

**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ
ІМЕНІ ІВАНА БОБЕРСЬКОГО**

КАФЕДРА ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ТА ЕРГОТЕРАПІЇ

Тиравська О. І.

ЛЕКЦІЯ № 2

з навчальної дисципліни

**«КЛІНІЧНИЙ РЕАБІЛІТАЦІЙНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ПРИ
ПОРУШЕННЯХ ДІЯЛЬНОСТІ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ»**

для студентів спеціальності 227 Фізична терапія та ерготерапія

**ТЕМА: БАЛАНС ОБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У СУГЛОБАХ. БІОМЕХАНІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ТКАНИН**

План

- рухова активність та обмін речовин у суглобах; живлення суглобів
- рівні розпаду тканин; рівні відтворення тканин
- типи сил, що діють на тіло або у його межах
- склад і механічні функції тканин, біомеханічні властивості тканин
- біомеханічні властивості сухожиль і зв'язок, механізм пошкодження зв'язок і сухожиль

1. Рухова активність та обмін речовин в опорно-руховому апараті.

Залежно від характеру рухової активності скелетні м'язи людини можуть працювати в динамічному, статичному і змішаному режимах. Під час руху у зв'язку з підвищенням рівня обміну речовин у відповідності з правилом А. Крога в м'язах збільшується число відкритих капілярів. Збільшений приплив крові до м'язів сприяє підвищенню їх температури, що зумовлює зменшення

в'язкості (сили тертя між окремими волокнами), а отже, полегшує реалізацію фізико-хімічних властивостей м'язів, які безпосередньо впливають на продуктивність чиненої роботи. При статичних зусиллях судини м'язів здавлюються, кровообіг в м'язі майже припиняється. Невелика кількість O^2 , яке перебуває у складі міоглобіну, не може підтримувати аеробний режим енергозабезпечення, зв'язку з чим переважає анаеробний режим з використанням креатинфосфокиназної реакції і гліколитического фосфорилування.

Систематична рухова діяльність викликає робочу гіпертрофію м'язових волокон, збільшення ємності капілярної мережі в м'язах, вмісту міоглобіну, глікогену, АТФ, КФ, дихальних ферментів. У волокнах підвищується кількість мітохондрій. Останні сприяють зростанню здібності м'язів утилізувати піруват. При цьому обмежується накопичення молочної кислоти і забезпечується можливість мобілізації жирних кислот, підвищується здатність до інтенсивної і тривалої м'язової роботи. Паралельно настають зміни в центральному ланці рухових одиниць - в α -мотонейронах, які гіпертрофуються при одночасному збільшенні вмісту в них дихальних ферментів. При статичному режимі діяльності м'язів у них відбувається більш глибока перебудова судинної системи та нервових закінчень: капіляри змінюють хід йдуть не паралельно м'язовим волокнам, а обплітають їх аксони нейронів рухових одиниць діляться на більшу кількість терминален, підходять до м'язовим волокнам. Надійність функціонування опорно-рухового апарату зростає за рахунок збільшення поперечника трубчастих кісток та потовщення їх компактного речовини.

У міру повторення моторних навантажень рухова функціональна система набуває все більшу надійність діяльності.

При створенні кожної реабілітаційної програми виникає ряд проблем, які повинні вирішуватися фахівцем:

- індивідуальний підбір фізичних навантажень;
- поступове збільшення навантажень.

Завдання: знайти «норму» навантажень і рухової активності для кожного пацієнта.

Хрящ (лат. cartilago) — різновид сполучної тканини в організмі деяких безхребетних (наприклад, головоногих молюсків) і всіх хребетних, виконує опорно-механічну функцію. В онтогенезі хрящ розвивається з мезенхіми.

Тканина хряща представлена клітинами (хондробластами і хондроцитами), розташованими поодиноці або групами, і оточуючою їх міжклітинною речовиною, що складається з колагенових, рідше еластинових, волокон і так званої основної (аморфної) речовини. Волокна побудовані з молекул одного з різновидів колагену (тип II), яка не зустрічається в кістковій або волокнистій з'єднувальній тканині, а також білка еластину. Вони утворюють мережу, щільність якої зростає навколо клітин.

Основна речовина складається з високомолекулярних поліаніонів — галактозамінгліканів і глюкозамінгліканів (хондроїтінсульфати, кератосульфати, гіалуронова і сіалова кислоти, гепарин), створюючих комплекси з білками, — протеоглікани, молекулярна структура яких обумовлює пружність хряща. Механічні властивості хряща залежать від особливостей міжклітинної речовини. Гіаліновий хрящ характеризується відносно великою кількістю основної речовини.

Хрящ покритий охрястям, клітини якого здатні перетворюватися на хондробласти, забезпечуючі периферичне зростання хряща так званими накладеннями (збільшення маси міжклітинної речовини). Зростання хряща може відбуватися і внаслідок ділення його клітин (вставне зростання).

У хрящі немає кровоносних судин. В суглобових хрящах живлення відбувається з синовіальної рідини і судин відповідної кістки.

Синовія – клейка, в'язка рідина, хімічний склад – як плазма крові, а також є муцин (глюкопротеїд, що містить полісахариди) і продукти метаболізму: клітини з хряща і синовіальної оболонки, крапельки жиру, білок, солі, слиз. Функції: живлення і змазка хряща.

2. Рівні розпаду тканин. Рівні відтворення тканин.

Наше тіло урівноважує 2 процеси: процес розпаду тканин (як реакція на навантаження) і процес відновлення тканин. Норма – баланс руйнування і відновлення протягом довгого періоду часу (дегенерація – регенерація).

Природу багатьох патологій ОРА можна розглядати згідно з цією моделлю:

1. Підвищений рівень розпаду тканин (при тренуванні).
2. Знижений рівень розпаду тканин.
3. Підвищений рівень утворення тканин.
4. Знижений рівень утворення і відбудови тканин.

Підвищений рівень розпаду тканин відбувається при зростанні частоти або величини навантаження на частину тіла, або коли зменшується здатність тканин до самовідновлення.

Нормальна реакція на фізичне навантаження – легке запалення, надалі – компенсація шляхом утворення більшої кількості тканини, щоб протистояти високим ступеням навантаження.

Для кожної тканини існує критична межа, за якою рівень руйнування буде перевищувати рівень відновлення. Насамперед це тканини з обмеженою здатністю до регенерації, які слабо насичені кровоносними судинами.

Знижений рівень розпаду тканин. Стосується зменшення навантаження (гіподинамія), що приводить до зменшення рівня відтворення тканин.

Необхідно поступове підвищення рівня навантажень, орієнтуючись на послаблені структури. Дозрівання тканин передбачає переорієнтацію основних структурних елементів вздовж тих ліній, на які переважно буде припадати навантаження на цю структуру.

Підвищений рівень утворення тканин. Рівень утворення зростає при будь-якому запальному процесі. Відбудовна (репаративна) фаза після запалення включає нарощування кількості клітин колагену. Тканина стає менш пружною, втрачає рухливість (особливо при іммобілізації). Новоутворений колаген не

вкладається вздовж ліній навантажень, утворює ненормальні міжволоконні перехресні зв'язки, які заважають нормальному функціонуванню.

Знижений рівень утворення і відбудови тканин. Відбувається при порушенні метаболізму: зменшення кількості кровоносних судин (ішемія), дефіцит поживних речовин, гормональні зміни (при менопаузі), вікові зміни. Вирішення проблеми: зменшувати навантаження відповідно до віку.

3. 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).

4. Склад і механічні функції тканин. Біомеханічні властивості 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. Осейн 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 кітками суглобу. Головна відмінність між ними полягає в організації колагенових фібрил, що обумовлена їхніми функціями. Оскільки функція сухожилля полягає в поєднанні м'язової сили кістки чи хряща, а структура сухожилля 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% сирової маси сухожилля і зв'язок складає колаген типу волокнистий білок, що характеризується значною механічною стійкістю. Колагенова фібрила – одиниця і сухожилля, 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 сухожилля 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.

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 кістки надає 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 кістки, 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 напруження у місцях різкого переходу.

4) Кістки мають різну міцність залежно від функції, яку виконують. Кістки черепа, 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 до 1,5 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.

5. Біомеханічні властивості сухожиль і зв'язок, механізм пошкодження зв'язок і сухожиль

Функціональна активність зв'язок і сухожиль – 5-25% від максимального напруження. Фізіологічний діапазон напруження у тканинах – нижня і лінійна зони. Після точки корисної роботи – великі розриви колагенових волокон, може відбутись зміщення суглоба (підвивих) – стосується зв'язок.

Механізм пошкодження зв'язок. Зв'язки не зазнають прямого впливу скорочувальних сил, вони травмуються або при одному русі поза точкою корисної роботи, або при багатьох рухах близько до точки корисної роботи (мікророзриви сумуються).

Механізм пошкодження сухожиль. Сухожилля зазнають травми, коли зазнають прямого впливу скорочення м'язів, тому площа поперечного розрізу сухожилля повинна відповідати силі м'язу. Додатково на сухожилля можуть діяти зовнішні сили, що сумуючись з активними можуть спричинити травму (удар по натягнутому ахіллу, або сухожиллі довгої головки біцепса).

Рекомендована література:

1. Григор'єва Л. І. Основи біофізики і біомеханіки : навч. посіб. / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 297 с.
2. Коритко З. Загальна фізіологія : навч. посіб. / Зоряна Коритко, Євген Голубій. – Львів : ПП Сорока, 2002. – 141 с.
3. Коритко З. Медико-біологічні основи фізичного виховання / Зоряна Коритко. – Львів, 2002. – 51 с.
4. Куцериб Т. Анатомія людини з основами морфології : навч. посіб. / Тетяна Куцериб, Мирослава Гриньків, Федір Музика. – Львів: ЛДУФК, 2019. – 86 с.
5. Медико-біологічні основи фізичної терапії, ерготерапії ("Нормальна анатомія " та "Нормальна фізіологія") : навч. посіб. / Мирослава Гриньків, Тетяна Куцериб, Станіслав Крась, Софія Маєвська, Федір Музика. – Львів : ЛДУФК, 2019. – 146 с.
6. Музика Ф. В. Анатомія людини : навч. посіб. / Музика Ф. В., Гриньків М. Я., Куцериб Т. М. – Львів : ЛДУФК, 2014. – 360 с.
7. Мухін В. М. Фізична реабілітація в травматології : монографія / В. М. Мухін. – Львів : ЛДУФК, 2015. – 428 с.

8. Скляренко Є. Т. Травматологія і ортопедія : підруч. для студ. вищих мед. навч. закл. / Є. Т. Скляренко. – Київ : Здоров'я, 2005. – 384 с.
9. Олекса А. П. Ортопедія / А. П. Олекса. – Тернопіль : ТДМУ, 2006. – 528 с.
10. Свістельник І. Фізична реабілітація : анот. бібліогр. покажч. / Ірина Свістельник. – Київ : Кондор, 2012. – 1162 с.
11. 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.
12. Тиравська О. Програма фізичної реабілітації осіб, оперованих із приводу кил міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта / Оксана Тиравська, Ростислав Данилков // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. виховання, спорту і здоров'я людини / за заг. ред. Євгена Приступи. – Львів, 2011. – Вип. 15, т. 3. – С. 293–299.
13. Тиравська О. Реабілітаційне обстеження осіб після хірургічного лікування кил міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта / Оксана Тиравська // Молода спортивна наука України: зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Львів, 2009. – Вип. 13, т. 3. – С. 171–175.
14. Тиравська О. І. Фізична реабілітація осіб, оперованих з приводу кил міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта : автореф. дис. ... канд. наук з фіз. виховання і спорту : [спец.] 24.00.03 "Фізична реабілітація" / Тиравська Оксана Іванівна ; ЛДУФК. – Львів, 2010. – 20 с.
15. Энока Р. М. Основы кинезиологии / Р. С. Энока. – Киев : Олимпийская литература, 2000. – 399 с.
16. O'Sullivan S., Schmitz T. Physical Rehabilitation: Assessment and Treatment. – 4th ed. – Philadelphia: F.A. Davis, 2000.