**Лекція 2**

**🕮 Тема 2. Основи біомеханічного контролю. Частина 1**

**Мета лекційного заняття:** ознайомитися з основами біомеханічного контролю; вивчити шкали та одиниці вимірювання; з’ясувати що входить до системи відліку відстані і часу; розглянути види біомеханічних характеристик; усвідомити призначення кінематичних, динамічних і енергетичних характеристик; з’ясувати особливості біомеханічних характеристик поступального та обертального рухів; надати уявлення про точність вимірювання; розглянути сутність кількісної оцінки техніко-тактичної майстерності; вивчити що таке тестування і яким чином визначається якість тесту; ознайомитися з тестуванням та педагогічним оцінюванням в біомеханіці; розглянути сутність тестування рухових якостей і автоматизації біомеханічного контролю.

*План*

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

2.  Шкали та одиниці вимірювання.

3.  Системи підрахунку відстані та часу.

4.  Поняття про біомеханічні характеристики.

5.  Кінематичні характеристики (просторові, часові, просторово-часові).

5.1.  Просторові характеристики.

5.2.  Часові характеристики.

5.3.  Просторово-часові характеристики.

6.  Динамічні характеристики руху людини.

6.1  Інерційні характеристики.

6.2  Силові характеристики.

7.  Енергетичні характеристики рухової діяльності людини.

8.  Особливості біомеханічних характеристик поступального та обертального рухів.

9.  Точність вимірів.

10.  Кількісна оцінка техніко-тактичної майстерності.

11.  Тестування та педагогічне оцінювання в біомеханіці.

11.1  Якість тесту.

11.2.  Педагогічне оцінювання.

12.  Тестування рухових якостей.

13.  Автоматизація біомеханічного контролю.

**🖉Ключові терміни та поняття:** *біомеханічний контроль, об'єкт біомеханічного контролю, шкала вимірювання, шкала найменувань, шкала порядку, шкала відносин, система відліку відстані, тіло відліку, система відліку часу, біомеханічні характеристики, кінематичні характеристики, просторові, часові, просторово-часові характеристики, динамічні характеристики, енергетичні характеристики рухів тіла людини, поступальний і обертовий рух, абсолютна похибка, відносна похибка, систематична похибка, випадкова похибка, техніка рухових дій, тактика рухової діяльності, тестування, інформативність тесту, надійність тесту, педагогічне оцінювання.*

**1. Біомеханічний контроль як елемент системи комплексного контролю у фізичному вихованні та спортивно-оздоровчій діяльності.** Рухова майстерність людини, її вміння в будь-яких умовах рухатися швидко, точно й красиво, залежить від рівня фізичної, технічної, тактичної, психологічної та теоретичної підготовленості. Ці п'ять чинників культури рухів є визначальними у спорті, фізичному вихованні школярів і під час занять масовими формами фізичної культури. 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. Отже, 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 + оцінювання результатів*

 *(вимірювання) вимірювання або тестування*

Людина стає об'єктом вимірювання з раннього дитинства. У немовляти вимірюють зріст, вагу, температуру тіла, тривалість сну тощо. Пізніше, у шкільному віці, у число вимірюваних перемінних включаються знання та уміння. Чим доросліша людина, чим ширше коло її інтересів, тим більше показників необхідно для її характеристики і тим важче здійснити точні виміри. Як, наприклад, виміряти технічну й тактичну підготовленість, красу рухів, геометрію мас людського тіла, силу, гнучкість тощо?

**2. Шкали та одиниці вимірювання.** *Шкалою вимірювання* називається послідовність величин, що дозволяє встановити відповідність між характеристиками досліджуваних об'єктів і числами. При біомеханічному контролі найчастіше використовують шкали найменувань, відносин і порядку.

*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. Наприклад, при контролі за тактикою гри футбольної команди номери гравців допомагають розпізнати кожного з них.

Числа або слова, що складають шкалу найменувань, дозволяється міняти місцями. І якщо їх без втрати для точності значення вимірюваної перемінної можна змінювати місцями, то цю перемінну варто вимірювати за шкалою найменувань. Наприклад, шкала найменувань використовується при визначенні обсягу техніко-тактичної майстерності спортсмена.

*Шкала порядку* виникає, коли складові шкали числа впорядковані за рангами, але інтервали між рангами не можна точно виміряти. Наприклад, знання з біомеханіки або навички й уміння на уроках фізкультури оцінюються за шкалою: «погано» – «задовільно» – «добре» – «відмінно». Шкала порядку дає можливість не тільки встановити факт рівності або нерівності вимірюваних об'єктів, але й визначити характер нерівності в якісних поняттях: «більше-менше», «краще-гірше». Однак на питання: «На скільки більше?», «На скільки краще?» – шкали порядку відповіді не дають.

За допомогою шкал порядку вимірюють «якісні» показники, що не мають суворої кількісної міри (знання, здібності, артистизм, красу й виразність рухів тощо).

Шкала порядку нескінченна і в ній немає нульового рівня. Це і зрозуміло. Якою б неправильною була, наприклад, хода або постава людини, завжди можна зустріти ще гірший варіант. З іншого боку, якими б красивими і виразними не були рухи гімнастки, завжди знайдуться шляхи зробити їх ще досконалішими.

*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.

За шкалою відносин вимірюють розміри й масу тіла та його частин, положення тіла в просторі, швидкість і прискорення, силу, тривалість часових інтервалів і багато інших біомеханічних характеристик. Наочними прикладами шкали відносин є: шкала ваг, шкала секундоміра, шкала спідометра.

Шкала відносин точніше за шкалу порядку. Вона дозволяє не тільки дізнатись, що один об'єкт вимірювання (технічний прийом, тактичний варіант і т.п.) краще або гірше від іншого, але й дає відповідь на питання, на скільки краще. Тому в біомеханіці намагаються застосовувати саме шкали відносин і з цією метою реєструють біомеханічні характеристики.

**3. Системи підрахунку відстані та часу.** Рухи людини та спортивних приладів можна виміряти, лише порівнюючи їх розташування з розташуванням обраного для порівняння тіла (тіла відліку), тобто всі рухи розглядаються як відносні.

*Система відліку (відстані) – це тіло відліку* *з яким пов’язують початок і напрямок вимірювання відстані та визначають одиниці відліку.*

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

Існують дві системи відліку: 1) інерціальна (нерухома): доріжка, лижня, гімнастичний прилад; 2) неінерціальна (рухома): кільця, які розгойдуються; лижа, яка ковзає.

Для точного визначення спортивного результату правила змагань передбачають, за якою точкою (пункт відліку) проводиться відлік (за рівнем лижних кріплень, за найпершою точкою грудної клітки спринтера, за останньою точкою сліду стрибуна в довжину тощо).

Для опису руху використовують природній, векторний і координатний способи.

*Природній спосіб* передбачає визначення координати тіла шляхом розрахунку від початку відліку 0, обраного на наперед відомій траєкторії. *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. Щоб визначити положення деякої точки А (пункт відліку) щодо початку відліку, знаходять її проекції на осі координат.

Визначають одиниці вимірювання відстані – лінійні та кутові. У міжнародній системі одиниць (СІ) прийнята основна лінійна одиниця – метр, кілометр, сантиметр, міліметр.

Із кутових одиниць використовуються: а) градус, хвилина, секунда – при вимірюванні кутів (окружність = 360º, градус = 60', хвилина = 60"); б) оберт – при визначенні поворотів навколо вісі (оберт = 360º, півоберту = 180º тощо); в) радіан (для підрахунку за формулами) = кут між двома радіусами кола, який виділяє на окружності дугу, рівну за довжиною радіусу (радіан = 57º17 44',8"; 1º = 0,01745 рад.).

*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 секунду, частки секунди. 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).

**4. 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.* Розрізняють біокінематичні, біодинамічні й енергетичні характеристики рухів тіла людини. 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.

Біомеханічні характеристики описують поступальні й обертальні рухи. *Поступальним* називається такий рух, при якому всі точки тіла переміщаються по однакових траєкторіях. При *обертовому* русі точки тіла, що рухаються, переміщаються по кругових траєкторіях, центри яких лежать на осі обертання.

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

**5. 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 та просторові-часові.

Кінематичні характеристики дають можливість порівняти розміри тіла і його ланок, а також кінематичні особливості рухів у різних спортсменів. Від урахування цих характеристик багато в чому залежить індивідуалізація техніки спортсменів, пошук оптимальних саме для них особливостей рухів.

**5.1. 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. Найбільш популярна прямокутна система координат, у якій положення матеріальної точки в просторі описується її координатами на трьох взаємно перпендикулярних осях (вертикальній і двох горизонтальних – подовжній і поперечній).

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* (∆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* (∆φ) вимірюється у градусах.

**5.2. 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 (наприклад, відрив стопи від опори під час бігу – це момент закінчення фази відштовхування та початку фази польоту). За моментами часу визначають тривалість руху.

*Тривалість руху – це його часова характеристика, яка вимірюється різницею моментів часу початку й закінчення руху*. Якщо відома тривалість руху і відстань, яку пройшла точка, можна визначити її швидкість. Знаючи тривалість руху, визначають також його темп і ритм.

*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. Ритм розкриває зусилля, які докладає людина. Він залежить від їх величини, часу застосування та інших особливостей руху. Тому за ритмом рухів можна певною мірою говорити про їх досконалість. У ритмі особливо важливі акценти – великі зусилля та прискорення – їх розташування у часі. При опануванні вправами іноді краще спочатку задати ритм, ніж детально описувати елементи руху; це допомагає швидше зрозуміти особливості руху, що вивчається, його побудову в часі.

**5.3. 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.

**6. Динамічні характеристики руху людини.** Всі рухи людини й переміщення предметів, які вона рухає під впливом сил змінюються за величиною і напрямом швидкості. Щоб розкрити механізм рухів (причини їх виникнення і хід їх змін), досліджують динамічні характеристики. До них належать інерційні характеристики (особливості тіла людини й предметів, які вона рухає), силові (особливості взаємодії ланок тіла та інших тіл).

Динамічні характеристики вимірюють тому, що саме вони допомагають усвідомити складні механізми формування рухів, а отже, знайти шляхи опанування ними, їх удосконалення і виправлення можливих помилок. Адже помилки в кінематиці (зовнішній картині рухів) завжди є наслідком несвоєчасних і нераціональних (недостатніх або надмірних) м’язових зусиль і невмілого використання зовнішніх сил.

**6.1. 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.*

Збереження швидкості незмінною (рух нібито за інерцією) в реальних умовах можливе лише тоді, коли всі зовнішні сили, докладені до тіла, взаємно врівноважені. В інших випадках неврівноважені зовнішні сили змінюють швидкість тіла відповідно до ступеня їх інертності.

*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 *(т) –* 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.

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

При обертальному русі інертність людського тіла залежить не тільки від маси, але й від пози. Наприклад, фігуристка зі складеними на грудях руками виконує обертання набагато довше, ніж із відведеними в сторону руками й ногою. У другому варіанті обертання різко сповільнюється і потім припиняється. Це відбувається тому, що, відводячи руки в сторони, фігуристка робить своє тіло інертнішим: хоча маса *(т)* залишається незмінною, збільшується радіус інерції (Rин), а отже, й момент інерції.

Ще однією ілюстрацією сказаного може бути жартівлива задача: що важче (точніше, інертніше) – кілограм заліза або кілограм вати? При поступальному русі їхня інертність однакова. При круговому русі важче переміщати вату. Її матеріальні точки знаходяться далі від осі обертання, і тому момент інерції значно більше.

При дослідженні рухів нерідко буває потрібно враховувати не лише величину маси, але й її розподіл у тілі. На розподіл матеріальних точок у тілі вказує місце розташування центра мас тіла.

*Центром мас* називається точка, де перетинаються лінії дії всіх сил, що приводять тіло в поступальний рух і які не зумовлюють обертання тіла. У поле гравітації (коли діє сила ваги) центр мас збігається з центром ваги. *Центр ваги* – точка, до якої прикладена рівнодіюча сил ваги всіх частин тіла. Положення загального центра мас тіла визначається тим, де знаходяться центри мас окремих ланок. А це залежить від пози, тобто від того, як частини тіла розташовані одна відносно іншої у просторі.

Центр маси міститься на рівні II крижового хребця, трохи вище від симфізу лобкових кісток і дорівнює 5-10 мм. У чоловіків центр маси на 1-2 см вище, ніж у жінок того самого зросту. Центр маси не може залишатися постійно на одному місці. Він зміщуєть­ся залежно від віку людини, статі, маси тіла та ін. Протягом доби центр маси також зміщується. Це залежить від функціонального стану серцево-судинної, травної, дихальної систем, а також від по­ложення тіла в просторі.

**6.2. Силові 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.

Визначення сили або моменту сили, якщо відома маса або момент інерції, дозволяє визначити лише прискорення, тобто як швидко змінюється швидкість. Потрібно ще знати, наскільки саме зміниться швидкість. Для цього потрібно знати як довго була докладена сила, тобто визначити імпульс сили (або її момент).

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

В обертальному русі момент сили, діючи протягом певного часу, створює імпульс моменту сили.

*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 залежать 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 виміряної гальмівної сили.

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

Таким чином, до раніше розглянутих кінематичних мір зміни руху (швидкості та прискорення) додаються й динамічні міри зміни руху (кількість руху, кінетичний момент). Разом з мірами дії сили вони розкривають зв’язок сил і руху. Вивчення їх допомагає зрозуміти фізичні основи руху, необхідні для вивчення специфічних особливостей рухових дій людини.