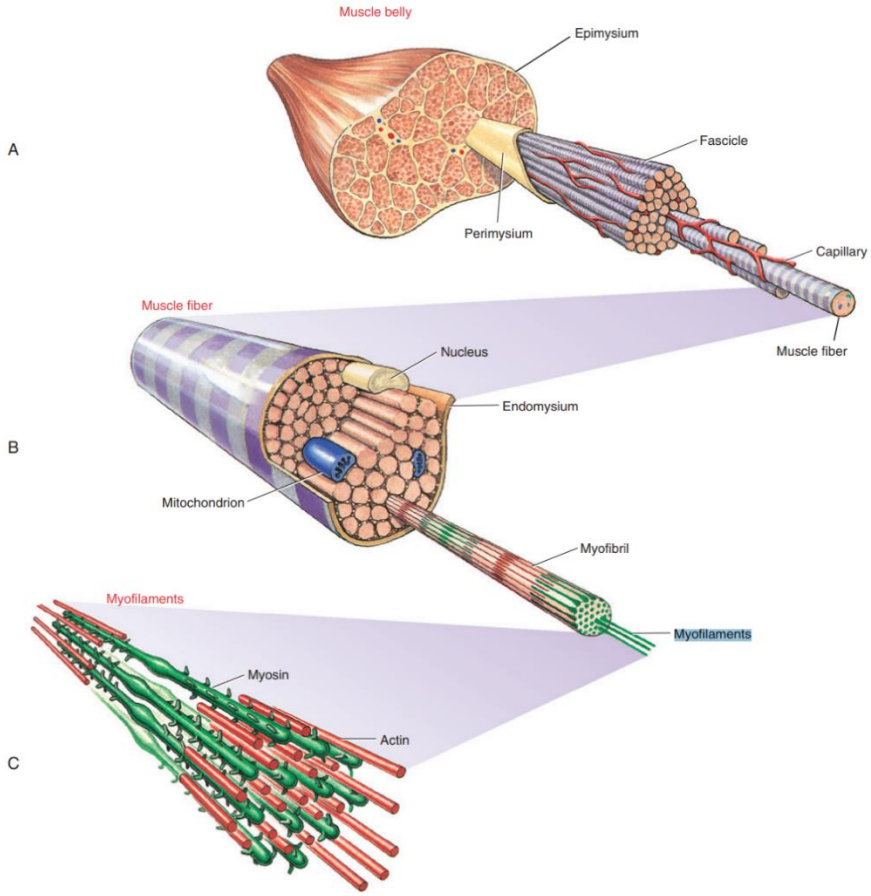


Рис. 5.1. Основні компоненти м'язів (зображено три набори сполучних тканин: А) м'язовий живіт оточений епімізіумом, окремі пучки (групи волокон) оточені перимізієм; Б) кожне м'язове волокно оточене ендомізієм, кожна міофібрила в м'язових волокнах містить безліч міофібріл; В) ці нитки складаються з скорочувальних білків актину і міозину

4. Міофібрили та саркомери:

Міофібрили – складаються з саркомерів (базові одиниці скорочення).

Саркомер:

- ❖ Актинові нитки (тонкі) – прикріплені до Z-дисків.
- ❖ Міозинові нитки (товсті) – розташовані між актиновими нитками.
- ❖ Зони саркомера:
  - I-смуга (світла) – містить лише актин.
  - A-смуга (темна) – зона перекриття актину та міозину.
  - H-зона – лише міозинова зона, де актин і міозин не перекриваються.
  - M-смуга – потовщення середньої ділянки міозинових міофіламентів в центрі H-смуги.
  - Z-диск – сполучні точки між послідовними саркомерами, Z-диски допомагають закріпити тонкі актинові міофіламенти (рис. 5.2).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

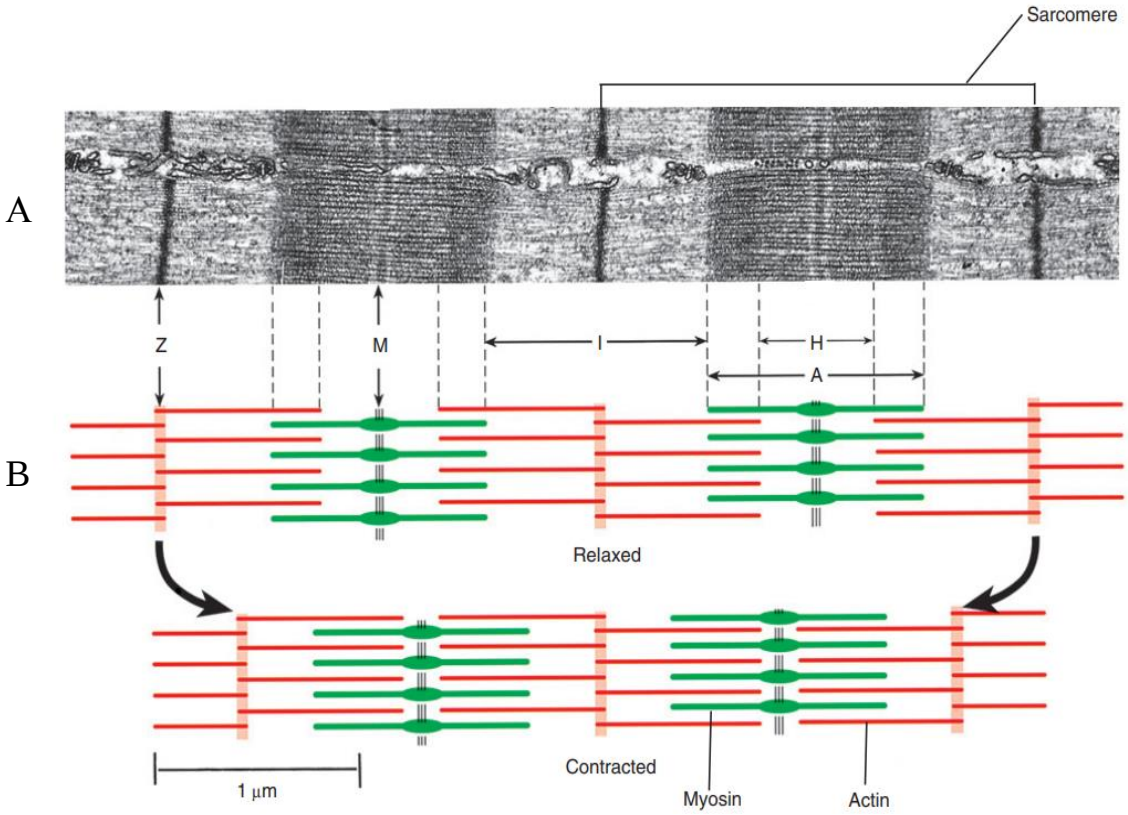


Рис. 5.2. A) Електронні мікрофотографії двох повних саркомерів у межах міофібрили; B) Розслаблені і скорочені (стимульовані) міофібрили, що вказують положення товстих (міозин) і тонких (актин) ниток. Деталь правильної, смугастій організації міофібрили показує положення A-смуги, I смуги, H-смуги, M-лінії та Z-дисків. Показано, що розслаблений і скорочений стани ілюструють зміни, що відбуваються при скороченні

5. Додаткові білки:

- Тропонін та тропоміозін – регулюють взаємодію актину та міозину.
- Титин – пружний білок, стабілізує міозин.
- Небулін – керує довжиною актинових ниток (рис. 5.3).

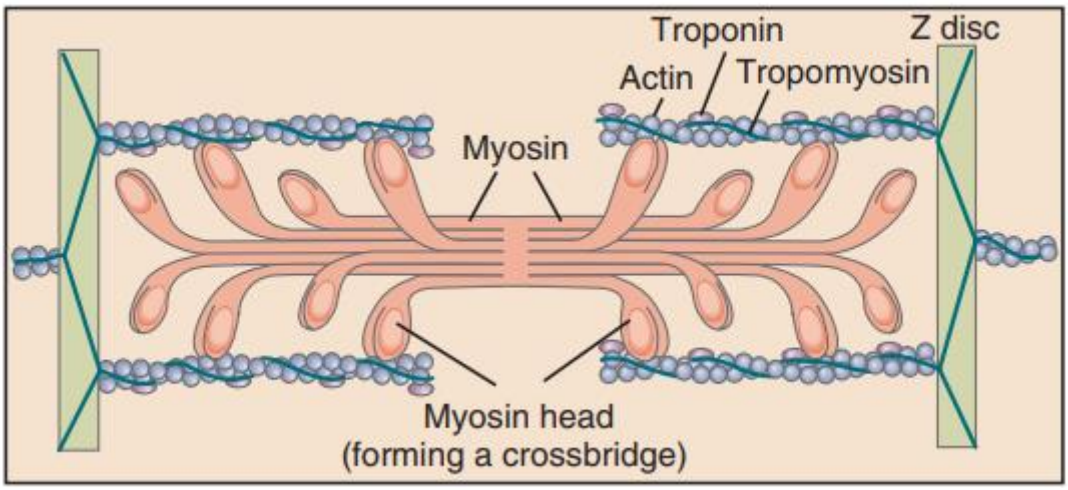


Рис. 5.3. Додаткові білки

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

6. Типи м’язових волокон:

Тип I (повільні окисні)

- високий вміст міоглобіну ("червоні волокна");
- витривалість, аеробний обмін;

Тип IIa (швидкі окисні)

- комбінують аеробний та анаеробний метаболізм;

Тип IIb (швидкі гліколітичні)

- низький вміст міоглобіну ("білі волокна");
- потужні, швидкі скорочення, але швидко втомлюються;

7. Моторні одиниці:

- складаються з рухового нейрона та волокон, що ним інервуються;
- принцип розміру: дрібні одиниці (тип I) активуються першими, великі (тип II) – при значному навантаженні (рис. 5.4).

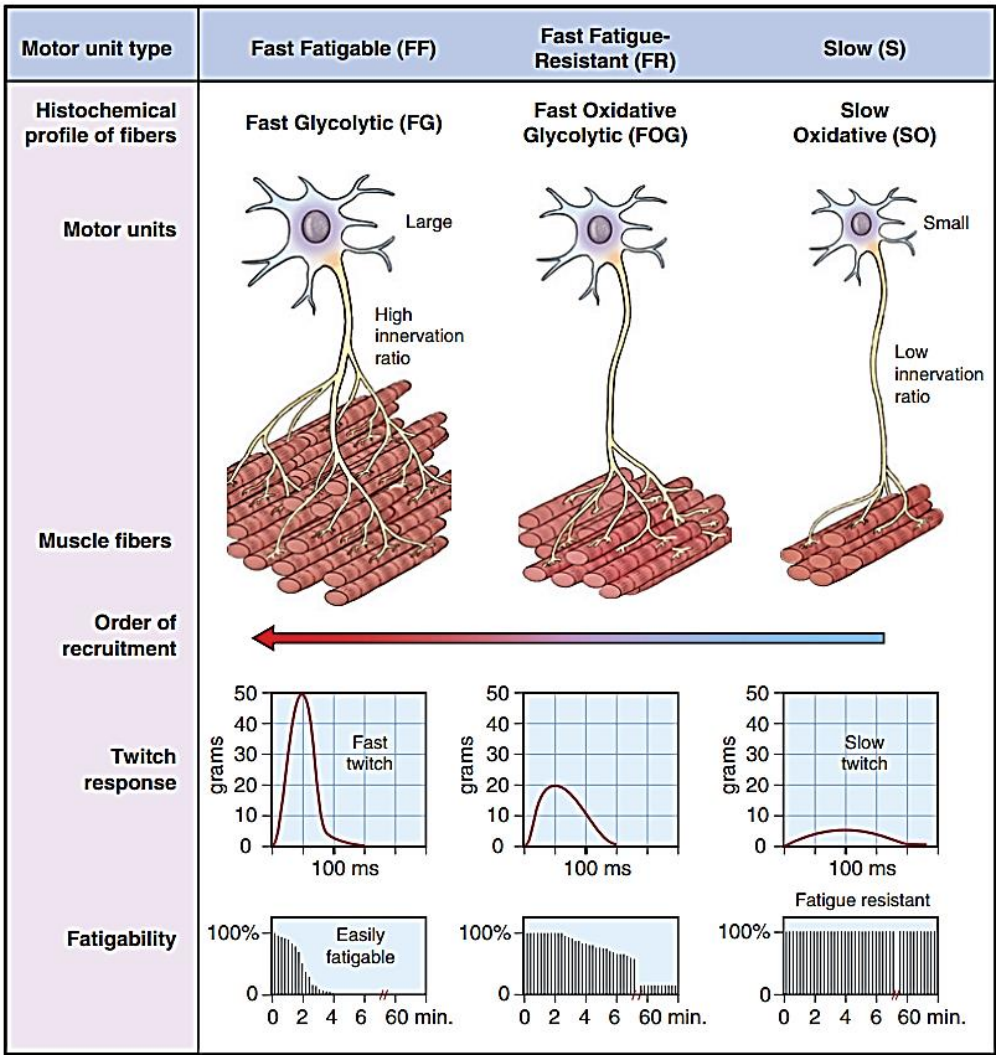


Рис. 5.4. Класифікація типів рухових одиниць з м’язових волокон на основі гістохімічного профілю, розміру та характеристик посмикування (скоротливих). Показаний теоретичний континуум різних скорочувальних і морфологічних характеристик для кожного з трьох типів рухових одиниць. Важливо відзначити, що діапазон будь-якої окремої характеристики може значно змінюватися в межах будь-якої даної рухової одиниці (або всередині, або між цілими м’язами)

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

8. Регенерація:

- клітини-супутники – стовбурові клітини, відповідальні за відновлення волокон.

Процеси скорочення і розслаблення м'язового волокна.

1. Скорочення м'яза:

- Нервовий імпульс: процес починається з сигналу від рухового нейрона, який виділяє нейромедіатор ацетилхолін у синаптичну щілину. Це генерує потенціал дії в м'язовому волокні.

- Поширення потенціалу дії: потенціал дії поширюється по сарколемі (мембрані м'язової клітини) та Т-трубочках, активуючи саркоплазматичний ретикулум.

- Вивільнення кальцію: саркоплазматичний ретикулум вивільняє іони кальцію (Ca^{2+}) у саркоплазму.

- Зв'язування кальцію з тропоніном: кальцій приєднується до білка тропоніну на актинових нитках, що змушує тропоміозін зміститися. Це відкриває ділянки зв'язування для міозинових голівок.

- Утворення містків та рух: головки міозину прикріплюються до актину, формуючи поперечні містки. За допомогою енергії АТФ міозинові голівки здійснюють "силовий удар", штовхаючи актинові нитки до центру саркомера (скорочуючи його).

- Відокремлення міозину: нова молекула АТФ приєднується до міозину, що призводить до відокремлення його голівки від актину та "перезарядки" для наступного циклу (рис. 5.5).

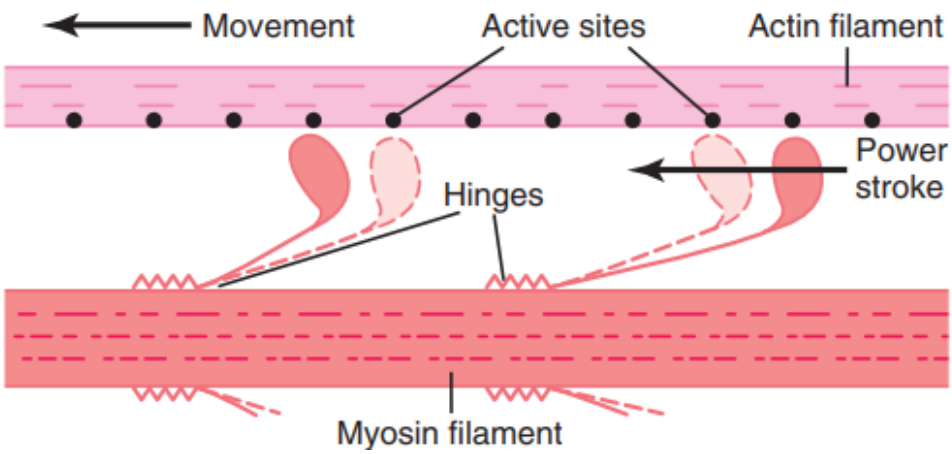


Рис. 5.5. Дія ковзної нитки (показує, як головки міозину прикріплюються, а потім вивільняються з актинової нитки, даний процес відомий як їзда на велосипеді через поперечний міст). Скоротлива сила створюється під час силового ходу кожного циклу поперечного мосту

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2. Розслаблення м’яза:

- Припинення нервового сигналу: коли імпульси від нейрона припиняються, то вивільнення ацетилхоліну припиняється.

- Повернення кальцію: іони Ca^{2+} активно транспортуються назад у саркоплазматичний ретикулум за допомогою кальцієвих насосів (вимагає АТФ).

- Блокування активних ділянок: при зниженні рівня кальцію тропонін і тропоміозін повертаються у вихідне положення, закриваючи сайти зв’язування на актині.

- Відновлення довжини саркомера: актинові та міозинові нитки повільно ковзають у протилежних напрямках, саркомер подовжується, і м’яз розслабляється.

Ключові фактори:

- АТФ необхідний, як для скорочення (відокремлення міозину, "перезарядка"), так і для розслаблення (робота кальцієвих насосів).

- Кальцій виступає основним регулятором: його наявність запускає скорочення, відсутність – розслаблення.

Цей процес, відомий як **теорія ковзних ниток**, пояснює, як саркомери (основні одиниці скорочення м’язів) змінюють свою довжину, що забезпечує рух.

Взаємозв’язок м’язової активності та сили.

Сила м’язів залежить від їх здатності генерувати механічну силу під час скорочення. Цей процес регулюється низкою фізіологічних, біомеханічних та нейронних факторів. Ось ключові аспекти:

1. Основні фактори, що визначають силу м’яза.

***Кількість активованих м’язових волокон*:**

Чим більше моторних одиниць (група волокон та їх нейрон) активується, тим вища сила. Це регулюється принципом розміру (Хеннемана): спочатку активуються дрібні, витривалі волокна (тип I), потім – великі, сильні (тип II).

Тип м’язових волокон:

- Тип II (швидкі, гліколітичні): генерують більше сили, але швидко втомлюються.

- Тип I (повільні, оксидативні): менш сильні, але витриваліші.

Сила м’яза залежить від співвідношення цих волокон (наприклад, у спринтерів переважають волокна типу II).

Гіпертрофія м’язів:

Збільшення поперечного перерізу м’язових волокон (через тренування) підвищує силу за рахунок зростання кількості міофібрил і актиноміозинових комплексів.

Нейронна адаптація:

Сила залежить не лише від м’язів, а й від ефективності нервової системи:

- Синхронізація моторних одиниць (одночасна активація більшої кількості волокон).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Частота імпульсів (чим вища частота сигналів від нейронів, тим сильніше скорочення (ефект тетанічного скорочення)). (рис. 5.6).

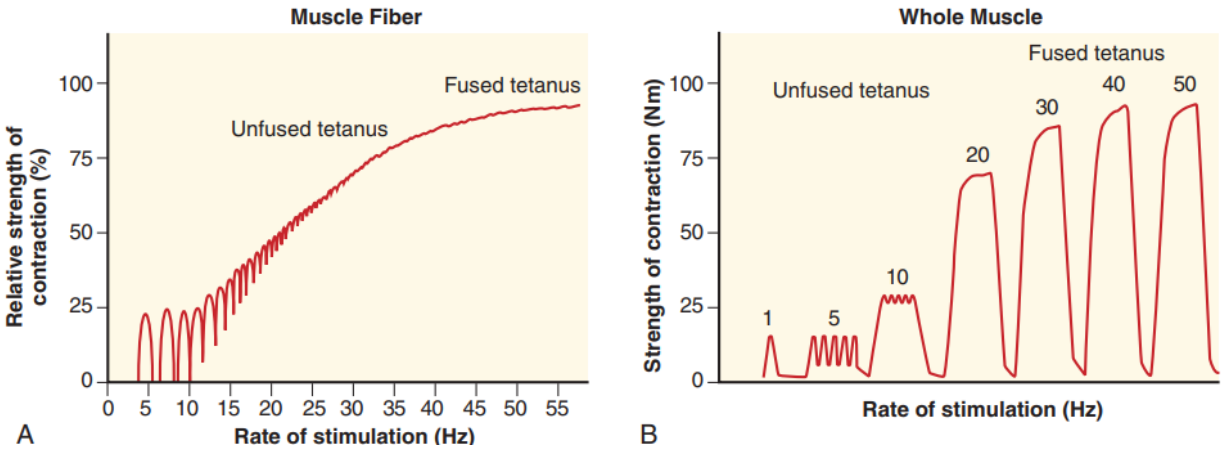


Рис. 5.6. Підсумовування окремих м'язових посмикувань (скорочень), зареєстрованих у широкому діапазоні частот електростимуляції. Графік А показує теоретичні дані з одного м'язового волокна. Графік В показує фактичні дані семи електричних стимуляцій, кожна з різною частотою, що застосовуються до м'яза-розгинача коліна у здорового 23-річного чоловіка. Зауважимо, що на низьких частотах стимуляції (<5 Гц) початкове посмикування розслабляється до того, як наступне посмикування може завершитися. На все більш високих частотах посмикування підсумовуються, генеруючи більш високі рівні сили, поки не досягне тетанусу

2. Біомеханічні фактори.

Довжина саркомера:

Максимальна сила генерується при оптимальній довжині волокна (коли актин і міозин мають найкращий контакт).

Надмірне розтягнення або скорочення м'яза знижує силу.

Важільний ефект:

Сила залежить від точки прикріплення сухожилля до кістки. Наприклад, довге сухожилля збільшує швидкість руху, але зменшує силу.

3. Метаболізм та втома.

АТФ та енергетичні ресурси:

Без АТФ неможливе відокремлення міозинових голівок від актину.

Виснаження запасів АТФ, креатинфосфату, або накопичення лактату призводять до втоми і зниження сили.

Кальцієвий гомеостаз:

Порушення роботи кальцієвих насосів (наприклад, при ацидозі) уповільнює розслаблення і погіршує продуктивність.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

4. Вплив тренувань.

Силові тренування:

Гіпертрофія: збільшення об'єму м'язів.

Нейронна адаптація: покращення координації моторних одиниць збільшення частоти імпульсів.

Зміна типу волокон: часткова трансформація тип IIA ↔ IIX (але перехід тип I ↔ II малоймовірний).

Швидкісно-силові тренування (пліометрика):

Покращують рекрутування швидких волокон і еластичність м'язів.

5. Вік, стать та гормони.

Статеві відмінності:

Чоловіки зазвичай сильніші через більшу кількість м'язової маси та рівень тестостерону (стимулює синтез білків).

Вік:

Після 30 років починається саркопенія (втрата м'язової маси), що знижує силу.

У дітей сила зростає паралельно зі збільшенням кількості міофібрил.

Гормони:

Тестостерон, гормон росту, IGF-1 стимулюють гіпертрофію, кортизол викликає катаболізм.

6. Практичні висновки.

Для збільшення сили важливо поєднувати:

- Навантаження на гіпертрофію (важки ваги, 6-12 повторень).
- Нейронну адаптацію (максимальні зусилля, швидкісні вправи).
- Оптимальне харчування (білок, креатин, енергія для синтезу АТФ).
- Сила залежить не лише від м'язів, а й від техніки руху, психологічної готовності та ефективності нервової системи.

Підсумок:

Сила м'язів – це результат взаємодії фізіологічних процесів (активація волокон, метаболізм), структурних змін (гіпертрофія) та нейронного контролю. Тренування, генетика та фізіологічні обмеження формують індивідуальні можливості організму.

Функціональна термінологія м'язової діяльності (м'язи-агоністи, антагоністи, синергісти).

М'язи працюють у складних механізмах, де кожен елемент виконує конкретну роль. Розрізняють три основні категорії м'язів за їх функцією під час руху: **агоністи**, **антагоністи** та **синергісти**.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

1. **М’язи-агоністи -** це м’язи, які безпосередньо забезпечують виконання руху шляхом скорочення.

Приклад:

- При згинанні руки в лікті «біцепс» є агоністом.
- При присіданні «квадрицепс» (передня поверхня стегна) – агоніст розгинання коліна.

Особливості:

- Можуть працювати як концентрично (скорочення зі зменшенням довжини), так і ексцентрично (подовження під навантаженням).
- В більшості рухів задіяно кілька агоністів (наприклад, при жимі лежачи – великий грудний м’яз, «трицепс», передній пучок дельтовидного м’язу).

2. **М’язи-антагоністи -** м’язи, що протидіють агоністам, виконуючи протилежний рух або контролюючи його швидкість.

Приклад:

- При згинанні ліктя «трицепс» (антагоніст «біцепса») розслабляється, але активується при розгинанні.
- Підколінні сухожилки («хамстринги») – антагоністи «квадрицепса» під час розгинання/згинання коліна.

Роль:

- Забезпечують плавність і контроль руху (без антагоністів рухи були б різкими).
- Запобігають травмам (наприклад, гальмують інерцію під час швидких рухів).
- У разі спазму агоніста антагоніст може слабшати (дисбаланс).

3. **М’язи-синергісти -** м’язи, які допомагають агоністам, стабілізують суглоби, або доповнюють рух.

Види синергістів:

- Стабілізатори: фіксують суглоб, або частину тіла, щоб агоніст міг ефективно працювати.

Приклад: При підйомі гантелі трапецієвидні м’язи стабілізують лопатку, щоб біцепс міг згинати лікоть.

- Допоміжні рухачі: беруть участь у тому ж напрямку руху, що й агоніст.

Приклад: При жимі над головою дельтовидний м’яз і «трицепс» працюють разом.

Важливість:

- Без синергістів агоністи не зможуть реалізувати повний потенціал сили.
- Синергісти часто активуються при складних багатоланкових рухах (наприклад, станова тяга).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

4. **Коактивація (спільне скорочення)** – ситуація, коли агоніст і антагоніст скорочуються одночасно.

Приклади:

- Утримання важкого предмета на витягнутих руках: «біцепс» і «трицепс» активуються, щоб стабілізувати лікоть.
- Присідання з контролем: «квадрицепс» і «хамстринги» працюють разом для захисту колінного суглоба.

Функція:

- Підвищує стабільність суглобів.
- Зменшує ризик розтягнень або вивихів.

5. **Практичне значення термінології.**

Тренування:

- Для гармонійного розвитку важливо тренувати як агоністи, так і антагоністи (наприклад, грудні м'язи і спину).
- Слабкі синергісти (наприклад, м'язи-стабілізатори корпусу) обмежують результативність у базових вправах.

Реабілітація:

- Дисбаланс між агоністами та антагоністами – часта причина травм (наприклад, пошкодження «хамстрингів» у бігунів).
- Вправи на нейром'язову координацію покращують взаємодію всіх груп.

Підсумок:

Розуміння функціональних ролей м'язів дозволяє ефективно планувати тренувальні програми, запобігати травмам і корегувати дисбаланси. Агоністи, антагоністи та синергісти працюють як єдиний механізм, де кожен елемент критично важливий для руху та стабільності.

Класифікація типів м'язового скорочення.

М'язові скорочення класифікуються за механіко-енергетичними характеристиками та взаємодією з навантаженням (рис. 5.7).

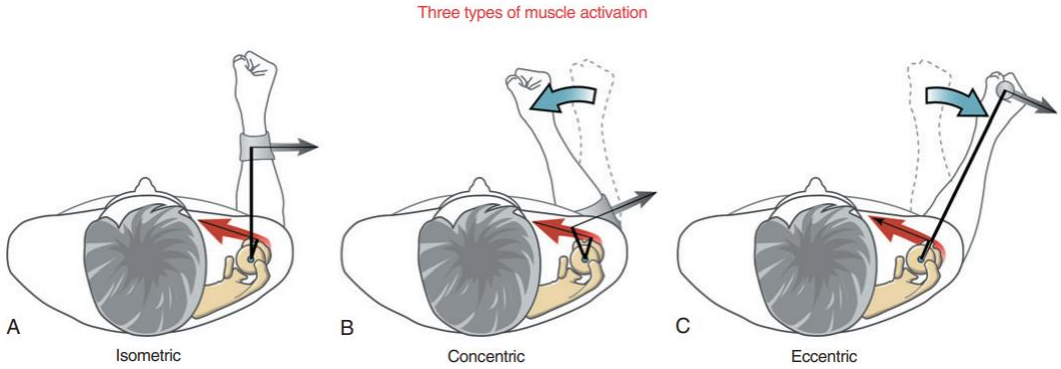


Рис. 5.7. Три типи активації м'язів, коли великий грудний м'яз виробляє максимальну силу зусилля для внутрішньої ротації плечового (гленогумерального) суглоба

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

1. Ізотонічне скорочення – зміна довжини м’яза під час скорочення при постійному навантаженні.

Підтипи:

- *Концентричне:* м’яз вкорочується, долаючи навантаження (напр., підйом гантелі на біцепс).
- *Ексцентричне:* м’яз подовжується під дією зовнішньої сили, контролює рух (напр., опускання гантелі).

Функція: основа динамічних рухів (ходьба, біг, підйом ваги).

2. Ізометричне скорочення – напруга м’яза без зміни його довжини (напр., утримання важкого предмета в статичній позі).

Функція: стабілізація суглобів, підтримка постії (напр., стійка "планка").

3. Ізокінетичне скорочення – скорочення з постійною швидкістю руху, незалежно від зусилля (вимагає спеціальних тренажерів).

Функція: використовується у реабілітації та спортивній медицині для рівномірного навантаження.

4. Ауксотонічне скорочення – комбінація ізотонічного та ізометричного режимів (напр., біг зі змінним навантаженням).

Причини і наслідки м’язової втоми.

Втома – тимчасове зниження здатності м’яза генерувати силу через фізіологічні та біохімічні фактори.

1. Метаболічні причини:

- Виснаження АТФ і креатин фосфату, оскільки енергетичні ресурси витрачаються при інтенсивному скороченні.
- Накопичення лактату: анаеробний гліколіз призводить до зниження pH м’язової тканини, що порушує роботу ферментів.
- Дисбаланс іонів.
- Втрата калію (K^+) через потік іонів під час потенціалів дії.
- Накопичення неорганічного фосфату (P), що блокує зв’язування актину з міозином.

2. Нейром’язові причини:

- Порушення нервових імпульсів: зниження вивільнення ацетилхоліну в синапсах.
- Втома ЦНС: центральна нервова система обмежує активність моторних нейронів для запобігання пошкодженням.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

3. Окислювальний стрес:

- Накопичення активних форм кисню (АФК) пошкоджує мітохондрії та м’язові білки.

4. Механічні фактори:

- Мікротравми міофібрил під час ексцентричних скорочень.

Наслідки м’язової втоми.

1. Зниження продуктивності:

- Падіння сили, швидкості та координації.
- Порушення техніки рухів (збільшує ризик травм).

2. Місцеві симптоми:

- Больові відчуття (через накопичення метаболітів).
- Тремтіння м’язів (через дисбаланс іонів кальцію та калію).

3. Системні ефекти:

- Збільшення частоти серцевих скорочень для компенсації кисневого боргу.
- Загальне виснаження організму (особливо під час тривалих навантажень).

4. Відтерміновані наслідки:

- М’язовий біль після навантаження (DOMS) виникає через 24-72 години через мікротравми та запалення.
- Адаптація: при регулярних навантаженнях розвивається витривалість і зростає ефективність метаболізму.

Профілактика та відновлення

- Енергетична підтримка: споживання вуглеводів, креатину, електролітів під час тривалих тренувань.
- Активне відновлення: легкі вправи, стретчинг для покращення кровообігу та видалення метаболітів.
    - Гідратація: запобігає згущенню крові та порушенню іонного балансу.
    - Масаж і кріотерапія: зменшують запалення і м’язовий біль.

Підсумок:

Типи м’язового скорочення визначають характер руху, а втома є природним механізмом захисту організму від перевантаження. Розуміння її причин дозволяє оптимізувати тренувальний процес, зменшити ризик травм і прискорити відновлення.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Способи вимірювання м’язової сили.

М’язова сила визначається як максимальне зусилля, яке м’яз або група м’язів може розвинути для подолання опору. Для її оцінки використовують різні методи:

1. Динамометрія:

- Механічні/електронні динамометри:
    1. Ручний динамометр: вимірює силу стискання кисті.
    2. Спинний динамометр: оцінює силу розгиначів тулуба.
    3. Ізокінетичні динамометри (напр., Biodex): аналізують силу при постійній швидкості руху.
- Переваги: Простота, об’єктивність.
- Недоліки: Обмеженість до конкретних груп м’язів.

2. 1ПМ (одноповторний максимум):

- Визначення: максимальна вага, яку можна підняти один раз у певній вправі (напр., жим лежачи).
- Використання: основа силових програм у спорті.
- Обмеження: ризик травм при неправильній техніці.

3. Електроміографія (ЕМГ):

- Принцип: реєстрація електричної активності м’язів під час скорочення.
- Застосування: дослідження активності окремих м’язів, нейром’язової ефективності.
- Недолік: не вимірює силу безпосередньо, лише активність.

4. Функціональні тести:

- Приклади:
    - Стрибок у довжину з місця: оцінка вибухової сили ніг.
    - Планка/підтягування: витривалість і сила кору.
    - Тест «сісти-встати»: сила нижніх кінцівок у людей похилого віку.
- Переваги: відображають реальну функціональність.

5. МРТ та ультразвук:

- Методи: візуалізація м’язової маси, перерізу волокон, наявності атрофії.
- Використання: діагностика гіпертрофії, травм, дистрофій.

Адаптація м’язів до змін у функції.

М’язи здатні змінювати структуру і метаболізм у відповідь на навантаження, бездіяльність або патології.

Основні механізми адаптації:

1. Гіпертрофія м’язів.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Причина: регулярне силове навантаження.

Механізм:

- Збільшення кількості міофібрил (структурних одиниць м'язових волокон).
- Активація супутникових клітин (сателітних клітин), які відновлюють і збільшують волокна.

Результат: зростання сили та об'єму м'язів.

2. Нейронна адаптація.

Причина: тренування з високою інтенсивністю.

Механізм:

- Покращення координації моторних одиниць (синхронізація волокон).
- Збільшення частоти імпульсів від нервів до м'язів.

Результат: зростання сили без зміни об'єму м'язів (перші 6-8 тижнів тренувань).

3. Метаболічна адаптація.

Аеробні тренування:

- Збільшення кількості мітохондрій і капілярів
- Підвищення використання жирів як джерела енергії

Анаеробні тренування:

- Зростання запасів глікогену та активності ферментів гліколізу

Результат: підвищення витривалості або потужності.

4. Атрофія (зменшення м'язової маси).

Причини:

- Бездіяльність (напр., іммобілізація після травми).
- Старіння (саркопенія): втрата м'язів після 30 років (1-3% на рік).

Механізм:

- Панування катаболічних процесів (руйнування) над анаболічними.
- Зниження чутливості до інсуліну та гормонів росту.

Наслідки: слабкість, зниження метаболізму, ризик падінь.

5. Зміна типу м'язових волокон.

Можлива трансформація: тип IIB (швидкі, високопотужні) → IIA (швидкі, стійкі до втоми) під час витривалісних тренувань.

Зворотний процес малоймовірний: (тип I ↔ II).

Фактори:

- Генетика
- Тип навантаження
- Вік

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

6. Адаптація до розтягнення.

Приклади: йога, стретчинг.

Механізм:

- Збільшення кількості саркомерів у паралельних волокнах
- Підвищення еластичності сполучної тканини (напр., фасцій)

Результат: зростання гнучкості та амплітуди рухів.

7. Пластичність при травмах або хворобах.

- **Компенсаторна гіпертрофія** - збільшення навантаження на здорові м'язи після травми (напр., гіпертрофія лівої ноги при травмі правої).
- **Нейрогенна адаптація** - перерозподіл функцій у ЦНС після інсульту (напр., активізація неушкоджених ділянок мозку).

Фактори, що впливають на адаптацію.

Генетика: схильність до гіпертрофії, співвідношення типів волокон.

Стать: чоловіки мають вищий рівень тестостерону, що сприяє росту м'язів.

Вік: після 50 років адаптація уповільнюється.

Харчування: достатня кількість білка, креатину, вітамінів.

Гормони: тестостерон, гормон росту, кортизол.

Практичні висновки.

Для зростання сили:

- Силові тренування (важки ваги, мало повторень) + нейронні вправи (пліометрика);
- Харчування з надлишком калорій і білка (1.6–2.2 г/кг маси тіла).

Для витривалості:

- Аеробні навантаження (біг, плавання) + інтервальні тренування.

Після травм/атрофії:

- Поступове збільшення навантаження, ексцентричні вправи, електростимуляція.

Підсумок:

Вимірювання м'язової сили дозволяє оцінити фізіологічний стан і прогрес тренувань, а адаптація м'язів відображає їх здатність трансформуватися під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників. Оптимальне поєднання навантажень, відновлення та харчування забезпечує ефективні зміни в м'язовій системі.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Яка ієрархія організації м’яза?

A. М’яз → фасцикули → міофібрили → м’язові волокна → саркомери
B. М’яз → саркомери → міофібрили → фасцикули → м’язові волокна
C. М’яз → міофібрили → фасцикули → саркомери → м’язові волокна
D. М’яз → фасцикули → м’язові волокна → міофібрили → саркомери
E. М’яз → саркомери → фасцикули → м’язові волокна → міофібрили

2. Яка тканина оточує весь м’яз?

A. Перимізій
B. Ендомізій
C. Епімізій
D. Фасцікулярна
E. Сарколема

3. Що таке саркоплазма?

A. Цитоплазма м’язового волокна, містить глікоген, АТФ, мітохондрії
B. М’язова мембрана
C. Оточуюча мембрана міофібрили
D. Сполучна тканина, що оточує міофібрили
E. Нервові закінчення у м’язах

4. Який білок стабілізує міозин у м’язових волокнах?

A. Тропонін
B. Титин
C. Актин
D. Міозин
E. Небулін

5. Який тип м’язових волокон є найбільш витривалим?

A. Тип IIa (швидкі окисні)
B. Тип IIx (швидкі гліколітичні)
C. Тип III (швидкі комбіновані)
D. Тип IV (супершвидкі)
E. Тип I (повільні окисні)

6. Який механізм скорочення м’яза вимагає постійної швидкості руху?

A. Ізокінетичне скорочення
B. Ізотонічне скорочення
C. Ізометричне скорочення

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

D. Ауксотонічне скорочення
E. Концентричне скорочення

7. Який фактор є основним для м’язового скорочення?
A. Кальцій
B. Глюкоза
C. Лактат
D. АТФ
E. Оксиген

8. Яка тканина оточує окремі м’язові волокна?
A. Перимізій
B. Ендомізій
C. Епімізій
D. Саркомер
E. Міофібрила

9. Яка зона саркомера містить лише актин?
A. А-смуга
B. Н-зона
C. І-смуга
D. М-смуга
E. Z-диск

10. Який тип м’язових волокон характеризується високим вмістом міоглобіну?
A. Тип IIa (швидкі окисні)
B. Тип IIx (швидкі гліколітичні)
C. Тип I (повільні окисні)
D. Тип IV (супершвидкі)
E. Тип III (швидкі комбіновані)

11. Що таке регенерація м’язових волокон?
A. Відновлення волокон завдяки супутниковим клітинам
B. Відновлення завдяки гліколізу
C. Відновлення за рахунок білка
D. Відновлення через нейронні імпульси
E. Відновлення через енергію АТФ

12. Яка зона саркомера розташована між актиновими нитками і містить лише міозин?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

A. А-смуга
B. І-смуга
C. М-смуга
D. Z-диск
E. Н-зона

13. Який тип скорочення м’язів характеризується зміною довжини м’яза при постійному навантаженні?

A. Ізотонічне скорочення
B. Ізометричне скорочення
C. Ізокінетичне скорочення
D. Ауксотонічне скорочення
E. Ексцентричне скорочення

14. Що є основним джерелом енергії для м’язових скорочень?

A. Креатин
B. АТФ
C. Глюкоза
D. Жири
E. Кальцій

15. Яка роль м’язів-антагоністів?

A. Забезпечити рух через потужне скорочення
B. Стабілізувати суглоби
C. Сприяти швидкості рухів
D. Протидіяти агоністам, контролюючи рух
E. Підвищувати метаболічну активність

Питання до самоконтролю:

1. Яка структура оточує кожне м’язове волокно?
2. Що таке саркомер і які його основні компоненти?
3. Як кальцій впливає на процес скорочення м’яза?
4. Як відбувається взаємодія актину та міозину під час м’язового скорочення?
5. Назвіть типи м’язових волокон і їхні характеристики.
6. Що таке нейронна адаптація і як вона впливає на силу м’яза?
7. Які зони саркомера містять актин і міозин?
8. Як метаболічні процеси впливають на м’язову втому?
9. Які фактори визначають силу м’язів?
10. Як відбувається регенерація м’язових волокон?
11. Які зміни відбуваються в м’язах при гіпертрофії?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

12. Як ізометричне скорочення відрізняється від ізотонічного?
13. Які фактори сприяють атрофії м'язів?
14. Які зміни відбуваються у м'язах під час адаптації до тренувань?
15. Як можна виміряти м'язову силу за допомогою динамометрії?

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т. 118 (1), № 52. С. 1-13.
3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник/ укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : Навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л. О. Вакуленко [та ін.] ; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.
7. Human Anatomy: textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Додаткові цифрові ресурси:

Musculoskeletal System | Muscle Mechanics | Twitch, Summation & Tetanus

Trigger Points Release: Fast N Easy

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 6. КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК: ПЛЕЧОВИЙ СУГЛОБ і ПЛЕЧОВИЙ КОМПЛЕКС

Теоретичні питання

1. Плечовий комплекс: анатомія та рухи.
2. Супутні рухи плечового суглоба та плечового комплекса.
3. Лопатково-плечовий ритм.
4. Амплітуда рухів у суглобах плечового комплекса.
5. Силові пари в плечовому поясі.
6. Плечовий суглоб: будова та силова пара.
7. Артрокінематика плечового суглоба.
8. Вплив сил на плечовий комплекс.

Плечовий комплекс: анатомія та рухи.

Анатомія плечового комплекса:

Плечовий комплекс складається з чотирьох анатомічних структур, які функціонально взаємодіють (рис. 6.1):

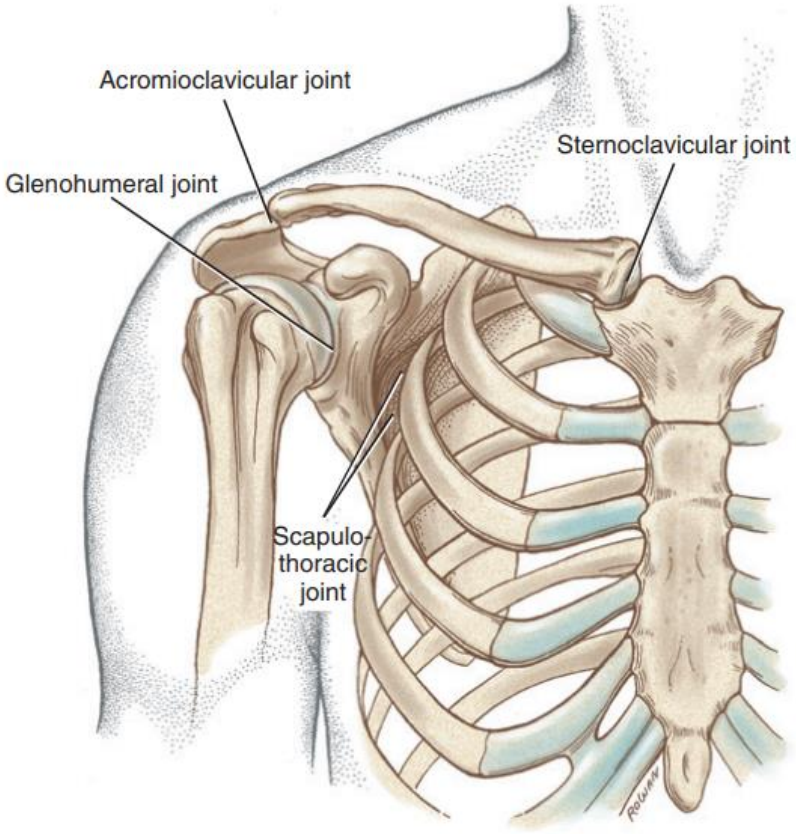


Рис. 6.1. Правий плечовий комплекс

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

1. Гленогумеральний суглоб (плечовий): з'єднує головку плечової кістки (плеча) з гленоїдною западиною лопатки. Це найрухливіший суглоб, що забезпечує основні рухи руки.

2. Акроміально-ключичний суглоб: з'єднує акроміон лопатки з ключицею, стабілізує положення лопатки.

3. Грудино-ключичний суглоб: з'єднує ключицю з грудиною, дозволяє рухи ключиці (піднесення/опускання, протракцію/ретракцію).

4. Лопатково-грудне з'єднання (функціональне, несправжній суглоб): лопатка ковзає по грудній клітці, забезпечуючи її рухливість.

Кістки та м'язи

Кістки: плечова кістка, лопатка, ключиця, грудина (рис. 6.2).

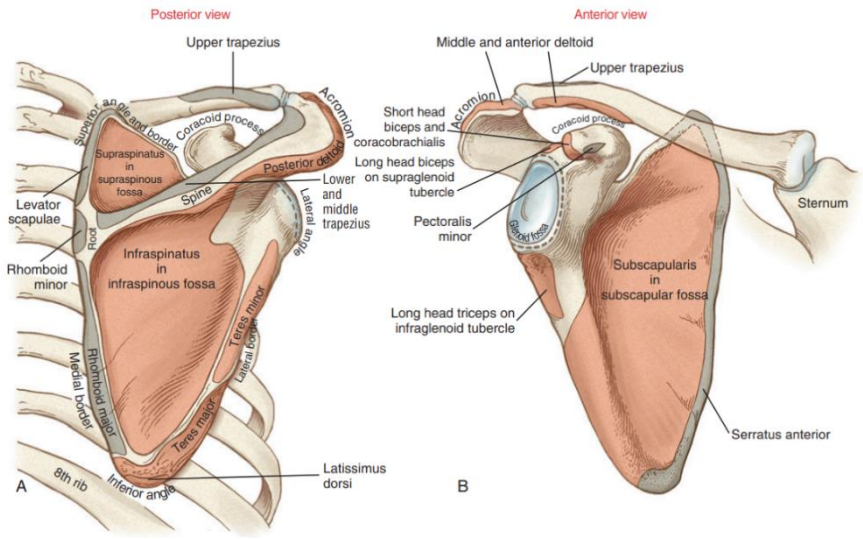


Рис. 6.2. Задня (А) і передня (В) поверхні правої лопатки. Проксимальні прикріплення м'язів показані червоним кольором, дистальні – сірим. Пунктирними лініями показані капсулярні місця кріплення навколо гленогумерального суглоба

М'язи:

- Ротаторна манжета (надостний, підостний, малий круглий, підлопатковий м'язи) – стабілізують плечовий суглоб.
- Дельтоподібний м'яз – відповідає за абдукцію, флексію та екстензію плеча.
- Трапецієподібний, зубчастий передній, ромбовидні – контролюють рухи лопатки.
- Найширший м'яз спини, великий грудний – залучені в аддукцію, екстензію та обертання (рис. 6.3).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

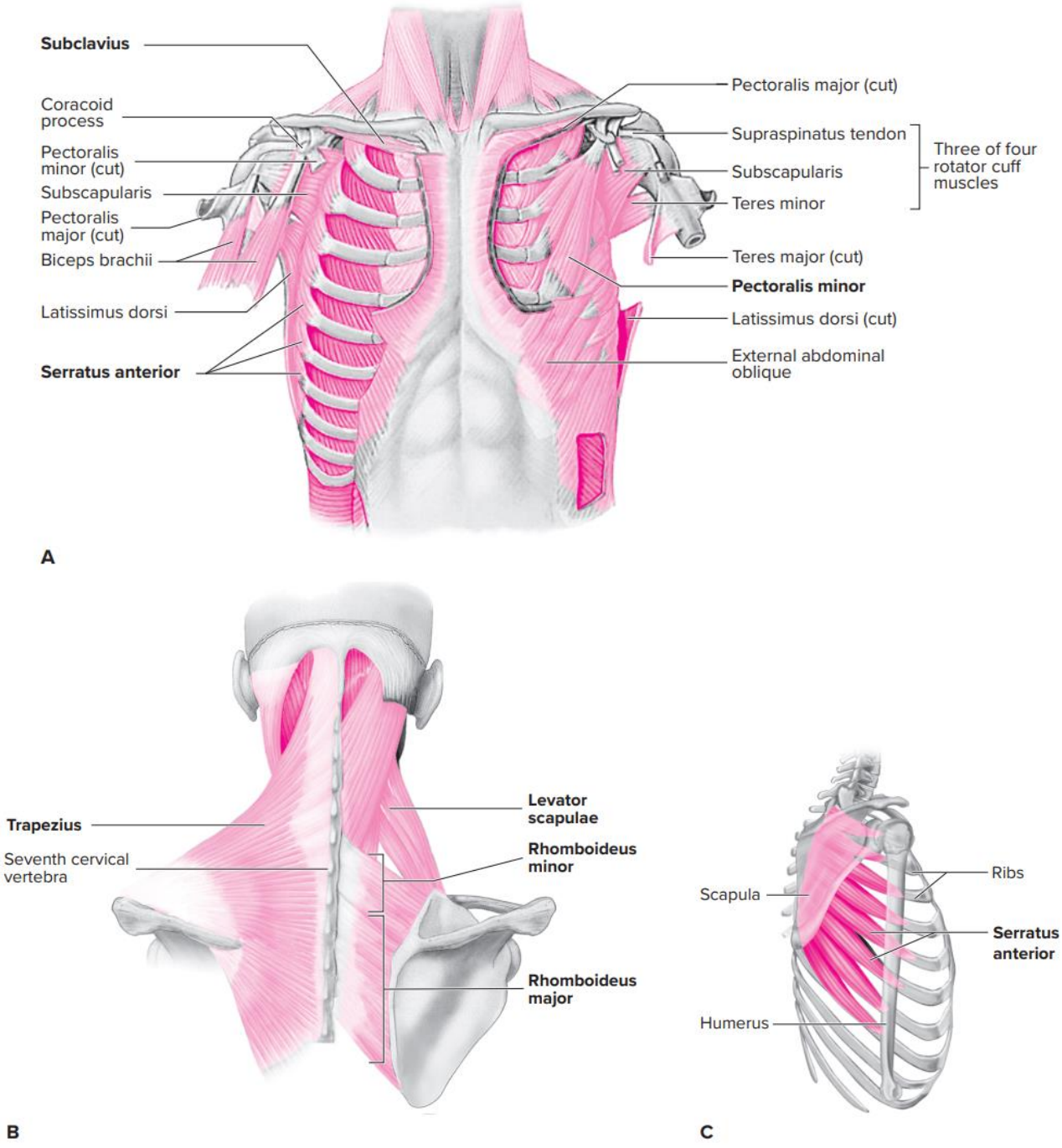


Рис. 6.3. М’язи, що діють на лопатку. А, вид спереду: великий грудний м’яз видалений з обох боків; В, задній вид: трапецієподібний м’яз видаляють справа, щоб відкрити більш глибокі м’язи; С, Вид збоку: Правий зубчастий м’яз передній

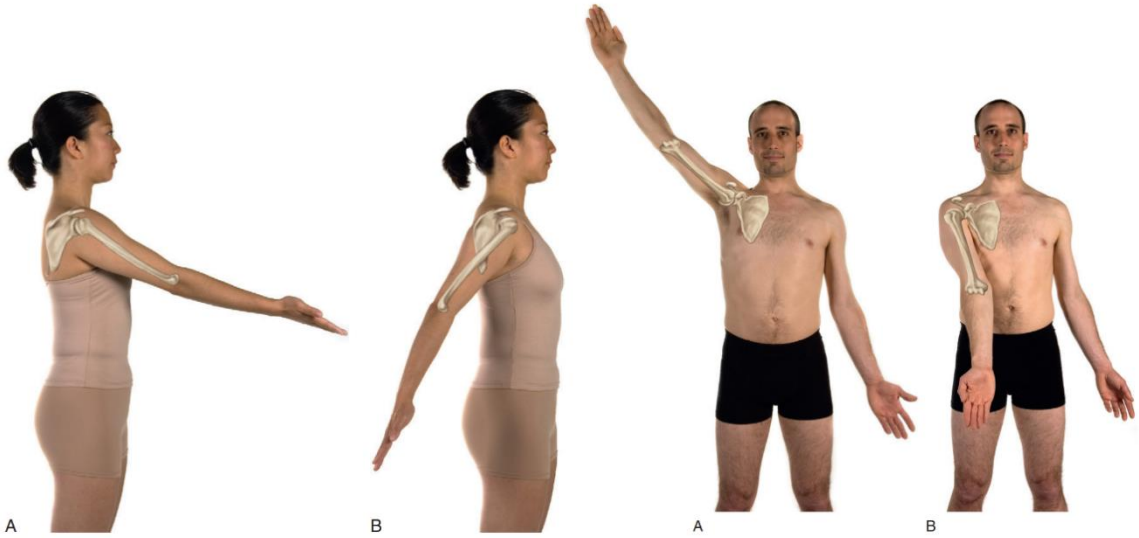
Рухи плечового суглоба (гленогумерального):

1. Флексія (згинання): рух вперед (наприклад, підняття руки перед собою).
2. Екстензія (розгинання): рух назад.
3. Абдукція: підняття руки вбік до 180° (з урахуванням супутніх рухів лопатки).
4. Аддукція: приведення руки до тулуба.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

5. Зовнішнє та внутрішнє обертання: обертання плеча назовні або всередину (рис. 6.4).



А. Згинання. В. Розгинання А. Відведення В. Приведення

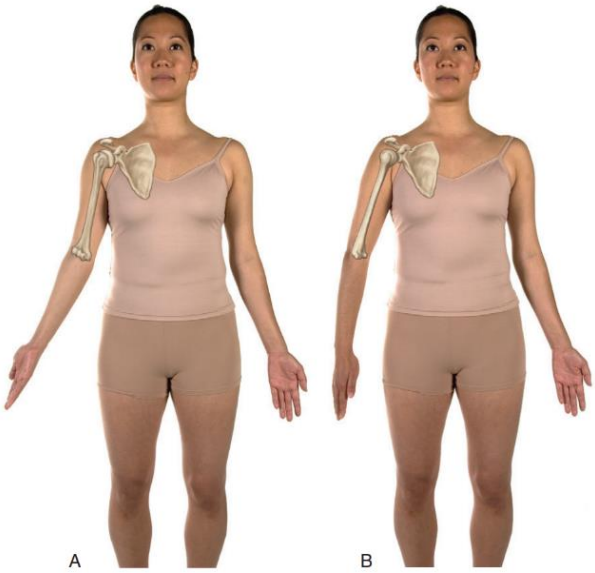


Рис. 6.4. Рухи плечового суглоба. А. Зовнішня ротація В. Внутрішня ротація

Супутні рухи плечового суглоба та плечового комплекса.

Рухи плеча завжди супроводжуються координацією всіх структур комплекса.

Лопатково-плечовий ритм (скапулогуморальний ритм) під час абдукції руки до 180°:

- 120° забезпечує плечовий суглоб.
- 60° – верхня ротація лопатки (за рахунок зубчастого переднього та трапецієподібного м’язів).
- Ключиця піднімається на 30° у грудино-ключичному суглобі та обертається назад (рис. 6.5).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Рис. 6.5. Рухи правого плечового пояса. А. Відведення; Б. Приведення; С. Елевація; Г. Депресія; Е. Обертання вгору; F, Обертання вниз.

Протракція/ретракція лопатки:

- Протракція (висування лопатки вперед, як при поштовху) залучає зубчастий передній та грудні м'язи.

- Ретракція (зведення лопаток) забезпечується ромбовидними та середньою частиною трапеції.

Рухи ключиці: під час підняття руки ключиця не лише піднімається, але й обертається, збільшуючи амплітуду руху.

Приклади комплексних рухів.

1. Кидок м'яча:

- Фаза замаху: зовнішнє обертання плеча, ретракція лопатки.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Фаза прискорення: внутрішнє обертання плеча, протракція лопатки.

2. Підняття руки над головою:

- Гленогуморальна абдукція/флексія + верхня ротація лопатки + елевація ключиці.

Клінічний аспект:

Порушення координації (наприклад, слабкість зубчастого м'яза) призводить до імпінджмент-синдрому (стискання сухожилка надостного м'яза під акроміоном). Адекватна сила м'язів-стабілізаторів (ротаторна манжета, трапеція) запобігає вивихам та травмам.

Підсумок:

Плечовий комплекс – це динамічна система, де рух у гленогуморальному суглобі посилюється рухами лопатки, ключиці та функціональною взаємодією м'язів. Його мобільність вимагає точної координації, що робить його уразливим до травм при дисфункціях.

Лопатково-плечовий ритм.

Лопатково-плечовий ритм (скапулогуморальний ритм).

Це координований рух між лопаткою (scapula) та плечовою кісткою (humerus) під час підняття руки. Він забезпечує максимальну амплітуду руху з мінімальним ризиком травм.

Класичний ритм 2:1 :

- На кожні 2° руху в плечовому суглобі припадає 1° руху лопатки.
- Наприклад, під час абдукції руки на 180°:
- **120°** забезпечує плечовий суглоб.
- **60°** – верхня ротація лопатки (за рахунок зубчастого переднього м'яза та трапеції).

Фази руху:

1. 0–30° абдукції/флексії: рух відбувається переважно в плечовому суглобі.
2. 30–180°: активується лопатково-плечовий ритм зі зростанням ротації лопатки.

Клінічне значення:

- Порушення ритму (наприклад, при слабкості зубчастого м'яза) призводить до імпінджмент-синдрому або болю.
- Дисфункція проявляється "відставанням" лопатки під час рухів.

Амплітуда рухів у суглобах плечового комплекса.

Амплітуда рухів у суглобах плечового комплекса.

1. Плечовий суглоб:

- Флексія (згинання): 0–180° (з урахуванням лопатки).
- Екстензія (розгинання): 0–60°.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Абдукція (відведення): 0–180° (за участю лопатки).
- Аддукція (приведення): 0–45°.
- Зовнішнє/внутрішнє обертання: 0–90° (при відведеній руці).

2. Лопатково-грудне з'єднання:

- Верхня/нижня ротація лопатки: до 60° (верхня ротація при абдукції).
- Протракція/ретракція: 15–20 см (рух лопатки вперед/назад).
- Підняття/опускання: 10–15 см.

3. Акроміально-ключичний суглоб:

- Обмежені рухи (до 20–30°), але критичні для орієнтації лопатки.

4. Грудино-ключичний суглоб:

- Підняття/опускання ключиці: 10–15°.
- Протракція/ретракція ключиці: 15–30°.
- Обертання ключиці: до 30–40° під час абдукції руки (рис. 6.6).

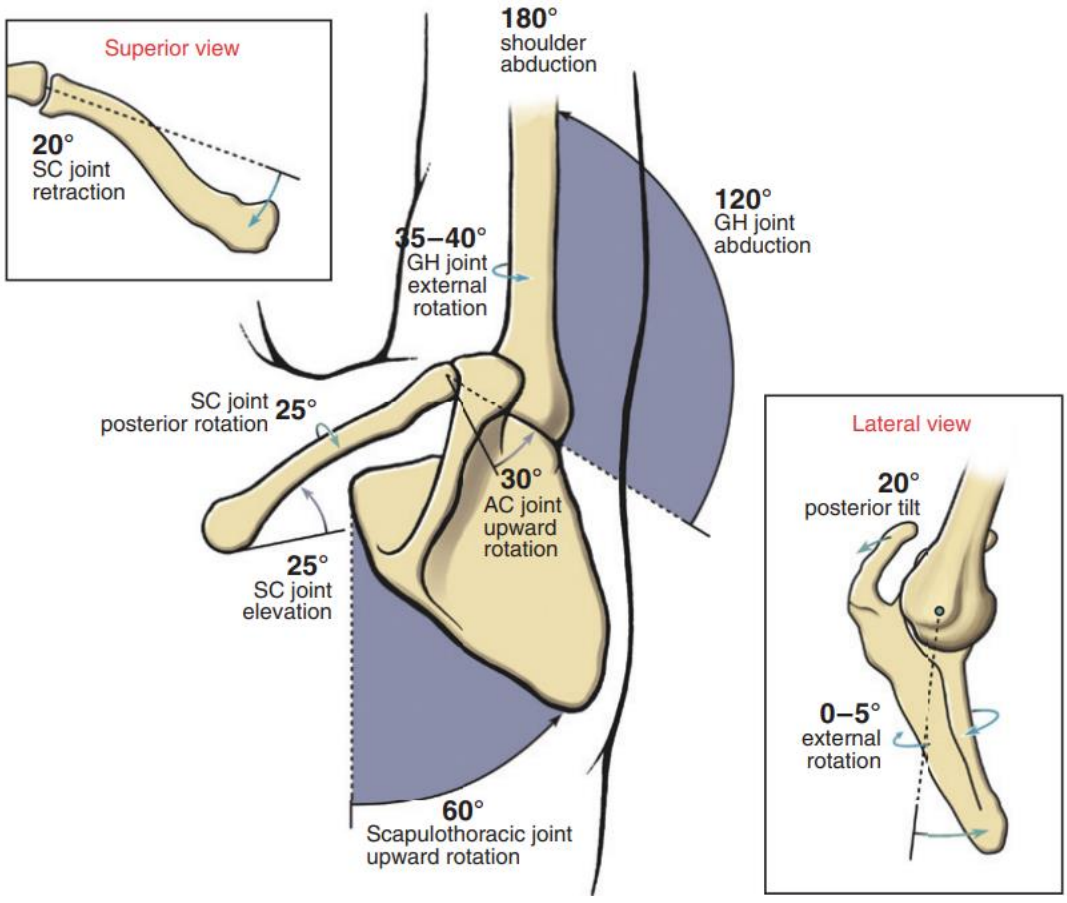


Рис. 6.6. Задній вид комплексу правого плеча після відведення руки на 180 градусів. Поворот лопатково-грудного суглоба вгору на 60 градусів і відведення гленогумерального суглоба (GH) на 120 градусів заштриховані фіолетовим кольором. Додаткові вставки, що містяться в прямокутниках, зображують верхній і бічний види обраної кінематики ключиці і лопатки відповідно. Всі числові значення вибираються з широкого спектру оцінок, наведених в різних літературних джерелах. Фактичні кінематичні значення значно різняться у різних осіб і дослідників

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Силові пари в плечовому поясі.

Силові пари – це групи м’язів, що діють спільно для забезпечення руху або стабілізації. У плечовому поясі ключові пари:

1. Для верхньої ротації лопатки:

- Верхні волокна трапеції + нижні волокна трапеції + зубчастий передній м’яз.
- Функція: під час абдукції руки лопатка ротується вгору, щоб запобігти стисканню ротаторної манжети.

2. Для стабілізації плечового суглоба:

- Дельтоподібний м’яз (абдукція) + ротаторна манжета (центрує головку плечової кістки).
- Функція: під час підняття руки дельтоподібний м’яз створює рух, а ротаторна манжета запобігає зміщенню головки вгору.

3. Для протракції/ретракції лопатки:

- Протракція: зубчастий передній + великий грудний м’яз.
- Ретракція: ромбовидні + середня трапеція.

4. Для обертання плеча:

- Зовнішнє обертання: підостний + малий круглий м’яз.
- Внутрішнє обертання: підлопатковий + найширший м’яз спини.

Клінічне значення силових пар

Дисбаланс у силових парах (наприклад, слабкість зубчастого м’яза при гіпертонусі малого грудного) призводить до:

- Крилатої лопатки (scapular winging).
- Зниження амплітуди руху плеча.
- Хронічного болю в шиї або плечі.

Реабілітація: вправи на зміцнення ротаторної манжети, зубчастого м’яза та трапеції для відновлення балансу (рис. 6.7).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

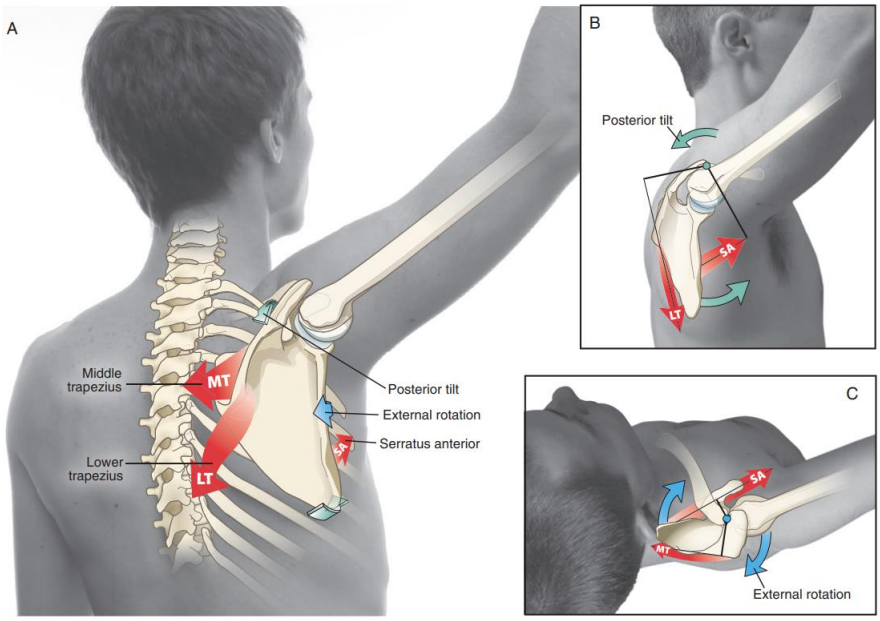


Рис. 6.7. (A) Запропонований механізм дії зубчастих передніх і середніх і нижніх трапецієподібних м'язів у контролі регулювальних рухів обертової вгору лопатки під час відведення лопаткової площини. (B) Передній зубчастий м'яз (SA) і нижній трапецієподібний м'яз (LT) діють у силовій парі для нахилу лопатки назад щодо осі обертання в суглобі AC (позначено зеленим колом). (C) Передній зубчастий м'яз (SA) і середній трапецієподібний м'яз (MT) діють у силовій парі для зовнішнього обертання лопатки щодо осі обертання в суглобі AC (позначено синім колом). Момент руки кожного м'яза позначений у вигляді темної чорної лінії, що бере свій початок на осі обертання AC суглоба

Підсумок:

Лопатково-плечовий ритм, амплітуда рухів та силові пари є ключовими механізмами функціонування плечового комплекса. Їх координація забезпечує плавність рухів, а порушення призводять до травм. Наприклад, слабкість зубчастого м'яза знижує ефективність верхньої ротації лопатки, що обмежує абдукцію руки та сприяє імпінджменту. Тренування силових пар і контроль рухів – основа профілактики та лікування патологій плеча.

Плечовий суглоб: будова, силова пара.

Будова плечового суглоба:

Плечовий суглоб – шароподібний суглоб (тип "куля-впадина"), утворений:

- Головкою плечової кістки (humeral head) – "куля".
- Гленоїдною западиною лопатки (glenoid fossa) – "впадина" (рис. 6.8).

Структури, що забезпечують стабільність:

- Гленоїдна губа (labrum) – хрящове кільце, що поглиблює западину.
- Суглобова капсула – фіброзна оболонка, що оточує суглоб.
- Суглобово-плечові зв'язки (glenohumeral ligaments): верхня, середня, нижня – обмежують надмірний рух.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Ротаторна манжета: надосьовий (supraspinatus), підосьовий (infraspinatus), малий круглий (teres minor), підлопатковий (subscapularis) м'язи.

Функція: центрують головку плечової кістки в гленоїдній западині, запобігаючи вивихам.

- Дельтоподібний м'яз (deltoid) – головний м'яз для абдукції (рис. 6.9).

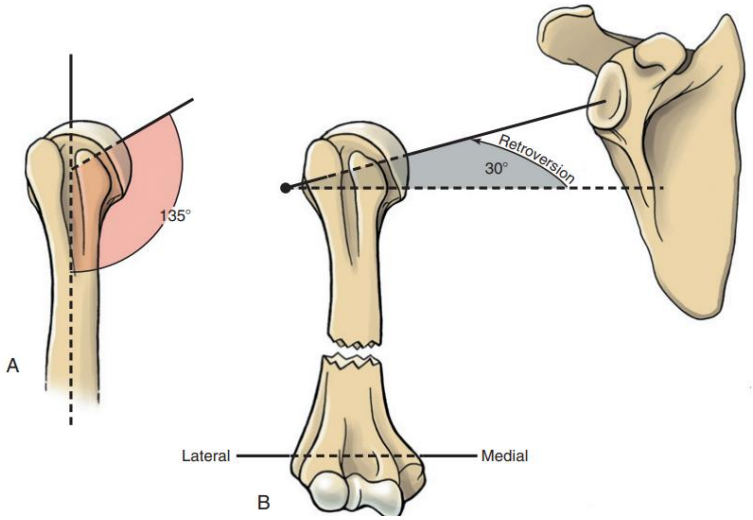


Рис. 6.8. Права плечова кістка показує 135-градусний «кут нахилу» між стовбуром і головкою плечової кістки у фронтальній площині (A) і ретроверсію голівки плечової кістки щодо дистального відділу плечової кістки (B)

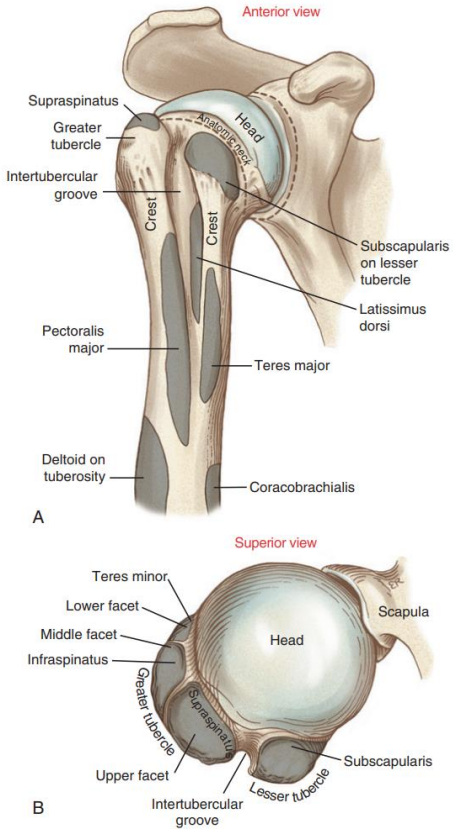


Рис. 6.9. Передня (A) і верхня (B) сторони правої плечової кістки. Пунктирна лінія в (A) показує капсулярні прикріплення навколо гленогумерального суглоба. Дистальне прикріплення м'язів показано сірим кольором.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Силові пари в плечовому суглобі.

Силова пара – це дві або більше м'язових груп, що діють спільно для контролю руху або стабілізації (рис. 6.10).

Для абдукції плеча:

- Дельтоподібний м'яз (середні волокна) + надосьовий м'яз (ротаторна манжета).
- Функція: дельтоподібний створює рух, а надосьовий запобігає зміщенню головки плеча вгору.

Для обертання:

- Зовнішнє обертання: підосьовий + малий круглий м'яз.
- Внутрішнє обертання: підлопатковий + найширший м'яз спини (latissimus dorsi).

Для стабілізації лопатки:

- Верхня ротація: зубчастий передній (serratus anterior) + трапецієподібний (trapezius).

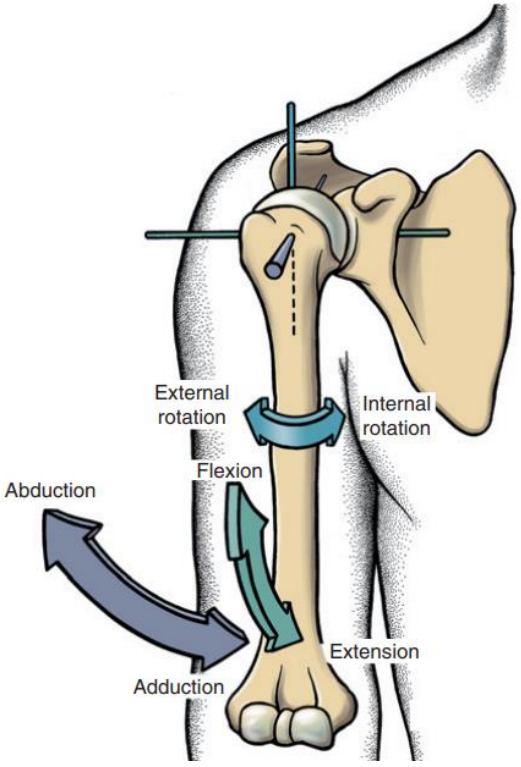


Рис. 6.10. Остеокінематика гленогумерального суглоба включає відведення і приведення (фіолетовий), згинання і розгинання (зелений), внутрішню і зовнішню ротацію (синій). Зверніть увагу, що кожна вісь обертання позначена кольором з відповідною площиною руху

Артрокінематика плечового суглоба.

Артрокінематика – рух суглобових поверхонь відносно одна одної. У плечовому суглобі вона включає (рис. 6.11):

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Ковзання (glide) + кочення (roll):

Під час абдукції руки:

- Голівка плеча котиться вгору.
- Одночасно ковзає вниз (завдяки ротаторній манжеті), щоб уникнути імпінджменту з акроміоном.

Під час флексії (згинання) вперед: кочення голівки вперед + ковзання назад.

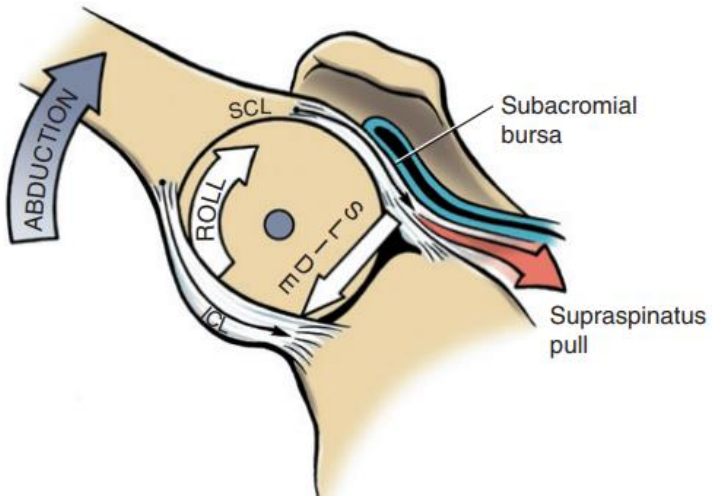


Рис. 6.11. Артрокінетика правого гленогумерального суглоба при активному відведенні

Спіральний механізм:

- Під час зовнішнього обертання голівка плеча ковзає вперед.
- Під час внутрішнього обертання – ковзає назад.

Дистракція/компресія:

- Дистракція (розтягнення суглоба) – під час вільного звисання руки.
- Компресія (стиснення) – за рахунок ротаторної манжети під час рухів.

Вплив сил на плечовий комплекс.

Плечовий суглоб піддається динамічним та статичним силам, які впливають на його функцію та стабільність:

Сила тяжіння:

- Викликає нижнє зміщення головки плеча при розслаблених м’язах.
- Протидіє їй: напруга ротаторної манжети та суглобової капсули.

М’язові сили:

- Ротаторна манжета створює компресійну силу, притискаючи головку плеча до гленоїдної западини.
- Дельтоподібний м’яз генерує вертикальну силу, яка при відсутності компенсації ротаторною манжетою може призводити до імпінджменту.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Зовнішні навантаження (наприклад, підняття ваги):

- Збільшують крутний момент на плечовий суглоб.
- Вимагають координації м’язів-стабілізаторів (ротаторна манжета, зубчастий передній).

Реактивні сили (наприклад, при падінні на руку) можуть спричинити вивих або пошкодження гленоїдної губи (SLAP-лезія).

Клінічні аспекти:

- Імпінджмент-синдром: стискання сухожилля надостного м’яза під акроміоном через порушення артрокінематики (наприклад, слабкість ротаторної манжети).
- Нестабільність суглоба: при слабкості зв’язок або м’язів (передній вивих – найпоширеніший).
- Артроз: дегенерація хряща через хронічне перевантаження або дисбаланс сил.

Підсумок:

Плечовий суглоб – найрухливіший суглоб тіла, але його стабільність залежить від координації м’язів (силових пар), правильних артрокінематичних рухів та балансу сил. Порушення будь-якого компонента (наприклад, слабкість ротаторної манжети) призводить до патологій. Реабілітація включає тренування силових пар, корекцію рухових паттернів та зменшення надмірних навантажень.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Який суглоб є найбільш рухливим у плечовому комплексі?

A. Акроміально-ключичний
B. Грудино-ключичний
C. Лопатково-грудне з’єднання
D. Гленогумеральний
E. Ліктьовий

2. Яка функція ротаторної манжети в плечовому суглобі?

A. Забезпечує абдукцію руки
B. Центрує головку плечової кістки в гленоїдній западині
C. Піднімає ключицю
D. Контролює рухи лопатки
E. Виконує флексію плеча

3. Які м’язи залучені в стабілізацію лопатки?

A. Дельтоподібний, найширший м’яз спини

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

B. Підостний, надостний
C. Трапецієподібний, зубчастий передній, ромбовидні
D. Біцепс, трицепс
E. Латеральні м’язи спини

4. Що таке лопатково-плечовий ритм?
A. Координація рухів лопатки та плечової кістки під час підняття руки
B. Рухи лопатки вперед і назад
C. Ротація плечового суглоба
D. Рухи ключиці під час підняття руки
E. Рухи плеча під час відведення

5. Яка амплітуда абдукції плечового суглоба?
A. 0–90°
B. 0–45°
C. 0–60°
D. 0–120°
E. 0–180°

6. Який м’яз відповідає за обертання плеча зовні?
A. Підостний
B. Найширший м’яз спини
C. Підлопатковий
D. Дельтоподібний
E. Трапецієподібний

7. Який рух плечового суглоба є результатом підняття руки вперед?
A. Абдукція
B. Екстензія
C. Аддукція
D. Флексія
E. Ротація

8. Яка роль зубчастого переднього м’яза під час підняття руки?
A. Протракція лопатки
B. Верхня ротація лопатки
C. Аддукція плеча
D. Екстензія плеча
E. Обертання плеча

9. Які м’язи залучені в обертання плеча всередину?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

A. Підостний, малий круглий
B. Надостний, трапецієподібний
C. Підлопатковий, найширший м’яз спини
D. Зубчастий передній, ромбовидний
E. Дельтоподібний

10. Як називається процес, коли лопатка піднімається на 30° під час підняття руки?
A. Депресія
B. Обертання вниз
C. Протракція
D. Ретракція
E. Елевація

11. Який м’яз допомагає стабілізувати плечовий суглоб під час абдукції руки?
A. Ротаторна манжета
B. Трапецієподібний
C. Латеральні м’язи спини
D. Біцепс
E. Трицепс

12. Які м’язи залучені до стабілізації плечового суглоба під час підняття руки?
A. Підостний, малий круглий
B. Трапецієподібний, ромбовидні
C. Дельтоподібний, ротаторна манжета
D. Біцепс, трицепс
E. Зубчастий передній, великий грудний

13. Який тип суглоба має плечовий суглоб?
A. Двосуглобний
B. Седловий
C. Шароподібний
D. Плоский
E. Циліндричний

14. Яка основна функція акроміально-ключичного суглоба?
A. Забезпечує рухи плечового суглоба
B. Дозволяє абдукцію плеча
C. Підтримує рухи ключиці
D. Забезпечує флексію
E. Стабілізує положення лопатки

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

15. Як називається порушення рухового ритму, яке призводить до імпінджмент-синдрому?

A. Слабкість ротаторної манжети
B. Слабкість зубчастого м'яза
C. Пошкодження капсули суглоба
D. Зміщення головки плеча
E. Розрив дельтоподібного м'яза

Питання до самоконтролю:

1. Які основні суглоби входять до складу плечового комплексу?
2. Що таке гленогумеральний суглоб?
3. Яка функція акроміально-ключичного суглоба?
4. Як відбувається рух лопатки при піднятті руки?
5. Що таке «ліктьова хвороба» і як вона може бути пов'язана з порушеннями плечового комплексу?
6. Як впливає слабкість зубчастого м'яза на функціонування плечового комплексу?
7. Що відбувається під час внутрішнього та зовнішнього обертання плеча?
8. Яка роль трапецієподібного м'яза в стабілізації плеча?
9. Які амплітуди рухів можливі у плечовому суглобі?
10. Як здійснюється стабілізація плечового суглоба під час абдукції?
11. Охарактеризуйте порушення, що можуть виникнути при ослабленні ротаторної манжети.
12. Як зростає важливість силових пар при піднятті важких предметів руками?

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т.118 (1), № 52. С. 1-13.
3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник / укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л. О. Вакуленко [та ін.] ; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.
7. Human Anatomy:textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

Додаткові цифрові ресурси:

Shoulder and Arm Crash Course

Elbow | Overview of Anatomy, Biomechanics and Kinesiology

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 7. КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК: ЛІКТЬОВІ, ЗАП'ЯСТКОВІ СУГЛОБИ ТА СУГЛОБИ КИСТІ

Теоретичні питання

1. Ліктьовий суглоб: будова та функціональні групи м'язів.
2. Зв'язковий апарат ліктьового суглоба.
3. Артрокінематика ліктьового суглоба.
4. Зап'ястковий суглоб: будова та силова пара.
5. Артрокінематика зап'ясткового суглоба.
6. Рука: будова суглобів.
7. Рухи пальців руки.
8. Функціональна роль руки.

Ліктьовий суглоб: будова, функціональні групи м'язів.

Будова ліктьового суглоба.

Ліктьовий суглоб – складний суглоб, що об'єднує три кістки та три окремі анатомічні структури (рис. 7.1):

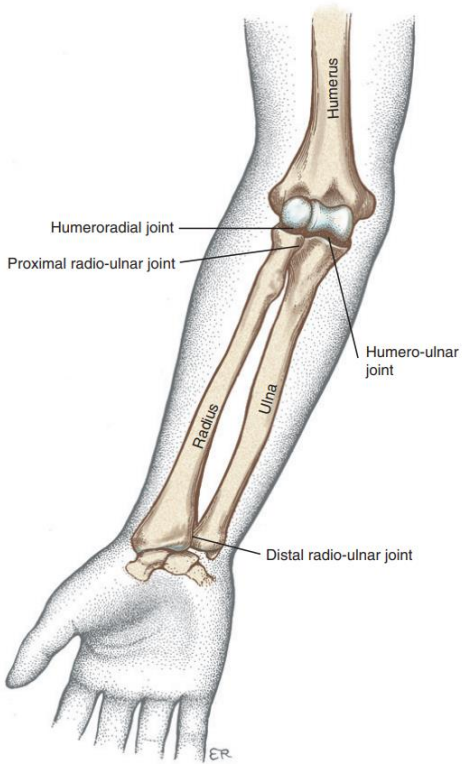


Рис. 7.1. Зчленування ліктьового суглоба і комплексу передпліччя.

1. **Плечо-ліктьовий суглоб (humeroulnar joint):**

- З'єднує блок плечової кістки (trochlea humeri) з ліктьовою вирізкою ліктьової

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

кістки (trochlear notch ulnae).
- Забезпечує згинання (флексію) та розгинання (екстензію).

2. **Плечо-променевий суглоб (humeroradial joint):**
- З'єднує голівку плечової кістки (capitulum humeri) з голівкою променевої кістки (caput radii).
- Допомагає у флексії/екстензії та бере участь у обертанні передпліччя.

3. **Проксимальний променево-ліктьовий суглоб (proximal radioulnar joint):**
- З'єднує голівку променевої кістки з ліктьовою вирізкою ліктьової кістки.
- Відповідає за супінацію (долоня догори) та пронацію (долоня донизу) передпліччя.

4. **Суглобова капсула**: оточує всі три суглоби, зміцнюється зв'язками.

Функціональні групи м'язів.

А. М'язи-згиначі (флексори) ліктя:

1. Двоголовий м'яз плеча (biceps brachii) (рис. 7.2) - основний флексор, також супінатор передпліччя.
2. Плечовий м'яз (brachialis) (рис. 7.3) - найпотужніший флексор, працює при будь-якому положенні передпліччя.
3. Плечо-променевий м'яз (brachioradialis) допомагає у флексії, особливо при пронації.

Б. М'язи-розгиначі (екстензори) ліктя:

1. Триголовий м'яз плеча (triceps brachii) (рис. 7.4) - головний екстензор (задня довга, латеральна та медіальна головки).
2. Ліктьовий м'яз (anconeus) допомагає триголовому м'язу, стабілізує суглоб.

В. М'язи-супінатори та пронатори:

1. Супінатори: супінаторний м'яз (supinator) + двоголовий м'яз плеча (рис. 7.5).
2. Пронатори: круглий пронатор (pronator teres) + квадратний пронатор (pronator quadratus) (рис. 7.6).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

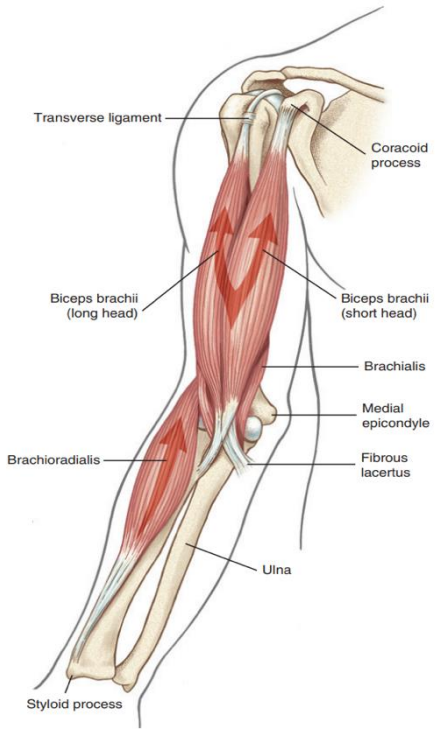


Рис. 7.2. Передня проекція правого двоголового м’яза плеча і плечопроменевого м’яза. Плечовий м’яз знаходиться глибоко до біцепса

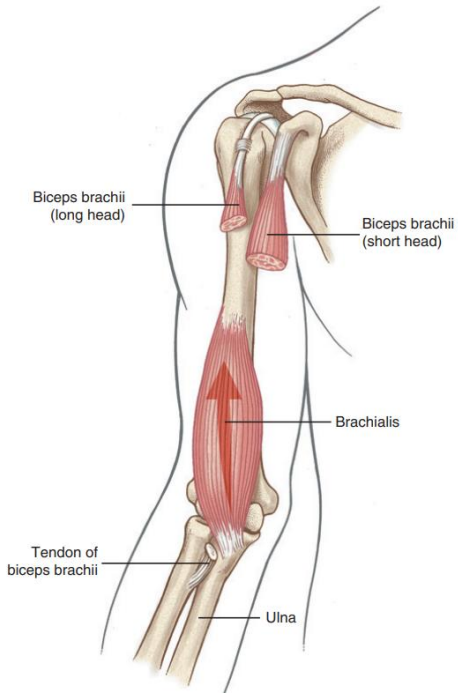


Рис. 7.3. Передній вид правої плечової кістки показаний глибоко до двоголового м’яза

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

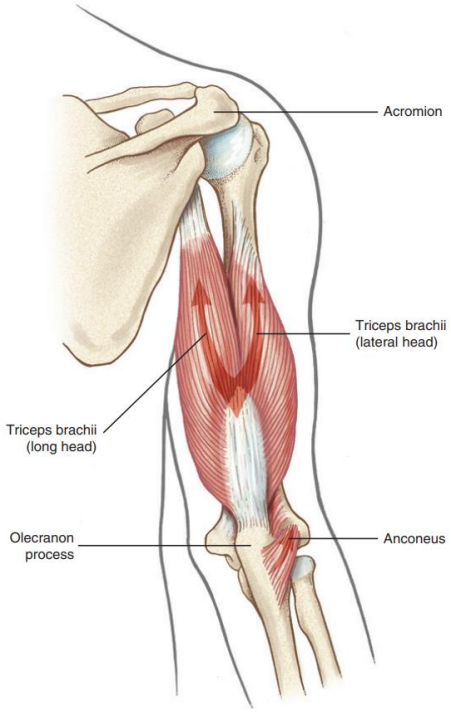


Рис. 7.4. На задньому виді видно правий триголовий м’яз плеча та ліктьовий м’яз. Медіальна голівка триголового м’яза знаходиться глибоко до довгої і латеральної головок і тому не зовсім помітна

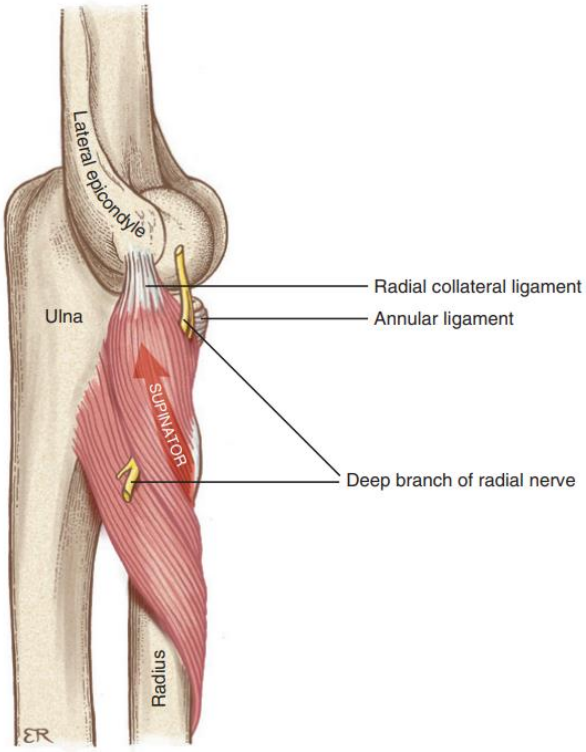


Рис. 7.5. Бічний вид правого супінаторного м’яза. Глибока гілка променевого нерва показана виходом між поверхневими і глибокими волокнами м’язи. Променевий нерв проходить дистально, як задній міжкістковий нерв, для іннервації розгиначів пальців і великого пальців

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

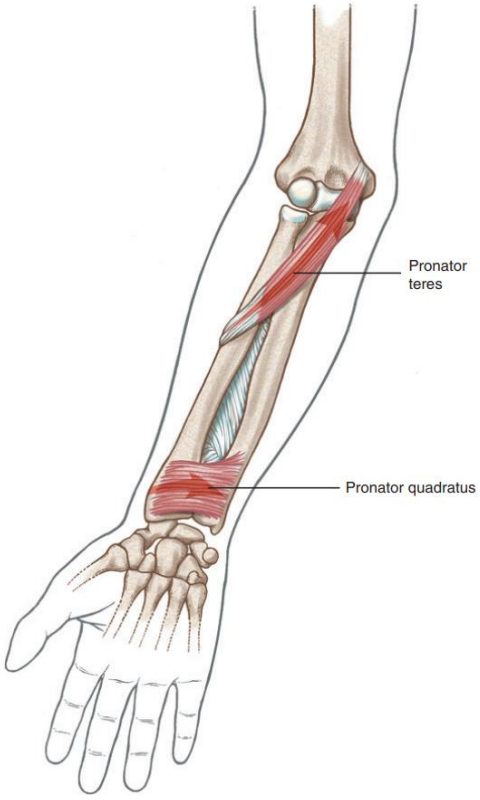


Рис. 7.6. Передній вид правого pronator teres і pronator quadratus

Зв'язковий апарат ліктьового суглоба.

1. **Медіальна (ліктьова) колатеральна зв'язка (UCL) (рис. 7.7):**

- Розташована з внутрішньої сторони суглоба.
- Стабілізує суглоб проти вільгісного навантаження (відведення передпліччя).
- Часто пошкоджується у бейсболістів або метальників.

2. **Латеральна (променева) колатеральна зв'язка (LCL) (рис. 7.8):**

- Розташована з зовнішньої сторони.
- Запобігає варусному навантаженню (приведенню передпліччя).

3. **Кільцеподібна зв'язка променевої кістки (annular ligament):**

- Оточує голівку променевої кістки, фіксує її в ліктьовій вирізці.
- Критична для стабільності проксимального променево-ліктьового суглоба.

4. **Квадратна зв'язка (quadrate ligament)** додатково стабілізує променево-ліктьовий суглоб.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

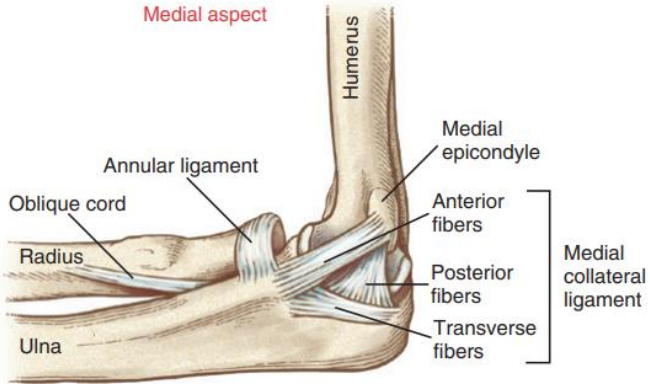


Рис. 7.7. Волокна медіальної колатеральної зв'язки правого ліктя

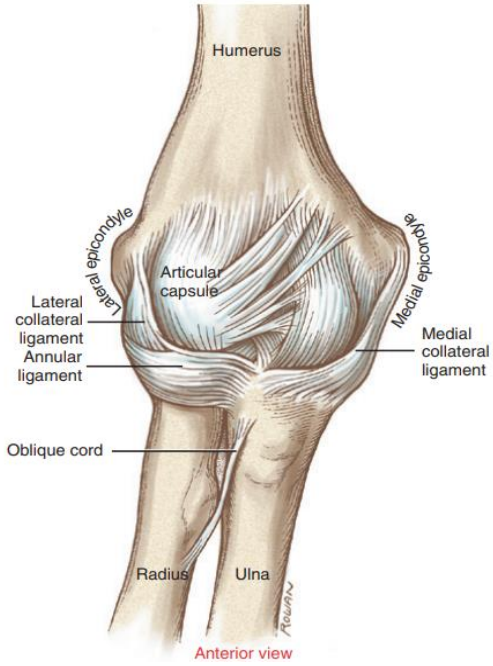


Рис. 7.8. Вид правого ліктя спереду, на якому видно капсулу та колатеральні зв'язки

Артрокінематика ліктьового суглоба.

Артрокінематика – це рух суглобових поверхонь під час згинання, розгинання, супінації та пронації (рис. 7.9).

Флексія (згинання).

Плечо-ліктьовий суглоб:

- Кочення (roll) ліктьової кістки по блоку плечової кістки вперед.
- Ковзання (glide) ліктьової кістки назад для уникнення імпінджменту (рис. 7.10).

Плечо-променевий суглоб:

- Голівка променевої кістки ковзає вперед по капітулу плечової кістки.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

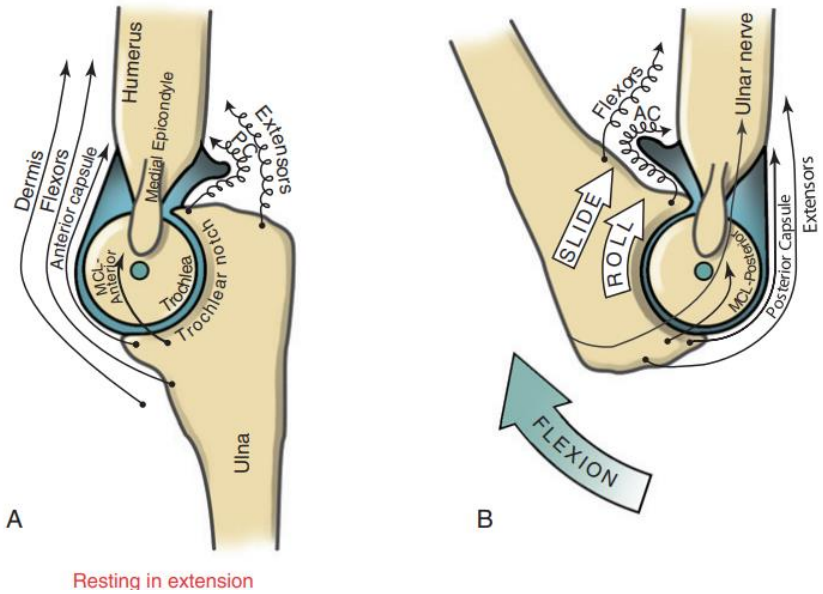


Рис. 7.9. Сагітальний відділ через плечо-ліктьовий суглоб. (А) Суглоб відпочиває в повному розгинанні. (В) Суглоб пасивно згинається шляхом повного згинання. Зауважимо, що при повному згинанні вінцевий відросток ліктьової кістки входить в вінцеву ямку плечової кістки. Розтягнуті (натягнуті) структури показані у вигляді тонких витягнутих стрілок, а ослаблені - у вигляді хвилястих стрілок. АС – передня капсула; MCL-Передній, деякі передні волокна медіальної колатеральної зв'язки; MCL-Задні, задні волокна медіальної колатеральної зв'язки; ПК, задня капсула

Екстензія (розгинання) - зворотний процес: кочення ліктьової кістки назад + ковзання вперед.

Супінація/пронація:

Проксимальний променево-ліктьовий суглоб:

- Під час супінації голівка променевої кістки обертається навколо ліктьової кістки.
- Під час пронації променева кістка перекриває ліктьову.

Рух супінатора/пронатора:

- Супінатор обертає променеву кістку назовні (рис. 7.11), пронатори – всередину (рис. 7.12).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

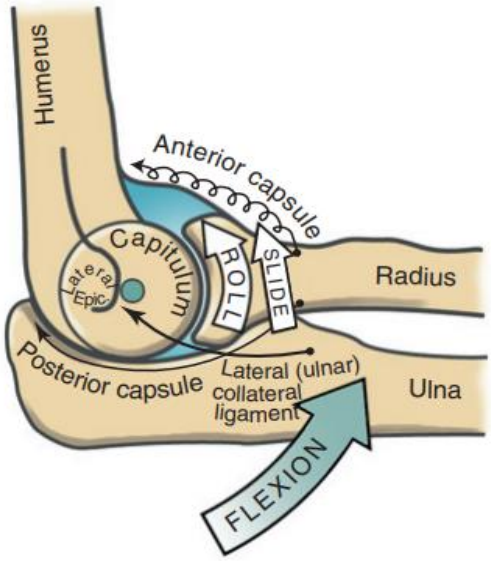


Рис. 7.10. Сагітальний відділ через плечо-променевий суглоб під час пасивного згинання. Зверніть увагу на медіально-латеральну вісь обертання в центрі капітули. Розтягнуті (натягнуті) структури показані у вигляді тонких витягнутих стрілок, а ослаблені - у вигляді хвилястих стрілок. Зверніть увагу на подовження латеральної (ліктьової) колатеральної зв'язки під час згинання

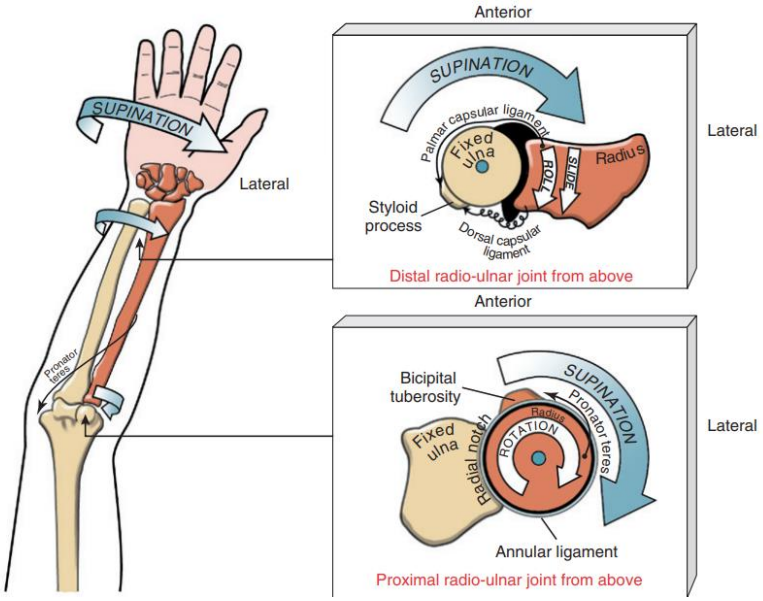


Рис. 7.11. На малюнку зліва показана передня частина правого передпліччя після завершення повної супінації. Під час супінації променева і зап'ястна кістки обертаються навколо фіксованої плечової і ліктьової кісток. Також показаний неактивний, але розтягнутий пронатор стегна. Якщо дивитися вниз на власне праве передпліччя, то ці дві вставки зображують чудовий (поперечний) вигляд артрокінематики в проксимальному та дистальному променево-ліктьових суглобах. Суглобовий диск в дистальному променево-ліктьовому суглобі не показаний

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

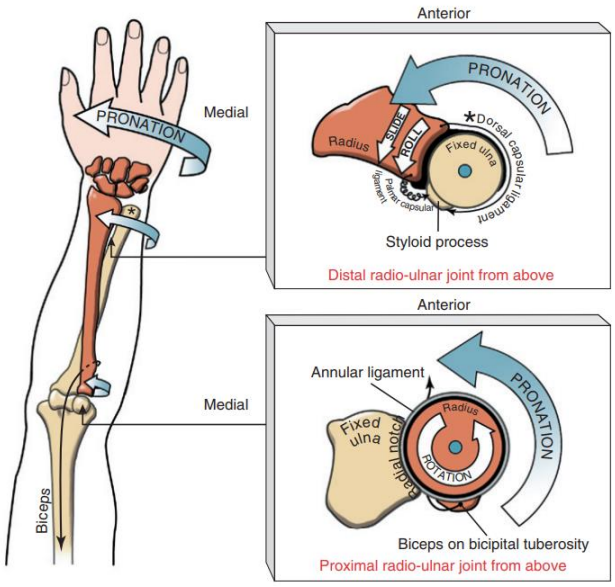


Рис. 7.12. На малюнку зліва показано праве передпліччя після завершення повної пронації. Під час пронації променева і зап'ястна кістки обертаються навколо фіксованої плечової і ліктьової кісток. Також показана малоактивна, але розтягнута двоголова м'яз. Якщо дивитися вниз на власне праве передпліччя, то дві вставки показують чудовий (поперечний переріз) вид на артрокінематику в проксимальному та дистальному променево-ліктьових суглобах. Розтягнуті (натягнуті) структури показані у вигляді тонких витягнутих стрілок, а ослаблені - у вигляді хвилястих стрілок. Зірочками позначена відкрита точка на передній стороні ліктьової головки, яка стає очевидною, коли променева кістка повністю обертається навколо ліктьової кістки в повну пронацію. Суглобовий диск в дистальному променево-ліктьовому суглобі не показаний

Клінічні аспекти:

- Вивих ліктя: часто супроводжується пошкодженням медіальної колатеральної зв'язки.
- «Лікоть тенісиста» (латеральний епікондиліт): запалення сухожилля розгиначів зап'ястя.
- «Лікоть гольфіста» (медіальний епікондиліт): запалення сухожилля згиначів.
- Контрактура ліктя: обмеження рухів через рубці або деформацію після травм.

Підсумок:

Ліктьовий суглоб – це складний механізм, де взаємодія кісток, м'язів і зв'язок забезпечує точні рухи. Його стабільність залежить від цілісності колатеральних зв'язок і кільцеподібної зв'язки. Порушення артрокінематики (наприклад, після перелому) призводить до обмеження рухливості.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Реабілітація включає відновлення м’язового балансу, розвиток гнучкості та зміцнення зв’язкового апарату.

Зап’ястковий суглоб: будова та силова пара.

1. Будова зап’ясткового суглоба:

Зап’ястковий суглоб – це складний комплекс суглобів, що включає:

Променево-зап’ястковий суглоб (радіокарпальний):

- Верхня поверхня: увігнута поверхня дистального кінця променевої кістки та суглобовий диск (трикутний хрящ, який відокремлює ліктьову кістку від зап’ястя) (рис. 7.13).
- Нижня поверхня: опуклі проксимальні поверхні трьох кісток першого ряду зап’ястя (човноподібна (scaphoid), півмісяцева (lunate), тригранна (triquetrum), горохоподібна(pisiform)) (рис. 7.14).
- Тип суглоба: еліпсоїдний (двоосьовий), дозволяє згинання/розгинання та відведення/приведення.

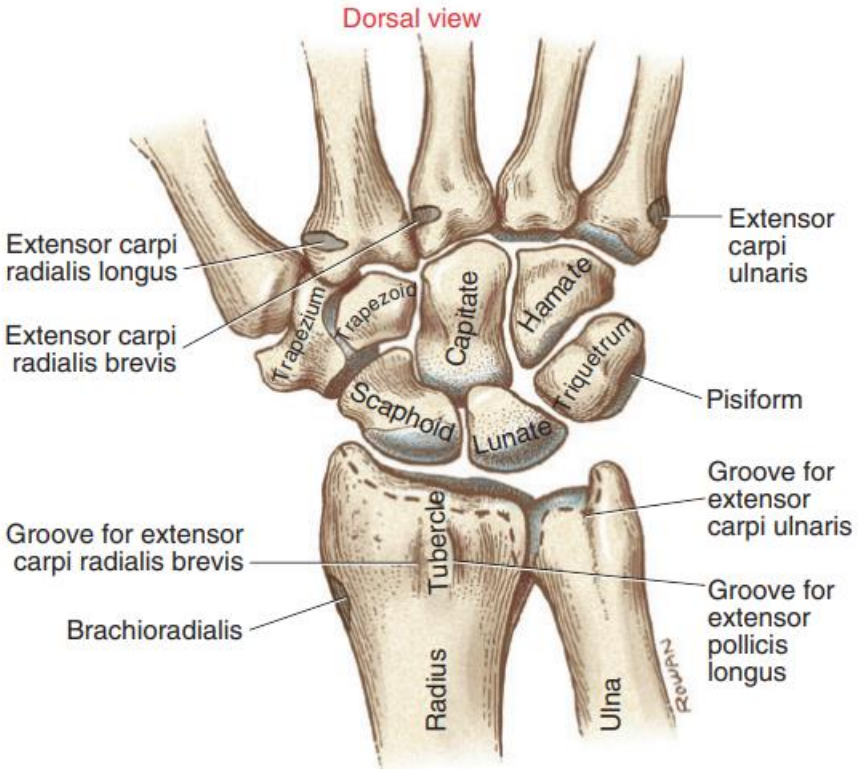


Рис. 7.13. Тильна сторона кісток правого зап’ястя. Дистальні прикріплення м’язів показані сірим кольором. Пунктирними лініями показано проксимальне прикріплення дорсальної капсули зап’ястя

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

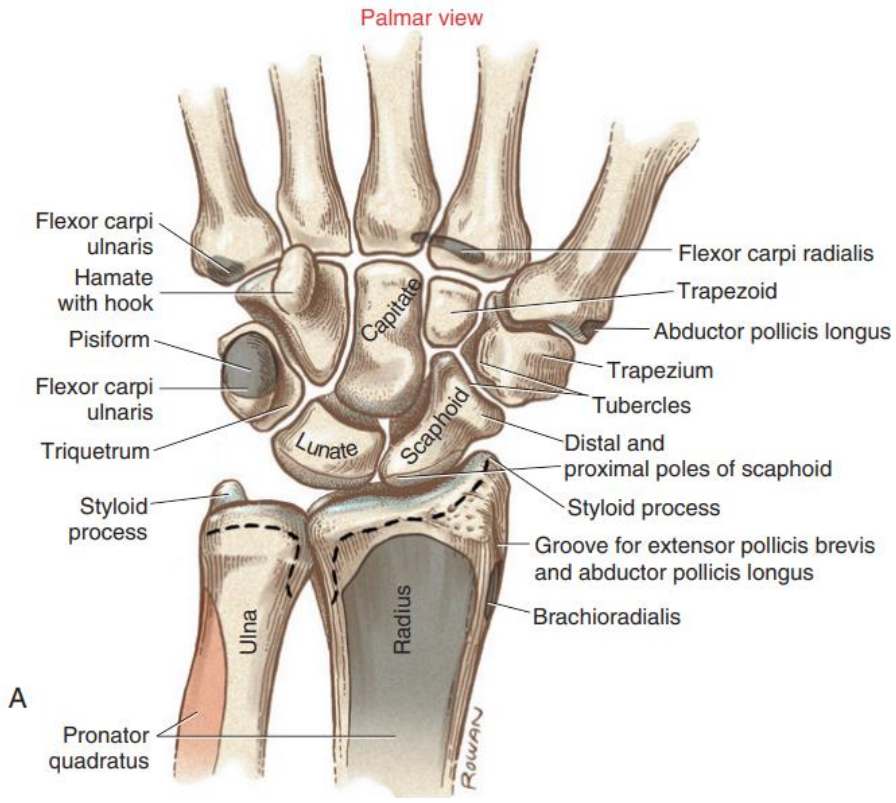


Рис. 7.14. Долонна сторона кісток правого зап'ястя. Проксимальні прикріплення м'язів показані червоним кольором, а дистальні – сірим. Пунктирними лініями показано проксимальне прикріплення долонної капсули зап'ястя

Міжзап'ясткові суглоби:

- З'єднують кістки першого (проксимального) та другого (дистального) рядів зап'ястя (гачкувата, головчаста, трапецієподібна, трапеція кістки другого ряду).
- Забезпечують додаткову рухливість та амортизацію.

Зв'язковий апарат:

- Променево-зап'ясткові зв'язки (тильна (рис. 7.16), долонна (рис. 7.17), променева та ліктьова колатеральні).
- Міжкісткові зв'язки (наприклад, човноподібна-півмісяцева (scapholunate), півмісяцево-тригранна (lunotriquetral)) – стабілізують кістки зап'ястя.
- Суглобовий диск (трикутний хрящ) – амортизує навантаження між ліктьовою кісткою та зап'ястям (рис. 7.16).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

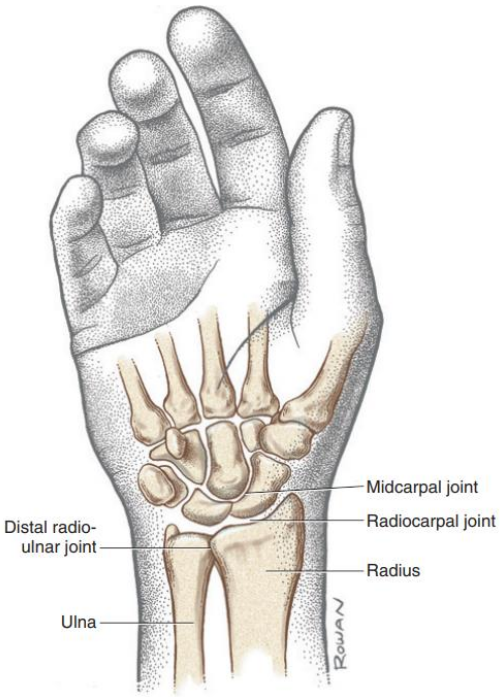


Рис. 7.15. Кістки і основні зчленування зап’ястя

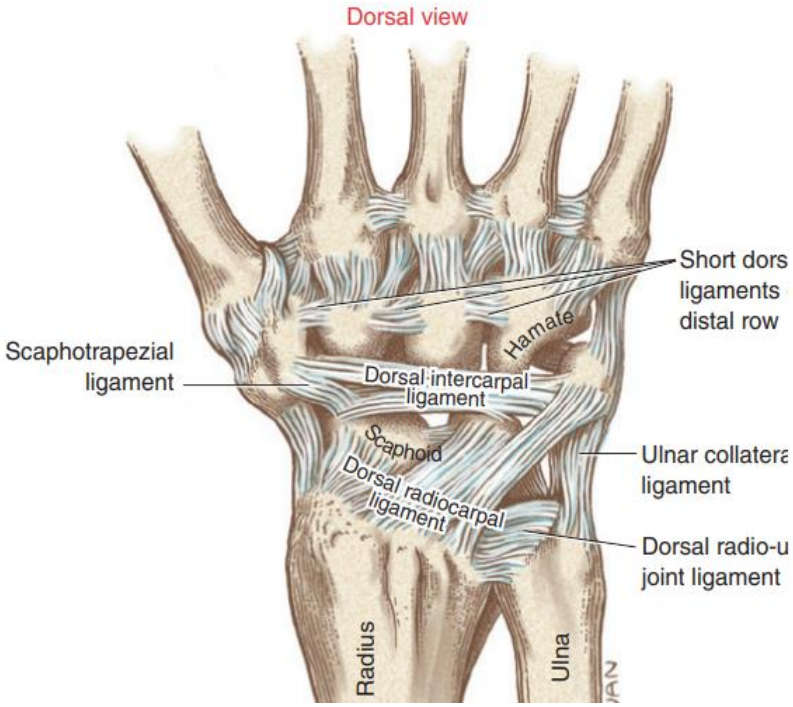


Рис. 7.16. Первинні тильні зв’язки правого зап’ястя

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

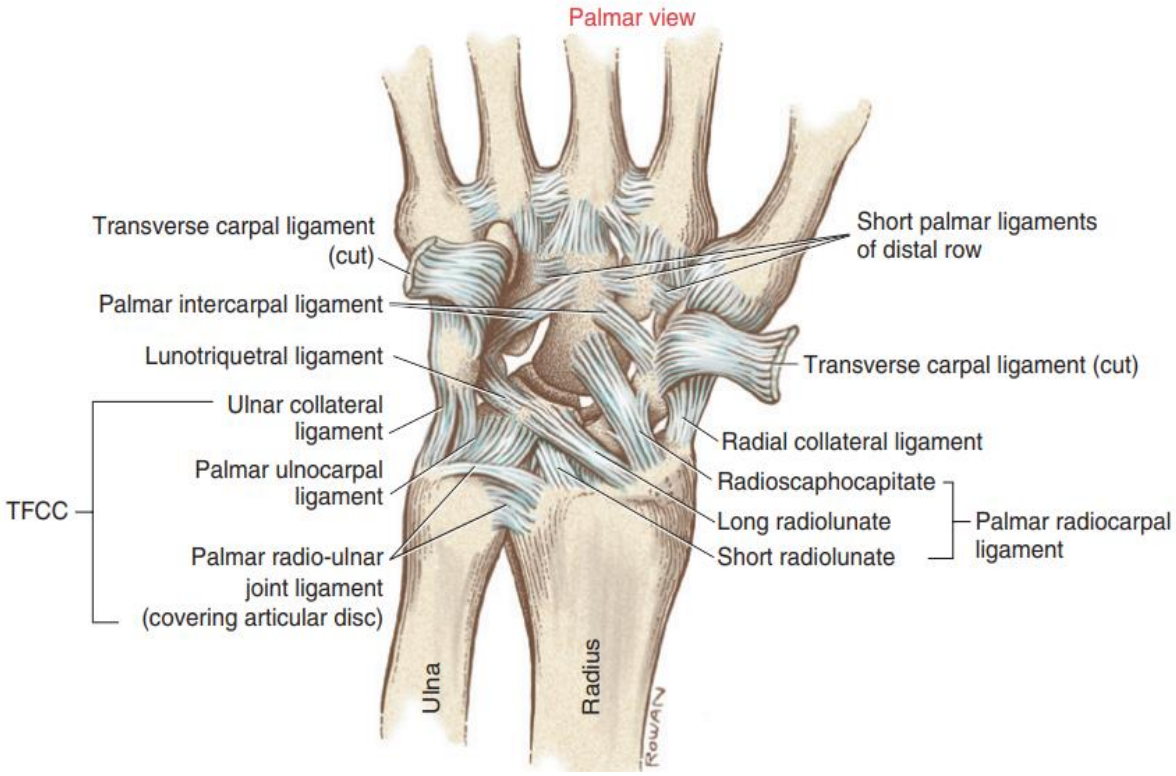


Рис. 7.17. Первинні долонні зв'язки правого зап'ястя. Поперечна зап'ястна зв'язка була розрізана і відображена, щоб показати підлеглі зв'язки. TFCC – трикутний фіброзно-хрящовий комплекс

2. Силові пари в зап'ястковому суглобі.

Силові пари – це м'язи-агоністи та антагоністи, які взаємодіють для контролю рухів (рис. 7.18).

Згинання (флексія) зап'ястя:

М'язи-згиначі (рис. 7.19)**:**

- Довгий долонний згинач (flexor carpi radialis).
- Ліктьовий згинач зап'ястя (flexor carpi ulnaris).
- Поверхневий згинач пальців (flexor digitorum superficialis) – допоміжний.

Антагоністи - розгиначі зап'ястя.

Розгинання (екстензія) зап'ястя:

М'язи-розгиначі (рис. 7.20)**:**

- Довгий променевий розгинач зап'ястя (extensor carpi radialis longus/brevis).
- Ліктьовий розгинач зап'ястя (extensor carpi ulnaris).
- Розгинач пальців (extensor digitorum) – допоміжний.

Антагоністи - згиначі зап'ястя.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Променеве відведення (радіальна девіація):

- Довгий променевий розгинач зап'ястя + короткий променевий розгинач + довгий долонний згинач.

Ліктьове приведення (ульнарна девіація):

- Ліктьовий згинач зап'ястя + ліктьовий розгинач зап'ястя.

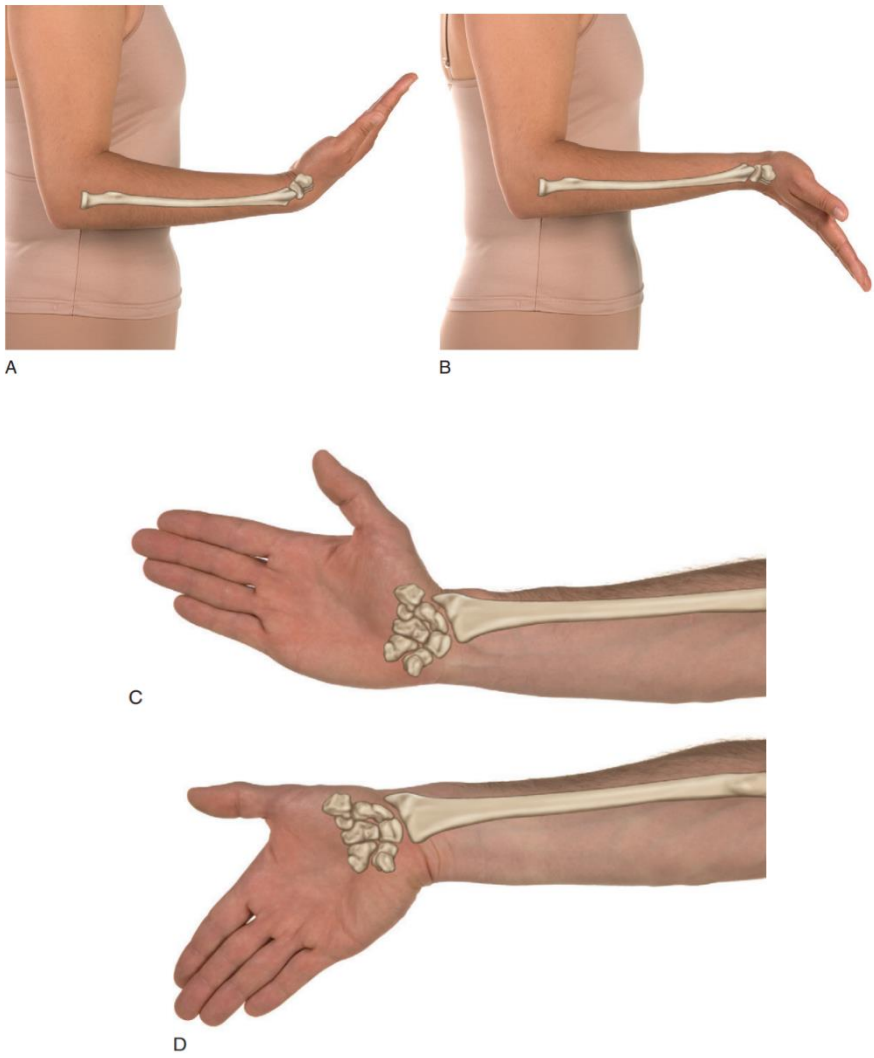


Рис. 7.18. Рухи кисті в променево-зап'ястковому суглобі (променево-зап'ястковому і середньо-зап'ястковому суглобах). A і B, бічні проекції, що ілюструють згинання і розгинання кисті відповідно. C і D, передні проекції, що ілюструють радіальне відхилення та ліктьове відхилення відповідно. Радіальне відхилення кисті також відоме як відведення; Ліктьова девіація також відома як приведення

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

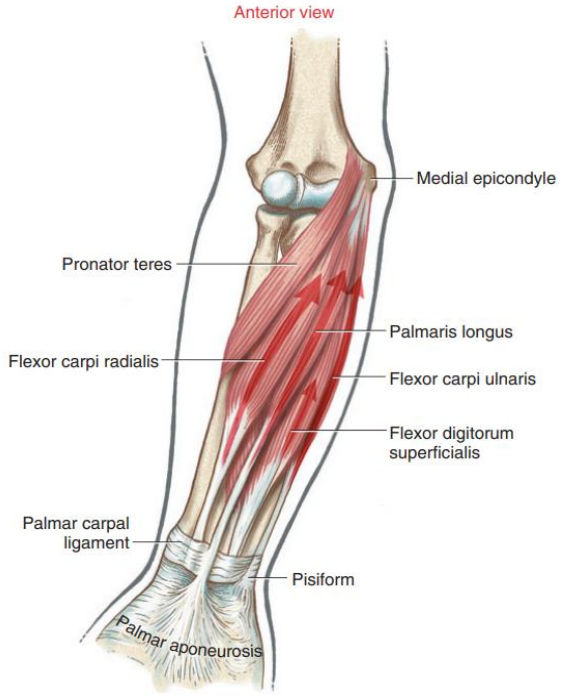


Рис. 7.19. Передній вид правого передпліччя, на якому видно основні м'язи-згиначі зап'ястя: flexor carpi radialis, long palmaris та flexor carpi ulnaris. Також показані м'язи-згиначі flexor digitorum superficialis (вторинний згинач зап'ястя) і pronator teres

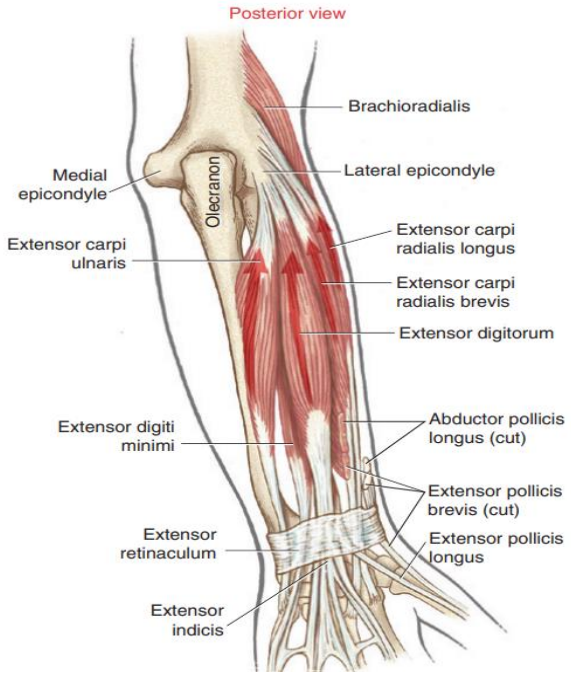


Рис. 7.20. Задній вид правого передпліччя, на якому видно основні розгиначі зап'ястя: розгинач carpi radialis longus, розгинач carpi radialis brevis та розгинач зап'ястя ulnaris. Також видно розгинач пальців та інші вторинні розгиначі зап'ястя

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Артрокінематика зап’ясткового суглоба.

Артрокінематика описує рух суглобових поверхонь під час згинання, розгинання, відведення та приведення (рис. 7.21), (рис. 7.22).

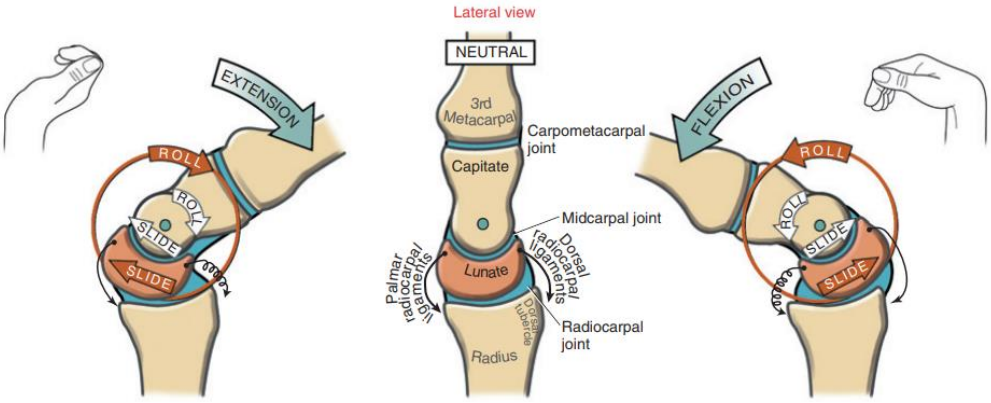


Рис. 7.21. Модель центральної колони правого зап’ястя із зображенням згинання та розгинання. Зап’ястя в центрі показано в спокої, в нейтральному положенні. Перекочування і ковзання артрокінематики показані червонуватим кольором для променево-зап’ясткового суглоба і білим, для середньо-зап’ясткового суглоба. Під час розгинання зап’ястя (ліворуч) дорсальні променево-зап’ясткові зв’язки ослабають, а долонні променево-зап’ясткові зв’язки стають натягнутими. Зворотна артрокінематика виникає під час згинання зап’ястя (праворуч)

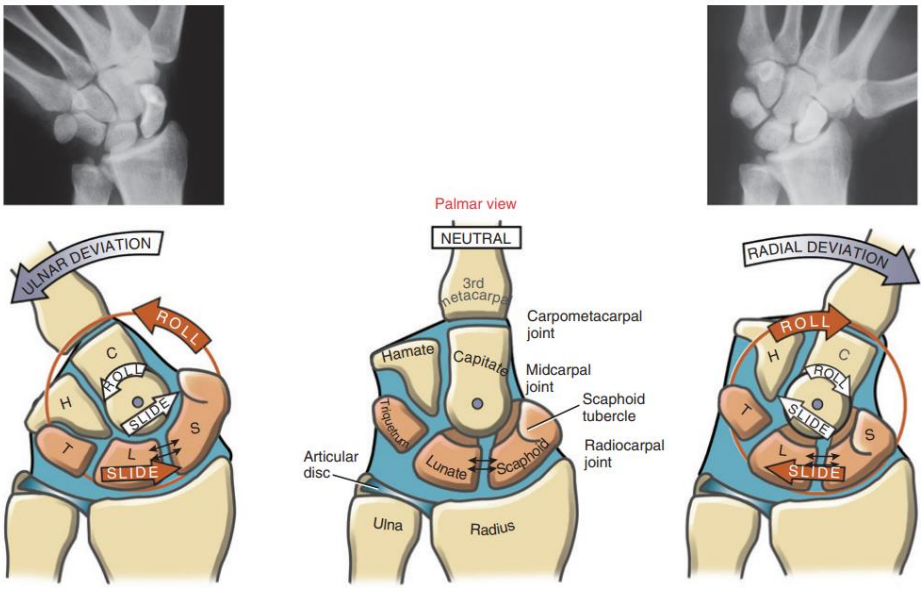


Рис. 7.22. Рентгенограми та механічне зображення артрокінематики ліктьового та променевого відхилення для правого зап’ястя. Перекочування і ковзання артрокінатики показані червонуватим кольором для променево-зап’ясткового суглоба і білим, для середньо-зап’ясткового суглоба. Лопаткова зв’язка механічно зображується на кожному малюнку у вигляді двох коротких стрілок

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Згинання (флексія).

Проксимальний ряд зап'ястя (човникоподібний, півмісяцевий, тригранний):

- Котиться (roll) у долонному напрямку.
- Ковзає (glide) у тильному напрямку (за правилом опукло-увігнутої взаємодії).

Розгинання (екстензія).

Проксимальний ряд зап'ястя:

- Котиться у тильному напрямку.
- Ковзає у долонному напрямку.

Променеве відведення.

- Проксимальні кістки зап'ястя котяться у променевому напрямку.
- Ковзання у ліктьовому напрямку (для стабільності).

Ліктьове приведення.

- Проксимальні кістки зап'ястя котяться у ліктьовому напрямку.
- Ковзання у променевому напрямку.

Клінічні аспекти

- Синдром карпального тунелю виникає стискання серединного нерва через набряк сухожилків згиначів.
- Розрив човникоподібно-півмісяцевої зв'язки призводить до нестабільності зап'ястя та артрозу.
- Перелом Колліса (дистального метафізу променевої кістки) порушує анатомію променево-зап'ясткового суглоба.

Підсумок:

Зап'ястковий суглоб – це складна система, де рухливість забезпечується взаємодією кісток, зв'язок і м'язів. Силові пари (наприклад, згиначі/розгиначі) контролюють точність рухів, а артрокінематика (ковзання + кочення) запобігає травмам. Порушення механіки (наприклад, після перелому) вимагає реабілітації, спрямованої на відновлення м'язового балансу та рухливості суглоба.

Рука: будова суглобів.

Будова суглобів руки.

Рука складається з кісток, суглобів, м'язів та зв'язок, які забезпечують її дивовижну рухливість і точність (рис. 7.23).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

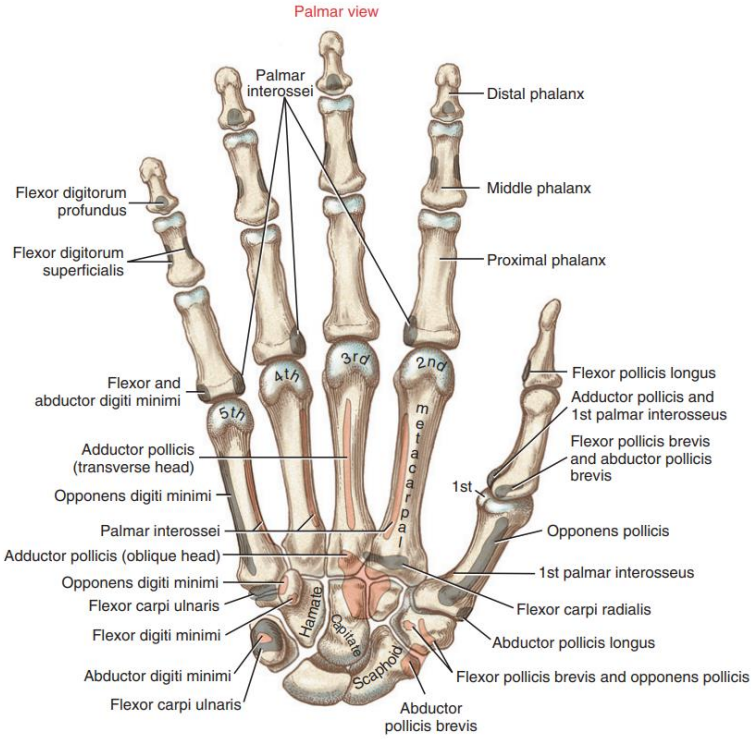


Рис. 7.23. Долонний вид кісток правого зап'ястя і кисті. Проксимальні прикріплення м'язів позначені червоним кольором, а дистальні – сірим

Основні суглоби пальців:

A. П'ястково-фалангові суглоби (MCP-суглоби):

- З'єднують п'ясткові кістки з проксимальними фалангами пальців.
- Тип: шароподібний (двоосьовий), дозволяють згинання/розгинання, відведення/приведення.

B. Міжфалангові суглоби:

- Проксимальні (PIP) та дистальні (DIP): з'єднують фаланги пальців.
- Тип: блокові (одноосьові), забезпечують згинання/розгинання.

C. Суглоб великого пальця (першого пальця):

- П'ястково-фаланговий суглоб (MCP): шароподібний, але з обмеженою амплітудою.
- Міжфаланговий суглоб (IP): блоковидний.
- Карпо-метакарпальний суглоб (CMC): сідлоподібний (між трапецією та першою п'ястковою кісткою), дозволяє опозицію (протиставлення) великого пальця (рис. 7.24), (рис. 7.25).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

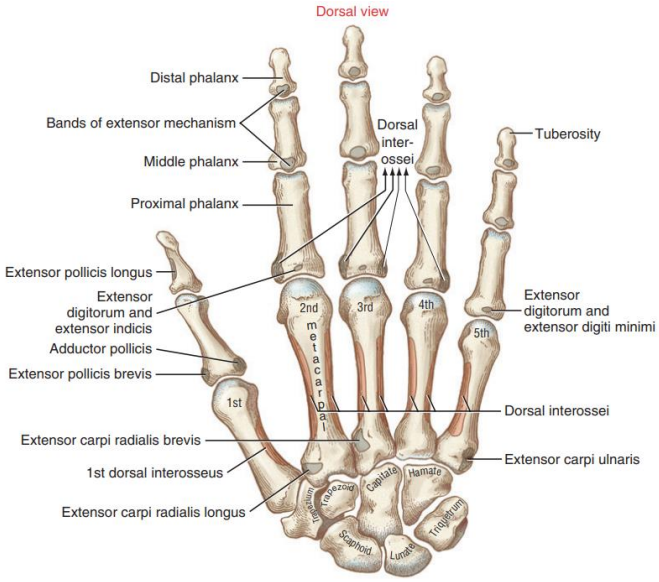


Рис. 7.24. Дорсальний вид кісток правого зап'ястя і кисті. Проксимальні прикріплення м'язів позначені червоним кольором, а дистальні – сірим

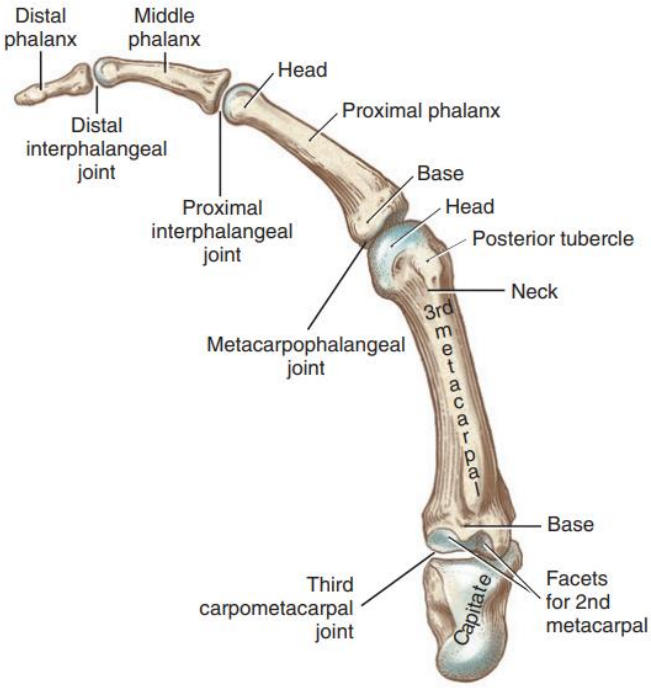


Рис. 7.25. Радіальний вид кісток третього променя (п'ясткових і пов'язаних з ними фаланг), включаючи головчасту кістку зап'ястя

Рухи пальців рук.

Основні рухи:

а. Згинання (флексія) та розгинання (екстензія):

- MCP-суглоби: згинання до 90°, розгинання до 30–45°.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- PIP/DIP-суглоби: згинання до 100–120°, розгинання до 0°.

b. Відведення (абдукція) та приведення (аддукція):

- Відведення пальців від середньої лінії руки (активне за рахунок міжкісткових м'язів).

c. Опозиція великого пальця:

- Протиставлення великого пальця до інших пальців (критично для хапання).

d. Циліндричний та точковий хват:

- Циліндричний: усі пальці згинаються, утворюючи кулак.
- Точковий (пінцетний): великий палець протиставляється до вказівного (рис. 7.26).

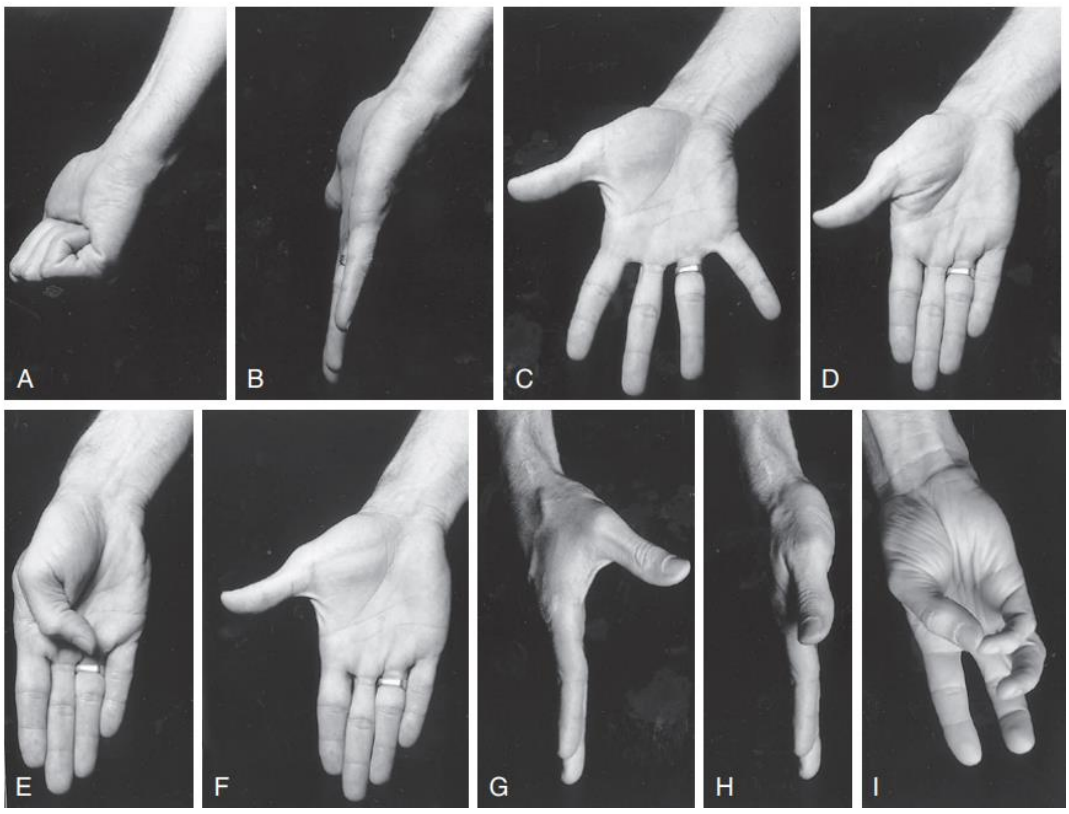


Рис. 7.26. Система найменування рухів у руці. (А–Д) Рух пальцями. (Е–І) Рух великим пальцем. (А, Згинання пальців; Б - розгинання пальців; С - відведення пальця; Д - приведення пальців; Е - згинання великого пальця; F - розгинання великого пальця; Г - відведення великого пальця; Н - приведення великого пальця; І - великий палець проти.)

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Функціональні групи м’язів руки:

М’язи руки поділяються на зовнішні (походять з передпліччя) та внутрішні (розташовані в кисті).

Зовнішні м’язи.

Згиначі пальців:

- Поверхневий згинач пальців (FDS): згинає проксимальні фаланги.
- Глибокий згинач пальців (FDP): згинає дистальні фаланги (рис. 7.27), (рис. 7.28).

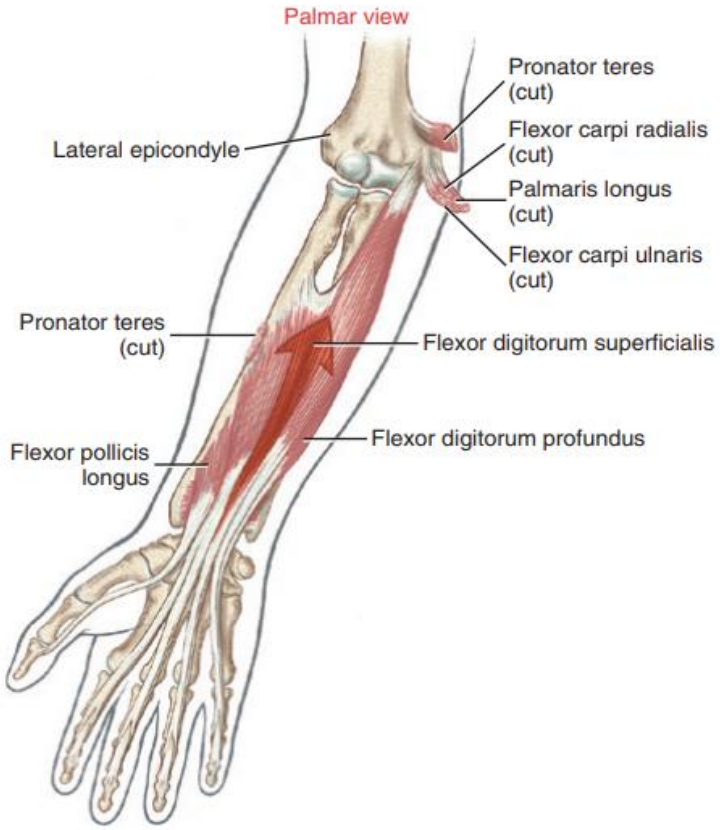


Рис. 7.27. Передня проекція правого передпліччя, що виділяє дію м’яза-згинача пальців (flexor digitorum superficialis). Зверніть увагу на розрізані проксимальні кінці згиначів зап’ястя та м’язів пронатора стегна

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

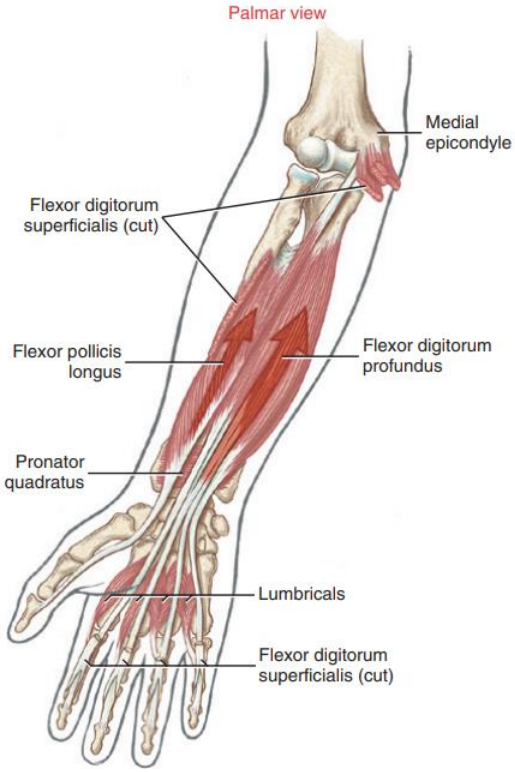


Рис. 7.28. Передній вид правого передпліччя, що виділяє дію м'язів-згиначів пальців і довгих м'язів-згиначів pollicis. Показано, що поперекові м'язи прикріплюються до сухожиль глибокого згинача пальців. Зверніть увагу на розрізані проксимальний і дистальний кінці flexor digitorum superficialis

Розгиначі пальців:

- Розгинач пальців (ED): розгинає всі фаланги.

Внутрішні м'язи.

Тенор (м'язи великого пальця):

- Короткий згинач великого пальця, відвідний м'яз великого пальця, протиставний м'яз.
- Забезпечують опозицію та точний хват.

Гіпотенор (м'язи мізинця):

- Відвідний м'яз мізинця, короткий згинач мізинця.

Міжкісткові м'язи:

- Долонні (аддуктори)
- Тильні (абдуктори)
- Відповідають за приведення/відведення пальців.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Червоподібні м’язи:

- Допомагають у згинанні MCP-суглобів і розгинанні PIP/DIP (рис. 7.29).

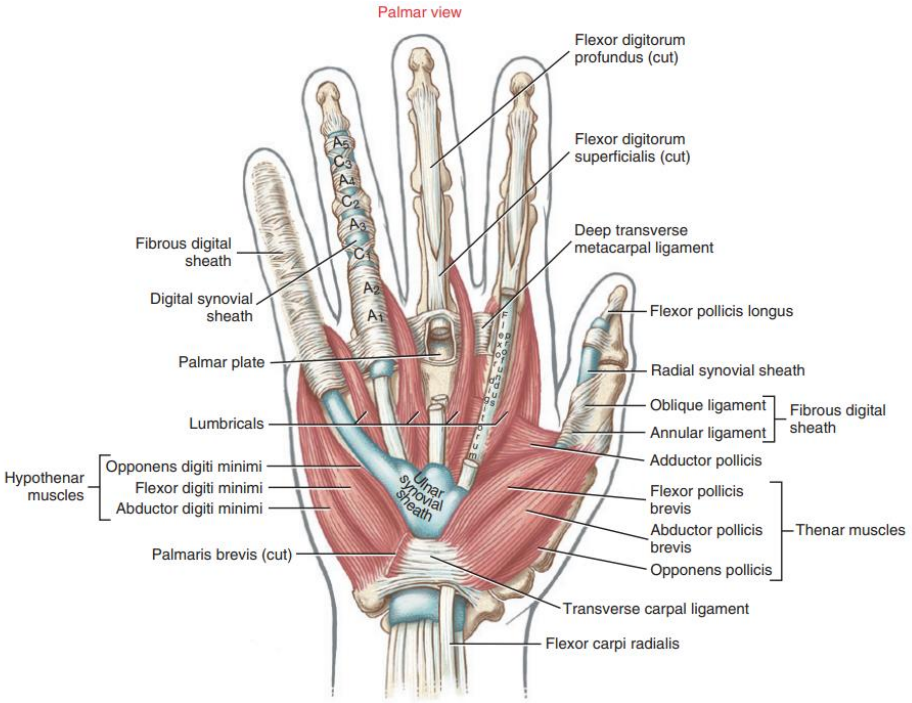


Рис. 7.29. Долонний вид ілюструє кілька важливих структур кисті. Зверніть увагу на мізинець, на якому видно фіброзну пальцеву оболонку та ліктьову синовіальну оболонку, що охоплює зовнішні сухожилля згиначів. З безіменного пальця видаляють фіброзну пальцеву оболонку, тим самим виділяючи цифрову синовіальну оболонку (синій колір) і кільцеві (від A1 до A5) і хрестоподібні (C1 до C3) шківи. Середній палець показує зняті шківи, щоб відкрити дистальні місця згинача пальця superficialis і профундуса. На вказівному пальці видаляють частину сухожилля flexor digitorum superficialis, тим самим оголюючи більш глибоке сухожилля flexor digitorum profundus і прикріплене поперекове відділення. Великий палець виділяє косий і кільцевий шківи, а також радіальну синовіальну оболонку, що оточує сухожилля довгого згинача pollicis. (Також малюються м’язи тенора і гіпотенора.)

Зв’язковий апарат руки.

Колатеральні зв’язки:

- Стабілізують MCP- та PIP/DIP-суглоби, запобігають бічним зміщенням (рис. 7.30).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

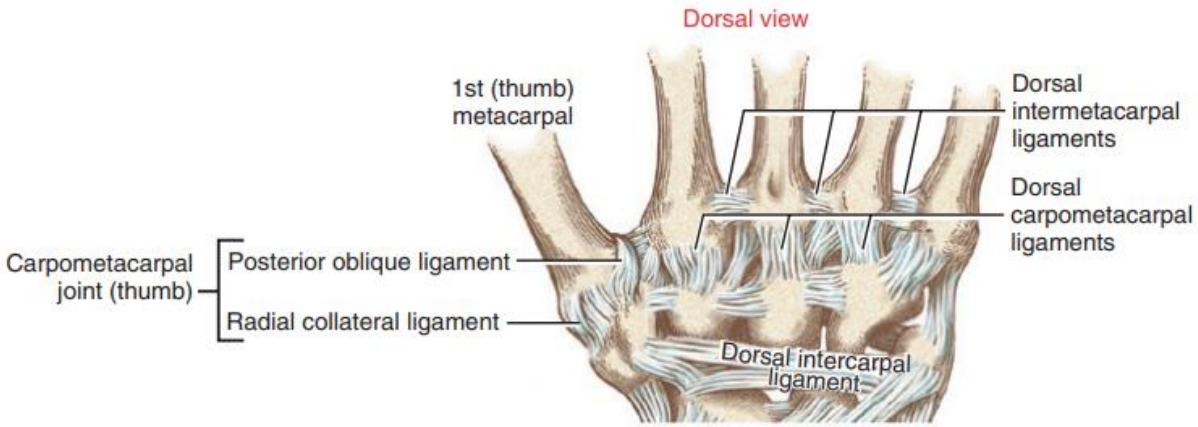


Рис. 7.30. Тильна сторона правої руки, що показує капсулу і зв'язки, що стабілізують зап'ястково-п'ясткові суглоби

Долонний апоневроз:

- Щільна фіброзна структура на долонній стороні суглобів, запобігає надмірному розгинанню (рис. 7.31).

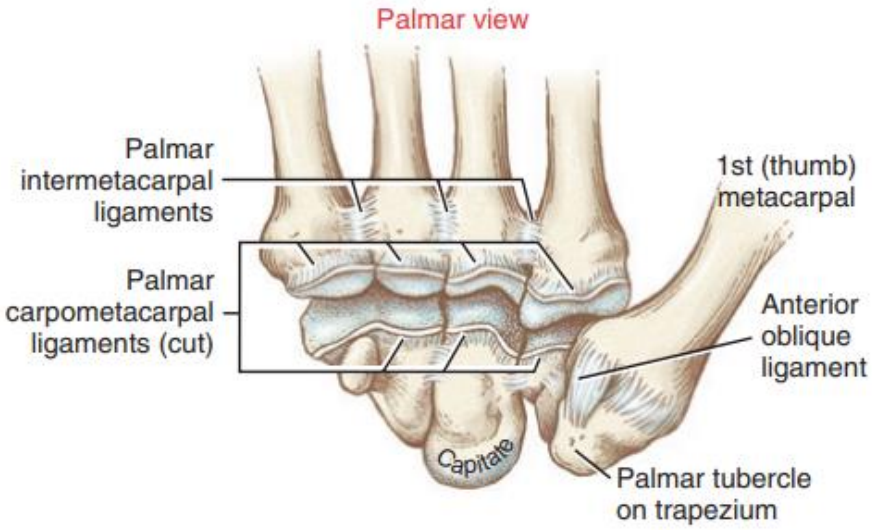


Рис. 7.31. Долонна сторона правої руки, що показує суглобові поверхні другого по п'ятий п'ясно-п'ясткові суглоби. Розрізана капсула та долонні п'ястково-п'ясткові зв'язки пальців від 2 до 5

Кільцеподібні зв'язки сухожиль:

- Утримують сухожилка згиначів у каналах (наприклад, кільцеподібна зв'язка А1), запобігають "стрибанню" сухожилка.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Функціональна роль руки.

Маніпулятивна функція:

Захват:

- Точковий (пінцетний): для дрібних предметів (голка, монета).
- Циліндричний: для утримання предметів (чашка, молоток).
- Сферичний: для великих предметів (м’яч).

Опозиція великого пальця: забезпечує людям перевагу в точних рухах.

Сенсорна функція:

- Велика кількість рецепторів у шкірі долоні дозволяє відчувати тиск, температуру, текстуру.

Комунікація:

- Жести
- Мова жестів
- Письмо.

Клінічні аспекти

- Синдром де Кервена: запалення сухожиль великого пальця через повторювані рухи.
- Контрактура Дюпюїтрена: укорочення долонної фасції, обмежує розгинання пальців.
- Травми сухожиль ("палець стрілка"): розрив розгинача.
- Артроз суглобів: дегенерація хряща, особливо в MCP-суглобах.

Підсумок:

Рука – це унікальний інструмент, де поєднуються мобільність, сила та точність. Її функція залежить від координації суглобів (особливо сідлоподібного суглоба великого пальця), м’язів (тенор, гіпотенор, міжкісткові) та зв’язок. Порушення будь-якого компонента (наприклад, після травми серединного нерва) призводить до втрати точних рухів. Реабілітація включає відновлення м’язової сили, рухливості суглобів та нейромоторного контролю.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Яка функція плечо-ліктьового суглоба?

A. Відведення та приведе передпліччя
B. Супінація та пронація
C. Забезпечує згинання та розгинання
D. Обертання плеча

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

E. Стабілізація ліктьового суглоба

2. Який м’яз є основним флексором ліктя?

A. Триголовий м’яз плеча
B. Двоголовий м’яз плеча
C. Плечовий м’яз
D. Ліктьовий м’яз
E. Плечо-променевий м’яз

3. Яка зв’язка стабілізує ліктьовий суглоб проти вільгісного навантаження?

A. Медіальна колатеральна зв’язка
B. Латеральна колатеральна зв’язка
C. Квадратна зв’язка
D. Кільцеподібна зв’язка
E. Трикутний хрящ

4. Який м’яз відповідає за пронацію передпліччя?

A. Супінатор
B. Двоголовий м’яз плеча
C. Триголовий м’яз плеча
D. Ліктьовий м’яз
E. Круглий пронатор

5. Який тип суглоба в ліктьовому суглобі між плечовою та ліктьовою кісткою?

A. Блоковий суглоб
B. Шароподібний суглоб
C. Циліндричний суглоб
D. Еліпсоїдний суглоб
E. Сідлоподібний суглоб

6. Який суглоб відповідає за рух супінації та пронації передпліччя?

A. Плечо-променевий суглоб
B. Ліктьовий суглоб
C. Проксимальний зап’ястковий суглоб
D. Проксимальний променево-ліктьовий суглоб
E. Дистальний променево-ліктьовий суглоб

7. Яка функція кільцеподібної зв’язки променевої кістки?

A. Забезпечує стабільність ліктьового суглоба
B. Фіксує головку променевої кістки в ліктьовій вирізці

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

C. Забезпечує згинання передпліччя
D. З’єднує ліктьову та променеву кістки
E. Забезпечує рухи зап’ястя

8. Яка м’язова група відповідає за згинання ліктя?

A. Екстензори
B. Супінатори
C. Флексори
D. Пронатори
E. Ліктьові м’язи

9. Який суглоб в зап’ясті дозволяє згинання та розгинання, а також відведення та приведення?

A. Міжзап’ястковий суглоб
B. Карпо-метакарпальний суглоб
C. Проксимальний зап’ястковий суглоб
D. Дистальний зап’ястковий суглоб
E. Променево-зап’ястковий суглоб

10. Яка м’язова пара відповідає за згинання зап’ястя?

A. Згиначі зап’ястя
B. Розгиначі зап’ястя
C. Супінатори зап’ястя
D. Пронатори зап’ястя
E. Відвідні м’язи

11. Як називається захворювання, що пов’язане із запаленням сухожилля розгиначів зап’ястя?

A. Лікоть гольфіста
B. Лікоть тенісиста
C. Контрактура ліктя
D. Синдром карпального тунелю
E. Перелом Колліса

12. Які м’язи виконують функцію опозиції великого пальця?

A. М’язи гіпотенора
B. Міжкісткові м’язи
C. М’язи тенора
D. Червоподібні м’язи
E. М’язи розгиначі

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

13. Яка роль кільцеподібних зв'язок у руці?

A. Запобігають надмірному розгинанню пальців
B. Забезпечують рухи великого пальця
C. Стабілізують зап'ястково-п'ясткові суглоби
D. Утримують сухожилля згиначів у каналах
E. Підтримують гнучкість кисті

14. Який суглоб відповідає за опозицію великого пальця до інших пальців?

A. П'ястково-фаланговий суглоб
B. Міжфаланговий суглоб
C. Променево-зап'ястковий суглоб
D. Карпо-метакарпальний суглоб
E. Проксимальний зап'ястковий суглоб

15. Яка основна функція м'язів міжкісткових м'язів у руці?

A. Супінація та пронація
B. Згинання та розгинання пальців
C. Відведення та приведення пальців
D. Забезпечення точного хвату
E. Розширення кисті

Питання до самоконтролю:

1. Назвіть суглоби, що утворюють ліктьовий суглоб.
2. Які м'язи здійснюють супінацію та пронацію передпліччя?
3. Яка функція анконейного м'яза?
4. Що таке пронація, і які м'язи за неї відповідають?
5. Що стабілізує ліктьовий суглоб при варусному навантаженні?
6. Які кістки беруть участь у формуванні зап'ясткового суглоба?
7. Що таке радіальна девіація зап'ястя?
8. Які рухи можливі в п'ястково-фалангових суглобах?
9. Які м'язи відповідають за згинання пальців?
10. Що таке тенор і гіпотенор?
11. Яка структура стабілізує сухожилки згиначів у пальцях?
12. Яка зв'язка утворює долонний апоневроз?
13. Що таке контрактура Дюпюїтрена?
14. Яка клінічна картина характерна для 'пальця стрілка'?
15. Яка функціональна роль великого пальця у хвилі опозиції?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т.118 (1), № 52. С. 1-13.
3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник/ укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : Навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л. О. Вакуленко [та ін.] ; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.
7. Human Anatomy:textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Додаткові цифрові ресурси:

Biomechanics Lecture 7: Wrist & Hand

Wrist and Hand | Overview of Anatomy, Kinesiology and Biomechanics

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 8. КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ ТУЛУБА І ХРЕБТА

Теоретичні питання

1. Хребет: загальна будова хребетного стовпа.
2. Рухи та біомеханіка хребта.
3. Шия і тулуб: рухи в хребетному стовпі.
4. Оцінка навантажень, яким піддається шийний відділ хребта.
5. Механізми травм при динамічному навантаженні, що виникають при ударних та хлистових травмах.
6. Вплив навантажень на хребет в різних положеннях тіла.
7. Скронево-нижньощелепний суглоб: будова та рухи суглобів.
8. Біомеханіка руху скронево-нижньощелепного суглоба.
9. Тазовий пояс: силова пара.
10. Артрокінематика тазового пояса.
11. Асоційовані рухи тазового поясу, хребта та тазостегнових суглобів.

Хребет: загальна будова хребетного стовпа.

Загальна будова хребта:

Хребетний стовп складається з 33 хребців, які у дорослих об'єднуються в 26 кісток через зрощення крижового (5 хребців) та куприкового (4 хребці) відділів. Він поділяється на 5 регіонів:

- Шийний (7 хребців) – має лордоз (вигнутість вперед).
- Грудний (12 хребців) – характеризується кіфозом (вигнутість назад) та прикріпленням ребр.
- Поперековий (5 хребців) – лордоз, найбільш масивні хребці.
- Крижовий (5 зрощених) та куприковий (4 зрощених) – формують кіфоз (рис. 8.1).

Структура хребця:

- Тіло хребця – несе основне навантаження.
- Дуга з відростками (суглобові, поперечні, остистий) – захищають спинний мозок і місця кріплення м'язів.
- Міжхребцеві диски – складаються з пульпозного ядра (амортизація) та фіброзного кільця (стабілізація).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

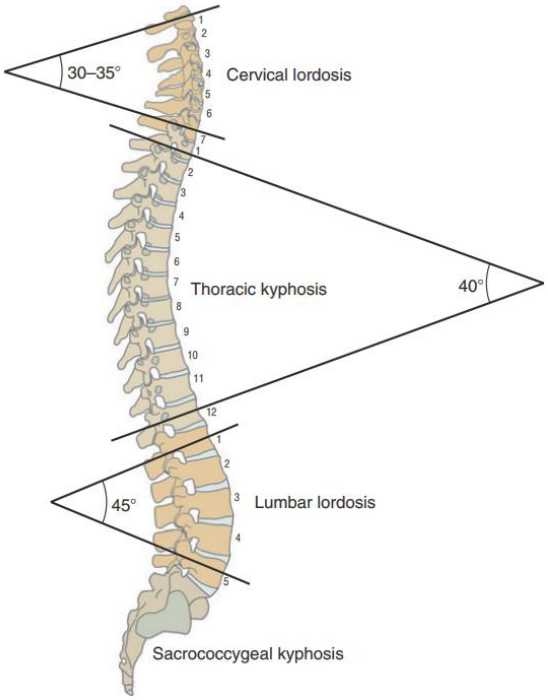


Рис. 8.1. Зразок нормальних викривлень сагітальної площини в областях хребетного стовпа. Вигини визначають анатомічне положення для кожної області, яке часто називають «ідеальною» поставою стоячи

Рухи та біомеханіка хребта.

1. **Рухи.**

- Флексія (нахил вперед) та екстензія (нахил назад).
- Латеральна флексія (бічні нахили) та ротація (обертання).

Регіональні особливості рухів:

- Шийний відділ – найрухливіший, особливо в ротації (до 90°), завдяки горизонтальним суглобовим відросткам.
- Грудний відділ – обмежений рух через ребра; переважає ротація.
- Поперековий відділ – активна флексія/екстензія, але обмежена ротація через вертикальні суглоби.

2. **Біомеханіка:**

Навантаження: хребці та диски розподіляють вагу тіла. Пульпозне ядро диска поглинає стиск, а фіброзне кільце протистоїть розтягуванню.

М’язи та зв’язки:

- Еректори хребта (розгиначі) та черевні м’язи (згиначі) забезпечують рух і стабільність.
- Зв’язки (наприклад, передня/задня поздовжні) обмежують гіперрухливість.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Спинномозковий сегмент (два хребці + диск) – функціональна одиниця, яка регулює рухи та навантаження.

Ключові аспекти безпеки:
- Нейтральне положення хребта при підйомі важких предметів зменшує тиск на диски.
- Дегенеративні зміни (наприклад, остеохондроз) порушують біомеханіку, збільшуючи ризик гриж.
- Правильна постава підтримує фізіологічні вигини, запобігаючи болю.

Підсумок:
Розуміння будови, рухів та біомеханіки хребта критичне для профілактики травм, реабілітації та підтримання здорової постави. Оптимальна функція залежить від взаємодії кісток, дисків, м'язів і зв'язок.

Шия і тулуб: рухи в хребетному стовпі.

Рухи шийного відділу та тулуба.

- **Шийний відділ** характеризується найвищою рухливістю у хребетному стовпі, завдяки анатомії хребців (невеликі тіла, горизонтальні суглобові відростки):
  - Флексія/екстензія (нахил голови вперед-назад) – до 45–50° у сагітальній площині.
  - Латеральна флексія (бічні нахили) – до 45° на бік.
  - Ротація (обертання) – до 80–90° на бік (з участю атлантоаксіального суглоба C1–C2).

- **Тулуб (грудний і поперековий відділи):**
  - Грудний відділ: обмежені рухи через зв'язок з ребрами. Переважає ротація (до 35°) та незначна флексія/екстензія.
  - Поперековий відділ: активна флексія/екстензія (до 60°), бічні нахили (до 25°), обмежена ротація (5–10°) (рис. 8.2).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

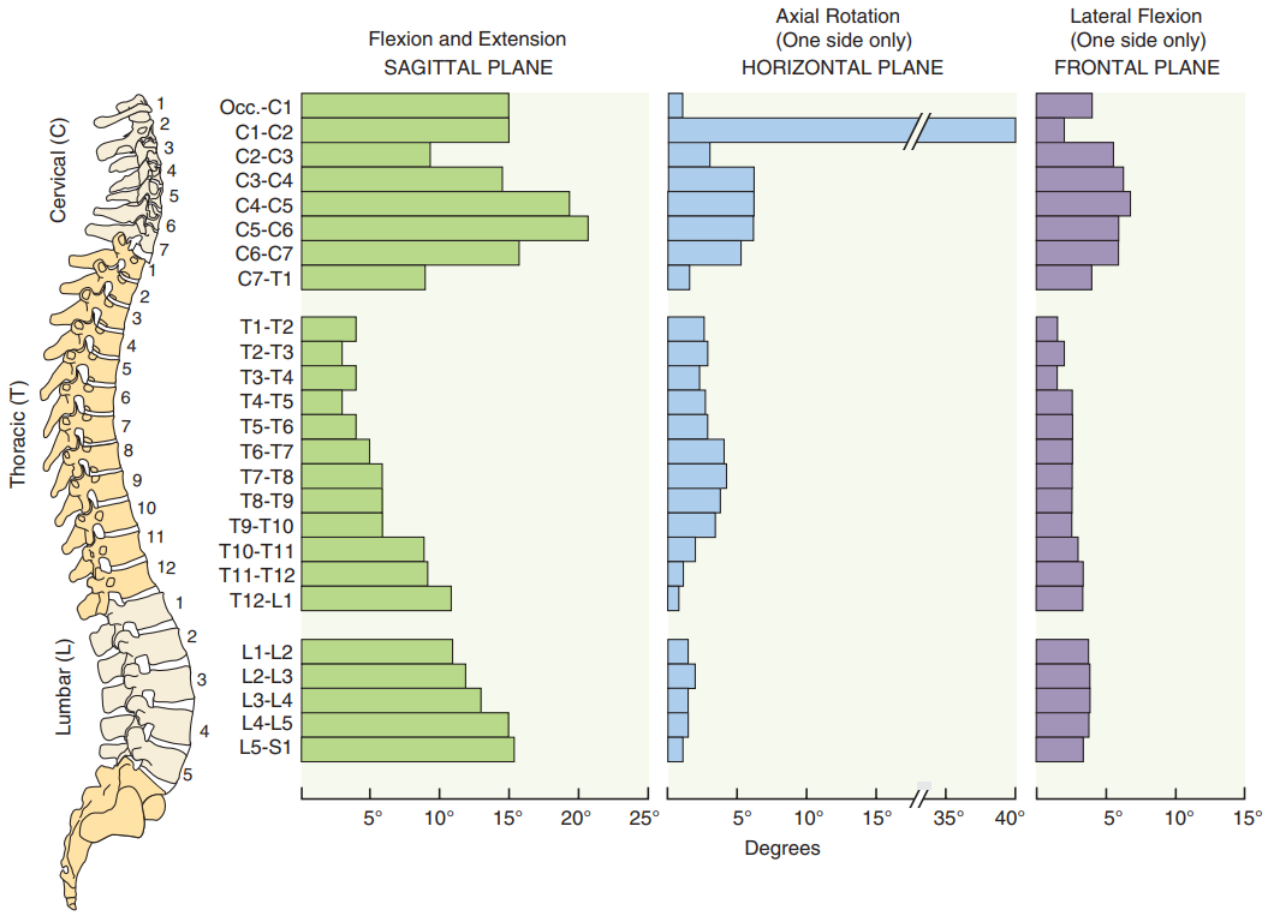


Рис. 8.2. Графік, що узагальнює загальну максимальну амплітуду рухів (у градусах), дозволену в трьох площинах, у шийному, грудному та поперековому відділах

Оцінка навантажень, яким піддається шийний відділ хребта.

Шийний відділ піддається комбінованим навантаженням через:

- Вага голови (4–5 кг) – створює постійний стиск на хребці та диски.
- Біомеханічні сили при рухах:
- Згинання шиї вперед (напр., при користуванні смартфоном – "текстова шия") збільшує навантаження на диски до 27 кг при нахилі на 60°.
- Ротація або різкі рухи (напр., у спорті) викликають крутний момент та напруження зв’язок.
- Травматичні впливи:
- Хлистова травма (при ДТП) – перевантаження зв’язок і м’язів через різке розгинання-згинання.
- Компресійні навантаження при падінні або ударі.
-

Ключові біомеханічні аспекти:

- Міжхребцеві диски С5–С6, С6–С7 – найбільш вразливі до гриж через високий рівень рухливості.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Суглоби Люшка (унковертебральні) – стабілізують шийний відділ, але схильні до артрозу при надмірному навантаженні.
- М'язи шиї (напр., група драбинчастих, трапецієподібний м'яз) – компенсують навантаження, але при слабкості виникає дисбаланс.

Методи оцінки навантажень.

Біомеханічне моделювання:

- Розрахунок сил стиску, розтягування та зсуву на основі кутів руху та ваги голови.
- При нахилі голови на 15°: навантаження на шийний відділ ≈ 12 кг, на 60° – до 27 кг.

Електроміографія (ЕМГ): оцінка активності м'язів під час різних рухів.

МРТ/КТ: виявлення дегенеративних змін (остеохондроз, грижі) у відповідь на хронічні навантаження.

Клінічні тести:

- Тест Spurling – виявлення стиснення нервових корінців при навантаженні (https://youtu.be/3ZSNdv0o0yk?si=dH9q-vx-RbV09Y4N).
- Оцінка рухливості за шкалою FLEXION-ROTATION TEST (https://youtu.be/TziMAn77ZRU?si=KOH-13BneXOioQ5u).

Чинники, що підвищують ризик ушкоджень:

- Динамічні навантаження: різкі повороти, стрибки без амортизації.
- Статичні пози (напр., тривале сидіння з нахилом голови).
- Слабкість м'язів шиї та порушення постави.
- Дегенеративні зміни (остеоартрит, звуження спинномозкового каналу).

Профілактика травм та зменшення навантажень:

- Ергономіка робочого місця: монітор на рівні очей, використання підголівника в авто.
- Вправи для зміцнення м'язів шиї: ізометричні вправи, плавання.
- Корекція постави: уникати тривалого нахилу голови вперед.
- Використання ортопедичних подушок для збереження нейтрального положення під час сну.

Підсумок:

Шийний відділ хребта – критично важлива, але вразлива структура через високу рухливість і постійні навантаження. Оптимальна функція залежить від м'язової стабільності, правильної постави та профілактики дегенеративних змін. Оцінка навантажень і розуміння біомеханіки допомагають запобігти травмам і зберегти здоров'я шиї.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Механізми травм при динамічному навантаженні, що виникають при ударних та хлистових травмах.

Динамічні навантаження характеризуються раптовим прикладанням сил, що перевищують фізіологічні можливості тканин.

Основні види травм:

А. Ударні травми (імпульсні навантаження):

Компресійні переломи:

- Виникають при осьовому навантаженні (напр., падіння на ноги або голову).
- Зусилля концентрується на тілах хребців, особливо в шийному (C1–C2) або поперековому (L1–L2) відділах.
- Приклад: перелом "вибухом" поперекового хребця при падінні з висоти.

Розриви дисків та зв'язок:

- Різкий удар або стрибок створює сили зсуву, що перевищують міцність фіброзного кільця або зв'язок (напр., передньої поздовжньої зв'язки).

Б. Хлистові травми:

Класична хлистова травма (напр., при ДТП):

- Фаза гіперекстензії: тулуб фіксується ременем, голова різко відкидається назад → перерозтягнення передніх структур шиї (зв'язок, м'язів).
- Фаза гіперфлексії: голова різко нахиляється вперед → перевантаження задніх структур (остистих відростків, дуг хребців).

Наслідки: мікророзриви м'язів, розтягнення зв'язок, грижі дисків (частіше на рівні C5–C6), травми шийно-потиличного суглоба.

Біомеханічні фактори ризику:

- Відсутність підголівника в авто → збільшення амплітуди рухів голови.
- Слабкість м'язів-стабілізаторів шиї.

Вплив навантажень на хребет в різних положеннях тіла.

Розподіл сил у хребті суттєво залежить від пози тіла та кутів нахилу (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Ключові біомеханічні ефекти різних положень

Положення/рух	Вплив на хребет
Глибокий нахил вперед	Зростання внутрішньодискового тиску, розтягнення задніх зв'язок, ризик гриж.
Гіперекстензія	Стиск задніх відділів хребців, травми дуг (напр., спондилоліз у спортсменів).
Бічний нахил з вагою	Асиметричне навантаження на диски, ризик латеральних гриж та ущемлення нервів.
Обертання з навантаж.	Крутний момент у поперековому відділі, перевантаження суглобових відростків.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

А. Положення сидячи:

- Нейтральна позиція: навантаження на поперековий відділ ≈ 100% ваги тіла.
- Нахил тулуба вперед:
  - Збільшення навантаження до 150–200% через зміщення центру тяжіння.
  - Підвищений тиск на міжхребцеві диски (L4–L5, L5–S1), ризик гриж.

  Приклад: неправильна позиція за комп'ютером → хронічний біль у спині (рис. 8.3).

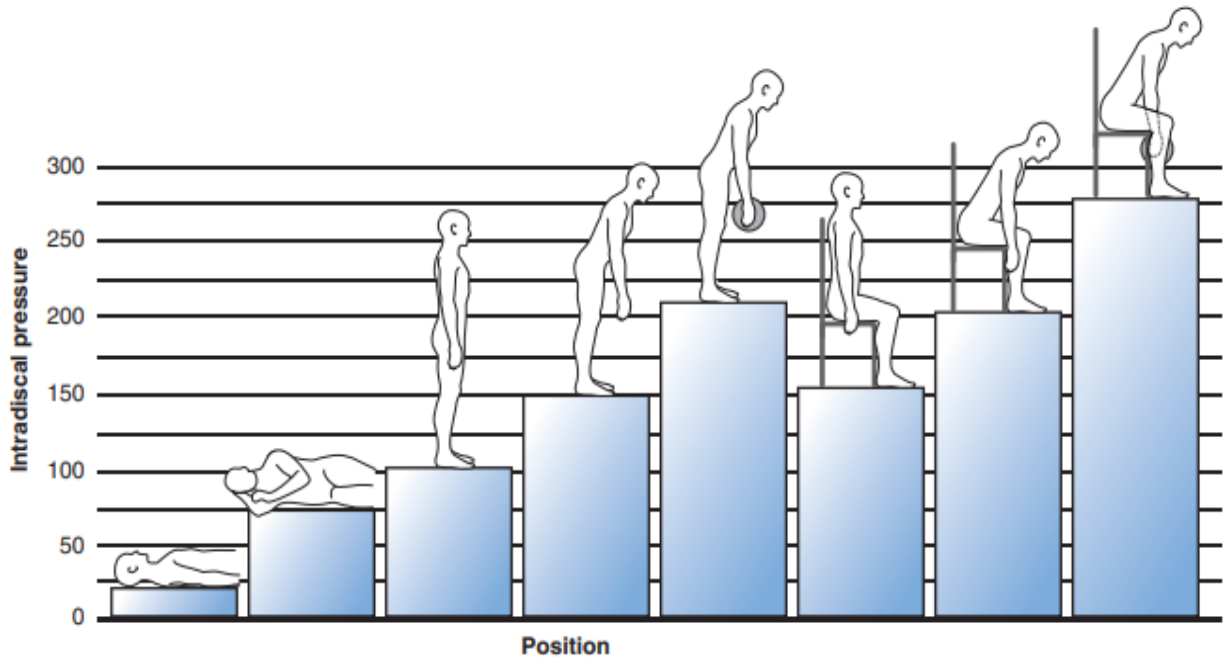


Рис. 8.3. Порівняно з вертикальним положенням стоячи, навантаження на поперек найменше в положенні лежачи

Б. Положення стоячи з обертанням:

- Ротація тулуба з навантаженням (напр., підйом предмета з поворотом):
  - Комбінація стиску, зсуву та кручення у поперековому відділі.
  - Ризик ушкодження фіброзного кільця диска та суглобових відростків.

В. Положення лежачи:

- На животі: перерозгинання поперекового відділу → стиск задніх відділів хребців, напруга зв'язок.
- На боці з підтягнутими колінами: зменшення навантаження на диски, але можливий тиск на плечовий суглоб.
- Навантаження збільшується в сидячому положенні і стає більшим при нахилі або сутулості.

Профілактика травм при динамічних навантаженнях:

- Правильна техніка рухів: уникати різких поворотів з навантаженням, піднімати предмети з прямим хребтом.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Зміцнення м’язів-стабілізаторів: вправи на глибокі м’язи спини (напр., "планка"), ізометричні вправи для шиї.
- Використання ергономічних пристосувань: поперекові корсети для важкої роботи, підголівники в авто.
- Корекція постави: контроль положення голови (уникнення "текстової шиї"), нейтральне положення хребта при сидінні.

ПІдсумок:

Динамічні навантаження (удари, хлистові травми) та неправильні пози тіла створюють критичні біомеханічні стреси для хребта, що призводить до мікротравм, дегенерації дисків і переломів. Розуміння цих механізмів дозволяє розробити ефективні стратегії профілактики, зменшити ризик травм і зберегти здоров’я опорно-рухового апарату.

Скронево-нижньощелепний суглоб (СНЩС): будова та рухи суглобів.

1. Анатомічна будова:

СНЩС – це парний синовіальний суглоб, який з’єднує нижню щелепу (мандибулу) з скроневою кісткою. Він забезпечує рухи нижньої щелепи при жуванні, ковтанні та мовленні (рис. 8.4).

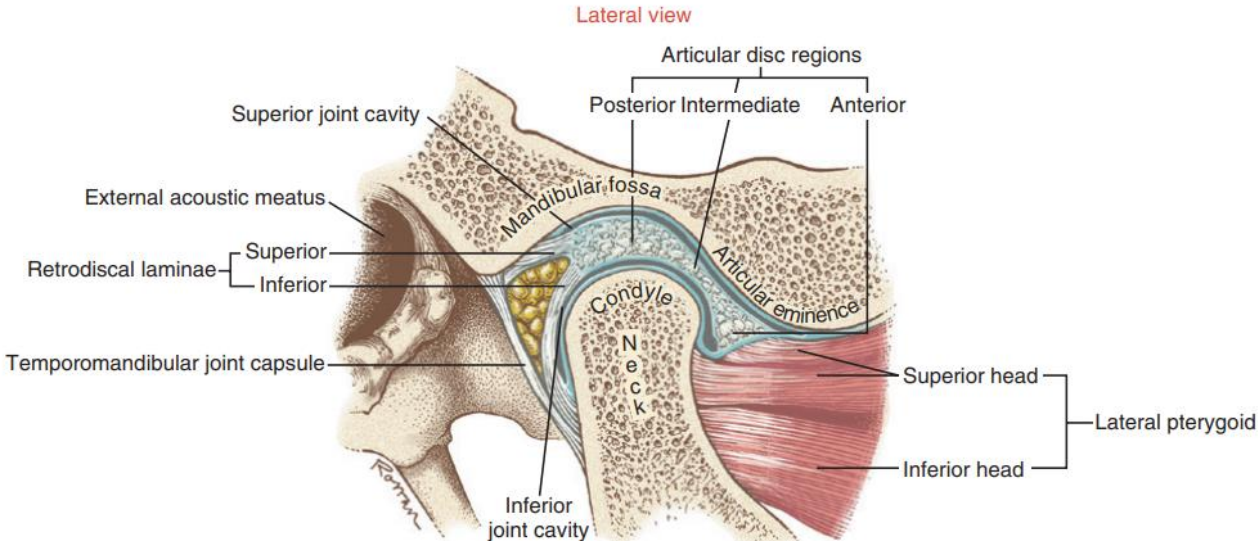


Рис. 8.4. Бічний вигляд поперечного перерізу сагітальної площини через нормальний правий скронево-нижньощелепний суглоб.

Основні компоненти:

Кісткові структури:

- Скронева кістка: має суглобову ямку (fossa articularis) та суглобовий горбок (tuberculum articulare).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Нижня щелепа: голівка нижньощелепної кістки (condylus mandibulae) входить у суглобову ямку.

Суглобовий диск:

- Фіброзно-хрящова структура, що розділяє суглоб на верхній (диск-скроневий) та нижній (диск-нижньощелепний) відділи.
- Функції: амортизація, рівномірний розподіл навантажень, зменшення тертя.

Капсула та зв'язки:

- Капсула суглоба: оточує суглоб, містить синовіальну рідину.
- Зв'язки:
- Латеральна зв'язка (збоку) – обмежує заднє зміщення голівки.
- Клиноподібно-нижньощелепна та шилопдібно-нижньощелепна зв'язки – стабілізують нижню щелепу.

М'язи:

- **Жувальні м'язи:**

- Скроневий м'яз (піднімає щелепу).
- Жуйний м'яз (закриває рот, створює тиск при жуванні).
- Медіальний та латеральний крилоподібні м'язи (відповідають за бічні рухи, виступ щелепи).

2. Рухи в СНЩС

СНЩС – комбінований суглоб, що поєднує шарнірні (обертальні) та ковзні (поступальні) рухи (табл. 8.2).

Таблиця 8.2

Типи рухів в СНЩС

Тип руху	Механізм	Приклад
Закриття рота	Підняття нижньої щелепи за рахунок скорочення скроневого та жуйного м'язів.	Жування, ковтання.
Відкриття рота	Опускання щелепи: спочатку обертання голівки в нижньому відділі, потім ковзання вперед у верхньому відділі.	Зівання, говоріння.
Виступ (протрузія)	Обидві голівки рухаються вперед і вниз (залучені латеральні крилоподібні м'язи).	Рух вперед при відкушуванні.
Втягування (ретрузія)	Голівки повертаються назад (задні пучки скроневого м'язу).	Повернення щелепи в нейтральне положення.
Бічні рухи	Одна голівка обертається вперед (робочий бік), інша – назад (балансуючий бік).	Пережовування їжі на один бік.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Біомеханіка руху скронево-нижньощелепного суглоба.

Ключові аспекти:

Роль суглобового диска:

- Під час відкриття рота диск ковзає вперед разом із голівкою, запобігаючи стиску між кістками.
- При закритті рота диск повертається назад завдяки пружним волокнам.

Координація м'язів:

- Латеральний крилоподібний м'яз активується при виступі щелепи та бічних рухах.
- Скроневий і жуйний м'язи синхронізуються для точного жування.

Розподіл навантажень:

- При стисканні зубів навантаження передається через диск на скроневу кістку, що запобігає мікротравмам.
- Під час жування твердої їжі тиск на суглоб досягає 150–300 Н.

***Фактори ризику дисфункції*:**

- Дислокація диска: зміщення диска вперед при надмірному відкритті рота.
- Бруксизм (скрегіт зубами) → перевантаження суглоба.
- Артроз → дегенерація хряща та больові симптоми.

Клінічні аспекти.

Дисфункція СНЩС:

- Симптоми: клацання в суглобі, обмежений рух щелепи, головний біль.
- Причини: м'язевий дисбаланс, травми, стресове стискання зубів.

Лікування:

- Ортопедичні пристрої (напр., оклюзійні шини) для зменшення тиску.
- Фізіотерапія: вправи на розслаблення м'язів, мануальна корекція.

Підсумок:

Скронево-нижньощелепний суглоб – це одна з найскладніших структур організму, яка поєднує точність рухів із потужними навантаженнями. Його стабільність залежить від взаємодії кісток, диска, м'язів і зв'язок. Розуміння біомеханіки СНЩС критично для профілактики та лікування його дисфункцій, особливо при патологіях жувальної системи або посттравматичних станах.

Тазовий пояс: силова пара.

Силові пари в тазовому поясі.

Силові пари – це взаємодія м'язів-агоністів та антагоністів, які забезпечують рухи та стабільність тазу.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Ключові м’язові взаємодії:

Нахил тазу вперед (передній нахил):

- Агоністи: прямий м’яз живота (rectus abdominis) + клубово-поперековий м’яз (iliopsoas).
- Антагоністи: великий сідничний м’яз (gluteus maximus) + група хребтових розгиначів (erector spinae).

Нахил тазу назад (задній нахил):

- Агоністи: великий сідничний м’яз + група хребтових розгиначів.
- Антагоністи: клубово-поперековий м’яз + прямий м’яз живота.

Бічний нахил тазу:

- Агоністи: косі м’язи живота (obliquus externus/internus) + квадратний м’яз попереку (quadratus lumborum).
- Антагоністи: м’язи-стабілізатори протилежного боку.

Функція:

- Передача сил між тулубом і нижніми кінцівками.
- Підтримка рівноваги при ходьбі, бігу, підйомі важких предметів.

Артрокінематика тазового пояса.

Тазовий пояс включає три ключові суглоби:

Крижово-клубовий суглоб (sacroiliac joint, SIJ):

- Тип рухів: обмежена ковзна рухливість (2–4 мм) для амортизації навантажень.
- Роль: передача ваги тулуба на нижні кінцівки.

Лобковий симфіз (symphysis pubica):

- Тип рухів: мінімальне розходження/стискання при вагітності або ходьбі.

Кульшовий суглоб (тазостегновий суглоб):

- Тип рухів: кульшовий суглоб забезпечує згинання/розгинання, відведення/приведення, ротацію.

Асоційовані рухи тазового поясу, хребта та тазостегнових суглобів.

Рухи тазу, хребта і кульшових суглобів координовані через м’язово-фасціальні зв’язки.

Приклади асоційованих рухів:

1) **Ходьба:**

- Таз: поворот тазу вперед на опорній нозі (завдяки великому сідничному м’язу).
- Хребет: протилежний поворот плечового пояса (торсія) для збереження балансу.
- Кульшовий суглоб: згинання/розгинання синхронізуються з рухом тазу.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2) **Нахил тулуба вперед:**
- Таз: задній нахил (задня силова пара: великий сідничний м’яз + розгиначі хребта).
- Хребет: збільшення грудного кіфозу.
- Кульшовий суглоб: розгинання (задня капсула суглоба).

3) **Підйом ноги вбік (відведення):**
- Таз: стабілізація за рахунок середнього сідничного м’язу на опорній нозі.
- Хребет: легкий бічний нахил у протилежний бік.
- Кульшовий суглоб: відведення залучає середній сідничний м’яз.

Вплив дисфункцій на біомеханіку:
- Слабкість великого сідничного м’язу:
- Призводить до переднього нахилу тазу → збільшення поперекового лордозу → ризик болю в спині.
- Жорсткість крижово-клубових суглобів:
- Порушує передачу навантажень → компенсаторні рухи в хребті.
- Дисбаланс між косими м’язами живота та квадратним м’язом попереку:
- Викликає сколіотичну поставу та біль у попереку.

Профілактика та корекція:
- Вправи на стабілізацію тазу - "міст", "планка", "бокова планка".
- Розтяжка м’язів-антагоністів - розтяжка клубово-поперекового м’яза для зменшення переднього нахилу.
- Корекція постави -тренування нейтрального положення тазу під час сидіння та ходьби.

Підсумок:

Тазовий пояс – це ключова ланка між тулубом і нижніми кінцівками, де силові пари м’язів, артрокінематика суглобів і асоційовані рухи забезпечують ефективну біомеханіку. Порушення в одній ланці (наприклад, слабкість сідничних м’язів) призводять до компенсаторних змін у хребті та кульшових суглобах. Оптимізація рухів та м’язового балансу критична для профілактики травм і підтримки здоров’я опорно-рухового апарату.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Скільки хребців утворюють хребетний стовп у дорослого?

A. 26
B. 29
C. 30

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

D. 31
E. 33

2. Який відділ хребта є найбільш рухливим?
A. Шийний
B. Грудний
C. Поперековий
D. Крижовий
E. Куприковий

3. Який суглоб відповідає за ротацію голови на 80–90°?
A. Атланто-потиличний
B. Грудо-шийний
C. Остисто-дисковий
D. Атлантоаксіальний
E. Поперечно-шийний

4. Що складається з пульпозного ядра і фіброзного кільця?
A. Хребець
B. Суглобова капсула
C. М’яз
D. Міжхребцевий диск
E. Зв’язка

5. Яка головна функція пульпозного ядра?
A. Ротація
B. Згинання
C. Розгинання
D. Зміцнення
E. Амортизація

6. **Який м’яз належить до групи розгиначів хребта?**
A. Косий м’яз живота
B. Еректор хребта
C. Прямий м’яз живота
D. Квадратний м’яз попереку
E. Грудинно-ключично-соскоподібний

7. Як називається суглоб, який з’єднує нижню щелепу зі скроневою кісткою?
A. Щелепно-виличний
B. Скронево-лобовий

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

C. Скронево-нижньощелепний
D. Щелепно-глотковий
E. Вилично-лобовий

8. Яке навантаження виникає на шийний відділ при нахилі голови на 60°?
A. 27 кг
B. 5 кг
C. 15 кг
D. 18 кг
E. 3 кг

9. Який відділ хребта має найменшу амплітуду ротації?
A. Шийний
B. Грудний
C. Крижовий
D. Поперековий
E. Куприковий

10. Що є характерною травмою при ДТП?
A. Розтягнення зв'язки гомілки
B. Пошкодження меніска
C. Вивих ключиці
D. Забій п'яти
E. Хлистова травма

11. Що стабілізує шийний відділ і піддається артрозу?
A. Суглоби Люшка
B. Міжреберні суглоби
C. Атланто-осевий суглоб
D. Грудо-шийні м'язи
E. Остисті відростки

12. Яке положення найменше навантажує поперековий відділ?
A. Сидячи
B. Стоячи
C. Лежачи
D. Стоячи з нахилом
E. Положення з вагою в руках

13. Що входить до складу СНЩС?
A. Суглобовий меніск

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

B. Суглобовий диск
C. Хрящове кільце
D. Грудинна пластинка
E. Суглобова мембрана

14. Який м'яз активний при протрузії щелепи?

A. Скроневий
B. Жувальний
C. Медіальний крилоподібний
D. Трапецієподібний
E. Латеральний крилоподібний

15. Яке з положень створює найбільше навантаження на міжхребцеві диски попереку?

A. Стоячи
B. Лежачи
C. Бічний нахил
D. Нахил тулуба вперед
E. Випрямлене сидіння

Питання до самокотролю:

1. Назвіть кількість хребців у кожному відділі хребта.
2. Які структури входять до складу хребця?
3. Що таке міжхребцевий диск?
4. Яка амплітуда флексії у шийному відділі?
5. Яке навантаження діє на шийний відділ при нахилі голови?
6. Що таке атлантоаксіальний суглоб?
7. Чим небезпечне неправильне положення за комп'ютером?
8. Як змінюється навантаження на хребет у положенні стоячи та сидячи?
9. Які травми можуть виникнути при ударі спини?
10. Що таке СНЩС і які його складові?
11. Які функції виконує суглобовий диск?
12. Як відбувається відкриття рота в СНЩС?
13. Що таке протрузія і ретрузія щелепи?
14. Які м'язи стабілізують таз?
15. Чим небезпечна слабкість великого сідничного м'яза?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т.118 (1), № 52. С. 1-13.
3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник/ укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : Навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л. О. Вакуленко [та ін.] ; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.
7. Human Anatomy:textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Додаткові цифрові ресурси:

Structural Kinesiology Ch11 P1
Spinal Column and Trunk

Biomechanics
Lecture 4 - Spine

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 9. КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ НИЖНІХ КІНЦІВОК

Теоретичні питання

1. Кульшовий суглоб: рухи у кульшовому суглобі.
2. Величина, напрям і тривалість навантаження на стегно.
3. Колінний суглоб: функція, типи рухів, послідовність задіяння м'язів при русі коліна.
4. Тип скорочення м'язів, що відбувається при русі коліна.
5. Механічні навантаження, які зазнає колінний суглоб.
6. Гомілковостопний суглоб і стопа: силова пара, рухи, робота м'язів, м'язова іннервація.
7. Функціональні аспекти стопи.
8. Біомеханічні характеристики стопи.
9. Основні опорні поверхні стопи.

Кульшовий суглоб: рухи у кульшовому суглобі.

Кульшовий суглоб є шароподібний що забезпечує широкий діапазон рухів:

- **Згинання (флексія)**: рух стегна вперед (напр., підняття коліна до грудей).
- **Розгинання (екстензія)**: рух стегна назад (напр., відведення ноги позаду тіла).
- **Відведення (абдукція)**: рух ноги в бік від серединної лінії тіла.
- **Приведення (аддукція)**: рух ноги до серединної лінії.
- **Обертання (ротація)**:
  - *Внутрішнє*: стегно повертається всередину.
  - *Зовнішнє*: стегно повертається назовні.
- **Круговий рух (циркумдукція)**: комбінація вищезазначених рухів, що утворює колоподібну траєкторію.

Величина, напрям і тривалість навантаження на стегно.

Навантаження на кульшовий суглоб залежить від активності:

- **Стояння**: ~0.3–1.5 × маси тіла (сила стиснення через вагу тіла).
- **Ходьба**: 3–5 × маси тіла (пікові навантаження під час фази опори).
- **Біг/стрибки**: До 8–10 × маси тіла через динамічні удари та м'язові скорочення.
- **Підйом важких предметів або ожиріння**: значно збільшує навантаження (до 10–12 × маси тіла).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Напрям навантаження.

- **Вертикальний компонент**: переважає під час стоячи або ходьби, спрямований уздовж осі стегна (стискає суглоб).
- **Горизонтальний компонент**: виникає під час прискорення/гальмування (напр., при зміні напрямку).
- **Результуючий вектор сили**: направлений **передньо-задньо** під час ходьби та **медіально** (до центру тіла) через дію м'язів-абдукторів, що стабілізують таз.
- **Вплив будови суглоба**: кут шийки стегна (125–135°) та антеверсія впливають на розподіл навантаження (рис. 9.1).

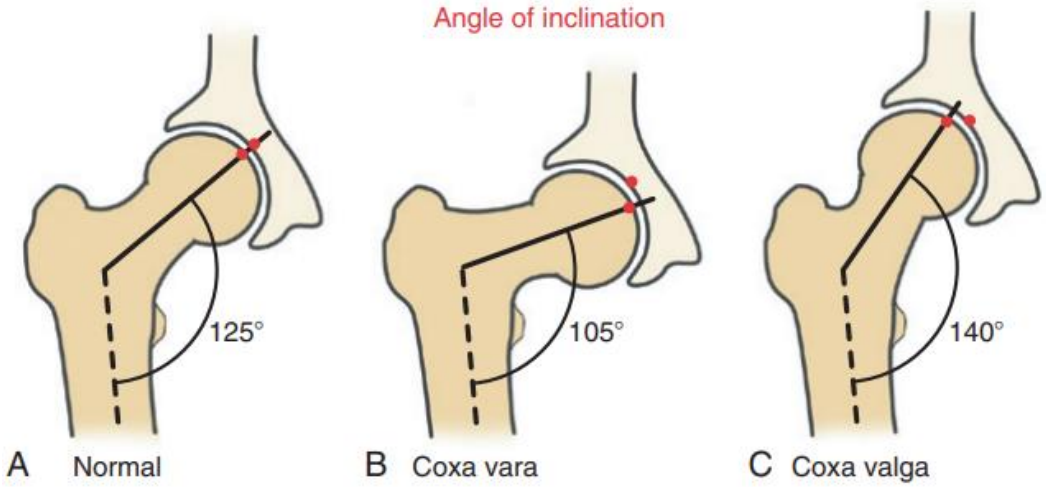


Рис 9.1. Проксимальний відділ стегнової кістки показує: (А) нормальний кут нахилу; Б) coxa vara; В) coxa valga. Пара червоних точок на кожному малюнку вказує на різне розташування поверхонь тазостегнового суглоба. Оптимальне вирівнювання показано в пункті (А)

Тривалість навантаження.

- **Короткочасне**: інтенсивні навантаження під час спорту (стрибки, біг) – ризик травм (напр., переломи).
- **Довготривале**: статичне навантаження (напр., стоячи або сидячи) – може спричинити дегенерацію хряща (остеоартроз).
- **Циклічне навантаження**: повторювані рухи (ходьба, біг) – кумулятивний вплив на суглоб (мікропошкодження, втома матеріалів).

Клінічний контекст.

- **Ожиріння/вагітність**: збільшують як величину, так і тривалість навантаження.
- **Протезування**: розрахунки навантаження враховуються при розробці імплантатів.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- **Реабілітація**: контроль навантаження після операцій для запобігання перевантаження.

Підсумок:

Кульшовий суглоб еволюційно пристосований до високих навантажень, але дисбаланс у величині, напрямі або тривалості навантаження може призвести до патологій (артроз, аваскулярний некроз).

Колінний суглоб: функція, типи рухів, послідовність задіяння м'язів при русі коліна.

1. Функції колінного суглоба.

Колінний суглоб є **складним шарнірним суглобом** з обмеженим обертанням.

Основні функції:

- **Опорно-рухова**: передає навантаження від тіла на гомілку та стопу.
- **Стабілізація тіла** під час ходьби, бігу, стрибків.
- **Амортизація ударів** завдяки меніску (хрящовим дискам) та м'язовому контролю.

2. Типи рухів у колінному суглобі.

- **Згинання (флексія)**: скорочення кута між стегном і гомілкою (напр., при присіданні).
- **Розгинання (екстензія)**: збільшення кута (напр., випрямлення ноги).
- **Внутрішнє (медіальне) та зовнішнє (латеральне) обертання**: можливе лише при зігнутому коліні (напр., поворот гомілки під час зміни напрямку).
- **"Відкриття-закриття" механізму** (screw-home mechanism): автоматичне обертання гомілки наприкінці розгинання для стабілізації суглоба (рис. 9.2).

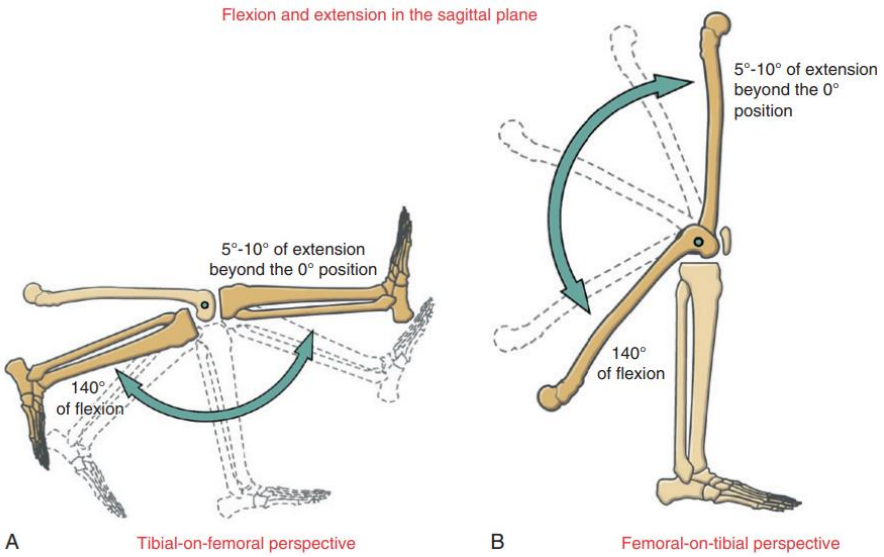


Рис. 9.2. Рух сагітальної площини в коліні

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Послідовність задіяння м’язів при русі коліна.

При розгинанні (екстензії):

Чотириголовий м’яз стегна (квадрицепс):

1. *Rectus femoris* (активується першим для ініціації руху).
2. *Vastus lateralis, medialis, intermedius* (стабілізують та завершують розгинання).

Допоміжні м’язи: *Tensor fasciae latae* (контролює положення коліна).

При згинанні (флексії):

Двоголовий м’яз стегна (біцепс стегна): основний м’яз-згинач.

Півперетинчастий та напівсухожилковий м’язи: допомагають у контролі руху.

Інші: *кравецький м’яз, тонкий* (допоміжні при глибокому згинанні).

Тип скорочення м’язів, що відбувається при русі коліна.

- **Концентричне скорочення**: м’язи скорочуються, генеруючи силу (напр., квадрицепс при розгинанні ноги).
- **Ексцентричне скорочення**: м’язи видовжуються під час напруження (напр., квадрицепс уповільнює згинання коліна при спуску сходами).
- **Ізометричне скорочення**: м’язи напружені без зміни довжини (напр., утримання ноги в зігнутому положенні).

Механічні навантаження, які зазнає колінний суглоб.

Колінний суглоб зазнає **комбінованих навантажень**:

1. **Стискаючі сили**:
   - До **4–7 × маси тіла** під час ходьби.
   - До **10–12 × маси тіла** при стрибках або бігу (через ударні навантаження).
2. **Розтягуючі сили**:
   - На зв’язки (напр., передня хрестоподібна зв’язка) під час різких поворотів або гальмування.
3. **Зсувні сили**:
   - Діють на меніск та хрящі при обертанні гомілки.
4. **Крутні моменти**:
   - Виникають при зміні напрямку руху (напр., у футболі), ризик пошкодження меніску або зв’язок.
5. **Динамічне навантаження**:
   - Циклічні рухи (ходьба, біг) призводять до кумулятивної втоми тканин.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Клінічний контекст.

- **Травми**: розриви зв'язок (напр., ACL), пошкодження меніску через надмірні крутні навантаження.
- **Остеоартроз**: дегенерація хряща через тривале стискання або дисбаланс навантажень.
- **Реабілітація**: тренування ексцентричних скорочень м'язів для стабілізації суглоба.

Підсумок:

Колінний суглоб є ключовим для динамічних рухів, але його стабільність залежить від синхронної роботи м'язів, зв'язок та менісків. Надмірне або асиметричне навантаження (особливо крутне) – основна причина травм. Профілактика включає зміцнення м'язів-стабілізаторів та контроль рухових паттернів.

Гомілковостопний суглоб і стопа: силова пара, рухи, робота м'язів, м'язова іннервація.

1. Анатомічна структура.

Гомілковостопний суглоб утворений кістками гомілки (великою та малою) і таранною кісткою. Це **шарнірний суглоб**, що забезпечує:

- **Дорсіфлексію** (підйом стопи вгору).
- **Плантарфлексію** (опускання стопи вниз).

Стопа складається з 26 кісток, утворюючи поздовжній і поперечний звід, які амортизують навантаження (рис. 9.3).

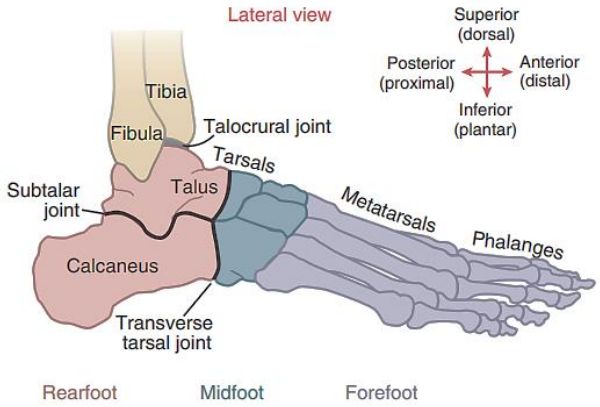


Рис. 9.3. Загальна організація кісток, основних суглобів, а також областей стопи і щиколотки

2. Рухи в гомілковостопному суглобі та стопі.

- **Дорсіфлексія**: підйом стопи (напр., ходьба на п'ятках).
- **Плантарфлексія**: опускання стопи (напр., стояння на носочках).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- **Інверсія**: поворот підошви всередину (підйом медіального краю стопи).
- **Еверсія**: поворот підошви назовні (підйом латерального краю) (рис. 9.4).

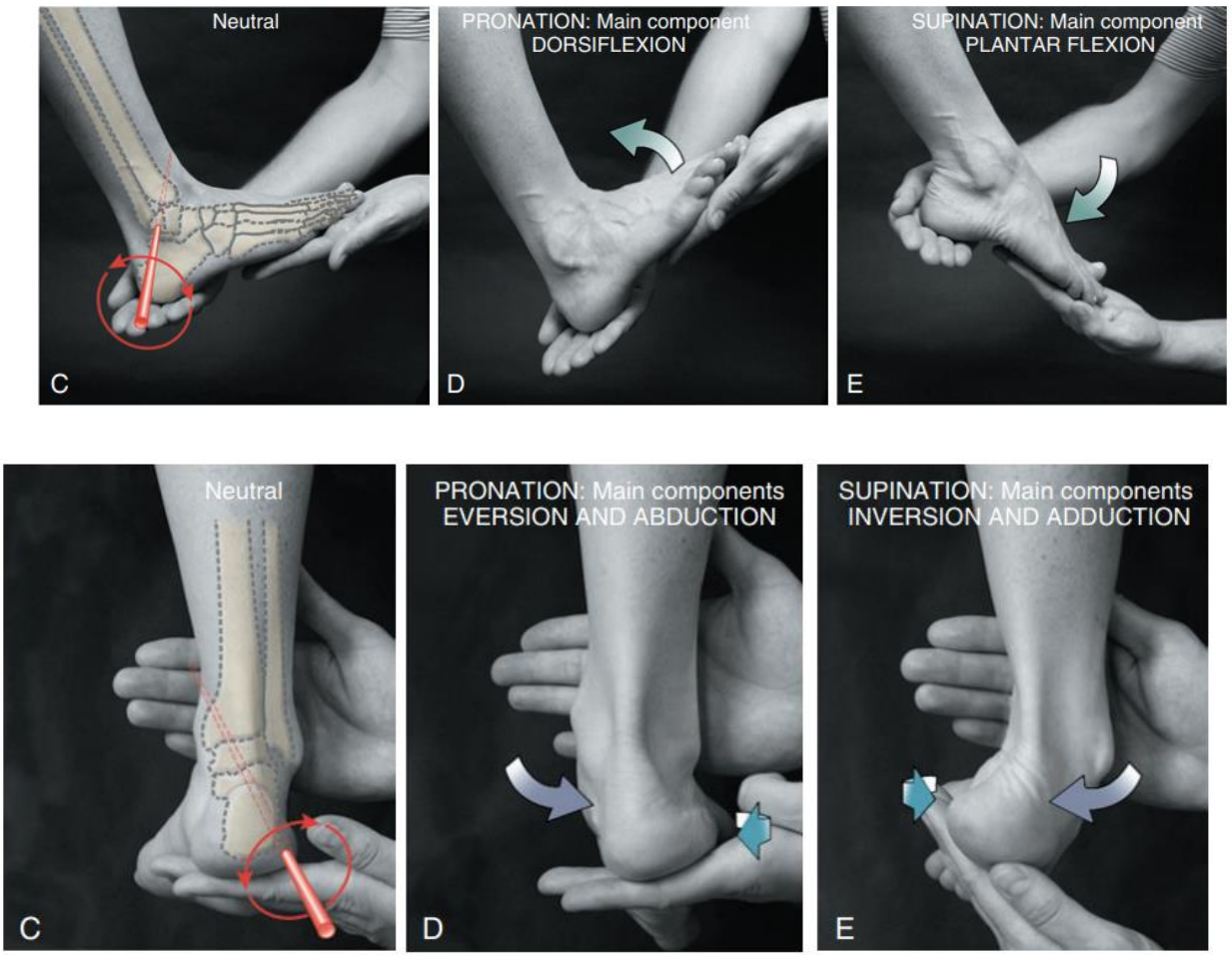


Рис. 9.4. Вісь обертання і остеокінематика в таранному суглобі та підтаранному суглобі

3. Силові пари (м'язові синергії).

Силова пара – це м'язи-агоністи та антагоністи, що забезпечують контроль рухів:

- **Дорсіфлексія/плантарфлексія**:
  - *Агоністи*: **передній великогомілковий м'яз** (дорсіфлексія).
  - *Антагоністи*: **триголовий м'яз** (камбаловидний, литковий) і **підколінний м'яз** (плантарфлексія).
- **Інверсія/еверсія**:
  - *Агоністи*: **задній великогомілковий м'яз** (інверсія).
  - *Антагоністи*: **довгий та короткий малогомілкові м'язи** (еверсія).

Приклад синергії:

- Під час ходьби **камбаловидний м'яз** (плантарфлексія) і **передній великогомілковий** (дорсіфлексія) працюють циклічно, забезпечуючи плавність руху.
- **М'язи, що підтримують склепіння стопи**:

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- *Медіальне склепіння*: **задній великогомілковий м'яз** (іннервація: глибокий малогомілковий нерв).
- *Латеральний склепіння*: **довгий малогомілковий м'яз** (іннервація: поверхневий малогомілковий нерв).

4. М'язова робота.

- **Концентричні скорочення**:
  - Плантарфлексори активуються при відштовхуванні (напр., стрибок).
- **Ексцентричні скорочення**:
  - Дорсіфлексори уповільнюють опускання стопи після приземлення.
- **Ізометричні скорочення**:
  - М'язи-стабілізатори (напр., **малогомілкові**) утримують рівновагу при стоянні на нерівній поверхні.

5. М'язова іннервація.

- **Дорсіфлексори**:
  - *Передній великогомілковий м'яз, довгий розгинач пальців* – **глибокий малогомілковий нерв** (гілка сідничного нерва).
- **Плантарфлексори**:
  - *Триголовий м'яз, підколінний м'яз* – **великогомілковий нерв** (гілка сідничного нерва).
- **Інвертори**:
  - *Задній великогомілковий м'яз* – **великогомілковий нерв**.
- **Евертори**:
  - *Довгий та короткий малогомілкові м'язи* – **поверхневий малогомілковий нерв**.

Іннервація внутрішніх м'язів стопи:

- **Медіальний підошовний нерв** (від великогомілкового нерва) – м'язи великого пальця.
- **Латеральний підошовний нерв** – м'язи малих пальців.

6. Механічні аспекти.

- **Навантаження на суглоб**: До **7–8 × маси тіла** під час бігу.
- **Роль зводів стопи**: розподіляють тиск, запобігають травмам.

Клінічний контекст.

- **Плоскостопість**: слабкість заднього великогомілкового м'яза.
- **Розтягнення зв'язок**: часто через дисбаланс між інверторами та еверторами.
- **Нейропатії**: ушкодження малогомілкового нерва призводить до "звисаючої стопи".

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Підсумок:

Гомілковостопний суглоб і стопа функціонують завдяки синергії м'язів-агоністів і антагоністів. Стабільність залежить від балансу між дорсіфлексорами/плантарфлексорами та інверторами/еверторами. Іннерваційний контроль через малогомілкові та великогомілковий нерви забезпечує точність рухів.

Функціональні аспекти стопи.

Стопа виконує ключові функції, пов'язані з **опорою, рухом** та **адаптацією**:

Опорна функція:

- Передає навантаження від тіла на поверхню.
- Забезпечує стабільність при стоянні, ходьбі, стрибках.

1. **Амортизація**:

- Зводи стопи (поздовжній і поперечний) поглинають удари під час руху.
- М'які тканини (п'яткова подушка, жирова прослойка) зменшують тиск на кістки.

2. **Адаптація до поверхні**:

- Здатність змінювати форму при ходьбі по нерівному ґрунту завдяки рухам у підтаранному та поперечно-плесновому суглобах.

3. **Пропульсія (поштовх)**:

- Активна робота м'язів-плантарфлексорів (триголовий м'яз) під час фази відштовхування у циклі ходи.

4. **Баланс і пропріоцепція**:

- Рецептори в зв'язках і м'язах стопи передають інформацію про положення тіла в просторі.

Біомеханічні характеристики стопи.

Стопа функціонує як **динамічна пружина** та **жорсткий важель** залежно від фази руху:

1. **Фази ходьби (гайт-цикл)**:
   - **Перший контакт (п'ятковий удар)**: стопа "м'яка" (амортизація).
   - **Опора (midstance)**: перетворення на "жорсткий важель" для передачі енергії.
   - **Відштовхування (propulsion)**: активне зведення зводів (windlass-механізм) для поштовху.
2. **Роль зводів**:
   - **Поздовжній звод**: розподіляє навантаження між п'яткою і переднім відділом стопи.
   - **Поперечний звод**: запобігає перевантаженню головок плюсневих кісток.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

3. **Windlass-механізм**:
   - При підйомі пальців (дорсіфлексії) підошовна фасція натягується, зводи стопи піднімаються, перетворюючи стопу на жорстку структуру для ефективного поштовху.
4. **Кінематика суглобів**:
   - **Гомілковостопний суглоб**: дорсіфлексія/плантарфлексія.
   - **Підтаранний суглоб**: інверсія/еверсія.
   - **Поперечно-плесновий суглоб**: забезпечує гнучкість переднього відділу стопи.

Основні опорні поверхні стопи.

1. **П'яткова кістка (calcaneus)**:
   - Витримує до **60% ваги тіла** під час статичної опори.
   - Має щільну кісткову структуру та жирову прокладку для амортизації.
2. **Головки плюсневих кісток (метатарзальні кістки)**:
   - **Перша (великого пальця)** та **п'ята (малого пальця)** головки – ключові точки опори.
   - Під час ходьби навантаження перерозподіляється з п'ятки на передній відділ.
3. **Зовнішній і внутрішній краї стопи**:
   - **Латеральний край**: стабілізує тіло при нерівновазі.
   - **Медіальний край**: активний під час фази поштовху.
4. **Пальці**:
   - Великий палець (hallux) бере участь у фазі відштовхування.
   - Малі пальці допомагають у балансі.

Клінічний контекст.

- **Плоскостопість**: зниження зводів → перевантаження м'яких тканин і зв'язок.
- **Плантарний фасціїт**: надмірне натягнення підошвової фасції через порушення windlass-механізму.
- **Метатарзалгія**: біль у передньому відділі стопи через перевантаження головок плюсневих кісток.

Підсумок:

Стопа – це складна біомеханічна система, яка поєднує **гнучкість** для адаптації та **жорсткість** для ефективного руху. Її функціональність залежить від взаємодії кісток, зв'язок, м'язів і нервової регуляції. Порушення будь-якого компонента (напр., слабкість м'язів-підтримувачів зводів) призводить до патологій (остеоартроз, травми). Профілактика включає тренування м'язів стопи, носіння анатомічного взуття та контроль навантажень.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Який тип суглоба має кульшовий суглоб?

A. Еліпсоїдний
B. Шароподібний
C. Плоский
D. Блокоподібний
E. Сідлоподібний

2. Який рух у кульшовому суглобі є поєднанням усіх базових рухів?

A. Флексія
B. Аддукція
C. Ротація
D. Циркумдукція
E. Абдукція

3. Яке навантаження діє на кульшовий суглоб при бігу?

A. До 10× маси тіла
B. 1× маса тіла
C. 3× маси тіла
D. 5× маси тіла
E. 12× маси тіла

4. Який суглоб задіяний у ‘screw-home’ механізмі?

A. Кульшовий
B. Гомілковостопний
C. Підтаранний
D. Колінний
E. Таранно-п’ятковий

5. Що відбувається при ексцентричному скороченні квадрицепса?

A. Прискорення розгинання
B. Згинання ноги
C. Фіксація стопи
D. Плантарфлексія
E. Гальмування згинання коліна

6. Які м’язи залучені до інверсії стопи?

A. Короткий малогомілковий
B. Довгий малогомілковий
C. Передній великогомілковий

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

D. Камбаловидний
E. Задній великогомілковий

7. Яке скорочення м’язів не супроводжується зміною їхньої довжини?
A. Концентричне
B. Ексцентричне
C. Ізометричне
D. Тонічне
E. Синергічне

8. Що є основною функцією стопи у фазі поштовху?
A. Адаптація
B. Амортизація
C. Баланс
D. Пропульсія
E. Гальмування

9. Який нерв іннервує м’язи дорсіфлексори?
A. Поверхневий малогомілковий
B. Великогомілковий
C. Глибокий малогомілковий
D. Сідничний
E. Міжкістковий

10. Яке навантаження припадає на п’ятку під час стояння?
A. До 60% ваги тіла
B. 100% ваги тіла
C. 40% ваги тіла
D. 80% ваги тіла
E. 20% ваги тіла

11. Що таке windlass-механізм?
A. Фаза гальмування стопи
B. Розтягнення ахіллового сухожилля
C. Згинання пальців стопи
D. Стиснення п’яткової подушки
E. Натягнення фасції під час дорсіфлексії пальців

12. Що активується при підйомі на носочки?
A. Дорсіфлексори
B. Плантарфлексори

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

C. Інвертори
D. Евертори
E. Пронатори

13. Яка структура забезпечує амортизацію ударів у колінному суглобі?
A. Меніск
B. Суглобова капсула
C. Патела
D. Зв’язки
E. Надколінок

14. Який рух неможливий у коліні при повному розгинанні?
A. Флексія
B. Розгинання
C. Абдукція
D. Ротація
E. Аддукція

15. Який компонент стопи бере участь у стабілізації на нерівній поверхні?
A. Квадрицепс
B. Підошвовий м’яз
C. Двоголовий стегна
D. Сідничні м’язи
E. Малогомілкові м’язи

Питання до самоконтролю:
1. Який тип суглоба має коліно?
2. Які рухи можливі у кульшовому суглобі?
3. Скільки кісток у стопі?
4. Яка функція меніску?
5. Який м’яз забезпечує дорсіфлексію?
6. Який нерв іннервує евертори стопи?
7. Що відбувається при ізометричному скороченні?
8. Що таке амортизація в контексті стопи?
9. Чим небезпечне плоскостопість?
10. Що забезпечує баланс тіла при стоянні?
11. Що таке пропульсія?
12. Як працює windlass-механізм?
13. Як змінюється навантаження на колінний суглоб при бігу?
14. Що відбувається при розриві ACL?
15. Як забезпечити профілактику травм стопи?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т.118 (1), № 52. С. 1-13.
3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник/ укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : Навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л.О. Вакуленко [та ін.] ; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.
7. Human Anatomy:textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Додаткові цифрові ресурси:

Knee Anatomy and Biomechanics

Biomechanics Lecture 10: Ankle & Foot

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 10. КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ ЗАГАЛЬНИХ РУХІВ ТІЛА

Теоретичні питання

1. Постава: основи та аналіз.
2. Типи постави.
3. Основні групи м’язів, що визначають положення тіла.
4. Типи загальних рухів тіла.
5. Механізми рухів у суглобах.
6. Роль м’язів у виконанні базових рухів.
7. Кінезіологія в щоденній функціональній активності.
8. Роль кінезіології у повсякденних рухах.
9. Ключові принципи кінезіології для функціональної активності.
10. Напрямки кінезіології для покращення якості життя.
11. Практичні поради на основі кінезіології.

Постава: основи та аналіз.

1. Основи постави.

Постава – це положення тіла в просторі, яке підтримується м’язами, зв’язками та кістками як під час руху (динамічна постава), так і в стані спокою (статична).

Компоненти:

- Анатомічне вирівнювання: голова, плечі, хребет, таз, коліна та ступні повинні бути вирівняні вертикально.
- М’язова рівновага: м’язи-агоністи та антагоністи (наприклад, м’язи спини та преса) працюють синергічно.

Значення:

- Зменшує навантаження на суглоби та запобігає болю (наприклад, у шиї чи попереку).
- Покращує дихання, травлення та координацію.
- Впливає на психологічний стан (пряма постава асоціюється з впевненістю).

2. Аналіз постави.

Для оцінки використовують:

- Візуальний огляд: спеціаліст перевіряє вирівнювання тіла збоку, спереду та ззаду.
- Інструменти: сітки для постави, вертикальна лінія (плюмб), рівні.
- Технології: 3D-сканування, біомеханічні датчики.
- Поширені проблеми:
- Кіфоз – надмірний вигин верхнього відділу хребта ("кругла спина").
- Лордоз – посилений прогин у попереку.
- Сколіоз – викривлення хребта в трьох площинах.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Дисбаланс м’язів (наприклад, слабкі м’язи спини при сидячому способі життя).

Типи постави.

За характером:

- Статична: положення тіла в стані спокою (наприклад, сидячи за комп’ютером).
- Динамічна: під час руху (ходьба, біг, підйом важких предметів).

За відхиленнями:

1. Ідеальна: природні вигини хребта зберігаються, тіло вирівняне.
2. Кіфотична: виражене заокруглення верхньої частини спини.
3. Лордотична: надмірний прогин у попереку, випирання живота.
4. Плоска спина: зменшення природних вигинів хребта, ризик мікротравм.
5. Свейбек: таз висунутий вперед, верхня частина тулуба відхилена назад.
6. Передній нахил голови: характерний для користувачів смартфонів (рис. 10.1).

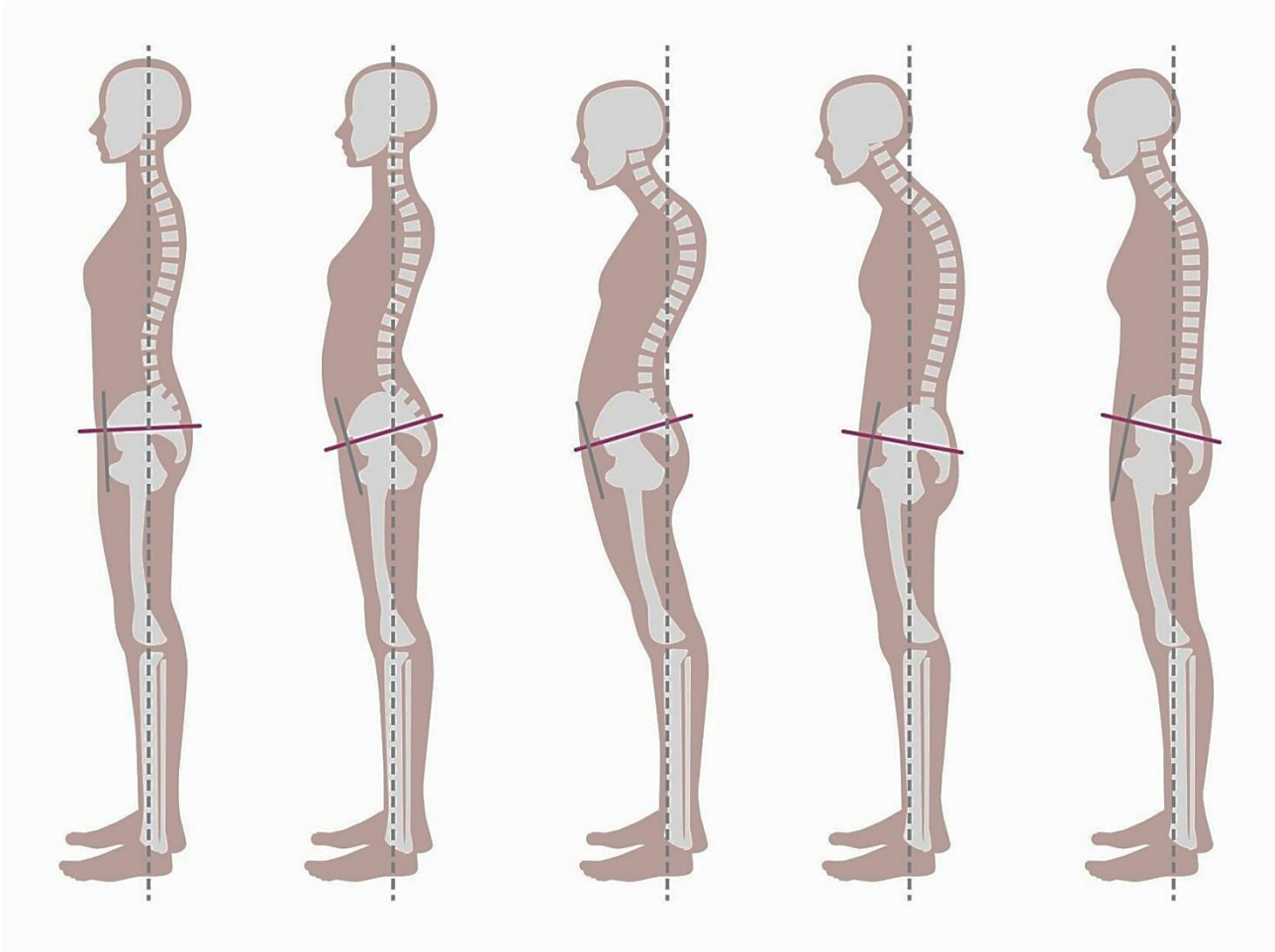


Рис. 10.1. Типи постави

Інші варіанти:

- "Військова постава" – надмірне випрямлення, напружені плечі.
- Асиметрична постава через звичку носити сумку на одному плечі.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Фактори, що впливають на поставу: генетика, звички, ергономіка робочого місця, травми, емоційний стан.
Профілактика: регулярні вправи на зміцнення м’язів-стабілізаторів (планка, йога), контроль положення тіла під час роботи.

Розуміння основ, своєчасна діагностика та корекція допомагають уникнути хронічних захворювань опорно-рухового апарату.

Основні групи м’язів, що визначають положення тіла.

Правильна постава залежить від рівноваги та сили кількох ключових м’язових груп, які стабілізують скелет і підтримують вертикальне положення тіла. Ось основні з них:

1. М’язи кора (глибокі стабілізатори):

- Прямий м’яз живота (Rectus abdominis): контролює нахил тазу, запобігає випиранню живота.
- Поперечний м’яз живота (Transversus abdominis): виконує роль "природного корсета", стабілізує поперековий відділ хребта.
- М’яз-випрямляч хребта (Erector spinae): підтримує вертикальне положення спини, протидіє силі тяжіння.
- Косі м’язи живота (Obliquus internus/externus): контролюють обертальні рухи та бічні нахили тулуба (рис. 10.2).
-

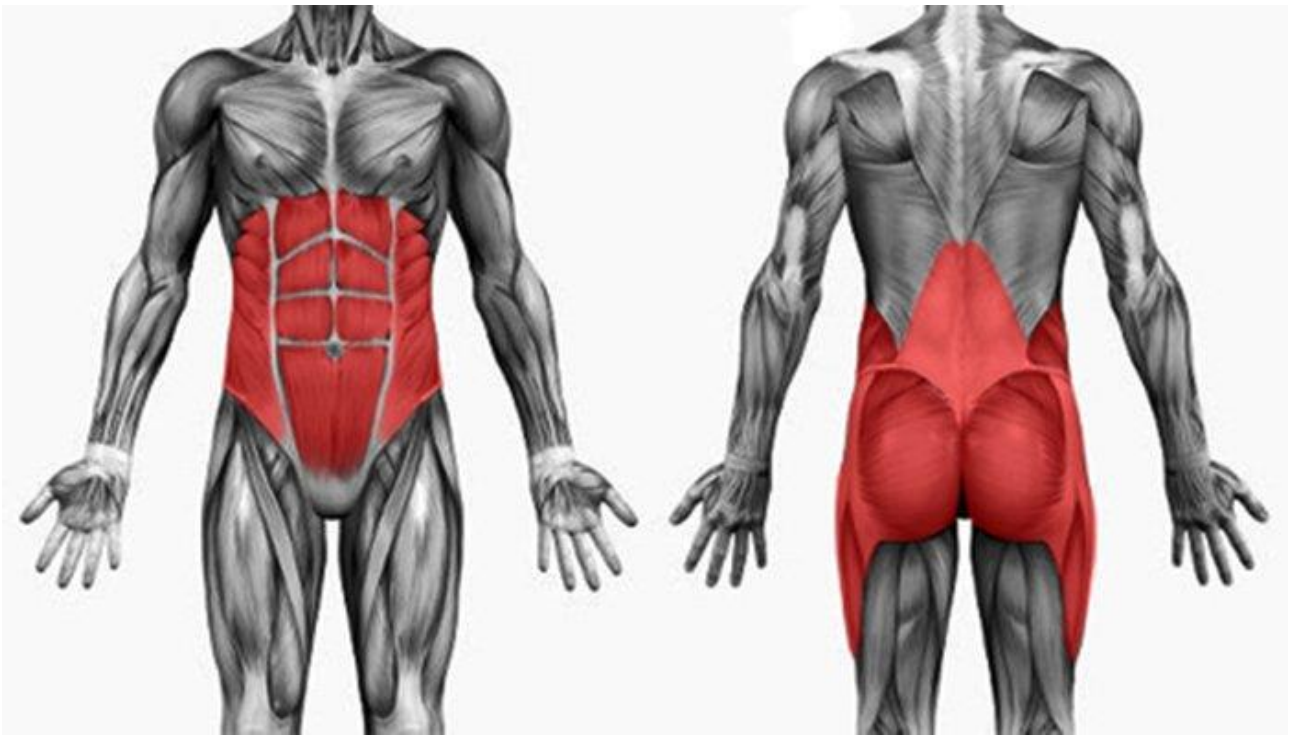


Рис. 10.2. М’язи кора

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2. М’язи тазового дна та стегнового суглоба:

- Великий сідничний м’яз (Gluteus maximus): забезпечує розгинання стегна, стабілізує таз.
- Середній та малий сідничні м’язи (Gluteus medius/minimus): контролюють бічний нахил тазу під час ходьби, запобігають "опусканню" таза.
- Клубово-поперековий м’яз (Iliopsoas): згинач стегна; при слабкості або укороченні може спричинити передній нахил таза.

3. М’язи спини та грудей:

- Трапецієподібний м’яз (Trapezius): контролює положення лопаток, шиї та голови.
- Ромбоподібні м’язи (Rhomboids): фіксують лопатки, запобігають "округленню" плечей.
- Широкий м’яз спини (Latissimus dorsi): впливає на положення плечового пояса та тулуба.
- Міжреберні м’язи (Intercostales): забезпечують стабільність грудної клітки під час дихання.

4. М’язи шиї та плечового пояса:

- Грудино-ключично-соскоподібний м’яз (Sternocleidomastoid): контролює повороти та нахили голови.
- Передній зубчастий м’яз (Serratus anterior): утримує лопатки притиснутими до грудної клітки.

5. М’язи нижніх кінцівок:

- Чотириголовий м’яз стегна (Quadriceps femoris): стабілізує колінний суглоб у вертикальному положенні.
- Двоголовий м’яз стегна (Biceps femoris): запобігає надмірному прогину в попереку.
- Литковий м’яз (Gastrocnemius): впливає на положення стопи та рівновагу.

Наслідки дисбалансу м’язів:

- Слабкі м’язи кора → посилений лордоз або кіфоз.
- Укорочені грудні м’язи → "сутулість" (кіфотична постава).
- Слабкі сідничні м’язи → передній нахил таза, болі в попереку.
- Перенапружені клубово-поперикові м’язи → "передня постава" (swayback).

Профілактика та корекція:

- Вправи для кора: планка, "супермен", вправи з фітболом.
- Розтяжка: грудних м’язів, клубово-поперекового м’яза.
- Силові тренування: присідання, випади, підтягування для зміцнення спини.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Ергономіка: контроль положення тіла під час роботи за комп'ютером.

Підсумок:

Постава залежить від синергії всіх цих м'язів. Регулярна фізична активність і усвідомленість рухів допомагають уникнути дисфункцій.

Типи загальних рухів тіла.

Рухи тіла забезпечуються взаємодією кісток, суглобів і м'язів. Кожен рух виконується завдяки специфічній будові суглобів і скоординованій роботі м'язів-агоністів (виконують рух) та антагоністів (протидіють руху).

Рухи класифікують за площинами та напрямками:

А. Рухи в сагітальній площині (поділяє тіло на праву та ліву частини):

- Згинання (флексія): зменшення кута між кістками (наприклад, згинання ліктя або коліна).
- Розгинання (екстензія): збільшення кута (випрямлення кінцівки).
- Гіперекстензія: розгинання за межі анатомічного положення (наприклад, за прокидання голови назад).

Б. Рухи у фронтальній площині (поділяє тіло на передню та задню частини):

- Відведення (абдукція): рух кінцівки від середньої лінії тіла (наприклад, підняття руки вбік).
- Приведення (аддукція): рух до середньої лінії (опускання руки).

В. Рухи у поперечній (горизонтальній) площині:

- Обертання (ротація): поворот кістки навколо її осі (наприклад, поворот голови вліво/вправо).
- Медіальна ротація: обертання до середини тіла.
- Латеральна ротація: обертання назовні.
- Круговий рух (циркумдукція): комбінація згинання, відведення, розгинання та приведення (наприклад, рух рукою по колу).

Г. Спеціалізовані рухи:

- Пронація/супінація: обертання передпліччя (пронація – долонею вниз, супінація – долонею вгору).
- Дорсіфлексія/плантарфлексія: рух стопи (дорсіфлексія – підйом носка, плантарфлексія – опускання).
- Опозиція: протиставлення великого пальця руки іншим пальцям.

Механізми рухів у суглобах.

Суглоби діють як осі руху, а їх тип визначає амплітуду та напрямок.

Механізм виконання руху:

1. Скорочення м'язів: м'яз-агоніст скорочується, тягне кістку через сухожилля.
2. Розслаблення антагоніста: м'яз-антагоніст розслабляється, дозволяючи рух.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Приклад: при згинанні ліктя біцепс (агоніст) скорочується, а трицепс (антагоніст) розслабляється.

3. Стабілізація: глибокі м'язи (наприклад, кора) фіксують суглоби, запобігаючи травмам.

Роль м'язів у виконанні базових рухах.

А. Ходьба/біг:

- Сідничні м'язи (Gluteus maximus/medius) – розгинання стегна, стабілізація тазу.
- Чотириголовий м'яз стегна (Quadriceps) – розгинання коліна.
- Литковий м'яз (Gastrocnemius) – поштовх стопою (плантарфлексія).

Б. Підйом важких предметів:

- М'яз-випрямляч хребта (Erector spinae) – утримує спину прямо.
- Широкий м'яз спини (Latissimus dorsi) – забезпечує тягу вниз.
- Прямий м'яз живота (Rectus abdominis) – стабілізує тулуб.

В. Рухи верхніх кінцівок (наприклад, кидок м'яча):

- Дельтоподібний м'яз (Deltoideus) – відведення плеча.
- Грудні м'язи (Pectoralis major) – приведення руки.
- Трицепс (Triceps brachii) – розгинання ліктя.

4. Наслідки порушень у роботі м'язів

- Дисбаланс м'язів (наприклад, слабкі сідничні м'язи) → зміна механіки рухів → травми (наприклад, больові синдроми в колінах).
- Гіпертонус м'язів (наприклад, шийних) → обмеження рухливості суглобів.

Профілактика та корекція:

- Силові тренування: Збалансоване розвиток м'язів-агоністів і антагоністів.
- Розтяжка: Зменшення ризику укорочення м'язів (наприклад, клубово-поперековий).
- Ергономіка: Правильна техніка рухів під час тренувань або роботи.

Підсумок:

Рухи тіла – це результат злагодженої роботи нервової системи, м'язів і суглобів. Тренування гнучкості, сили та координації покращують якість рухів і запобігають травмам.

Кінезіологія в щоденній функціональній активності.

Кінезіологія – це наука, яка вивчає механізми рухів тіла, взаємодію м'язів, суглобів і нервової системи. Вона має безпосереднє відношення до повсякденної активності, оскільки допомагає оптимізувати рухи, запобігати травмам, покращувати продуктивність і підтримувати здоров'я опорно-рухового апарату.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Основні завдання кінезіології у повсякденності:

- Аналіз рухових патернів: виявлення неефективних або шкідливих звичок (наприклад, неправильна постава при сидінні).
- Профілактика травм: корекція рухів, що створюють надмірне навантаження на суглоби (наприклад, підйом важких предметів із округленою спиною).
- Підвищення ефективності: оптимізація рухів для зменшення втоми (наприклад, правильна ходьба або біг).
- Реабілітація: відновлення функцій після травм або операцій через цілеспрямовані вправи.

Роль кінезіології у повсякденних рухах.

А. Сидіння за столом/робота за комп'ютером.

Проблема: сутулість, перенапруга шийних м'язів, больові синдроми.

Роль кінезіології:

- Навчання ергономічному сидінні: вирівнювання голови, плечей, стегон.
- Вправи для зміцнення м'язів кора та розтяжки грудних м'язів.
- Використання принципів м'язової синергії для розподілу навантаження.

Б. Підйом важких предметів.

Проблема: ризик травм попереку через неправильну техніку.

Роль кінезіології:

- Активувати м'язи кора перед підйомом.
- Використовувати ноги (згинання в стегнах і колінах), а не спину.
- Утримувати предмет ближче до тіла для зменшення навантаження на хребет (рис. 10.3).

Рис. 10.3. Підйом важких предметів (станова тяга)

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

В. Ходьба та біг

Проблема: неефективна механіка руху → болі в колінах, стопах.

Роль кінезіології:

- Корекція постави: утримувати тулуб вертикально, активувати сідничні м'язи.
- Аналіз приземлення стопи (уникнення надмірного удару п'ятою).
- Тренування балансу та пропріоцепції для стабільності.

Г. Побутові рухи (приготування їжі, прибирання)

Проблема: повторювані рухи → м'язові дисбаланси.

Роль кінезіології:

- Чергувати положення тіла (наприклад, стояти/сідати під час різання овочів).
- Використовувати великі м'язові групи, а не дрібні (наприклад, відкривати банку плечем, а не пальцями).

Ключові принципи кінезіології для функціональної активності.

1) **М'язова синергія:**
   - Синхронна робота м'язів-агоністів, антагоністів і стабілізаторів (наприклад, при підйомі по сходах активуються сідничні м'язи, чотириголові м'язи і м'язи кора).
2) **Пропріоцепція:**
   - Здатність відчувати положення тіла в просторі. Тренується через вправи на баланс (наприклад, стійка на одній нозі).
3) **Ергономіка:**
   - Адаптація робочого місця до анатомічних особливостей (наприклад, висота стільця, розташування монітора).
4) **Економія енергії:**
   - Мінімізація зайвих рухів (наприклад, перенесення ваги тіла при підйомі важкого валіза).

Напрямки кінезіології для покращення якості життя.

- Кінезіотерапія: лікувальні вправи для відновлення рухливості після травм.
- Спортивна кінезіологія: аналіз техніки рухів спортсменів для покращення результатів.
- Ергономічний тренінг: навчання правильній посадці, підйому важких предметів, ходьбі.
- Психосоматичний аспект: зв'язок між емоційним станом і м'язовою напругою (наприклад, стрес → напруга в шиї).

Практичні поради на основі кінезіології.

- Щоденна розминка: 5-10 хвилин вправ на мобільність суглобів (обертання плечима, нахили тулуба).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Зміцнення кора: планка, вправи з фітболом для стабілізації хребта (рис. 3).
- Перерви при сидячій роботі: кожні 30-60 хвилин робити перерву, щоб пройтися або розтягтися.
- Використання кінезіотейпів: для підтримки м’язів і суглобів під час навантажень.

Рис. 10.4. Зміцнення м’язів кора.

Підсумок:

Кінезіологія рухів тіла – це не лише наука для спортсменів або лікарів. Її принципи допомагають кожній людині рухатися без болю, зберігати енергію і уникати травм. Усвідомленість рухів, регулярні тренування та корекція звичок роблять повсякденну активність безпечною та ефективною.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Що таке постава?

A. Рух тіла під час фізичних вправ
B. Стан розслаблення м’язів
C. Положення тіла лише під час сну

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

D. Вправи для зміцнення м’язів
E. Положення тіла в просторі, яке підтримується м’язами, зв’язками та кістками

2. Які компоненти правильної постави?
A. Швидкість рухів та гнучкість
B. Анатомічне вирівнювання та м’язова рівновага
C. Сила м’язів та витривалість
D. Розслаблення м’язів
E. Високий рівень енергії

3. Що таке кіфоз?
A. Посилений прогин у попереку
B. Викривлення хребта в трьох площинах
C. Надмірний вигин верхнього відділу хребта
D. Зменшення природних вигинів хребта
E. Висування таза вперед

4. Який тип постави характеризується надмірним прогином у попереку?
A. Кіфотична
B. Плоска спина
C. Свейбек
D. Лордотична
E. Ідеальна

5. Які інструменти використовують для аналізу постави?
A. Термометри, тонометри, стетоскопи
B. Ваги, лінійки, секундоміри
C. М’язові стимулятори, електроди
D. Візуальний огляд, сітки для постави, 3D-сканування
E. Ультразвукові сканери

6. Який тип постави називають "свейбек"?
A. Таз висунутий вперед, верхня частина тулуба відхилена назад
B. Надмірний вигин верхнього відділу хребта
C. Зменшення природних вигинів хребта
D. Викривлення хребта в трьох площинах
E. Ідеальне вирівнювання тіла

7. Які м’язи входять до м’язів кора?
A. Біцепс, трицепс, дельтоподібний м’яз

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

B. Чотириголовий м’яз стегна, литковий м’яз
C. Трапецієподібний м’яз, ромбоподібний м’яз
D. Прямий м’яз живота, поперечний м’яз живота, м’яз-випрямляч хребта
E. Грудні м’язи, м’язи шиї

8. Який м’яз контролює нахил тазу?

A. Трицепс
B. Прямий м’яз живота
C. Дельтоподібний м’яз
D. Литковий м’яз
E. Трапецієподібний м’яз

9. Що таке пропріоцепція?

A. Здатність швидко реагувати на зовнішні подразники
B. Здатність виконувати складні рухи
C. Здатність відчувати положення тіла в просторі
D. Здатність до швидкого відновлення після навантажень
E. Здатність до тривалого утримання рівноваги

10. Який м’яз відповідає за розгинання коліна?

A. Двоголовий м’яз стегна
B. Литковий м’яз
C. Сідничний м’яз
D. Чотириголовий м’яз стегна
E. Клубово-поперековий м’яз

11. Що таке гіперекстензія?

A. Згинання кінцівки до максимуму
B. Обертання кінцівки навколо осі
C. Рух кінцівки від середньої лінії тіла
D. Круговий рух кінцівки
E. Розгинання за межі анатомічного положення

12. Який м’яз відповідає за стабілізацію лопаток?

A. Трицепс
B. Ромбоподібний м’яз
C. Дельтоподібний м’яз
D. Литковий м’яз
E. Прямий м’яз живота

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

13. Що таке медіальна ротація?

A. Обертання до середини тіла
B. Обертання назовні
C. Рух кінцівки від середньої лінії тіла
D. Рух кінцівки до середньої лінії тіла
E. Круговий рух кінцівки

14. Який м'яз відповідає за поштовх стопою?

A. Литковий м'яз
B. Чотириголовий м'яз стегна
C. Двоголовий м'яз стегна
D. Сідничний м'яз
E. Клубово-поперековий м'яз

15. Що таке ергономіка?

A. Вивчення рухів тіла під час спортивних змагань
B. Лікування травм опорно-рухового апарату
C. Вивчення впливу стресу на організм
D. Адаптація робочого місця до анатомічних особливостей
E. Вивчення хімічних процесів у м'язах

Питання до самоконтролю:

1. Як визначити, чи є у людини кіфотична постава?
2. Які вправи допомагають зміцнити м'язи кора?
3. Які ознаки свідчать про слабкість сідничних м'язів?
4. Як правильно піднімати важкі предмети, щоб уникнути травм спини?
5. Які рухи виконуються у фронтальній площині? Наведіть приклади.
6. Як можна покращити пропріоцепцію?
7. Які м'язи відповідають за стабілізацію тазу під час ходьби?
8. Які наслідки може мати передній нахил голови для шийного відділу хребта?
9. Які вправи допомагають корегувати лордотичну поставу?
10. Як ергономіка робочого місця впливає на поставу?
11. Які м'язи активуються під час виконання планки?
12. Які рухи виконуються за допомогою клубово-поперекового м'яза, і які проблеми можуть виникнути при його дисфункції?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т.118 (1), № 52. С. 1-13.
3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник/ укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : Навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л. О. Вакуленко [та ін.] ; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.
7. Human Anatomy:textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Додаткові цифрові ресурси:

Biomechanics and of the Sit to Stand final

The 7 Fundamental Movement Patterns | Deep Dive

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Тема 11. БІОМЕХАНІКА ХОДЬБИ ТА БІГУ

Теоретичні питання

1. Фази ходи та бігу, взаємодія ноги з підлогою.
2. Динаміка та кінематика ходи, їх клінічне значення.
3. Вікові особливості розвитку опорно-рухового апарату: зміни у розвитку опорно-рухової системи в різні вікові періоди.
4. Руховий вік: вплив віку на фізичну активність та функцію м'язів.
5. Біомеханічне обґрунтування фізичного навантаження.
6. Адаптація фізичного навантаження відповідно до біологічного віку.
7. Загальні рухи тіла в контексті фізичних навантажень: вплив різних видів рухів на стан опорно-рухового апарату.
8. Взаємодія м'язів, суглобів і зв'язок під час виконання загальних рухів (ходьба, нахили, повороти).

Фази ходи та бігу, взаємодія ноги з підлогою.

Ходьба та біг – це циклічні рухи, які базуються на скоординованій роботі м'язів, суглобів і сил реакції опори. Розуміння їх біомеханіки допомагає оптимізувати техніку, зменшити навантаження на опорно-руховий апарат і запобігти травмам.

1. Біомеханіка ходи.

Ходьба складається з двох основних фаз: опори (коли нога контактує з поверхнею) та переносу (коли нога рухається у повітрі). Цикл ходи закінчується, коли обидві ноги виконують повний крок (рис. 11.1).

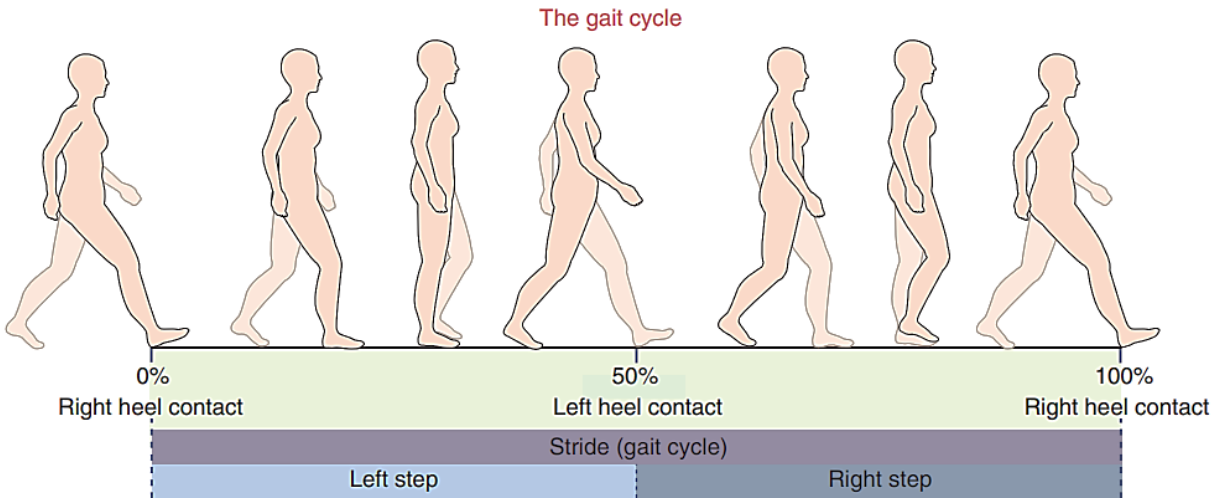


Рис. 11.1. Фази ходьби

Фаза опори (60% циклу):

1. Початковий контакт (удар п'яти):

- Стопа торкається поверхні п'ятою.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Гомілка (великогомілкова кістка) нахилена вперед, коліно злегка зігнуте для амортизації удару.
- Активуються м’язи стегна (чотириголовий) та ікри (камбалоподібний).

2. Фаза опори на всю стопу:

- Вага тіла рівномірно розподіляється між п’ятою та передньою частиною стопи.
- Кульшовий суглоб розгинається завдяки сідничним м’язам.
- Центр ваги тіла переміщується вперед.

3. Відштовхування (перекат на носок):

- Стопа відривається від поверхні за рахунок потужного скорочення гомілкового м’яза (плантарфлексія).
- Великий палець стопи стабілізує рух.

4. Фаза переносу (40% циклу):

- Нога рухається вперед завдяки згинанню в тазостегновому суглобі (клубово-поперековий м’яз).
- Коліно згинається, щоб зменшити довжину ноги для ефективного перенесення.
- Стопа готова до нового контакту з поверхнею.

Взаємодія з поверхнею:

- Сила реакції опори діє вертикально вгору, компенсуючи вагу тіла.
- Перекат стопи (від п’яти до носка) забезпечує плавність руху та зменшує ударне навантаження.

2. Біомеханіка бігу.

Біг відрізняється від ходи наявністю фази польоту (обидві ноги не контактують з поверхнею), що збільшує швидкість і динамічні навантаження (рис. 11.2) (таб. 11.1).

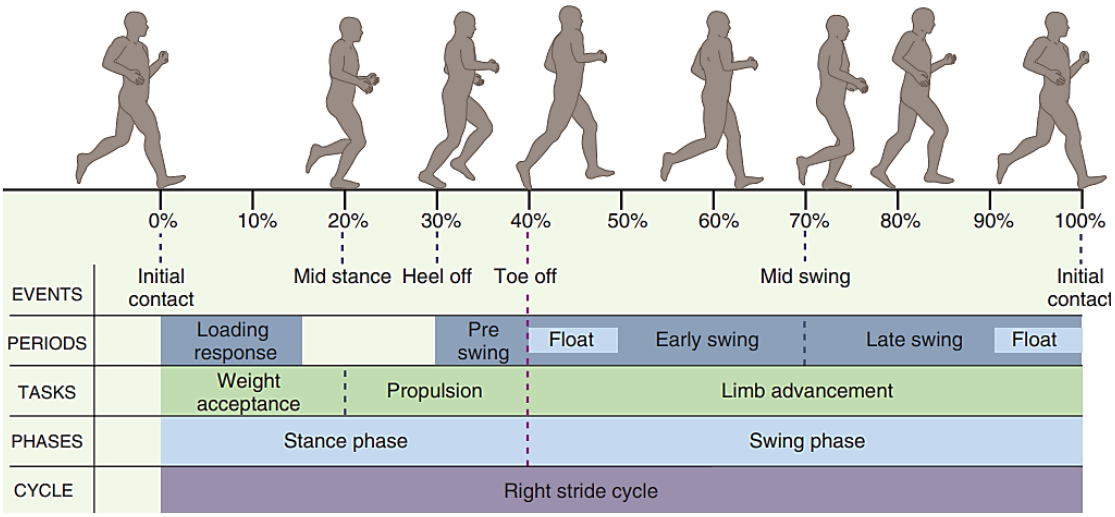


Рис. 11.2. Фази бігу.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Фази бігу:

1. Контакт з поверхнею (25-40% циклу):

- Стопа торкається поверхні передньою або середньою частиною (залежить від техніки).
- Коліно згинається сильніше, ніж при ходьбі, для амортизації (активуються чотириголовий м’яз і м’язи задньої поверхні стегна).
- Кульшовий суглоб активно розгинається (великий сідничний м’яз).

2. Фаза польоту:

- Обидві ноги знаходяться у повітрі.
- Рух вперед забезпечується інерцією та поштовховою силою.

3. Відштовхування:

- Потужне скорочення гомілкового м’яза та ахіллового сухожилля.
- Великий палець стопи фіксує останній контакт з поверхнею.

Взаємодія з поверхнею:

- Ударні сили при бігу в 2-5 разів перевищують масу тіла (залежить від швидкості).
- Пружна енергія зберігається в ахілловому сухожиллі та зв’язках стопи, що підвищує ефективність поштовху.

Таблиця 11.1

Ключові відмінності ходи та бігу

Параметр	**Ходьба**	**Біг**
Контакт з поверхнею	Одна нога завжди на поверхні	Наявність фази польоту
Фази	Опора + перенос	Контакт, політ, відштовхування
Навантаження	Нижче (1-1.5 × маси тіла)	Вище (2-5 × маси тіла)
Робота м’язів	Переважно м’язи стегна та литок	Активні сідничні м’язи, литки, тулуб

Чинники, що впливають на біомеханіку:

- Тип стопи (плоскостопість, високий підйом) – змінює розподіл навантаження.
- Взуття – амортизація, підтримка склепіння стопи.
- Техніка руху – приземлення на п’яту або передню частину стопи.
- М’язова сила – слабкі сідничні м’язи збільшують навантаження на коліна.

Наслідки порушень біомеханіки.

При ході:

- Нерівномірний знос суглобів → артрози.
- Больові синдроми в попереку через неправильний перекат стопи.

При бігу:

- Тендиніти (запалення сухожилля) через надмірне ударне навантаження.
- Синдром пателлофеморального болю ("коліно бігуна").

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Поради для корекції біомеханіки.

1. Ходьба:
   - Тренуйте перекат стопи від п’яти до носка.
   - Зміцнюйте м’язи кора для стабілізації тулуба.
2. Біг:
   - Уникайте надмірного вертикального коливання тіла.
   - Використовуйте вправи на пропріоцепцію (баланс на одній нозі).
3. Загальні:
   - Вибір взуття з підтримкою склепіння стопи.
   - Розминка та розтяжка гомілкових і сідничних м’язів.

Підсумки:

Ходьба і біг – це складні біомеханічні процеси, де кожен елемент (від приземлення стопи до роботи м’язів) впливає на здоров’я. Аналіз техніки, тренування м’язів-стабілізаторів і правильне взуття допомагають зробити рухи ефективними та безпечними.

Динаміка та кінематика ходи, їх клінічне значення.

Хода – це складний біомеханічний процес, який аналізується через динаміку (сили, що впливають на рух) та кінематику (геометрію руху без урахування сил). Розуміння цих аспектів має ключове значення в діагностиці, лікуванні та профілактиці патологій опорно-рухового апарату.

1. Кінематика ходи.

Кінематика вивчає рухи тіла в просторі: траєкторії, кути згинання/розгинання суглобів, амплітуду рухів.

Фази ходи та кінематичні параметри:

1. Фаза опори (60% циклу):

- Початковий контакт: гомілка нахилена вперед, коліно зігнуте (15–20°), стопа в дорсіфлексії.
- Середина опори: коліно розгинається (0–5°), таз опускається на 4–5° (стабілізація сідничними м’язами).
- Відштовхування: гіперрозгинання великого пальця стопи (30–40°), плантарфлексія в гомілковостопному суглобі.

2. Фаза переносу (40% циклу):

- Максимальне згинання коліна (60–70°), стопа в дорсіфлексії для очищення поверхні.

Клінічний приклад:

- Обмежена дорсіфлексія гомілки → компенсаторна кульгавість (наприклад, при цукровому діабеті).
- Надмірне згинання коліна → ознака слабкості чотириголового м’яза (після травми хрестоподібних зв’язок).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2. Динаміка ходи.

Динаміка аналізує сили, що виникають під час руху: сили реакції опори, м'язові зусилля, моменти сил у суглобах.

Ключові параметри:

- Сила реакції опори (GRF):
- Вертикальна сила досягає 110–120% ваги тіла при ходьбі.
- Горизонтальні сили: гальмівна (при контакті п'яти) та відштовхувальна (відштовхування носком).
- Моменти сил у суглобах:
- В коліні: екстензійний момент для стабілізації під час опори.
- В гомілковостопному суглобі: плантарфлексійний момент (до 1.5 Н·м/кг) при відштовхуванні.

Клінічний приклад:

- Підвищений вертикальний GRF → ризик розвитку остеоартрозу колінних суглобів.
- Зменшений плантарфлексійний момент → ознака слабкості литкового м'яза (наприклад, після інсульту).

3. Клінічне значення аналізу ходи

Діагностика патологій:

- *Церебральний параліч*. Характерні зміни: ходьба на носках через спастичність литкових м'язів, зменшений кут згинання коліна.
- *Остеоартроз кульшового суглоба*: переміжна хода (Trendelenburg gait) через слабкість середнього сідничного м'яза.
- *Хвороба Паркінсона*. Характерні дрібні кроки, зменшена амплітуда рухів рук, "зав'язуюча" хода.

Протезування та реабілітація:

- Підбір параметрів протезів на основі кінематики (наприклад, кут згинання коліна для біомеханічного протеза).
- Використання біофідбеку для корекції асиметрії ходи після ампутацій.

Профілактика ускладнень:

- Аналіз динаміки ходи у пацієнтів з цукровим діабетом для попередження виразок стопи.
- Корекція ходи у людей з остеопорозом для зменшення ризику переломів.

4. Методи дослідження ходи:

- Кінематичний аналіз: 3D-моделювання з маркерами, датчиками IMU (інерційними сенсорами).
- Динамічний аналіз: силові платформи, електроміографія (ЕМГ) для оцінки

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

м’язової активності.

- Клінічні тести: тест Тіннетті, шкала функціональної ходи (Functional Gait Assessment).

5. Приклади клінічного застосування:

1. Після інсульту:

- Аналіз асиметрії ходи → тренування з ваговим розвантаженням паралізованої ноги.

2. Діти з плоскостопістю:

- Виявлення зниженого підйому склепіння → підбір ортопедичних устілок.

3. Спортсмени:

- Оптимізація техніки бігу для зменшення навантаження на ахіллове сухожилля.

Підсумки:

Аналіз динаміки та кінематики ходи дозволяє виявити навіть мінімальні відхилення в роботі опорно-рухового апарату. Це ключовий інструмент у реабілітації, спортивній медицині та ортопедії. Наприклад, корекція кута розгинання коліна на 5° може зменшити больовий синдром при остеоартрозі на 30%. Інтеграція сучасних технологій (наприклад, носіння сенсорів) робить аналіз ходи доступним для щоденного моніторингу.

Вікові особливості розвитку опорно-рухового апарату: зміни у розвитку опорно-рухової системи в різні вікові періоди.

Розвиток опорно-рухової системи – це динамічний процес, який залежить від генетики, гормонів, харчування, фізичної активності та зовнішніх факторів. Кожен віковий період має унікальні особливості, що впливають на структуру кісток, м’язів, суглобів і функціональні можливості.

1. Основні етапи розвитку опорно-рухового апарату.

А. Дитинство (0–12 років)

Кістки:

- Швидке зростання за рахунок хрящових зон (епіфізарних пластинок).
- Мінералізація кісткової тканини триває до 18–25 років.
- Ризик деформацій (наприклад, плоскостопість, сколіоз) через м’якість кісток.

М’язи:

- Низька витривалість, але висока пластичність.
- Активний розвиток дрібної моторики (3–6 років) та грубої моторики (біг, стрибки).

Суглоби:

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

- Гіпермобільність через еластичні зв’язки (часті вивихи у дітей 5-8 років).

Клінічне значення:

- Профілактика деформацій через контроль постави, підбір взуття.
- Активні ігри для формування кісткової маси (профілактика остеопорозу в майбутньому).

Б. Підлітковий період (12–18 років)

Кістки:

- Пубертатний спурт росту (до 10 см на рік) → ризик деформацій (наприклад, хвороба Шейермана-Мау).
- Закриття епіфізарних пластинок до 18–20 років.

М’язи:

- Швидке зростання м’язів під впливом тестостерону (у хлопців).
- Дисбаланс між ростом кісток і м’язів → тимчасова незграбність.

Суглоби:

- Ризик травм (наприклад, розрив хрестоподібних зв’язок) через активний спорт.

Клінічне значення:

- Контроль навантажень під час спортивних тренувань.
- Корекція постави для запобігання сколіозу.

В. Дорослий вік (18–60 років)

Кістки:

- Пік кісткової маси досягається до 30 років.
- Повільна втрата мінеральної щільності після 40 років (особливо у жінок після менопаузи).

М’язи:

- Максимальна сила і витривалість у 25–35 років.
- Поступова втрата м’язової маси (саркопенія) після 40 років (1-2% на рік).

Суглоби:

- Зменшення синтезу синовіальної рідини → зниження амортизації.

Клінічне значення:

- Профілактика остеопорозу: кальцій, вітамін D, силові тренування.
- Боротьба з саркопенією через білкове харчування та тренування з опором.

Г. Літній вік (60+ років)

Кістки:

- Прискорена демінералізація → остеопороз, ризик переломів (наприклад, шийка стегна).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

М’язи:

- Втрата 30-50% м’язової маси до 80 років.
- Зниження швидкості скорочення м’язів → уповільнення рухів.

Суглоби:

- Дегенеративні зміни (остеоартроз) через зношеність хрящів.
- Зменшення гнучкості через втрату еластичності зв’язок.

Клінічне значення:

- Лікування остеоартрозу: ЛФК, зменшення ваги.
- Профілактика падінь: тренування балансу, використання тростини.

Руховий вік: вплив віку на фізичну активність та функцію м’язів.

Поняття "рухового віку" відображає здатність людини до виконання фізичних завдань, яка залежить не лише від хронологічного віку, а й від стану м’язів, суглобів і нервової системи.

А. Зміни у фізичній активності:

- Діти: висока рухливість, але низька координація.
- Дорослі: зниження активності через сидячий спосіб життя.
- Літні люди: обмеження рухів через больові синдроми або страх падінь.

Б. Фактори, що прискорюють "рухове старіння":

- Гіподинамія: слабкі м’язи → зниження метаболізму → ожиріння.
- Хронічні захворювання: діабет, серцево-судинні патології.
- Нейродегенерація: уповільнення реакції, порушення координації.

В. Приклади вікових змін у функції м’язів:

- Саркопенія: втрата м’язових волокон II типу (швидкі), що відповідають за силу.
- Зменшення кількості мітохондрій: зниження витривалості.
- Накопичення жиру в м’язах: порушення скорочувальної функції.

Стратегії профілактики вікових змін.

Діти:

- Різноманітні рухові активності (плавання, гімнастика).
- Обмеження часу за гаджетами.

Дорослі:

- Силові тренування 2-3 рази на тиждень.
- Аеробні навантаження (ходьба, велосипед).

Літні люди:

- Вправи на баланс (тайчі, йога).
- Тренування з м’яким опором (резинові стрічки).

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Клінічні приклади вікових патологій.

1) **Остеопороз у жінок після менопаузи:**

- Причина: дефіцит естрогену → активізація остеокластів.
- Лікування: біфосфонати, добавки кальцію.

2) **Саркопенічне ожиріння:**

- Симптоми: слабкість м'язів + високий % жиру.
- Терапія: комбінація дієти з високим білком і силових тренувань.

Ключові принципи:

- Профілактика з дитинства: формування звички до руху.
- Адаптація навантажень: від ігор у дитинстві до щадних вправ у літньому віці.
- Мультидисциплінарний підхід: поєднання фізіотерапії, харчування та медикаментозної підтримки.

Підсумки:

Вікові зміни опорно-рухового апарату неминучі, але їх наслідки можна мінімізувати. Наприклад, регулярні тренування уповільнюють втрату м'язової маси на 40-50% порівняно з гіподинамією.

Біомеханічне обґрунтування фізичного навантаження.

Фізичне навантаження має бути науково обґрунтованим, щоб забезпечити ефективність та безпеку, особливо з урахуванням біологічного віку людини. Біологічний вік відображає стан організму, що може відрізнятися від хронологічного через генетику, спосіб життя, хвороби тощо. Адаптація навантаження до біологічного віку враховує зміни в опорно-руховій системі, м'язовій силі, гнучкості та нейромоторній координації.

Міцність кісток:

- З віком знижується мінеральна щільність кісток (ризик остеопорозу).
- Рекомендації: вправи з опорним навантаженням (ходьба, присідання), тренування з вагою для стимуляції остеогенезу.

М'язова сила та витривалість:

- Після 30 років втрачається 3-5% м'язової маси за десятиліття (саркопенія).
- Рекомендації: силові тренування з помірним опором, акцент на м'язи-стабілізатори.

Суглобова рухливість:

- Дегенерація хрящів (остеоартроз) та зниження синтезу синовіальної рідини.
- Рекомендації: вправи на гнучкість (йога, стретчинг), уникання ударних навантажень.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Баланс і координація:

- З віком погіршується пропріоцепція, зростає ризик падінь.
- Рекомендації: вправи на баланс (підйом на носки, стійка на одній нозі), використання нестабільних поверхонь.

Адаптація фізичного навантаження відповідно до біологічного віку.

Для молодих дорослих (18-35 років):

Мета: розвиток сили, витривалості, профілактика травм.

Програма:

- Високоінтенсивні інтервальні тренування (HIIT).
- Силові вправи з високим навантаженням (70-85% від 1ПМ).
- Пліометрика для покращення м'язової еластичності.

Для середнього віку (35-60 років):

Мета: запобігання саркопенії, підтримка суглобів, зменшення стресу.

Програма:

- Комбінація силових (50-70% від 1ПМ) та аеробних навантажень (ходьба, плавання).
- Вправи на мобільність суглобів (ротації, стрейтчинг).
- Тренування кора для стабілізації хребта.

Для літніх людей (60+ років):

Мета: Профілактика падінь, підтримка функціональної самостійності.

Програма:

- Вправи з власною вагою (підйом зі стільця, кроки на місці).
- Тренування балансу (тайчи, вправи на баланс-борді).
- Помірне силове навантаження (резинові стрічки, легкі гантелі).

Ключові принципи біомеханічної адаптації.

❖ **Індивідуалізація:**

Врахування анамнезу (травми, хронічні захворювання), рівня фізичної підготовки.

❖ **Поступовість:**

Поступове збільшення інтенсивності для запобігання перевантаження.

❖ **Безпека техніки:**

Корекція рухових патернів (наприклад, глибина присідань при остеоартрозі колін).

❖ **Мультикомпонентність:**

Поєднання силових, аеробних, балансових і гнучкісних вправ.

Приклади адаптації вправ за біологічним віком.

Присідання:

- Молоді: глибокі присідання з додатковою вагою.
- Літні: присідання до стільця з підтримкою.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Біг:

- Молоді: інтервальний біг на великій швидкості.
- Літні: скандинавська ходьба для зменшення навантаження на суглоби (рис. 11.3).

Рис. 11.3. Скандинавська ходьба.

Технології для оцінки біологічного віку:

- Біоелектричний імпедансний аналіз: оцінка м'язової маси та жирових відкладень.
- Денситометрія: визначення мінеральної щільності кісток.
- Тести функціональної рухливості (наприклад, FMS – Functional Movement Screen).

Підсумки:

Біомеханічне обґрунтування фізичного навантаження дозволяє створити індивідуальні програми, які враховують вікові зміни опорно-рухового апарату. Наприклад, дослідження показують, що регулярні силові тренування у літньому віці знижують ризик падінь на 30-40%. Ключ до успіху – поєднання наукового підходу, регулярності та врахування особливостей організму.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Загальні рухи тіла в контексті фізичних навантажень: вплив різних видів рухів на стан опорно-рухового апарату.

Різні види рухів по-різному впливають на м'язи, суглоби та зв'язки. Правильне виконання рухів сприяє зміцненню тканин, а невірне або надмірне навантаження може призвести до травм або дегенеративних змін.

Вплив різних рухів на опорно-руховий апарат.

А. Ходьба:

- М'язи: активуються сідничні м'язи, чотириголовий м'яз стегна, литкові м'язи, м'язи кора.
- Суглоби: кульшовий, колінний, гомілковостопний.

Вплив:

- Позитивний: покращує мобільність суглобів, зміцнює кістки (профілактика остеопорозу).
- Негативний: при неправильній техніці (наприклад, шаркаюча хода) → перевантаження колін, больові синдроми.

Б. Нахили (підйом предметів):

- М'язи: м'яз-випрямляч хребта, прямі та косі м'язи живота, клубово-поперековий м'яз.
- Суглоби: поперековий відділ хребта, кульшові суглоби.

Вплив:

- Позитивний: розвиває гнучкість і силу спини при правильній техніці (згинання в колінах, активний кор).
- Негативний: нахили з округленою спиною → компресія міжхребцевих дисків, ризик грижі.

В. Повороти тулуба

- М'язи: косі м'язи живота, м'язи-ротатори хребта, найширший м'яз спини.
- Суглоби: грудний та поперековий відділи хребта.
- Вплив:
- Позитивний: покращує рухливість хребта, стимулює кровообіг.
- Негативний: різкі повороти з навантаженням (наприклад, з гантелею) → розтягнення зв'язок, мікротравми хрящів.

Взаємодія м'язів, суглобів і зв'язок під час виконання загальних рухів (ходьба, нахили, повороти).

А. Ходьба.

1. Фаза опори:

- Сідничні м'язи та чотириголовий м'яз стегна стабілізують таз і коліно.
- Зв'язки колінного суглоба (хрестоподібні) запобігають надмірному згинанню.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

2. Фаза переносу:

- Клубово-поперековий м’яз згинає стегно, литковий м’яз забезпечує поштовх.
- Зв’язки гомілковостопного суглоба (ахіллове сухожилля) амортизують удар.

Б. Нахили.

1. Правильний підйом:

- М’язи кора напружуються, створюють внутрішній тиск для захисту хребта.
- Кульшові суглоби і коліна згинаються, перерозподіляючи навантаження зі спини на ноги.
- Зв’язки поперекового відділу утримують хребет у стабільному положенні.

2. Помилки:

- Слабкі м’язи спини → перевантаження зв’язок і дисків → протрузії.

В. Повороти.

1. Здорова техніка:

- Обертання починається від грудного відділу хребта, а не попереку.
- Косі м’язи живота контролюють амплітуду руху.
- Міжхребцеві зв’язки запобігають надмірному скручуванню.

2. Ризики:

- Різкі повороти з вагою → розтягнення м’язів-ротаторів, травми дугоподібних суглобів.
-

Наслідки порушень у взаємодії компонентів:

- М’язовий дисбаланс (наприклад, слабкі сідничні м’язи) → компенсаторне навантаження на коліна → остеоартроз.
- Гіпермобільність суглобів → надмірний тиск на зв’язки → хронічні больові синдроми.
- Дегенерація хрящів через неправильні рухи → обмеження рухливості.

Профілактика травм та оптимізація рухів:

Правильна техніка:

- При підйомі важкого: згинати коліна, утримувати спину прямо, використовувати ноги.
- При поворотах: уникати різких рухів, контролювати амплітуду.

Тренування м’язів-стабілізаторів:

- Вправи на кор (планка, "собака-птах"), баланс (стійка на одній нозі).

Розтяжка:

- Гомілковостопні суглоби, клубово-поперековий м’яз, грудний відділ хребта.

Ергономіка побутових рухів:

- Висота столу для роботи стоячи, підібране взуття для ходьби.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

Підсумки:

Загальні рухи тіла, такі як ходьба, нахили чи повороти, є основою функціональної активності. Їхня безпека та ефективність залежать від синергії м'язів, суглобів і зв'язок. Наприклад, зміцнення м'язів кора зменшує навантаження на поперековий відділ хребта на 30-40%. Регулярні тренування, контроль техніки та усвідомленість рухів допомагають зберегти здоров'я опорно-рухового апарату на довгі роки.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Які дві основні фази ходи?

A. Відштовхування і політ
B. Опір і перенос
C. Перенос і політ
D. Опір і відштовхування
E. Перенос і контакт

2. Яка частина стопи торкається поверхні під час початкового контакту при ході?

A. Нісок
B. Середня частина стопи
C. Зовнішній край стопи
D. П'ята
E. Внутрішній край стопи

3. Який відсоток циклу ходи займає фаза опори?

A. 20%
B. 40%
C. 60%
D. 80%
E. 100%

4. Який м'яз відповідає за відштовхування під час ходи?

A. Чотириголовий м'яз
B. Сідничний м'яз
C. Прямий м'яз живота
D. Широчайший м'яз спини
E. Гомілкові м'язи

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

5. Який суглоб забезпечує згинання ноги під час фази переносу?

A. Колінний
B. Гомілковостопний
C. Тазостегновий
D. Плечовий
E. Ліктьовий

6. Яка фаза бігу відсутня при ході?

A. Контакт з поверхнею
B. Відштовхування
C. Перенос
D. Політ
E. Опір

7. У скільки разів перевищує ударне навантаження при бігу масу тіла?

A. 2-5 разів
B. 1-1.5 рази
C. 6-8 разів
D. 9-10 разів
E. 10-12 разів

8. Яка частина стопи торкається поверхні при правильній техніці бігу?

A. П’ята
B. Нісок
C. Зовнішній край стопи
D. Середня частина стопи
E. Внутрішній край стопи

9. Який м’яз активно працює під час відштовхування при бігу?

A. Чотириголовий м’яз
B. Сідничний м’яз
C. Прямий м’яз живота
D. Гомілкові м’язи
E. Широчайший м’яз спини

10. Який вік характеризується максимальною мінеральною щільністю кісток?

A. 10-15 років
B. 40-50 років
C. 60-70 років
D. 20-30 років
E. 80+ років

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

11. Що таке саркопенія?

A. Втрата м’язової маси
B. Втрата мінеральної щільності кісток
C. Дегенерація хрящів
D. Зниження гнучкості
E. Збільшення жирових відкладень

12. Який гормон впливає на розвиток остеопорозу у жінок після менопаузи?

A. Тестостерон
B. Інсулін
C. Тироксин
D. Естроген
E. Кортизол

13. Які м’язи активуються під час правильного нахилу?

A. М’язи кора
B. Чотириголовий м’яз
C. Гомілкові м’язи
D. Широчайший м’яз спини
E. Сідничний м’яз

14. Які м’язи відповідають за повороти тулуба?

A. Прямі м’язи живота
B. Чотириголовий м’яз
C. Гомілкові м’язи
D. Сідничний м’яз
E. Косі м’язи живота

15. Який тип вправ допомагає зменшити ризик падінь у літніх людей?

A. Вправи на баланс
B. Силові вправи
C. Аеробні вправи
D. Пліометрика
E. Розтяжка

Питання до самоконтролю:

1. Які дві основні фази ходи, і який відсоток циклу вони займають?
2. Яка частина стопи торкається поверхні під час початкового контакту при ході?
3. Які м’язи відповідають за відштовхування під час ходи?

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

4. Чим фаза польоту при бігу відрізняється від фази переносу при ході?
5. Яке навантаження на опорно-руховий апарат під час бігу порівняно з ходою?
6. Які м'язи активуються під час відштовхування при бігу?
7. Які вікові зміни впливають на м'язову силу та кісткову щільність?
8. Які патології можуть виникнути через неправильну техніку ходи чи бігу?
9. Які вправи допомагають покращити баланс та координацію для профілактики падінь?
10. Як тип стопи впливає на біомеханіку ходи та бігу?
11. Які методи діагностики порушень ходи використовуються в медичній практиці?
12. Які рекомендації можна дати для вибору взуття для ходи та бігу?

Література

Основна:

1. Біомеханіка фізичних вправ: Навч.-метод. посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупєєв. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. 215 с.
2. Біомеханічна характеристика рухових якостей людини (Теоретичний аналіз) / М.О. Носко, О.А. Архипов. 2014. Т.118 (1), № 52. С. 1-13.
3. Основи біомеханіки руху: навч. посібник/ укл. А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.

Додаткова:

1. Біомеханіка : Навч.-метод. посібник / [уклад.: А. В. Заікін, Н. І. Судак]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. 144 с.
2. Практичні навички фізичного терапевта: дидактичні матеріали / [Бакалюк Т., Барабаш С., Бондарчук В. та ін.]. Київ, 2022. 164 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: Том 2 Національний підручник / Сокрут В.М., Синяченко О.В., Сокрут О.П. та ін. / За ред. проф. В.М. Сокрута. Слов'янськ-Тернопіль-Київ : «Видавництво "Друкарський двір"». 2020. 340 с.
4. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / Л. О. Вакуленко [та ін.] ; за заг. ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. Тернопіль : Укрмедкн.: ТДМУ, 2018. 371 с.
5. Ольховик А. В. Діагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта: навч. посібник/ А.В. Ольховик. Суми: Сумський державний університет, 2018. 146 с.
6. Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation/ Donald A Neumann; Elisabeth Roen Kelly; Craig L Kiefer; Kimberly Martens; Claudia M Grosz // St. Louis, Missouri : Elsevier. 2017. 756 p.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

7. Human Anatomy:textbook / Cherkasov V.G., Herasymiuk I.Ye., Holovatskyi A.S., Kovalchuk O.I., Reminetskyy B.Ya. Vinnytsia: Nova Knyha, 2018. 464 p.
8. Manual of Structural Kinesiology / R.T. Floyd // McGraw Hill LLC, New York, 2024. 449 p.

Додаткові цифрові ресурси:

Biomechanics of Movement | Lecture 3.4: The Running Gait Cycle and Running Energetics

Biomechanics Lecture 11: Cait

Для нотаток

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

НАВЧВЛЬНЕ ВИДАННЯ

СМЕТАНЮК Олексій Васильович
БУЛИК Тетяна Сергіївна
ОЛЕКСЮК Андріана Володимирівна

БІОМЕХАНІКА ТА КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Частина 1

Редактор Сметанюк Олекій Васильович
Коректор Булик Тетяна Сергіївна
Комп’ютерний набір і верстка Сметанюк Олекій Васильович
Дизайн обкладинки Сметанюк Анна Василівна

Гарнітура Times New Roman. Ум.-друк. арк. 28,8.
Видавництво БДМУ
Свідоцтво Державного реєстру Серія ДК, №2610 від 12.09.2006 р.

https://t.me/free_oxford_books

doctorsmetaniuk - https://surl.lt/mhgqdk

https://t.me/free_oxford_books