**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ІМЕНІ ІВАНА БОБЕРСЬКОГО**
**КАФЕДРА ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ТА ЕРГОТЕРАПІЇ**

**ТИРАВСЬКА О. І.**

# ЛЕКЦІЯ № 5-6

# БІОМЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТКАНИН

з навчальної дисципліни

**«ФІЗИЧНА РЕАБІЛІТАЦІЯ ПРИ ПОРУШЕННЯХ ДІЯЛЬНОСТІ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ»**

**для студентів спеціальності 227 Фізична терапія та ерготерапія**

**ТЕМА:** БІОМЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТКАНИН

План

1.Типи сил, що діють на тіло або у його межах.

2. Склад і механічні функції тканин.

3. Біомеханічні властивості тканин.

**1.Типи сил, що діють на тіло або у його межах.**

На тіло діють наступні сили:

- Розтяг – сили, що діють в різні сторони вздовж однієї лінії: кістки, сухожилля, капсули, зв`язки. Може спричинити розриви;

- Стискання – сили, які діють назустріч вздовж однієї лінії. При стисканні кісток виникають компресійні переломи (хребці, нижні кінцівки), при стисканні м`яких тканин – забої;

- Зсування – дія сил у протилежних напрямках вздовж різних ліній. Такі сили можуть викликати пошкодження схрещених зв’язок коліна;

- Згинання – сила, або сили діють з важелем. При дії на кістки виникають переломи, у дітей – краєві переломи;

- Скручування – спіральний рух: хребет, ноги. Дія такої сили спричиняє переломи кісток, розриви м`яких тканин (у коліні зв’язки, капсула, меніски).

**2. Склад і механічні функції тканин.**

Відомо, що опорно-руховий апарат складають кістки скелета з суглобами, зв'язки і м'язи з сухожиллями, які поряд з рухами забезпечують опорну функцію організму, дозволяючи йому, наприклад, надійно спиратися на поверхню, витримуючи при цьому всю масу власного тіла. Кістки і суглоби

беруть участь у рухах пасивно, підкоряючись дії м'язів, але відіграють провідну роль у здійсненні опорних функцій.

Структурний каркас системи суглоба утворюють різноманітні сполучні тканини. Вони включають живі складові частини – клітини і неживі речовини – внутрішньоклітинний матеріал. Клітини, такі як фібробласти, макрофаги, жирові та інші виконують функції, необхідні для життєзабезпечення всієї тканини. Внутрішньоклітинний матеріал, що утворює певний матрикс, в якому живуть самі клітини, включає білковий колаген та еластин, які визначають фізичні характеристики сполучної тканини. Але основними з’єднувальними елементами, які утворюють жорстку ланку єдиної суглобової системи, звичайно, є кістки, сухожилля і зв’язки.

Кістки є центральною структурою кожного сегмента тіла. Кістка – це орган, утворений кількома тканинами, найголовнішою серед них є кісткова тканина. Суглобові поверхні кісток вкриті гіаліновим хрящем, решта поверхні вкриті окістям – цупкою сполучнотканинною оболонкою. У товщі кістки проходять численні судини, що живлять її, а в порожнинах міститься кістковий мозок (червоний та жовтий). Нерви проникають у кістку разом із судинами, супроводжуючи їх у гаверсових каналах і в кістковомозкових порожнинах, закінчуючись у тканині кісткового мозку і на стінках судин.

Свіжа кістка містить 50 % води, 28 % органічних і 22 % неорганічних речовин. Висушена кістка на третину складається з органічної речовини – осеїну, і на дві третини з мінеральних солей, переважно з кальцію, фосфору. Осеїн забезпечує еластичність і гнучкість кісток, а неорганічні речовини – міцність.

Великим запасом міцності володіють зв'язки і хрящі суглобів. А вони досить важливі елементи, наприклад, сухожилля з’єднують м’язи і кістки, а зв’язки забезпечують з’єднання між самими кістками суглобу. Головна відмінність між ними полягає в організації колагенових фібрил, що обумовлена їхніми функціями. Оскільки функція сухожиль полягає в поєднанні м’язової

сили кістки чи хряща, а структура сухожиль забезпечує його найменшу схильність деформації внаслідок розтягуючих зусиль, вироблених м’язом.

Хоча на зв’язки головним чином діють розтягуючі сили, їхня головна функція – стабілізація суглоба, тому вони влаштовані так, щоб забезпечувати багатонаправлену стабільність суглоба і пристосованість його до дії розтягуючих, стискаючих і зміщаючих зусиль.

Сухожилля і зв’язки являють собою щільну сполучну тканину, що містить колаген, еластин, протеоглікани, воду і клітини – фібробласти. Протеїнові колаген і еластин синтезуються і виділяються фібробластами. Близько 70-80% сирої маси сухожилля і зв'язок складає колаген типу волокнистий білок, що характеризується значною механічною стійкістю. Колагенова фібрила – одиниця і сухожиль, і зв'язок, яка несе основне навантаження. Відмінності лише в тому, що в сухожиллях фібрили розміщені поздовжньо і паралельно одна одній, що і забезпечує максимальний опір розтягуючим зусиллям. А у зв’язках, фібрили розміщуються паралельно, косо і, навіть, спіралеподібно, що забезпечує опір силам, діючим у різноманітних напрямках.

Кожна молекула колагену складається із трьох взаємопереплетених поліпептидних ланцюжків. Кожен ланцюжок включає послідовність із майже 1000 амінокислот і носить назву альфа-ланцюжка. Самі молекули колагену розміщуються рядами кінець до кінця, і 5 таких рядів, розміщених паралельно один до одного, утворюють мікрофібрилу.

Колагенова фібрила, що є основною, яка несе навантаження, складається із пучків мікрофібрил, поєднаних біохімічними зв’язками поперечними з’єднаннями між молекулами колагену. Ці поперечні з’єднання знаходяться як в межах, так і між рядами молекул колагену в мікрофібрилі. Отже, функціональною основою сухожиль і зв'язок є фібрила, що утворена мікрофібрилами, які з’єднані між собою поперечними зчепленнями, від яких залежить сила фібрили. Вчені вважають, що кількість і стан поперечних

зчеплень визначаються такими факторами, як вік, стать і рівень фізичної активності.

Як відомо крім колагену та еластину, позаклітинний матрикс сухожиль і зв'язок включає воду і протеоглікани. Вода поєднується з ними, утворюючи гель, в’язкість якого знижується з підвищенням рівня фізичної активності. Така властивість називається тиксотропією. Опір тканини подовженню при швидкості залежить від її в’язкості: чим в’язкість вища, тим більший опір до розтягнення. При зниженні в’язкості тканини пристосовуються до розтягнення з більшою швидкістю. Крім того, в’язкість тиксотропічної тканини змінюється в результаті попередньої розминки тіла, або тривалого періоду бездіяльності.

### 3. Біомеханічні властивості тканин

Під біомеханічними властивостями біологічних тканин розуміють два їх види. Один пов’язаний з процесами біологічної рухомості: скороченням м’язів, зростання клітин, рух хромосом у клітинах при їх поділі тощо .Ці процеси зумовлені хімічними процесами і енергетично забезпечуються АТФ. Умовно цю групу називають активними механічними властивостями біологічних систем. Другий вид–це пасивні механічні властивості біологічних тіл.

Композиційна будова кості придає потрібні їй механічні властивості: твердість, пружність і міцність. Її механічні властивості залежать від багатьох факторів, у т. ч. від віку, індивідуальних умов росту організму, і, звичайно, від ділянки організму.

Швидку деформацію кісткової тканини забезпечує її мінеральна складова, а повзучість кісткової тканини визначає полімерна частина (колаген). Тобто за моделлю Кельвіна-Фойхта мінеральна складова кісткової тканини може бути представлена у вигляді поршня, а еластична компонента –у вигляді пружини. Поведінка кісткової тканини на деформацію характеризується наступними особливостями:

1) Кісткова тканина веде себе по-різному при різних способах деформації (навантаження). Міцність на стискання є вищою, ніж на розтягування чи на

згинання. Так, стегнова кістка у прямому напрямку витримує навантаження 45000 Н, а при згинанні –2500 Н. Але запас механічної міцності кісток дуже значний і помітно перевищує навантаження, з якими вони зустрічаються у звичайних життєвих умовах. Встановлено, що міцність кістки на розтягування є вищою, ніж у дуба, і майже дорівнює міцності чавуну.

2) Уся архітектоніка кісткової тканини відповідає опорній функції скелету, а орієнтація кісткової перекладини паралельна лініям основних напружень, що дозволяє кісткам витримувати великі механічні навантаження. Так, наприклад, довгі кістки кінцівок, які підвернені в основному згинанню, мають у середній частині трубчасту форму. Це забезпечує найбільш економічне використання кісткової речовини, бо при згинанні шари речовини, які знаходяться поблизу від поздовжньої осі тіла, майже не беруть участі в опорі навантаженню. В голівці стегнової кості, заради цього, під кожне навантаження формується своя структура – форма Мітчелла. Усі форми пов’язані між собою і утворюють складну структуру.

3) Однією з важливих особливостей кісток скелету є галтельність, тобто округлення внутрішніх і зовнішніх кутів. Галтельність підвищує міцність і знижує внутрішні напруги у місцях різкого переходу.

4) Кістки мають різну міцність залежно від функції, яку виконують. Кістки черепу, грудини і тазу захищають внутрішні органи. Опорну функцію виконують кістки кінцівок і хребту. Кістки ніг та рук довгі і трубчасті. Трубчаста будова забезпечує протидію значним навантаженням і, разом із цим, у 2-2,5 рази знижує їх масу і значно зменшує моменти інерції. Стегнова кістка у вертикальному положенні витримує навантаження до1,5 т.

5) Відповідно до виконання фізіологічних задач з реалізації опорних і локомоторних функцій у кістках формуються зони різної твердості відповідно розподіленню силових навантажень.

Біомеханічні властивості сухожилля і зв'язок часто характеризують взаємозв’язком «навантаження – деформація» у відповідь на розтягуючі

навантаження. Як повідомляють фізіологи та лікарі, сполучна тканина частіше розривається, ніж відривається від кістки. Маса і міцність кісток та м’язів з віком знижуються.

**Рекомендована література:**


1. Вовканич А. С. Вступ до фізичної реабілітації : навч. посіб. / А. С. Вовканич. – Львів : ЛДУФК, 2013. – 184 с.
2. Громов А. Б. Динаміка біомеханічних та електроміографічних даних у випадках деформацій великого вертлюга стегнової кістки / А. Б. Громов, О. І. Корольков, О. Д. Карпінська, Н. П. Ісаєва // Травма. – 2015. – 16, № 4. – С. 51–59.
3. Григор'єва Л. І. Основи біофізики і біомеханіки : навч. посіб. / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін; Чорномор. держ. ун-т ім. Петра Могили. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 297 с.
4. Коритко З. Медико-біологічні основи фізичного виховання / Зоряна Коритко. – Львів, 2002. – 51 с.
5. Коритко З. І. Нові погляди на механізми розвитку стадій загальноадаптаційного синдрому за умов дії граничних фізичних навантажень / З. І. Коритко // Світ медицини та біології. – 2013. - №4(41), ч. І. – С. 107–112.
6. Крук Б. Р. Курс лекцій з навчальної дисципліни "Професійна кінезіологія" / Крук Б. Р. – Львів, 2018. – 43 с.
7. Крук Б. Р. Реабілітаційна картка обстеження осіб з ураженням хребта та спинного мозку : додаток до лекцій з навчальної дисципліни "Фізична терапія в нейрореабілітації" для студентів спеціальності 227 "Фізична терапія та ерготерапія" / Крук Б. Р. - Львів, 2019. - 15 с.
8. Куцериб Т. Анатомія людини з основами морфології : навч. посіб. / Тетяна Куцериб, Мирослава Гриньків, Федір Музика. – Львів: ЛДУФК, 2019. – 86 с.
9. Куцериб Т. М. Вступ в анатомію. Система скелета та система з'єднань : лекція / Куцериб Т. М. – Львів, 2019. – 22 с.
10. Лікувальна фізична культура при травмах і захворюваннях опорно-рухового апарату : анот. бібліогр. покажч. / уклад. Ірина Свістельник. – Львів : [б. в.], 2015. – 31 с.
11. Музика Ф. В. Динамічна анатомія : лекція / Музика Ф. В. – Львів, 2019. – 12 с.
12. Музика Ф. В. М'язова система : лекція / Музика Ф. В. – Львів, 2019. – 10 с.
13. Музика Ф. В. Система скелета та система з'єднань : лекція / Музика Ф. В. – Львів, 2019. – 11 с.
14. Мухін В. М.Фізична реабілітація в травматології : монографія / В. М. Мухін. – Львів : ЛДУФК, 2015. – 428 с.
15. Мухін В. М. Фізична реабілітація пр. пошкодженнях опорно-рухового апарату : монографія / В. М. Мухін. – Львів : ЛДУФК, 2016. – 398 с.

16. Руденко Р. Є. Засоби відновлення фізичної працездатності у процесі тренувань та змагань // Слобожанський науково-спортивний вісник : [зб. наук. ст.]. – Харків, 2008. – № 4. – С. 124–127.

17. Энока Р. М. Основы кинезиологии. – Киев : Олимпийская литература, 2000. – 399 с.

18. Скляренко Є.Т. Травматологія і ортопедія : підруч. для студ. вищих мед. навч. закл. – Київ : Здоров'я, 2005. – 384 с.

19. Тиравська О. І. Біомеханіка м'язових скорочень : лекція / Тиравська О. І. – Львів, 2019. – 5 с.

20. Тиравська О. Вихідні показники функціонального стану опорно-рухового апарату осіб після хірургічного лікування кил міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта / Оксана Тиравська // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. виховання, спорту і здоров'я людини / за заг. ред. Євгена Приступи. – Львів, 2012. – Вип. 16, т. 3. – С. 236–241.

21. Тиравська О. Курс лекцій з навчальної дисципліни "Фізична реабілітація при порушеннях діяльності опорно-рухового апарату" / Тиравська О. – Львів, 2017. – 44 с.

22. Тиравська О. Оптимальні вихідні положення при виконанні фізичних вправ для осіб з килами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : наук. моногр. / за ред. С. С. Єрмакова. – Харків : ХДАДМ (ХХПІ), 2007. – № 5. – С. 231–233.

23. O'Sullivan S., Schmitz T. Physical Rehabilitation: Assessment and Treatment. – 4th ed. – Philadelphia: F.A. Davis, 2000.