

ЗМІСТ

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ БІОМЕХАНІКИ РУХІВ ЛЮДИНИ	6
1.1. Предмет біомеханіки	6
1.2. Механічний рух у живих системах	6
1.3. Особливості механічного руху людини	7
1.4. Завдання біомеханіки спорту	8
1.5. Зміст біомеханіки спорту	8
Контрольні питання	9
2. БІОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ, ЯКІ ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ РУХИ ЛЮДИНИ	10
2.1. Біомеханічні особливості кісткової системи	10
2.2. Ступені свободи руху біоланок. Біокінематичні пари та ланцюги біоланок	13
2.3. Види важелів та особливості силових взаємодій з їх використанням	16
2.4. Біомеханічні особливості м'язової системи	18
Контрольні питання	25
3. БІОМЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХІВ ТІЛА ЛЮДИНИ	26
3.1. Біокінематичні характеристики	26
3.2. Біодинамічні характеристики	31
3.3. Біостатичні характеристики фіксованої пози людини	37
Контрольні питання	44
4. ІНДИВІДУАЛЬНІ І ГРУПОВІ ОСОБЛИВОСТІ МОТОРИКИ ЛЮДИНИ	46
4.1. Статура і моторика людини	46
4.2. Онтогенез моторики	48
4.3. Руховий вік	50

4.4. Рухова асиметрія і рухові переваги	51
Контрольні питання	52
5. ВИДИ РУХОВИХ ДІЙ	53
5.1. Загальні основи наземних локомоцій	53
5.2. Види спортивних локомоцій	56
5.2.1. Біодинаміка бігу	56
5.2.2. Біодинаміка ходьби	59
5.3. Переміщуючі рухи	61
5.4. Ударні дії	65
Контрольні питання	69
6. БІОМЕХАНІЧНІ ОСНОВИ СПОРТИВНО-ТЕХНІЧНОЇ МАЙСТЕРНОСТІ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІКИ РУХОВИХ ДІЙ	71
6.1. Об'єм технічної підготовленості	71
6.2. Різnobічність технічної підготовленості	72
6.3. Раціональність техніки	72
6.4. Ефективність володіння спортивною технікою	73
6.5. Освоєнність техніки	76
Контрольні питання	77
7. ВИМІРЮВАННЯ БІОКІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	78
7.1. Побудова біокінематичної схеми рухів людини при виконанні фізичної вправи по відеограмі	78
7.2. Визначення часових характеристик рухів і побудова хронограми рухової дії по відеограмі	84
8. ВИМІРЮВАННЯ БІОСТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	88
8.1. Визначення положення загального центру тяжіння (ЗЦТ) тіла людини розрахунковим методом	88
8.2. Визначення ступеня стійкості тіла людини в досліджуваній позі по фотограмі	93

9. ВИМІРЮВАННЯ БІОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	96
9.1. Оцінка умов взаємодії тіла людини з опорою при різних локомоціях по тензодинамограмі	96
9.2. Визначення моменту інерції тіла людини відносно зовнішньої закріпленої вісі обертання за біокінематичною схемою фізичної вправи	100
ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ В БІОМЕХАНІЦІ	104
ДОДАТКИ	142
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	144

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ БІОМЕХАНІКИ РУХІВ ЛЮДИНИ

1.1. Предмет біомеханіки

Предмет науки розкриває, що і з якою метою вивчається.

БІОМЕХАНІКА – це наука про закони механічного руху в живих системах.

До живих систем (біосистем) відносяться:

а) цілості організми (наприклад, людина);

б) їхні органи та тканини, а також рідина та гази в них (внутрішньо-організменні системи);

в) об'єднання організмів (наприклад, разом діюча пара акробатів, противодіючі борці).

Біомеханіка спорту – як навчальна дисципліна вивчає рухи людини у процесі виконання фізичних вправ. Вона розглядає рухові дії спортсмена як систему взаємопов'язаних активних рухів (об'єкт пізнання). При цьому досліджують механічні та біологічні причини рухів та залежні від них особливості рухових дій в різних умовах (галузь вивчення).

Рухові дії людини, які вивчає біомеханіка спорту, включає в себе механічний рух. Саме він являє собою безпосередньо мету рухової дії людини (переміщуватись самому, переміщувати снаряд, супротивника, партнера та інше). Але механічний рух здійснюється при зумовлюваній участі у руховій дії більш вищих форм руху. Тому біологічна механіка (біомеханіка) ширша та набагато складніша, ніж механіка неживих тіл, вона якісно відрізняється від механіки останніх.

1.2. Механічний рух у живих системах

Механічний рух в живих системах проявляється як:

а) пересування усієї системи відносно її оточення (середовища, опори, фізичних тіл), та

б) деформація самої біосистеми – переміщення одних її частин відносно інших.

Основні закони динаміки Ньютона описують рух абстрактних абсолютно твердих тіл, котрі не деформуються. Таких тіл в природі не існує. Але в так званих твердих тілах деформації бувають такі малі, що їх можна і не враховувати. В живих системах суттєво змінюється відносне розташування їхніх частин. Ці зміни і є рухами людини. Самі ж частини живих систем (наприклад, хребет, грудна клітка), також часом суттєво деформуються. Тому, вивчаючи рух живої системи, мають на увазі, що робота сил витрачається і на переміщення тіла в цілому і на деформацію.

Треба знати, що не існує особливих законів механіки для живого світу (природи). Але наскільки живі системи відрізняються від абстрактних абсолютно твердих тіл, настільки ж механічний рух живого складніший руху абсолютно твердого тіла. От же застосовуючи загальні закони механіки до живих об'єктів, необхідно враховувати не тільки їх механічні особливості, але й біологічні (наприклад, причини пристосування рухів людини до умов, шляхів удосконалювання рухів, впливу стомлення).

1.3. Особливості механічного руху людини

Рухова діяльність людини здійснюється у вигляді рухових дій, які створені із багатьох взаємопов'язаних між собою рухів (системи рухів). Вона складна не тільки тому, що дуже не прості функції органів руху, але й тому, що в ній приймає участь свідомість як продукт найбільш високоорганізованої матерії – мозку. Ось чому рухова діяльність людини суттєво відрізняється від діяльності тварин.

Хоча причини рухів у біомеханіці й розглядаються з точки зору механіки й біології, проте їх закономірності треба брати у взаємозв'язку, враховуючи роль людської свідомості у цілеспрямованому керуванні рухами. Саме взаємозв'язок механічних та біологічних закономірностей дозволяє розкрити специфіку біомеханіки. Свідоме керування рухами з використанням цієї специфіки забезпечує їх (високу) велику ефективність у різних умовах виконання.

1.4. Завдання біомеханіки спорту

Загальне завдання вивчення рухів

Загальна задача вивчення рухів людини у біомеханіці спорту – оцінка ефективності докладання сил для більш досконалого досягнення поставленої мети.

Окремі завдання біомеханіки спорту

Окремі завдання біомеханіки спорту складаються з вивчення наступних основних питань:

- а) будова, властивості та рухові функції тіла спортсмена;
- б) раціоналізація спортивної техніки;
- в) удосконалення технічної майстерності спортсмена.

Біомеханічне обґрунтування технічної підготовки спортсменів має на меті визначення особливостей та рівня їхньої підготовки; планування раціональної спортивної техніки, підбір допоміжних вправ та створення тренажерів для спеціальної фізичної та психологічної підготовки, оцінка методів тренувань, що застосовуються, та контроль за їх ефективністю.

1.5. Зміст біомеханіки спорту

Теорія біомеханіки спорту

В основу сучасного розуміння рухових дій закладено системно-структурний підхід, який дозволяє розглядати тіло людини як рухливу систему, а самі процеси руху – як системи рухів, що розвиваються.

Системно-структурний підхід до вивчення рухів людини реалізується у теорії структурності рухів, котра закладена ідеями М. О. Бернштейна. «Рух – це не ланцюжок деталей, а структура (у даному випадку – система), диференційована на деталі, – структура цілісна, при наявності у той же час високої диференційованості елементів й різноманітних окремих форм взаємовідносин між ними».

До основи теорії біомеханіки відносяться передумови механічної зумовленості та рефлекторної природи рухів. Усі рухи здійснюються під впливом механічних сил різного походження у повній

відповідності до законів механіки. Для усіх рухів в цілому є характерною рефлекторна природа керування руховими діями на основі принципу нервізму.

Метод біомеханіки спорту

Метод біомеханіки спорту – це основний засіб дослідження, шлях до пізнання закономірностей явищ. Теорія біомеханіки дає обґрунтування її методу, а сам метод визначає можливості отримання нових даних, розкриття нових закономірностей.

Метод біомеханіки у найбільш загальному вигляді має у своїй основі системний аналіз та системний синтез дій з використанням кількісних характеристик, зокрема моделювання рухів.

Системний аналіз та системний синтез дій нерозривно пов'язаний між собою, доповнюють один одного у системно-структурному дослідженні.

Треба відрізнити метод біомеханіки як загальний принциповий шлях пізнання складних систем рухів від окремих методик біомеханічного дослідження (методик реєстрації характеристик та обробки отриманих даних). Далеко не кожне біомеханічне дослідження використовує повністю метод біомеханіки. Більш того, значна частина досліджень спрямована на вивчення окремих механізмів, або загальних положень рухових актів. Дуже важливою є також розробка нових удосконалених методик досліджень.

Закономірності, які встановлюються під час вивчення рухів, мають переважно статистичний (імовірний) характер. Він обумовлений залежністю наслідків від багатьох невизначених повністю причин. Такі закономірності властиві, зокрема, живим організмам.

Контрольні питання

- 1. Наведіть узагальнюючу інформацію про предмет науки.*
- 2. Що вивчає біомеханіка?*
- 3. Що вивчає біомеханіка спорту?*
- 4. Охарактеризуйте особливості механічного руху в живих системах.*
- 5. Які відмінності механічного руху людини від механічного руху біологічних створінь?*
- 6. Загальна і окремі завдання біомеханіки спорту.*
- 7. Розкрийте сутність основних положень теорії біомеханіки спорту.*

2. БІОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ, ЯКІ ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ РУХИ ЛЮДИНИ

Будь-яка рухова дія і рух, їй відповідний, ставши предметом навчання в спорті, базуються на загальному субстраті, тобто формуються на єдиній природній основі, якою в даному випадку є опорно-руховий апарат людини (ОРА) з усіма притаманними йому механічними, анатомічними, морфологічними, фізіологічними системними властивостями. Н. А. Бернштейн був одним з перших біомеханіків, які поклали в якості наріжного каменю теоретичної біомеханіки будову опорно-рухового апарату (ОРА), а властивості його використовували для пояснення причин певної організації рухової дії. Саме ОРА «диктує» виконавцю вправи вимоги, що пред'являються до кращої організації заданої рухової дії, і межі можливого, «дозволеного» в цьому випадку самою природою. Якими специфічними не були б рухові завдання, характерні для того чи іншого виду вправ, ці задачі в будь-якому випадку повинні вирішуватися засобами все того ж, принципово єдиного для будь-якої здорової людини, ОРА. Тому зрозуміло, що, перш ніж розглядати питання навчання різним фізичним вправам, їх аналізу, моделювання, важливо хоча б у першому наближенні проаналізувати їх найбільш загальні, перш за все біомеханічні, основи, пов'язані з природними властивостями тіла людини.

2.1. Біомеханічні особливості кісткової системи

Рухова діяльність людини вимагає погодженої роботи організму в цілому, але головна роль при цьому належить руховому апарату. З механічної точки зору руховий апарат людини являє собою механізм зі складною системою важелів, що приводяться у дію м'язами. Однак під час вивчення рухів людини й причин, що їх спричиняють, було б неправильно обмежуватися тільки поданнями механіки.

Для того, щоб зрозуміти будову рухового апарату й принцип його дії, необхідно враховувати біологічну природу «механізмів» людського тіла. Аналіз діяльності рухового апарату з біологічної точки зору дозволяє розкрити своєрідність будови й принципу дії «живих механізмів». Отже, вивчаючи рух людини, необхідно добре знати, як улаштований його опорно-руховий апарат з погляду біомеханіки. Це означає, що варто ясно уявляти собі принципи будови його пасивної (кістки і їх з'єднання) й активної (м'язова система) частин. На відміну від анатомії, що вивчає всі деталі будови тіла, для біомеханіки важливо виявити саме ті особливості будови, від яких залежать властивості органів опори й руху, а також їх участь у виконанні рухової функції. У біомеханічному дослідженні неможливо врахувати будову й функції тіла у всіх їхніх особливостях. Для вивчення рухів створюють модель тіла – біомеханічну систему. Вона має основні властивості, істотні для виконання рухової функції, і не містить зайвих приватних деталей.

Таким чином, біомеханічна система – це спрощена копія, модель тіла людини, на якій можна вивчати закономірності рухів. Рухову частину людини становлять кісткова й м'язова системи.

Основною властивістю, якою володіє кісткова система, є властивість пружності. Пружність – це здатність протидіяти навантаженням.

Навантаженнями називають сили, прикладені до тіла, котрі у сукупності спричиняють його деформацію. Розрізняють навантаження, що викликають розтягування, стискання, згинання кручення і їх поєднання (рис. 2.1).

Навантаження, що спричиняються розтягуванням, виникають, наприклад, під час висіння або утримання вантажу в опущених руках. При поздовжній силі, що розтягує, кістка витримує



Рис. 2.1. Види навантажень на кістку

напруження $150 \text{ Н} \cdot \text{мм}^{-2}$. Установлено, що міцність кістки на розтягування вища ніж у дуба і майже дорівнює міцності чавуну.

Навантаження, що створюють стискання кісток, зустрічаються найчастіше при вертикальному положенні тіла на опорі. У цьому випадку на кістяк діють, з одного боку, сила ваги тіла й вага зовнішніх обтяжень, а з іншого боку – тиск опори. При стисканні міцність кісток ще вища: так, наймасивніша кістка – стегнова – витримує вагу 27 чоловік. Гранична сила стискання становить 16 000–18 000 Н.

Навантаження, що викликають згинання, зустрічаються у випадках, коли кістки виступають як важелі. У цих випадках прикладені до них сила опору м'язів і сила навантаження мають вертикальну складову відносно поздовжньої осі кістки, що і викликають її згинання. При згинанні кістки людини також витримують значні навантаження. Наприклад, сили 12 000 Н (1,2 т) недостатньо, щоб зламати стегову кістку. Подібний вид деформації часто зустрічається як у повсякденному житті, так і в спортивній практиці. Наприклад, сегменти верхньої кінцівки деформуються на вигин при утримуванні положення «хрест» у висі на кільцях.

Навантаження, що спричиняються крученням, найчастіше зустрічаються при обертових рухах ланки навколо поздовжньої осі. Наприклад, під час ходьби моменти сил, що скручують, можуть досягти 15 Нм. Ця величина в кілька разів менша межі міцності кісток: для руйнування, наприклад, стегової кістки момент сили повинен досягти 30–140 Нм (ці цифри дещо занижені, оскільки отримані на трупному матеріалі).

Міцність кісток у 2–5 разів перевищує сили, що діють на них у повсякденній діяльності людини. Якщо механічні навантаження, наприклад, як у спортсменів, перевищують звичайні діапазони, то організм реагує відповідно – відбувається гіпертрофія кістки. Відомо, що у штангістів потовщуються кістки ніг і хребта, у футболістів – зовнішня частина кістки плюсни, у тенісистів – кістки передпліччя.

З'єднання ланок. Суглобні з'єднання кісткових ланок обумовлюють різноманіття можливостей рухів. Для виконання рухових дій найбільше значення мають синовіальні суглоби, які мають найбільшу рухливість (ліктьовий, кульшовий, колінний,