

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра фізичної реабілітації, спортивної медицини,  
фізичного виховання і здоров'я

**Біомеханіка і клінічна кінезіологія**

**Тема 2. ОСНОВИ БІОМЕХАНІЧНОГО КОНТРОЛЮ**

Методичні рекомендації для самостійної роботи  
студентів III курсу медичних факультетів  
спеціальності «Фізична терапія, ерготерапія»

Запоріжжя

2019

***Затверджено:***

на засіданні кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ протокол № 1 від 29.08.2019 р.

на ЦМР ЗДМУ протокол № від р.

***Автори:***

***Дорошенко Е.Ю.***, доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ;

***Гурєєва А.М.***, кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ;

***Черненко О.Є.***, кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ

Методичні рекомендації призначені для студентів, які навчаються за спеціальністю 227 «Фізична терапія, ерготерапія» ЗВО МОЗ України для допомоги у вивченні окремих питань біомеханіки та клінічної кінезіології, які віднесено до самостійної роботи згідно типової та робочої програм, в рамках підготовки до практичних занять та кращого засвоєння навчального матеріалу.

*Актуальність теми.* Однією з найважливіших функцій організму людини вважається рухова функція, тобто різні зміни в організмі, його внутрішні й зовнішні взаємодії, а також зміна його стану. Для цього розроблено спеціальні методи й засоби вимірювань (контролю), результати котрих можуть об'єктивно характеризувати ступінь підготовленості людини до розв'язання певних рухових завдань.

### **Зміст**

1. Біомеханічний контроль як елемент системи комплексного контролю у фізичному вихованні та спортивно-оздоровчій діяльності.
2. Основи біометрії.
3. Шкали та одиниці вимірювання.
4. Системи підрахунку відстані та часу.
5. Поняття про біомеханічні характеристики.
6. Особливості біомеханічних характеристик поступального та обертального рухів.
7. Кількісна оцінка техніко-тактичної майстерності.
8. Тестування та педагогічне оцінювання в біомеханіці.

### **Список рекомендованої літератури**

#### *Основна:*

1. Козубенко О.С. Біомеханіка фізичних вправ: навчально-методичний посібник / О.С. Козубенко, Ю.В. Тупеев. – Миколаїв, 2015. – 215 с.
2. Соколова О.В. Біомеханіка: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Фізична культура і спорт» освітньо-професійних програм «Фізичне виховання» і «Спорт» / О.В. Соколова, Г.А. Омеляненко, В.О. Тищенко. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2017. – 96 с.

*Допоміжна:*

1. Біомеханіка спорту / за заг. ред. А. М. Лапутіна. – К.: Олімп. л-ра, 2005. – 320 с.

## **1. Біомеханічний контроль як елемент системи комплексного контролю у фізичному вихованні та спортивно-оздоровчій діяльності.**

Людина стає об'єктом вимірювання з раннього дитинства. У немовляти вимірюють ріст, вагу, температуру тіла, тривалість сну і т.д. Пізніше, у шкільному віці, у число вимірюваних перемінних включаються знання й уміння. Чим доросліше людина, чим ширше коло її інтересів, тим більше показників необхідно для її характеристики і тим важче здійснити точні виміри.

*Рухова майстерність людини*, її вміння в будь-яких умовах рухатися швидко, точно й красиво, залежить від рівня підготовленості:

- ✓ фізичної;
- ✓ технічної;
- ✓ тактичної;
- ✓ психологічної;
- ✓ теоретичної.

Ці п'ять чинників культури рухів є визначальними під час занять оздоровчими, масовими формами фізичної культури, у спорті, фізичному вихованні різних верст населення.

Для удосконалювання рухової майстерності й навіть для збереження її на досягнутому рівні необхідний контроль за кожним із названих чинників.

*Об'єктом біомеханічного контролю слугує моторика людини.*

Завдяки біомеханічному контролю можна отримати інформацію:

- 1) про техніку рухових дій і тактику рухової діяльності;
- 2) про витривалість, силу, швидкість, спритність і гнучкість, які забезпечують високий рівень техніко-тактичної майстерності.

**Біомеханічний контроль дає відповідь на три питання:**

1. Що робить людина?
2. Наскільки добре вона це робить?
3. Завдяки чому вона це робить?

Процедура біомеханічного контролю відповідає такій схемі:

**Контроль = тестування (вимірювання) + оцінювання результатів**

## **2. Основи біометрії.**

**Біометрія** – це наука про закони (засоби) фізичного вимірювання живих об'єктів (людини) та про способи обробки результатів цього вимірювання.

До основних завдань біометрії при вивченні рухів як частини загальної біометрії можна віднести:

- створення передумов для дослідження та розробки законів, керуючись котрими можна виміряти рухи та інші параметри організму людини;
- створення методів вимірювання;
- отримання об'єктивної інформації для її застосування у практиці біомеханічного аналізу.

Виходячи з цього можна розглядати **три основні частини біометрії**:

1. Теорію вимірювання;
2. Методи вимірювання;
3. Методи обробки результатів вимірювання.

Перша частина – **теорія вимірювання** – незважаючи на теоретичність, має прикладну спрямованість на забезпечення потреб практики вивчення рухів. Вона включає основи метрології, загальної основи теорії похибок,

теорії систем, інформації, автоматичного регулювання, теоретичні основи методу моделювання.

Друга частина – **методи вимірювання** – розкриває особливості сучасної техніки вимірювання та тестування людини, а також характер та можливості доцільного її використання у дослідженні параметрів організму при розв'язанні людиною певних рухових завдань. Тут вивчаються вимірювальні пристрої (тренажери), датчики інформації, пристрої, що підсилюють, перетворюють та передають інформацію, а також прилади для її реєстрації та обробки.

Третя частина – **методи обробки результатів вимірювання** на базі математичної статистики, хоча і є невід'ємною частиною загальної біометрії, можуть розглядатися у рамках самостійної наукової дисципліни.

У біометрії широко застосовуються прийоми та методи метрології.

**Метрологія** – це вчення про вимірювання.

Її завданнями є встановлення одиниць вимірювання та розробка методів високоточних вимірювань.

**Виміряти фізичну величину** – це означає *порівняти її з однорідною величиною, умовно взятою за одиницю вимірювання.*

Два поняття – фізична величина та одиниця вимірювання – за змістом різні.

**Фізична величина** – це виміряне (чи можливо виміряне) фізичне явище.

**Фізичне явище** – це відображені у нашій свідомості явища природи, що нас оточують чи про котрі здогадуємося, але такі, що не можемо виміряти (наприклад, відомо, що кожна людина має своє біополе, але поки нема приладів, які точно виміряли б його кількісні параметри), а також температура на сонці, гравітаційні взаємодії між клітинами живих організмів та багато інших.

**Одиниці вимірювання** – це величини, довільно вибрані дослідниками для кількісного порівняння та оцінки об'єктивних явищ природи, котрі вивчаються.

**Мета вимірювання у біомеханіці** – отримання кількісної та якісної інформації про фізичні (механічні) властивості організму людини та про окремі його елементи, про її рухи та рухові дії.

**Об'єкт вимірювань у біомеханіці** – людина як біологічна система, її руховий апарат, внутрішні та зовнішні фізичні взаємодії організму людини за різних умов її життєдіяльності.

Основним завданням метрології у біомеханіці як частині загальної метрології є забезпечення єдності та точності вимірювання рухів. Вона складається з трьох взаємопов'язаних розділів:

- 1) теорія та методика вимірювань рухової діяльності людини;
- 2) методи обробки результатів вимірювань;
- 3) методи застосування отриманих кількісних даних на практиці.

*Використання метрології у біомеханіці базується на:*

- загальній теорії вимірювань;
- утворенні одиниць фізичних величин та їх систем;
- методах та засобах вимірювання;
- методах визначення точності вимірювань (теорія похибки вимірювань);
- основах забезпечення єдності вимірювань та одноманітності засобів вимірювання;
- створенні еталонів та зразків засобів вимірювання;
- методах передачі розмірів одиниць вимірювання від еталонів до зразкових та до робочих засобів вимірювання.

У біомеханіці, окрім точності та єдності вимірювання фізичних величин, вимірюванню підлягають також біологічні, психологічні, педагогічні, соціальні показники, що характеризують рухову діяльність людини. Для цього розроблено спеціальні методи та засоби вимірювань,

результати котрих можуть об'єктивно характеризувати ступінь підготовленості людини до розв'язання певних рухових завдань. У метрології біомеханічних досліджень вивчаються також дисципліни, що непрямо пов'язані із забезпеченням проведення вимірювань. До таких дисциплін належать основи математичної статистики, інструментальні методи, кваліметрія та ін.

При вимірюванні характеристик рухів користуються *відповідними одиницями вимірювань*. При цьому виникає проблема вибору еталонів.

***Усі одиниці вимірювання поділяються на:***

- ✓ основні;
- ✓ додаткові;
- ✓ похідні.

**Основні одиниці вимірювання** – це такі, розмір яких встановлюється незалежно від інших одиниць.

**Похідні** – це одиниці, що визначаються рівнями зв'язку, котрі виражають математичну залежність однієї величини від іншої.

**Системою одиниць** прийнято називати сукупність поодиноких вимірювань, що охоплюють якусь специфічну область фізичних величин.

Єдності вимірювань досягають шляхом представлення результатів в узаконених одиницях і з певною вірогідністю похибок.

Нині у біомеханіці використовується **Міжнародна система одиниць – СІ (SI)**.

***Основні одиниці фізичних величин у СІ:***

- одиниці довжини – метр (м);
- маси – кілограм (кг);
- часу – секунда (с);
- сили струму – ампер (А);
- кількості речовини – моль (моль) та інші.

***Додаткові одиниці у СІ:*** радіан (рад) та стерadian (ер) – застосовуються для вимірювання плоского та тілесного кутів у просторі.



Окрім того, у біомеханічних вимірюваннях використовуються ще такі одиниці: сили – ньютон (Н), температури – градуси Цельсія ( $^{\circ}\text{C}$ ), частоти – герц (Гц), тиску – паскаль (Па), об'єму – літр (л), мілілітр (мл).

Шляхом розрахунків з цих основних одиниць отримують *похідні* – наприклад, робота здійснювана тілом, що рухається, вимірюється як добуток сили на переміщення (Ньютон·метр – Н·м), швидкість у  $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$  тощо.

Інтенсивність (або потужність) рухів вимірюється у ватах:

$$1\text{Вт} = 1\text{ Дж}\cdot\text{с}^{-1} = 1\text{ Нм}\cdot\text{с}^{-1} = 0,102\text{ кгм}\cdot\text{с}^{-1}$$

Енерготраси (у ккал) при виконанні рухів за одиницю часу (хв):

$$1\text{ ккал}\cdot\text{хв}^{-1} = 69,767\text{ Вт} = 426,85\text{ кгм}\cdot\text{хв}^{-1} = 4,186\text{ кДж}\cdot\text{хв}^{-1}$$

Оцінюючи інтенсивність того чи іншого руху, фахівці часто відмічають, що він виконується при споживанні певної порції кисню. При цьому відомо, що при споживанні 1 л кисню ( $\text{O}_2$ ) виділяється 5,05 ккал енергії і здійснюється робота, що дорівнює 21,237 кДж. Отже можливо розрахувати, скільки витрачено кисню на виконання кожного руху, що вивчається, яка при цьому виконується робота.

Використовуючи великий арсенал засобів та методів метрології у практиці вивчення рухів, фахівці здійснюють комплексний контроль, під час котрого реєструються різні показники рухової діяльності, а також стану організму людини, яка виконує певні рухи.

Порівняння отримуваних результатів забезпечує можливість визначення причин та наслідків зв'язків між спеціальними керуючими впливами на організм людини та їх результатами. Дані такого зіставлення та аналізу є основою у розробці програм та планів підготовки людини до розв'язання рухових завдань у тій чи іншій сфері людської діяльності.

Управління процесом професійної рухової підготовки людини включає:

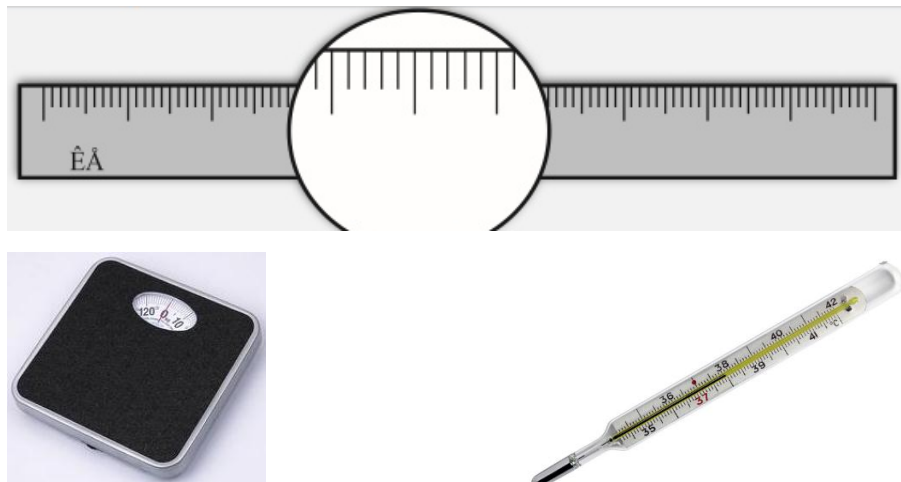
- ✓ збір інформації про її організм, про середовище, в якому вона живе, здійснює рухи;

- ✓ аналіз отриманої інформації; прийняття рішень про стратегію її рухової підготовки, складання програм та планів підготовки, їх реалізацію;
- ✓ контроль та внесення необхідних корекцій у документи планування та складання перспективних програм та планів.

**Мета управління системами рухів людини** – це переведення їх у ході професійної підготовки у такий стан, при котрому результат рухової діяльності поліпшується.

### 3. Шкали та одиниці вимірювання.

**Шкалою вимірювання** називається послідовність величин, що дозволяє встановити відповідність між характеристиками досліджуваних об'єктів і числами.



**Шкала найменувань** – найпростіша з усіх. У цій шкалі числа, букви, слова чи інші умовні позначки виконують роль ярликів і слугують для виявлення та розрізнення досліджуваних об'єктів (чоловіки – жінки).

Вимірювання, що проводяться за шкалою найменувань, допускають кілька математико-статистичних операцій:

- можна підрахувати, скільки разів (як часто) зустрічається те чи інше число/ім'я (скільки разів за рік затворів на ОВРЗ);

- виявити просте чи процентне відношення кількості об'єктів одного класу по відношенню до загального числа розглянутих(серцево-судинні хвороби займають перше місце серед причин смерті, складаючи 46% смертності чоловіків і 64% смертності жінок).
- виявити клас з найбільшим числом об'єктів, який прийнято називати модою (у країнах з середнє-низким рівнем доходів на першому місті з причин смерті ІХС, 2 - інсульти, 3 - респіраторні інфекції нижніх дихальних путей).

**Шкала порядку** виникає, коли складові шкали числа впорядковані за рангами, але інтервали між рангами не можна точно виміряти (можна ранжувати обстежуваних по швидкості виконання ними тестових завдань, по ступені їх дисциплінованості та ін. Для пошуку кількісних зв'язків між параметрами, вираженими в шкалі порядку, застосовуються коефіцієнти рангової кореляції).

**Шкала відносин** є найбільш точною. У ній визначене положення нульової точки та числа не тільки впорядковані за рангами, але й розділені рівними інтервалами – одиницями вимірювання.

#### 4. Системи підрахунку відстані та часу.

Рухи людини та спортивних приладів можна виміряти, лише порівнюючи їх розташування з розташуванням обраного для порівняння тіла (тіла відліку).

**Тіло відліку** – це умовно обране тверде тіло, відносно якого визначають розташування інших тіл у різні моменти часу.

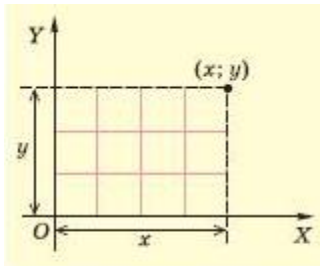
З тілом відліку пов'язують початок і напрямок вимірювання відстані та визначають одиниці відліку.

*Для опису руху використовують* способи:

- ✓ природній;
- ✓ векторний;

✓ координатний.

**Природний спосіб** передбачає визначення координати тіла шляхом розрахунку від початку відліку 0, обраного наперед відомій траєкторії.



Прямокутна  
(декартова) система  
координат

**Векторний спосіб** передбачає визначення координати тіла через радіус-вектор, проведений з центру 0 даної системи координат до точки, координати якої визначають.

При **способі прямокутних координат** (на площині та в просторі) точку перетину взаємно перпендикулярних координатних осей 0 (початок координат) приймають за початок відліку.

Визначають одиниці вимірювання відстані – **лінійні та кутові**.

У систему відліку часу включають певний початок і одиниці відліку.

За початок відліку часу приймають:

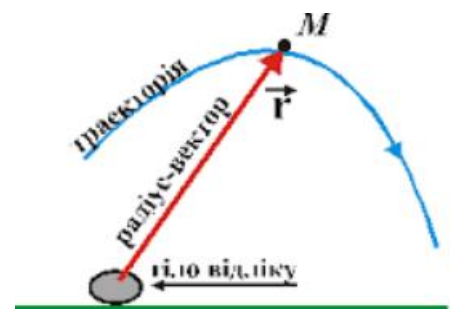
- а) північ – у всіх закладах, на підприємствах зв'язку та ін.;
- б) північ і полудень – у звичайних життєвих умовах;
- в) суддівський час – в умовах змагань.

За одиницю відліку часу приймають:

- частки секунди;
- секунду;
- хвилину та далі.

Напрямок відліку часу в дійсності – від минулого до майбутнього.

Досліджуючи рух, можна відраховувати час і в зворотному напрямку – до минулого (за 0,02 с до удару; 0,05 с до відривання ноги від опори тощо).



Векторний спосіб опису руху  
матеріальної точки

## 5. Поняття про біомеханічні характеристики.

Для того щоб оцінити окремі рухи, зіставити їх між собою, визначають їх *біомеханічні характеристики*.

**Біомеханічними характеристиками** називаються показники, які використовують для кількісного опису й аналізу рухової діяльності.

*Характеристики рухів тіла людини розрізняють на:*

- ✓ біокінематичні;
- ✓ біодинамічні;
- ✓ енергетичні.

У них різне призначення:

- **кінематичні** характеризують зовнішню картину рухової діяльності;
- **динамічні** несуть інформацію про причини зміни рухів;
- **енергетичні** – дають уявлення про механічну продуктивність і економічність.

### **Кінематичні характеристики (просторові, часові, просторово-часові).**

**Кінематика рухів** визначає геометрію (просторову форму) рухів та їх зміни у часі (характер) без урахування маси та діючих сил.

Вона дає цілісне уявлення лише про зовнішню картину рухів. Причини виникнення та зміни рухів (їх механізм) розкриває вже динаміка.

**Кінематичні характеристики тіла людини** та її рухів визначають положення та рух людини у просторі та часі.

До них належать:

- ✓ просторові;
- ✓ часові;
- ✓ просторові-часові.

**Просторові характеристики** дозволяють визначити вихідне положення, з якого рух починається, і кінцеве положення, в якому рух закінчується (за координатами), а також визначити власне рух тіла (за траєкторією).

*Положення* будь-якої точки тіла (наприклад, будь-якого суглоба) або положення спортивного снаряда (наприклад, м'яча) визначається координатами в тій або іншій системі координат.

При виконанні рухової дії положення тіла або спортивного снаряда змінюється. При цьому їх матеріальні точки рухаються в просторі по лініях, що називаються *траєкторіями*.

У *прямолінійному русі* траєкторія (вектор) не змінюється, і шлях визначається відстанню по прямій між кінцевим і початковим положенням тіла – *лінійне переміщення* ( $\Delta S$ ).

У *криволінійному русі* напрямок змінюється і шлях визначається відстанню по траєкторії між кінцевим і початковим положенням тіла з урахуванням кривизни траєкторії.

Лінійне переміщення вимірюється в одиницях довжини (метрах).

В *обертальних рухах* точки тіла переміщуються по дугах кола, центри яких лежать на осі обертання. Таке переміщення називають кутовим. Кут повороту тіла або окремого сегмента (*кутове переміщення* ( $\Delta \phi$ )) вимірюється у градусах.

**Часові характеристики** визначають рух у часі: коли він розпочався і закінчився (момент часу), як довго тривав (тривалість руху), як часто виконувався рух (темп), як він був побудований у часі (ритм).

Разом із просторово-часовими характеристиками вони визначають характер руху людини.

*Момент часу* – часова характеристика положення точки тіла і системи.

Момент часу визначають не лише для початку й закінчення руху, але й для визначення часу закінчення одної фази руху та початку наступної.

*Тривалість руху* – це його часова характеристика, яка вимірюється різницею моментів часу початку й закінчення руху.

**Темп рухів** – це ступінь швидкості їх повторюваності. Він вимірюється кількістю рухів, які повторюються за одиницю часу (частота рухів).

**Темп** – величина, зворотна тривалості рухів. Чим більша тривалість руху, тим менший темп, і навпаки. У циклічних видах спорту темп може бути показником досконалості техніки.

**Ритм рухів** – це часова характеристика співвідношення частин рухів. Він визначається за співвідношенням тривалості частин рухів.

Ритм рухів характеризує співвідношення фаз рухової дії. Наприклад, співвідношення часу опори та часу польоту під час бігу чи часу амортизації (згинання коліна) і часу відштовхування (випрямлення ноги) при опорі.

**Просторово-часові характеристики** визначають, як змінюються положення й рухи людини у часі, як швидко людина змінює своє положення (швидкість) і рухи (прискорення).

**Швидкість точки** – це просторово-часова характеристика руху точки (швидкості зміни її положення).

**Швидкість** – величина векторна, вона характеризує швидкість руху та його напрямок.

Швидкість визначається шляхом ділення довжини пройденого шляху на час, який був затрачений на переміщення.

**Прискорення точки** – це просторово-часова характеристика зміни руху точки. Прискорення – величина векторна, вона характеризує бистроту зміни швидкості за її величиною й напрямком у даний момент.

### **Динамічні характеристики руху людини.**

До них належать інерційні характеристики (особливості тіла людини й предметів, які вона рухає), силові (особливості взаємодії ланок тіла та інших тіл).

### Інерційні характеристики.

Різні тіла зберігають швидкість незмінною при відсутності зовнішніх впливів. Ця властивість, яка не має міри, називається *інерцією* (у перекладі з лат. Інерція означає бездіяльність).

Різні тіла змінюють швидкість під впливом сил по-різному. Отже, ця їх властивість має міру. Її називають *інертністю*.

**Інертність** – властивість фізичних тіл, яка проявляється у поступовій зміні швидкості з плином часу під впливом сил.

**Маса тіла** – це міра інертності тіла при поступальному русі. Вона вимірюється відношенням величини докладеної сили до величини прискорення, яке спричинено цією силою.

Разом з тим маса ( $m$ ) – це кількість речовини (у кілограмах), що утримується в тілі або окремій ланці. Чим більше маса, тим інертніше тіло і тим складніше вивести його зі стану спокою або змінити його рух. Маса визначає гравітаційні властивості тіла.

Маса характеризує інертність тіла при поступальному русі. При обертанні інертність залежить не тільки від маси, але і від того, як вона розподілена щодо осі обертання. Чим більше відстань від ланки до осі обертання (*радіус інерції*), тим більше вклад цієї ланки в інертність тіла. Кількісною мірою інертності тіла при обертальному русі слугує **момент інерції**.

**Момент інерції тіла** – це міра інертності тіла при обертальному русі.

**Силкові характеристики** визначають зв'язок дії сили зі зміною руху.

**Сила** – це міра механічного впливу одного тіла на інше. Розраховується величина сили шляхом множення маси тіла на його прискорення, яке спричинене даною силою.

У рухах людини як системи тіл, де всі рухи частин тіла обертальні, зміна обертального руху залежить не від сили, а від моменту сили.



**Момент сили** (обертальний момент) – це міра обертального впливу сили на тіло. Ефект дії сили при обертальному русі залежить не лише від її величини, але й від місця докладання. Чим довше плече сили – найкоротша відстань від осі обертання до лінії дії сили, тим більший момент сили.

**Імпульс сили** – це міра впливу сили на тіло за даний проміжок часу (у поступальному русі).

**Імпульс моменту сили** – це міра впливу моменту сили відносно даної осі за даний проміжок часу (в обертальному русі).

Унаслідок імпульсу як сили, так і моменту сили відбувається зміна руху, яка залежить від інерційних властивостей тіла і проявляється у зміні швидкості (кількість руху, кінетичний момент).

**Кількість руху** – це міра поступального руху тіла, яка характеризує його здатність передаватися іншому тілу як механічний рух.

Кількість руху тіла може бути визначено, наприклад, по тому, як довго тіло рухається до зупинки під впливом вимірної гальмівної сили.

**Кінетичний момент** – це міра обертального руху тіла, яка характеризує його здатність передаватися іншому тілу як механічний рух.

### **Енергетичні характеристики рухової діяльності людини.**

Під час рухів людини сили, які докладаються до її тіла виконують роботу й змінюють положення і швидкість ланок тіла, що змінює його енергію.

*До енергетичних характеристик належать:*

- ✓ робота сили,
- ✓ потужність сили,
- ✓ механічна енергія тіла (кінетична й потенційна).

**Механічна робота** являє собою добуток сили на переміщення.

**Потужність** визначається як частка від ділення величини механічної роботи на час виконання цієї роботи.

Механічна робота, яка виконується людиною, витрачається на збільшення *потенційної* (енергія положення тіла) і *кінетичної* (енергія механічного руху тіла, яка визначає можливість виконати роботу) енергії людського тіла, спортивних снарядів та інших предметів.

*Повна енергія тіла*, що рухається, згідно з теоремою Кеніга дорівнює сумі його потенційної та кінетичної енергії в поступальному й обертальному рухах.

Подібно тому, як технічні машини (автомобіль, тепловоз) характеризуються коефіцієнтом корисної дії, економічність рухового апарату людини описується аналогічними показниками – кількість метаболічної енергії, швидкість її витрачання.

До енергетичних характеристик також належить:

1) *енергетична вартість метра шляху*, або одиниці корисної роботи. Для того щоб визначити енергетичну вартість бігу, потрібно розділити швидкість затрат метаболічної енергії на швидкість бігу;

2) *пульсова вартість метра шляху*, або одиниці корисної роботи. Наприклад, пульсова вартість ходьби, бігу й інших циклічних локомоцій визначається за формулою:

$$\text{Пульсова вартість} = \frac{\text{ЧСС ( уд/хв)}}{60 \times \text{швидкість бігу (мм/с)}}$$

## **6. Особливості біомеханічних характеристик поступального та обертального рухів.**

Біомеханічні характеристики описують поступальні й обертальні рухи.

**Поступальним** називається такий рух, при якому всі точки тіла переміщуються за однаковими траєкторіями.

При **обертальному** русі тіла точки, що рухаються, переміщуються по кругових траєкторіях, центри яких лежать на осі обертання (осі суглоба).

Але в більшості рухів людини поступальний і обертальний компоненти існують одночасно, такі рухи називаються *складними*. Причому руховий апарат людини улаштований так, що всі рухи (у тому числі й поступальні) утворюються з комбінацій обертальних рухів у суглобах.

**Точність вимірів.** Результат вимірів завжди містить похибку, величина якої тим менша, чим точніший метод вимірювань і вимірювальний прилад.

Розрізняють абсолютну й відносну похибки вимірювання.

*Абсолютною похибкою* називається величина, що дорівнює різниці між результатом вимірювання ( $A$ ) та істинним значенням вимірюваної величини ( $A_0$ ) –  $\Delta A = A - A_0$ . Абсолютна похибка вимірюється в тих же одиницях, що і сама вимірювана величина.

У практичній роботі часто зручніше користуватися не абсолютною, а *відотною величиною похибки*. Відносна похибка вимірювання буває двох видів – дійсна та зведена.

*Дійсною відотною похибкою* називається відношення абсолютної похибки до істинного значення вимірюваної величини:

$$A_d = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\%.$$

Якщо відомо граничне, або максимально можливе, значення вимірюваної величини ( $A_m$ ), то поряд з дійсною може бути визначена і *зведена відносна похибка*:

$$A_{\Pi} = \frac{\Delta A}{A_m} \times 100\%.$$

Цю величину звичайно вказують у технічній документації вимірювальної апаратури і називають класом точності.

Похибки вимірювання бувають систематичними й випадковими.

**Систематичною** називається похибка, величина якої не змінюється від вимірювання до вимірювання.

**Випадкові похибки** мають місце в силу різноманітних причин, що неможливо передбачити заздалегідь і точно врахувати. Випадкові похибки усунути дуже важко. Однак, скориставшись методами математичної статистики, можна кількісно оцінити величину випадкової похибки та врахувати її при поясненні результатів вимірювань.

## 7. Кількісна оцінка техніко-тактичної майстерності.

**Техніко-тактичну майстерність**, або **рухову культуру**, людини обумовлюють:

- 1) обсяг техніки й тактики;
- 2) різнобічність техніки і тактики;
- 3) ефективність і раціональність техніки й тактики;
- 4) рівень оволодіння технікою та тактикою.

**Обсягом техніки** називається сукупність технічних прийомів, якими володіє людина.

**Обсяг тактики** – сукупність тактичних варіантів, якими володіє спортсмен або спортивний колектив.

Для контролю за обсягом техніки й тактики використовують шкали найменувань.

У кожному виді рухової діяльності свій арсенал технічних прийомів і тактичних варіантів. Обсяг техніки й тактики звичайно становить частину цього арсеналу. У практичній діяльності педагог намагається наблизити загальний обсяг техніки й тактики своїх учнів до техніко-тактичного арсеналу даного виду спорту і, крім того, прагне збільшити змагальний обсяг техніки та тактики. Досягається це розучуванням нових прийомів та опануванням уже розучених, у

процесі чого підвищується різнобічність, ефективність і рівень володіння технікою й тактикою.

Технічний арсенал кожного виду спорту складається з груп технічних елементів. Наприклад, техніка боротьби включає в себе прийоми боротьби в стійці та в партері. А обсяг техніки гімнаста складається з технічних елементів, виконуваних на різних снарядах.

*Техніка* вважається *різнобічною*, якщо в ній однаковою мірою представлені технічні прийоми з різних груп.

*Тактика* є *різнобічною* тільки в тому випадку, коли вона включає в себе тактичні варіанти з різних груп. Наприклад, перед бігуном або плавцем може стояти одне з двох завдань, вирішення яких вимагає різної тактики:

- 1) показати найкращий для себе результат (тактика рекорду);
- 2) перемогти (стати призером, фіналістом) незалежно від того, який результат буде продемонстровано (тактика перемоги).

Різнобічність техніки й тактики поділяється на загальну (демонструється в звичайних умовах) і змагальну (характерна для стресових ситуацій).

***Ефективність техніки*** рухових дій і ефективність тактики рухової діяльності – це ступінь відповідності техніки й тактики конкретної людини обраному критерію оптимальності. Інакше кажучи, найбільш ефективний варіант техніки (і тактики) – *це індивідуально-оптимальний варіант*.

При біомеханічному контролі за колективами людей, що займаються фізкультурою, ефективність рухової діяльності оцінюється за ступенем близькості техніки й тактики не до індивідуально-оптимального, а до раціонального варіанта. Така ситуація має місце на уроці фізичної культури в школі та при проведенні занять із групами здоров'я.

*Раціональним* називається той варіант техніки чи тактики, що є найкращим для більшості людей у тій або іншій віковій або кваліфікаційній групі.

Ще одним показником, що характеризує рухову майстерність людини, є *оволодіння* технікою й тактикою. Оволодіння технікою й тактикою означає їх стабільність у стандартних умовах і стійкість в ускладнених умовах.

Оволодіння кількісно оцінюється за зниженням ефективності техніки й тактики в ускладнених умовах порівняно з комфортними. Наприклад, ефективність техніки баскетболіста можна оцінити, порівнявши процент влучення в кошик на тренуванні і під час змагань. Чим ближче результат до 100% показника, тим досконалішим вважається володіння технікою.

Як і ефективність, освоєння техніки й тактики в більшості випадків вимірюється за шкалами відношень.

## 8. Тестування та педагогічне оцінювання в біомеханіці.

У перекладі з англійської *test* означає «спроба», «іспит».

У біомеханіці **тестуванням** називається контрольне випробування людини, здійснюване для визначення її технічної та тактичної підготовленості.

Можна сказати і так: **тестування** – це *непряме вимірювання*.

Вимірювання замінюють тестуванням у двох випадках: по-перше, коли досліджуваний об'єкт недоступний для прямого вимірювання; по-друге, коли досліджуване явище не зовсім конкретне.

Щоб педагог зміг використовувати результати тестування у своїй практичній діяльності, їх піддають педагогічному оцінюванню, тобто ставлять оцінку, виражаючи її в очках або балах. Для цього існують спеціальні таблиці та шкали педагогічних оцінок.

**Якість тесту.** Точність тестування оцінюється інакше, ніж точність вимірювання. При оцінці точності вимірювання результат вимірювання зіставляють з результатом, отриманим більш точним методом. При тестуванні можливість порівняння отриманих результатів з більш точними найчастіше відсутня. Тому потрібно перевіряти не результати тестування, а

якість тесту. І перевірку цю доцільно здійснювати ще до початку тестування.

Якість тесту залежить від його інформативності й надійності.

**Інформативність** показує, наскільки тест придатний для оцінки вимірюваного показника (наприклад, рухова якість, рівень технічної підготовленості тощо).

Розрізняють інформативність змістову (логічну) й емпіричну (обумовлену експериментально).

*Змістова інформативність* визначається «логічно», із розумінь здорового глузду. Але нерідко для визначення емпіричної інформативності необхідні методи, які ґрунтуються на обчисленні коефіцієнта інформативності.

**Коефіцієнт інформативності** – це коефіцієнт кореляції між результатами тестування й результатами вимірювання критерію інформативності.

**Критерієм інформативності** може слугувати:

- 1) результат, показаний на спортивних змаганнях;
- 2) спортивна кваліфікація;
- 3) експертна оцінка тієї якості, яка тестується.

**Надійність тесту** – це ступінь збігу результатів багаторазового тестування тих самих людей у тих самих умовах.

Як і інформативність, надійність оцінюється за величиною коефіцієнта кореляції.

*Коефіцієнтом надійності* є коефіцієнт кореляції між двома рядами результатів, отриманих під час першого та другого тестування групи людей.

Різновидами надійності є відтворюваність і об'єктивність.

Методом повторного тестування перевіряється *відтворюваність* результатів тестування. Відтворюваність тесту висока, якщо при другому тестуванні спортсмени ранжуються так само, як і при першому.

**Об'єктивністю** (або узгодженістю) тесту називається ступінь незалежності одержуваних результатів від індивідуальних властивостей людини, що здійснює тестування.

**Педагогічне оцінювання.** Педагогічне оцінювання – завершальний етап процедури тестування. Воно необхідне, оскільки що на кінцеву оцінку результатів тестування впливають стать і вік людини, стан її здоров'я, температура повітря та інші показники, що характеризують умови, в яких здійснюється біомеханічний контроль.

*Найважливішим параметром шкали педагогічних оцінок є її форма.*

Перцентильні шкали мають сигмовидну форму.

Інші шкали мають іншу форму.

Найбільш поширеними є пропорційні, регресуючі та прогресуючі шкали оцінок.

**Регресуючі** шкали визначають найбільший приріст оцінки за підвищення результату в області низьких результатів, тим самим стимулюється масовість спорту.

**Прогресуючі шкали**, навпаки, стимулюють прагнення спортсменів до найвищих досягнень.

У пропорційній шкалі заохочення за приріст майстерності не залежить від рівня показаних результатів.

**Тестування рухових якостей.** *Біомеханічні тести витривалості* дозволяють установити, який обсяг роботи людина може виконати і як довго може працювати без зниження ефективності рухової діяльності. Наприклад, при бігу з постійною швидкістю настає момент, коли людина не може підтримати вихідну довжину кроку (компенсоване стомлення), а через ще деякий час вона змушена знизити швидкість (декомпенсоване стомлення). Чим витриваліша людина, тим довше не настає стомлення.

Замість швидкості можна програмувати довжину дистанції та вимірювати мінімальний час, за який людина виконує завдання. Цей тест аналогічний змагальній вправі в циклічних видах спорту.



Є і третій варіант тесту, коли обмежується тривалість вправи та вимірюється подолана відстань. Відомо кілька різновидів цього тесту: 60-хвилинний біговий тест, 7-хвилинний тест для веслярів, різні варіанти тесту Купера (біговий, плавальний тощо).

Згідно з *правилом оборотності рухових завдань* усі три різновиди тесту на витривалість еквівалентні.

*Тестування силових якостей* здійснюється або у вправах статичного характеру, або в таких загальнорозвивальних вправах, де виконується локальна або регіональна м'язова робота. У першому випадку мірою силових можливостей слугує величина сили, що проявляється, і тривалість її утримування. В другому випадку визначається, скільки разів поспіль людина може стиснути або розтягти пружину динамометра, підтягтися, віджатися тощо.

*Сила, що проявляється людиною, залежить від її пози.* Проте вимірювання сили можна проводити при будь-якій величині суглобного кута. Важливо лише, щоб він завжди був тим самим.

Загальноприйнятим тестом для оцінювання силових якостей є підтягування на перекладині. Але далеко не кожний може підтягнутися на високій перекладині. Тому корисним є тест, у якому людина виконує якомога більшу кількість підтягувань на низькій перекладині.

*Тести швидкісних якостей* поділяються на три групи. При тестуванні людина повинна продемонструвати:

- 1) найменший латентний час рухової реакції, тобто часовий інтервал між світловим або звуковим сигналом («стимулом») і початком рухової дії;
- 2) найбільшу швидкість одиночного руху (рукою, ногою тощо);
- 3) найбільший темп циклічних рухів (наприклад, боксерських ударів) або найбільшу швидкість пересування (наприклад, у спринтерському бігу).

У кожній групі величезна кількість тестів. Який з них обрати? Відповідати на це питання стало легше після того, як було визначено, що

результати тестів однієї й тієї ж групи взаємозалежні, а результати тестів різних груп не пов'язані між собою.

*Тестування швидкісно-силових якостей* здійснюється у вправах, що дозволяють продемонструвати водночас і силу, і швидкість. Для цього використовуються стрибки у висоту та довжину з місця.

Для більш глибокого аналізу швидкісно-силових якостей реєструють динамограму (графік зміни у часі сили, яка виявляється) стрибка або іншої «вибухової» вправи й обчислюють градієнт сили (тобто відношення збільшення сили до інтервалу часу, за який це збільшення відбулося).

Також обчислюють *швидкісно-силовий індекс* – частку, що є результатом ділення різниці між максимальним і мінімальним значеннями сили, що виявляється, на величину часового інтервалу, за який ця зміна відбулася.

*Коефіцієнт реактивності* дорівнює швидкісно-силовому індексу, поділеному на вагу тіла.

*Тестування гнучкості* найчастіше пов'язане з виміром кутів між ланками тіла. Для цього використовують гоніометри (кутоміри). Існують й інші методи контролю за гнучкістю.

Для щоденного оцінки гнучкості рекомендуються нахили вперед із прямими ногами, що виконуються на сходинці, до якої вертикально приставлена лінійка із сантиметровими поділками. Гнучкість оцінюється відстанню від кінчиків пальців руки до опори. 1 см на лінійці відповідає одному балу.

Розрізняють активну й пасивну гнучкість. Активну гнучкість людина демонструє сама, без сторонньої допомоги. Пасивна гнучкість виявляється при додаванні зовнішньої сили. Зрозуміло, що пасивна гнучкість вища за активну.

**Автоматизація біомеханічного контролю.** Біомеханічний контроль можна здійснювати по-різному.

Найпростіше – спостерігати й записувати результати спостережень. Але при цьому багато чого не буде враховано, а отже, ніхто не зможе поручитися за точність отриманих результатів.

Набагато плідотворнішим, хоч і більш складним, є автоматизований контроль.

*Сьогодні процес «живого споглядання», спостереження за об'єктом дослідження немислимий без використання вимірювальної апаратури.*

Останніми роками все частіше використовують запам'ятовувальне й обчислювальне обладнання, що суттєво розширює можливості педагога. Для підвищення точності біомеханічного контролю залучаються всі передові можливості інженерної думки: радіотелеметрія, лазери, ультразвук, інфрачервоне випромінювання, телебачення, відеомагнітофони, обчислювальна техніка.

### **Питання для самоконтролю**

1. Розкрийте сутність біомеханічного контролю.
2. Що таке вимірювання?
3. Що таке шкала вимірювань?
4. Назвіть шкали вимірювань, які використовуються у фізичному вихованні та спорті.
5. Що включає в себе система відліку відстані та часу?
6. Поясніть призначення кінематичних характеристик.
7. Що визначають просторові характеристики?
8. Що визначають часові характеристики?
9. Що визначають просторово-часові характеристики?
10. Поясніть призначення динамічних характеристик.
11. Що таке інерційні характеристики?

12. Дайте визначення таких понять, як «інерція», «інертність», «маса тіла», «радіус інерції», «момент інерції тіла», «центр мас і ваги». Що вони характеризують?

13. Що таке силові характеристики?

14. Дайте визначення таких понять, як «сила», «момент сили», «плече сили», «імпульс сили», «імпульс моменту сили», «кількість руху», «кінетичний момент». Що вони характеризують?

15. Поясніть призначення енергетичних характеристик.

16. Дайте визначення таких понять, як «робота сили», «потужність сили», «потенційна і кінетична енергія», «повна енергія тіла», «енергетична вартість метра шляху», «пульсова вартість метра шляху». Що вони характеризують?

17. У чому полягає відмінність між біомеханічними характеристиками поступального й обертового рухів?

18. У чому полягає кількісна оцінка техніко-тактичної майстерності?

19. Що таке тест? Як визначається якість тесту?

20. Назвіть шкали педагогічного оцінювання у фізичному вихованні.