

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

**ТИРАВСЬКА О. І.**

**ЛЕКЦІЯ № 7-8**

**БІОМЕХАНІКА М'ЯЗОВИХ СКОРОЧЕНЬ**

з навчальної дисципліни

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

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

# ТЕМА: БІОМЕХАНІКА М'ЯЗОВИХ СКОРОЧЕНЬ

## План

1. Момент сили, м'язове зусилля, м'язове скорочення.
2. Типи м'язових скорочень.
3. Поняття про підсумковий рух у суглобі. Неврологічні фактори, що впливають на підсумковий рух у суглобах. М'язові фактори, що впливають на підсумковий рух у суглобах;

### **1. Момент сили, м'язове зусилля, м'язове скорочення.**

У біокінематичних ланцюгах тіла людини рух може передаватися від ланки до ланки. Наприклад, рух кисті руки при підйомі якогось вантажу може бути результатом руху ноги і тіла, а також руху у суглобах руки. Рух кисті, в цьому випадку, складається з сукупності рухів інших ланок. Тому цей рух є складним рухом, і для його аналізу застосовуються усі принципи складного руху твердого тіла.

Складний рух утворюється з декількох рухів, які складають цей рух у єдиний біокінематичний ланцюг. У найпростіших випадках у механіці додаються два або більше поступальних<sup>10</sup> рухів. Але переважно в рухах людини поступальні і обертальні<sup>11</sup> компоненти присутні одночасно, причому руховий апарат людини побудований таким чином, що усі рухи (в тому числі і поступальні) створюються з комбінацій обертальних рухів у суглобах. Біомеханічні характеристики описують поступальні і обертальні рухи. Ці характеристики поділяються на: кінематичні, динамічні, енергетичні. Вони мають різне призначення: кінематичні – характеризують зовнішню картину рухової діяльності; динамічні – несуть інформацію про причини змін рухів; енергетичні – дають уяву про механічну продуктивність і економічність. Кінематика, як відомо, характеризує рух тіла в просторі. Залежно від зміни напрямку швидкостей і їх задавання, рухи ланок тіла людини можуть бути:

- 1) зворотно-обертальними;
- 2) зворотно-поступальними;
- 3) обертальними.

Будова сполучань окремих ланок скелету людини не дозволяє виконувати ним рухи у суглобах за принципом «колеса», тобто робити безмежні обертання навколо осі суглоба в один бік. Обмежувачі рухів (кісткові утворення, м'які тканини суглобів і м'язів) дозволяють виконувати рух у суглобах у межах не більше приблизно половини кола, тому майже усі рухи мають зворотній характер. Зворотньо-обертальні рухи нагадують рухи маятника (коливальні рухи) навколо осі, яка розташована поперек або вздовж біокінематичного ланцюга (наприклад, процес згинання-розгинання). Спеціальне узгодження обертальних рухів у різних суглобах біо-кінематичного ланцюга дозволяє кінцевим ланкам рухатися поступально (кість боксера при обертальних рухах у плечовому і ліктьовому суглобах; тулуб бігуна при відштовхування ногою тощо). Це є зворотньо-поступальний рух. Круговий (обертальний) рух є, коли повздовжня вісь ланки описує кінцеву поверхню. Тільки він і може виконуватися без обов'язкових зворотних рухів.

Динаміка розглядає вплив взаємодії між тілами на їхній механічний рух. На відміну від кінематичних характеристик динамічні не можна оцінити за зовнішньою картиною.

До динамічних характеристик відносяться:

- 1) інерційні характеристики (особливості тіл, що безпосередньо рухаються),
- 2) силові характеристики (особливості взаємодії тіл).

Сила – це міра механічного впливу одного тіла на інше у певний момент часу. Чисельно вона визначається добутком маси тіла на його прискорення, яке викликає цією силою:  $F = m \cdot a$ .

Вимірювання сили, так як і маси, засноване на другому законі Ньютона. Сила, що прикладена до тіла, викликає його прискорення. Джерелом сили виступає інше тіло, тобто взаємодіють два тіла. При цьому є «дія» другого тіла на перше, і «протидія» першого тіла, що прикладена до другого. За третім законом Ньютона дії завжди є однакою за величиною протидія, тобто дії двох тіл одне на одне завжди є однаковими за величиною і протилежними за напрямком.

У рухах людини, де усі рухи частин тіла є обертальними, визначають момент сили. *Момент сили* – це міра обертальної дії сили на тіло. Визначається векторним добутком сили на її плече.

Плече сили – це мінімальна відстань від осі обертання до лінії дії сили. Якщо на тіло, яке може обертатися навколо будь-якої точки, діють одночасно декілька сил, то для складання моментів цих сил потрібно користуватися правилом додавання моментів. Момент є додатнім, коли сила викликає обертання тіла проти часової стрілки.

Момент є від'ємним, коли сила викликає обертання тіла за часовою стрілкою. Чим довшим є плече сили, тим більшим є момент сили або обертальний момент.

«М'язова сила». Активною частиною («машиною-двигуном») рухового апарату є скелетний м'яз. При збудженні м'язу у ньому з'являється активна сила, яка прагне зблизити кінці м'язу, змінити його довжину. Ця м'язова тяга зумовлює активні рухи людини.

Сила – це поняття, яке використовується для опису взаємодії об'єкту з іншими об'єктами оточуючого світу. Сила це векторна величина яка характеризується величиною, напрямком і точкою прикладення. М'язове зусилля може бути схематично зображене у вигляді стрілки, яка має величину та напрямок. Прикладення м'язової сили розглядається з чотирьох позицій для аналізу руху людини:

- більшість м'язів скелету створюють зусилля поперек суглобу і можуть викликати поворот сегмента, це дозволяє розглядати багато функцій тіла людини з позиції теорії механічних машин;

- тіло людини можна розглядати, як послідовність жорстких сегментів, де деформації м'язих тканин і рух рідин в тілі не мають великого впливу на рух;

- напрямок вектора м'язової сили являється прямою лінією між проксимальним та дистальним прикріпленням, причому сила вважається прикладеною в точках прикріплення. Фактично м'яз прикріпляється не в одній точці, а має певну площу прикріплення. Але якщо розміри площі досить таки

малі у порівнянні з іншими розмірами системи, то прикладене зусилля розглядається, як точка. Якщо площа прикріплення м'язу значна (наприклад, трапецеподібний, грудний м'язи) то м'язове зусилля представляється декількома лініями дій;

- рух виникає тоді, коли є незбалансованість сил системи (закон інерції).

Механічний аналіз дії декількох м'язів, які перетинають суглоб дозволяє визначати скоріше результат м'язового зусилля ніж силу яка здійснюється окремими м'язами.

Основною властивістю скелетної поперечнопосмугової м'язової тканини є скоротливість. Скорочуючись під впливом нервових імпульсів, м'яз переміщує кісткові важелі, що з'єднуються між собою у суглобі – рухома точка наближається до точки фіксації.

Виділяють кілька послідовних етапів запуску та здійснення м'язового скорочення.

1. Потенціал дії поширюється уздовж рухового нервового волокна до його закінчень на м'язових волокнах.

2. Кожне нервове закінчення секретує невелику кількість нейромедіатора ацетилхоліну.

3. Ацетилхолін діє на обмежену область мембрани м'язового волокна, відкриваючи численні керовані ацетилхоліном канали, що проходять крізь білкові молекули, вбудовані в мембрану.

4. Відкриття керованих ацетилхоліном каналів дозволяє великій кількості іонів натрію дифундувати всередину м'язового волокна, що веде до виникнення на мембрані потенціалу дії.

5. Потенціал дії проводиться вздовж мембрани м'язового волокна так само, як і по мембрані нервового волокна.

6. Потенціал дії деполяризує м'язову мембрану, і велика частина виникає при цьому електрики тече через центр м'язового волокна. Це веде до виділення з саркоплазматичного ретикулума великої кількості іонів кальцію, які в ньому зберігаються.

7. Іони кальцію ініціюють сили зчеплення між Актинові і міозіновими нитками, що викликають ковзання їх відносно один одного, що і складає основу процесу скорочення м'язів.

8. Через частку секунди за допомогою кальцієвого насоса в мембрані саркоплазматичного ретикулу іони кальцію закачуються назад і зберігаються в ретикулуме до приходу нового потенціалу дії. Видалення іонів кальцію від міофібрил веде до припинення м'язового скорочення.

## **2. Типи м'язових скорочень.**

Типи роботи м'язів:

Ізометричне напруження – це скорочення м'яза або м'язових груп, які продукують зусилля що не змінює довжини самих м'язів та кута в суглобах через які вони проходять.

Ізокінетичне напруження – це скорочення м'яза або м'язових груп при якому рух перемішуючого сегменту має постійну швидкість.

Ізотонічне напруження – це скорочення м'язу або м'язових груп при якому тонус м'яза є незмінним.

Концентричне напруження – це скорочення м'язу або м'язових груп при якому зближуються точки прикріплення м'язу, або зменшується його довжина.

Ексцентричне напруження – це скорочення м'язу або м'язових груп при якому віддаляються точки прикріплення м'язу або збільшується його довжина.

## **3. Поняття про підсумковий рух у суглобі.**

Підсумковий суглобовий рух – це сума моментів всіх сил, що діють відносно вісі суглоба.

Активні сили – сила м'язів-агоністів.

Негативні сили – сили деформації суглоба (взаємодія суглобових поверхонь, натяг зв'язок, капсули, шкіри), сили натягу м'язів-антагоністів. Завжди спрямовані проти напрямку м'язової активності.

Здоровий суглоб – активні сили великі, а пасивні – малі.

Патологічний суглоб – негативні сили великі, активні – малі.

Що впливає на ПСР:

1. Травми суглоба: пригнічення роботи м'язів (рефлекторна затримка) і зменшення активних сил.

2. Імобілізація (повна, часткова), хронічні захворювання: зменшення активних сил (атрофія м'язів) і збільшення негативних сил (втрата рухливості суглобових і навколосуглобових структур, ригідність м'язів-антагоністів/зростання тонусу).

М'язові фактори, які впливають на ПСР:

1. Співвідношення сили і довжини м'яза.
2. Співвідношення сили і швидкості скорочення м'яза.
3. М'язова архітектура.
4. Момент дії сили м'яза.

Неврологічні фактори, що впливають на ПСР:

1. Мобілізація рухових одиниць (кількість діючих рухових одиниць, тип: швидкі, повільні; розмір мотонейронів: великі, малі).
2. Величина імпульсації (частота вивільнення сигналів).
3. Тип вивільнення (синхронізація імпульсів).

#### **Рекомендована література:**

1. Вовканич А. С. Вступ до фізичної реабілітації : навч. посіб. / А. С. Вовканич. – Львів : ЛДУФК, 2013. – 184 с.

2. 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.

3. Коритко З. Медико-біологічні основи фізичного виховання / Зоряна Коритко. – Львів, 2002. – 51 с.

4. 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. I. – С. 107–112.

5. Коритко З. І. Сучасні уявлення про загальні механізми адаптації організму до дії екстремальних впливів / З. І. Коритко. // [Вісник проблем біології і медицини](#). – 2013. – Вип. 4(1). – С. 28-35.

6. Коритко З. І. Функціонально-метаболичні аспекти формування перехідних адаптаційно-компенсаторних процесів за умов екстремальних впливів (огляд літератури з елементами власних досліджень) / З. І. Коритко // Кримський терапевтичний журнал. – 2013. – № 2(21). – С. 21–28.

7. Крук Б. Р. Курс лекцій з навчальної дисципліни "Професійна кінезіологія" / Крук Б. Р. – Львів, 2018. – 43 с.
8. Куцериб Т. Анатомія людини з основами морфології : навч. посіб. / Тетяна Куцериб, Мирослава Гриньків, Федір Музика. – Львів: ЛДУФК, 2019. – 86 с.
9. Лікувальна фізична культура при травмах і захворюваннях опорно-рухового апарату : анот. бібліогр. покажч. / уклад. Ірина Свістельник. – Львів : [б. в.], 2015. – 31 с.
10. Музика Ф. Анатомія людини : навч. посіб. / Федір Музика, Мирослава Гриньків, Тетяна Куцериб. – Львів : ЛДУФК, 2014. – 360 с. – ISBN 978-966-2328-70-7.
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. Вплив специфіки тренувального процесу на морфофункціональні показники спортсменів різних спеціалізацій / Федір Музика // Сучасні проблеми розвитку теорії та методики гімнастики : зб. наук. матеріалів. – Львів, 2001. – С. 53–56.
14. Музика Ф. В. Особливості морфо-функціональних показників у спортсменів різних спеціалізацій / Ф. В. Музика // Медичні проблеми фізичної культури та спорту: досвід, сучасні напрямки та перспективи : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ, 1999. – С. 39.
15. Мухін В. М. Фізична реабілітація пр. пошкодженнях опорно-рухового апарату : монографія / В. М. Мухін. – Львів : ЛДУФК, 2016. – 398 с.
16. Руденко Р. Є. Динаміка показників систем організму під впливом засобів фізичної реабілітації спортсменів після травм, захворювань спинного мозку та наслідків поліомієліту / Р. Є. Руденко, А. В. Магльований // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 15, Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт) : зб. наук. праць. – Київ, 2018. – Вип. 8 (102). – С. 64-67.
17. Тиравська О. І. 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 фізичної культури та спорту. – Львів, 2012. – Вип. 16. – Т. 3. – С. 236–241.
18. Тиравська О. Курс лекцій з навчальної дисципліни "Фізична реабілітація при порушеннях діяльності опорно-рухового апарату" / Тиравська О. – Львів, 2017. – 44 с.
19. 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 (ХХІІІ), 2007. – № 5. – С. 231–233.

20. Фізична реабілітація : анот. бібліогр. покажч. / Ірина Свістельник. – Київ : Кондор, 2012. – 1162 с.

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

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