

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА**

Р. Ф. АХМЕТОВ

**ОСНОВИ БІОМЕХАНІКИ
ФІЗИЧНИХ ВПРАВ**

Навчальний посібник

Житомир
Вид-во ЖДУ ім. І. Франка
2016

УДК 796.011.3

ББК 75.1

A95

Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного університету імені Івана Франка (протокол № 7 від 27.02.2016 р.)

Рецензенти:

Л. В. Волков – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедру теорії і методики фізичного виховання Переяслав-Хмельницького державного педагогічного університету;

Ж. Л. Козіна – доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор, завідувач кафедри циклічних видів спорту та спортивних ігор Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди;

Т. Б. Кутек – доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор, декан факультету фізичного виховання і спорту Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Ахметов Р. Ф.

A95 Основи біомеханіки фізичних вправ : навч. посіб. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2016. – 184 с.

ISBN 978-617-7483-00-6

У навчальному посібнику «Основи біомеханіки фізичних вправ» розглянуто наукові основи біомеханічного аналізу фізичних вправ. Навчальний посібник включає теоретичний матеріал сучасної біомеханіки, лабораторні роботи у відповідності до програми з курсу «Біомеханіка» питання для поточного контролю, самостійної роботи студентів, питання до екзамену.

Навчальний посібник рекомендовано для студентів галузі фізичної культури і спорту ВНЗ III–IV р. а.

УДК 796.011.3

ББК 75.1

Наукове видання

АХМЕТОВ Рустам Фагимович

Основи біомеханіки фізичних вправ

Навчальний посібник

В оформленні палітурки використаний файл із сайту <http://www.wulla.de/medimouse/>

Надруковано з оригінал-макету автора

Підписано до друку 30.02.16. Формат 60х90/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman. Друк різнографічний.

Ум. друк. арк. 10.7. Обл. вид. арк. 8.5. Наклад 300. Зам. 211.

Видавець і виготовлювач

Видавництво Житомирського державного університету імені Івана Франка
м. Житомир, вул. Велика Бердичівська, 40

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: серія ЖТ №10 від 07.12.04 р.

електронна пошта (E-mail): zu@zu.edu.ua

ISBN 978-617-7483-00-6

© Ахметов Р. Ф., 2016

ВІД АВТОРА

Біомеханіка як навчальна дисципліна вивчає рухи людини у процесі виконання фізичних вправ.

Розуміння фізичної сутності рухів людини і складності управління ними особливо важливе для вчителя фізичного виховання, тренера. Використання основних понять про рух, простір і час, законів механіки дозволяє професійно застосувати і вдосконалити методи навчання фізичним вправам, підвищувати ефективність їх впливу не тільки на фізичний розвиток школярів, але й враховувати їх пізнавальні здібності.

Мета навчального посібника – ознайомити студентів спеціальності «Фізичне виховання» педагогічних вузів з біомеханічними основами фізичних вправ, зокрема з основами спортивної техніки, озброїти їх знаннями, необхідними для правильного застосування фізичних вправ як засобу фізичного виховання. У навчальному посібнику розкривається складність рухів людини, закономірності яких використовуються при вдосконаленні її рухової діяльності.

У результаті вивчення курсу студенти повинні оволодіти біомеханічним аналізом як методом дослідження, більше того, як основним засобом мислення, який дозволяє розкривати специфіку фізики живого, розуміти суть рухів у руховій діяльності. Крім вирішення навчальних завдань у процесі вивчення біомеханіки важливо вирішувати питання виховання, використовуючи для цього багатий матеріал спортивної педагогіки.

Зміст навчального посібника відображає сучасний стан біомеханіки як біомеханічної науки з педагогічною спрямованістю й розвиток її як навчальної дисципліни.

У навчальному посібнику використано досвід багаторічного викладання біомеханіки провідними спеціалістами Національного університету фізичного виховання

і спорту А.М. Лапутіна, В.О. Кашуби, В.В. Гамалія, О.А. Архипова, Т.О. Хабінець, М.О. Носко та інших.

Оскільки біомеханіка як синтетична наука ґрунтується на знаннях біології, фізики, математики та прикладної дидактики, матеріал підручника методично представлено таким чином, що читачу легко засвоювати його при послідовному, ступеневому освоєнні даного курсу. З іншого боку прийоми та методи біомеханічного аналізу викладено за окремими темами досить автономно, що дасть змогу студентам користуватися ними диференційовано, виходячи зі своїх конкретних практичних потреб. На думку автора, це значно розширює сферу можливого використання посібника.

Оскільки студенти повинні володіти знаннями фізики в об'ємі середньої школи, у навчальному посібнику немає ні систематичного повторення, ні послідовного введення понять і законів фізики; теореми наводяться без їх доведення. У ньому не приводиться детальний аналіз окремих вправ, так як це входить у завдання посібників із біомеханіки і підручників із відповідних спортивних дисциплін. Головна увага приділена викладенню основ і шляхів аналізу, оволодівши якими можна успішно вивчати будь-яку фізичну вправу.

Посібник може бути корисним для студентів, які вивчають курс біомеханіки на біологічних та педагогічних факультетах університетів. Опанувати курс біомеханіки неможливо без набуття студентами практичних навичок самостійної роботи з дослідження рухів. Для успішного використання посібника за умов лабораторного практикуму студенти повинні мати певні теоретичні та спеціальні знання з біокінематики, біодинаміки та біостатики рухів людини, з певних апаратурних систем, їхні метрологічні характеристики та одиниці вимірювання.

На лабораторних заняттях студенти оволодівають біомеханічними методами вивчення рухових дій. На при-

кладах фізичних вправ, які входять в програму фізичного виховання в школі, вивчаються кінематичні і динамічні характеристики рухів, здійснюється якісний біомеханічний аналіз фізичних вправ.

Самостійна робота студентів передбачає вивчення тем, що розглядаються на лекційних та лабораторних заняттях. Формами цієї роботи є вивчення основної та додаткової літератури; самостійний пошук матеріалу з певної теми; робота з конспектом лекцій; вирішення ситуаційних завдань; відповіді на запитання для ситуаційних завдань; відповіді на запитання для самоконтролю; підготовка рефератів. Самостійна робота студента над засвоєнням навчального матеріалу може виконуватися в бібліотеці університету, кабінеті теорії і методики фізичного виховання, а також у домашніх умовах.

Контроль рівня знань, набутих студентами самостійно, включає: поточний контроль під час лабораторних занять, позаплановий контроль без попередження студентів і кінцевий контроль під час екзамену.

Екзамен з курсу «Біомеханіка» студенти складають з дисципліни в цілому. Екзамен передбачає перевірку рівня теоретичних знань і вмінь використовувати їх в конкретних ситуаціях (перевірка проходить в усній формі з використанням білетів). Під час екзамену студенти можуть користуватися програмою з дисципліни, а з дозволу екзаменатора – довідковою літературою, таблицями, планами, тензодинамограмами. Студенти, які досягли найбільших успіхів у вивченні дисципліни за даними поточного контролю, перемогли у першому турі Всеукраїнської студентської олімпіади з біомеханіки, не мали пропусків занять, можуть бути звільнені від складання екзамену з виставленням оцінки «відмінно».

Навчальний посібник «Біомеханіка фізичних вправ» є єдиним для студентів стаціонарної та заочної форм навчання.

Для фахівців, що мають намір користуватися цим навчальним посібником у позаурочний час як керівництвом для проведення дослідницьких робіт у своїй професійній сфері з використанням методів біомеханічного аналізу, рекомендується детальніше ознайомитися з теоретичними відомостями, поданими у першому розділі, а також з роботами зі списку літератури до кожної теми теоретичної частини.

Автор сподівається, що даний навчальний посібник слугуватиме не тільки студентам, але й фахівцям, котрі працюють у галузі методики фізичного виховання і спортивного тренування. Автор заздалегідь вдячний колегам-викладачам кафедр фізичного виховання педагогічних вищих навчальних закладів та тренерам за кожне критичне зауваження. Вважаю, що ділова критика дозволить підвищити якість навчального посібника в подальшій роботі.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма вивчення навчальної дисципліни «Біомеханіка» розроблена відповідно до освітньо-професійної програми спеціальностей 017 «Фізична культура і спорт» та 014 «Середня освіта» (фізичне виховання).

Предметом вивчення «Біомеханіки» як навчальної дисципліни є рухи людини у процесі виконання фізичних вправ.

Міждисциплінарні зв'язки. При викладанні навчального матеріалу з біомеханіки використовуються знання з таких дисциплін: історія фізичної культури і спорту, теорія і методика фізичного виховання, анатомія людини, фізіологія людини і спорту, механіка, спортивна метрологія.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

МОДУЛЬ 1. Загальні основи біомеханіки

Змістовий модуль 1. Біомеханічні основи внутрішніх і зовнішніх рухів людини

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета дисципліни – ознайомити студентів із теоретичними концепціями сучасної біомеханіки, з прийомами якісного і кількісного аналізу фізичних вправ, надати знання про біомеханічні закономірності виконання рухових дій. Усе це сприятиме певному стилю мислення, необхідного для цілеспрямованого перетворення навколишнього світу та людини в процесі фізичного виховання.

1.2. Завдання дисципліни:

– сформулювати у студентів об'єктивне уявлення про будову й рухову функцію тіла людини, зокрема його опорно-руховий апарат;

- навчити студентів спеціальним прийомам, методам і засобам аналізу просторової організації тіла людини та його рухів;

- сформувати у студентів навички самостійного аналізу рухів тіла людини в усіх великих суглобах;

- навчити студентів методам вимірювання й аналізу положення тіла людини;

- сформувати у студентів навички і вміння самостійної побудови, вибору й вибіркового використання основних засобів фізичного виховання: фізичних вправ спортивно-педагогічного та реабілітаційного спрямування;

- забезпечити широку теоретичну і практичну підготовку студентів до майбутньої професійної діяльності;

- сприяти формуванню системи спеціальних знань і умінь, вихованню пізнавальної активності;

- навчити використовувати знання та вміння інших наукових дисциплін для вирішення завдань фізичного виховання на високому методичному рівні;

- навчити узагальнювати досвід передової педагогічної практики, самостійно розробляти нові педагогічні технології;

- сформувати у майбутнього вчителя фізичної культури чіткі уявлення про біомеханіку рухів людини;

- сприяти вихованню почуття професійного обов'язку, відповідальності за якість підготовки до професійної діяльності, розуміння соціальної значимості майбутньої професії.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми у результаті вивчення дисципліни «Біомеханіка» студенти повинні знати:

- закономірності будови тіла людини й особливості прояву її рухової функції;

- будову, динамічні особливості та характеристики опорно-рухового апарату, кісток і м'язової системи;

- особливості просторової організації тіла людини.

вміти:

– аналізувати рухи в усіх великих суглобах тіла людини та знати особливості роботи скелетних м'язів, які реалізують ці рухи;

– використовувати теоретичні знання кінетики тіла людини під час навчання фізичним вправам і підвищення ефективності їх впливу на фізичний розвиток школярів;

– контролювати результати своєї роботи і своєчасно вносити відповідні корективи;

– працювати з науково-методичною літературою;

– самостійно здійснювати пошук оптимальних методик застосування фізичних вправ;

– підвищувати і удосконалювати професійну майстерність;

– вести систематичний облік отриманих результатів.

Розділ 1.

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

МОДУЛЬ 1. ЗАГАЛЬНІ ОСНОВИ БІОМЕХАНІКИ

Змістовий модуль 1. Біомеханічні основи внутрішніх і зовнішніх рухів людини

Тема 1. Біомеханіка як наука. Завдання біомеханіки спорту. Загальне завдання вивчення рухів. Прикладні завдання біомеханіки спорту. Історія розвитку біомеханіки. Зміст біомеханіки спорту. Етапи розвитку біомеханіки. Теорія біомеханіки спорту. Методи біомеханіки спорту.

Тема 2. Тіло людини як біомеханічна система. Механічні властивості ланок і їх з'єднань. З'єднання ланок. Ланки як важелі. Визначення положення тіла спортсмена у просторі. Золоте правило механіки. Замкнуті та незамкнуті ланцюги. Визначення точки тіла людини у просторі.

Тема 3. Кінематичні характеристики рухів людини. Системи відліку відстані й часу. Просторові характеристики. Часові характеристики. Просторово-часові характеристики. Кінематичні особливості рухів людини. Просторові характеристики у швидко-силових видах спорту. Часові характеристики у циклічних видах спорту. Просторово-часові характеристики ациклічних видах спорту.

Тема 4. Динамічні характеристики рухів людини. Інерційні характеристики. Силкові характеристики. Момент сили. Внутрішні характеристики відносно системи сили. Зовнішні характеристики відносно системи сили. Динамічні особливості рухів людини.

Тема 5. Біодинаміка рухових якостей. Біологічні й фізіологічні механізми розвитку рухових якостей. Характеристика рухових (локомоторних) якостей. Силкові якості людини. Внутрішні характеристики відносно системи сили. Динамічні особливості рухів людини. Розвиток сили та її вимірювання. Методика розвитку (тренування) сили м'язів. Фізична працездатність. Розвиток фізичних якостей.

Тема 6. Біомеханічні основи техніки фізичних вправ. Показники досконалості спортивної техніки. Напрямки розвитку системи рухів. Шляхи оволодіння технікою і її вдосконалення. Психологічний аспект керування руховими діями. Проблема доцільної індивідуалізації виконання вправи. Надійність виконання вправ і дій.

Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ КУРС

Тема 1. БІОМЕХАНІКА ЯК НАУКА

Мета: Надати основні поняття про біомеханіку як наукову дисципліну.

Опорні поняття: біомеханіка, теорія, етапи розвитку, методи.

План

1. Завдання біомеханіки спорту.
2. Загальне завдання вивчення рухів.
3. Прикладні завдання біомеханіки спорту.
4. Історія розвитку біомеханіки.
5. Зміст біомеханіки спорту.

Біомеханіка – це наука про закони механічного руху в живих системах. До живих систем відносять:

- 1) цілісні організми (наприклад, людей);
- 2) органи та тканини організму, а також речовини та гази в них;
- 3) об'єднання організмів (пари акробатів, борців).

Завдання біомеханіки спорту. Завдання кожної області знання визначають її зміст – її теорію й метод; основні розробки для вирішення цих завдань. Спільне завдання охоплює всю область знання в цілому; прикладні ж – важливі при вивченні окремих конкретних питань.

Спільне завдання вивчення рухів людини в біомеханіці спорту – оцінка ефективності застосування сил для більш удосконаленого досягнення поставленої мети.

Вивчення рухів у біомеханіці спорту спрямоване на те, щоб знайти досконалі способи рухових дій і навчити краще їх виконувати. Тому біомеханіка має яскраво виражену педагогічну спрямованість.

Прикладні завдання біомеханіки спорту:

а) будова, властивості та рухові функції тіла спортсмена;

б) раціональна спортивна техніка;

в) технічне вдосконалення спортсмена.

Слово «Біомеханіка» можна розділити на два слова: *біо* – життя; *механіка* – наука про рух абсолютно твердих тіл.

Тобто біомеханіка вивчає, як рухається людина, чому вона так рухається, що дає їй можливість так рухатися і т.д., і що потрібно зробити, щоб підвищити ефективність цього руху.

Для розуміння питань, які стосуються людини, тобто живої системи, необхідно чітко розуміти, що таке людина?

Будова опорно-рухового апарата людини: кістки, суглоби, зв'язки, м'язи, сухожилля. Саме анатомічна будова визначає рухові здібності, які реалізує людина. Кістки мають різну довжину, але, як правило, вони одні та ті ж самі й від кісток нічого не залежить. Усього в тілі людини є 206 кісток, з них – 170 парних і 36 непарних.

Суглоби відіграють більш важливу роль. Суглоби відрізняються один до одного геометричною формою, різною кількістю осей руху. Розрізняють: трьохосьові, двохосьові та одноосьові суглоби. Така особливість суглобів дає можливість самого руху та реалізовуватися при виконанні тих або інших рухових завдань.

Головним у рухах нашого організму є м'язи. М'язи – це живі елементи організму людини, вони дихають, забезпечуються поживними речовинами, енергію, виробляють енергію. М'язи обов'язково повинні активізовуватися, і здійснюється це завдяки нервовим імпульсам. Всього в тілі людини налічується 639 скелетних м'язів.

Структура м'язового волокна дозволяє м'язу працювати, тобто скорочуватися, подовжуватися, напружуватися, розслаблятися, переходити з одного режиму в інший. Усе це можливо тому, що м'яз – такий же орган, як і інші.

Важливе значення мають розміри м'язів: довжина сухожилля, довжина самих м'язових волокон і їх розташування. Саме ці складові визначають роль м'язів в організмі людини.

Розрізняють силові м'язи (за рахунок своєї анатомічної будови), швидкісні (дуже довгі сухожилля і короткі м'язові волокна) та швидко-силові м'язи. Усі ці складові визначають анатомічні можливості людини.

Зв'язковий апарат – дуже важливий елемент організму, тому що зв'язки тримають суглоби. Зв'язки працюють, коли працює суглоб і захищають його.

М'язову активність також забезпечують і фізіологічні процеси, які відбуваються в організмі людини.

М'язи здатні працювати та скорочуватися за рахунок того, що вони складаються з десятків мільйонів **міофібрил** (усередині волокна) чи сарколеми.

Усередині міофібрил або сарколемів містяться білок актиноміозин. Саме нервовий імпульс змушує м'язи рухатися, завдяки хімічним процесам. Без хімічних процесів руху не відбуваються.

Тіло людини не можна розглядати лише як механізм або машину, яка функціонує як робот. Людина – біологічна істота. Вона здатна відчувати біль, негативні та позитивні емоції, тому **психологія** відіграє важливу роль. Поєднання біомеханіки та психології отримало назву науки **кінезіологія**, або психобіомеханіка. Тому людина має можливість реалізуватися в спорті.

Друга частина слова «біомеханіка» – **механіка**. Механіка – наука, розділ фізики, що вивчає закони природних явищ. Без причини наслідку не буває. Все пов'язане. І якщо щось трапляється, значить було щось раніше, що це спровокувало. Це закон механіки. Це основний закон Ньютона. На жаль, спадщину Ньютона ми розглядаємо з позицій цих трьох відомих законів. Ньютон відкрив закон збереження імпульсів, закон сталості. І в

нього є дуже просте пояснення: якщо десь щось зникло, то в іншому місці обов'язково з'явилося. Або якщо частина системи в силу тих або інших умов втрачає якусь величину, припустим швидкість руху, то якась інша частина цієї системи дану величину здобуває. Якщо спортсмен розбігається перед стрибком, у нього вийде гарний далекий стрибок, тому що під час розбігу він задає швидкість, а під час поштовху швидкість зменшує до нуля й перетворює в силу відштовхування.

Крім цього закону не можна забувати й про природні явища, про природні закони, про сили, які діють. Ці сили можуть бути силами рушійними, які сприяють руху чи, навпаки, гальмують. Гальмуючі сили це і сила тертя і сила пружної деформації, а також сила опору середовища. Але є й головна сила, без якої людина не здатна рухатися. Це сила опори. Людині завжди потрібно від чогось відштовхуватися, щоб рухатися. При взаємодії з опорою виникає найголовніша сила – сила реакції опори – основна рушійна сила для людини. Сила ваги діє на опору, але вона виникає як противага. Крім того, сила тертя – це можливості зчеплення, що виключає можливість падіння, а падіння – це травма.

Біомеханіка як сучасна наука досить молода. Але щоб ця наука відбулася, потрібно було накопичити про неї знання. Першу інформацію про анатомічну будову тіла людини було зібрано лікарем **Клавдієм Галеном**. Це лікар у Стародавньому Римі, який в основному лікував гладіаторів. Саме він уперше виявив, що людина – не просто тілесна оболонка, а людина має певну будову: м'язи та тверді тканини, рідину, яку пізніше назвали кров'ю, м'язи, кістки і т.д.

Пізніше стало відомим ім'я **Леонардо да Вінчі**. За освітою – математик. **Леонардо да Вінчі** мав математичний склад розуму й математично мислив. Він дуже багато зробив у питанні дослідження людського тіла, його

будови. Вчений шукав гармонію та пропорційність у будові тіла людини. Тому доказом служить його малюнок «Чоловік у колі». На цьому малюнку тіло чоловіка розсічене на сегменти. Це погляд **Леонардо да Вінчі** на симетричність, красу, гармонію, пропорційність.

У свій час **Альберт Ейнштейн** сказав, чим є гра на скрипці: це красиво, але, за своєю суттю, це чисто механічний рух, тобто є пальці, які роблять механічну роботу, є робота лівої та правої руки. І ця механічна діяльність народжує прекрасні звуки. В основі всієї діяльності людини лежать механічні рухи.

Дуже багато було зроблено фізиками, астрономами: Ньютоном, Ейнштейном, Галілеєм, Джордано Бруно.

Перша книга «Про рух тварин» вийшла у світ у Римі в **1679 році**. Її автор – професор математики Джованні Альфонсо Бореллі (1608–1679 рр.) дав поштовх подальшим дослідженням рухів живих істот. Дослідження Дж. Бореллі поклали початок розвитку біомеханіки як галузі науки. Завдяки цій роботі він вважається засновником ятрофізичної школи (ятрофізика – комбінація фізики й медицини).

Дослідження Дж. Бореллі були спрямовані на вивчення статички людського тіла. Ним були розглянуті, з погляду механіки, умови рівноваги багатоланкової системи, яку являє собою тіло тварини, дав визначення загального центру тяжіння людського тіла й т.п.

У період діяльності Дж. Бореллі більш-менш стійку систему знань становила статика, яка пояснювала умови рівноваги механічних систем.

Біомеханіка – наука точна. І можливість точно вимірювати з'явилася наприкінці XIX століття, коли з'явилися перші кінокамери. Вперше О.Брауні й В.Фішер зробили велике відкриття: вони вивчили кінематичну структуру кроку людини. Вчені витратили на це 5 років життя. Для вивчення кроку використовувалася кінозйомка з частотою 24 кадри за секунду. І це стало проривом,

з'явилася практична можливість вивчення руху людини. Після цього з'явилися апаратні відеоконспекти. Сучасні камери роблять до 1 млн. кадрів за секунду.

Вчені Павлов, Сеченов, Ухтомський, Пирогов зробили великі відкриття в медицині та фізіології. Вперше про рух людини заговорили наприкінці 30-х років, коли група вчених, яку очолював Микола Олександрович Бернштейн, почала досліджувати рухи.

М. О. Бернштейн є засновником сучасної біомеханіки як науки. М. О. Бернштейн визначив методологію, предмет і об'єкт біомеханіки. Але це не була біомеханіка спорту, а, скоріше, біомеханіка трудової спрямованості, виробничої діяльності. Його найкращий учень Д. Д. Донської уперше почав вивчати біомеханіку фізичних вправ.

Бернштейн уперше зацікавився питаннями управління рухами. У 1938 р. він подав ідею про багаторівневе управління рухами людини і це було не що інше як **кібернетика**. Але у роки сталінізму всі ідеї Бернштейна було заборонено на довгі роки, а Бернштейна репресовано. Ідеї Бернштейна були підхоплені на заході, й американський вчений Нойберт Вінер створив науку кібернетику в 1947 р.

З 1953 р. почався новий виток розвитку біомеханіки – біомеханіки спорту (очолив Д. Д. Донської).

Біомеханіка – природнича наука, медико-біологічна дисципліна, наука точна, тому вимірювання – це основа біомеханіки.

Механізм забезпечення керування рухами (за Бернштейном). Для початку необхідно визначити, де перебуває центр управління рухом. Раніше існувала помилкова теорія, що у м'язах є центри, в яких зберігається пам'ять про рухи, які виконуються. М'язи ніякої інформації зберігати не можуть, тому що м'язи – виконавці. Уся інформація про управління рухами зберігається в мозку, і саме з мозку здійснюється управління. У мозку знаходиться центр управління рухами.

М. О. Бернштейнові вдалося систематизувати рухи, тобто розподілити їх у певні рухові блоки. З'явилося поняття про моторні блоки рухів або види руху.

Всі рухи були розділені на 4 моторні блоки:

1. Локомоторні рухи або локомоції.

Мета – перемістити власне тіло у просторі. Існують наземні, водні повітряні локомоції.

2. Дії, що переміщують зовнішні предмети стосовно власного тіла. У даному випадку рух полягає в тому, що переміщається не власне тіло, а зовнішні об'єкти. *Наприклад:* якщо спортсмен працює зі снарядом або проти суперника (боротьба, бокс), то це дії, які здійснюють переміщення. Тобто усі сили віддаються зовнішньому об'єкту.

3. Обертання. Здійснення обертання власного тіла відносно власної або зовнішньої осі в опорному чи безопорному положеннях. У даному випадку обертання пов'язано із центром маси тіла. У людини є загальний центр маси тіла (ЗЦМТ). Ця точка перебуває на рівні крижового відділу хребта та є місцем концентрації мас усіх ланок тіла.

4. Рівновага. Мета – зберегти певну нерухливу рівновагу. Рівновага – це положення тіла, при якому сума моментів зовнішніх і внутрішніх сил дорівнює нулю. Зовнішні сили – це опора, суперник, снаряд. Внутрішні сили – це прояв м'язових зусиль. І коли внутрішні, тобто м'язові сили рівні зовнішнім – це називається рівновагою. Стійкість – це здатність людини зберігати рівновагу.

Виконання руху починається з фіксації в голові того чи іншого моторного блоку. Далі формується команда у вигляді нервового імпульсу. Нервові імпульси розрізняються за інтенсивністю. Розрізняють великі й глибокі м'язи, які вимагають потужних нервових імпульсів, інакше вони не будуть працювати. Також розрізняють поверхові та середні м'язи.

Нервовий імпульс запускає внутрішні процеси у м'язах, відбуваються хімічні процеси і т.д. Після цього м'яз змінює свою довжину, а отже здійснюється сам рух. Після здійснення руху м'язом, рецептори, які називаються пропріорецепторами подають інформацію назад у мозок, тобто звітують, що рух виконаний. І мозок має, по-перше, уявлення про те, як була виконана робота, і, по-друге, про те, чи є необхідність вносити якісь виправлення, коректувати рух.

Питання для самостійного опрацювання:

- 1. Етапи розвитку біомеханіки.*
- 2. Теорія біомеханіки спорту.*
- 3. Методи біомеханіки спорту.*

Література

1. Бернштейн Н.А. О построении движений. – М.: Медиздат, 1947. – 436 с.
2. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. – М.: Физкультура и спорт, 1971.
3. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика: Учебник для ин-тутов физ. культ. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 263 с.
4. Лапутін А.М. Біомеханіка спорту. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.

Тема 2. ТІЛО ЛЮДИНИ ЯК БІОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА

Мета: Сформуванати знання про тіло людини як біомеханічну систему

Опорні поняття: біомеханічна система, біоланки, біокінематичні пари, біокінематичні ланцюги.

План

1. Механічні властивості ланок і їх з'єднань.
2. З'єднання ланок.
3. Ланки як важелі.
4. Визначення положення тіла спортсмена у просторі.

Будова та функції органів опори та руху в людини відрізняються великою складністю. Це зумовлене надзвичайним різноманіттям можливостей положень і рухів тіла. Особливості тіла людини, зокрема рухового апарата, дають підставу розглядати тіло в цілому та його частини як особливі біомеханічні системи.

Під біомеханічними системами розуміється об'єднання живих об'єктів (органів, тканин), які мають загальні особливості в прояві законів механічного руху, а також загальні особливості способів управління ними, участі в цих рухах або в їх використанні. Розрізняють активні системи (всього тіла, рухового апарата) та пасивні системи (внутрішніх органів, м'яких і рідких тканин). Особливий інтерес для вивчення рухів людини представляє біомеханічна система її рухового апарата, яка служить: а) джерелом енергії; б) механізмом для передачі зусиль; в) об'єктом руху; г) системою управління.

1. МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАНОК І ЇХ З'ЄДНАНЬ

Частини тіла людини, що мають рухливі з'єднання, прийнято розглядати як ланки, які становлять біокінематичні пари та ланцюги. Ланки ланцюгів і їх з'єднання перебувають під дією прикладених до них сил (навантажень). У цих умовах проявляються особливості будови та функції (механічні властивості) тіла людини, що впливають на виконання рухів.

Види навантажень і характер їх дії.

Сили, які застосовуються до тіла та визивають зміну його форм і розмірів (деформації), називаються навантаженнями.

До основних видів деформацій тіла відносяться: розтягування, стискання, вигинання, скручування та зміщення (рис. 1). Кістки скелета та м'які тканини при деформації під дією прикладених сил (навантажень) протидіють їм.

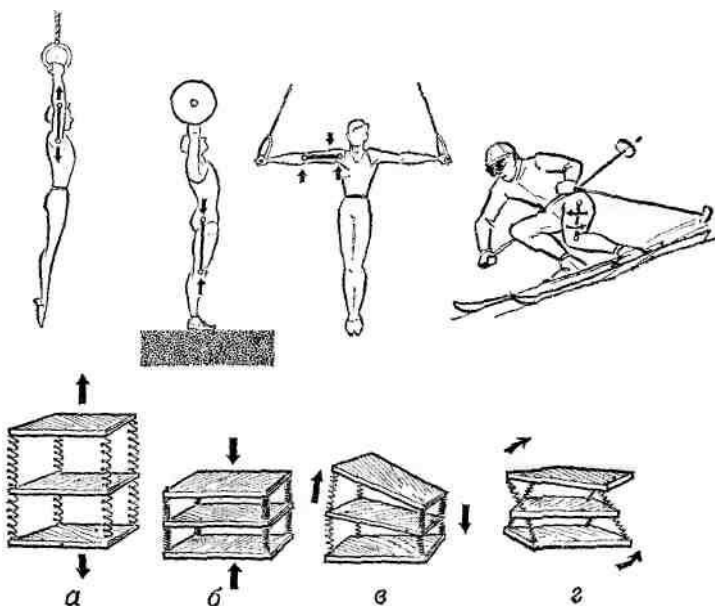


Рис. 1. Навантаження, що викликають деформацію:

а – розтягування; б – стискання; в – вигинання; г – скручування. На схемах унизу – зміщення елементів

Навантаження, які обумовлюють розтягування – це найхарактерніші навантаження для м'яких тканин. Вони виникають при висах (див. рис. 1, а) чи під час утримування вантажу в опущених руках.

Навантаження, які створюють стискання кісток і хрящів, зустрічаються найчастіше при вертикальному

положенні тіла на опорі. У цьому випадку на скелет діють, з одного боку, сили ваги тіла та вага зовнішніх обтяжень, а з іншого – тиск опори (див. рис. 1, б).

Навантаження, які викликають вигинання, найчастіше зустрічаються, коли кістки виконують роль важелів. У цих випадках прикладені до них сили м'язів і сили опори спрямовані поперек кісток і викликають вигинання (див. рис. 1, в).

Нарешті, навантаження, які обумовлюють скручування, найчастіше зустрічаються при обертальних рухах ланки навколо поздовжньої осі (див. рис. 1, г).

За характером дії розрізняють навантаження статичні та динамічні. Перші, як правило, постійні за величиною та відносно невеликі. Другі виникають при рухах, коли прикладені сили інерції. Вони змінюються й можуть наростати до дуже великих величин (*наприклад*: навантаження на стискання після падіння з великої висоти, навантаження на вигинання при ударі). Такі динамічні навантаження, які особливо діють не у звичайному напрямку (*наприклад*: при ударі поперек кістки), можуть перевищити запас міцності тієї чи іншої ланки, тоді відбувається ушкодження рухового апарата.

М'язи, суглобні сумки, зв'язки, а також хрящі, які з'єднують кістки скелету при деформації зменшують дію динамічних навантажень. Особливо велику роль у зм'якшенні цієї дії відіграють, завдяки своїй пружності, м'язи. Якщо вони недостатньо амортизують навантаження, то ушкоджуються зв'язки та хрящі, а іноді навіть і кістки та самі м'язи.

Кістки, як тверді тіла, при передачі сил виконують роль важелів. У біомеханіці розглядають у якості твердих важелів багато частин тіла (плече, стегно і т.д.). Вважається, що вони не змінюють своєї довжини, не згинаються й не скручуються.

Пружні деформації. Пружні деформації виникають у тілі під дією навантаження та зникають при його відсутності. Зміна форми (деформація) тіл під дією прикладених до них сил – властивість усіх реальних тіл. Абсолютно твердих тіл, які не деформуються ні при яких умовах, у природі не існує.

У випадку пружної деформації форма тіла після припинення дії деформуючої сили відновлюється (*наприклад*: сталева пружина) на відміну від пластичної деформації, яка залишається після зняття навантаження, тобто колишня форма вже не відновлюється (*наприклад*: сира глина). Таким чином, пружність – властивість тіла самостійно відновлювати свою форму після деформації.

Пружна сила (сила пружного напруження), протидіючи зміні форми, збільшується та, зрештою, припиняє деформацію як зупиняюча сила – у цей момент вона стає рівною деформуючому навантаженню. Ця ж пружна сила при знятті деформуючого навантаження відновлює початкову форму тіла як відновлювальна сила. Напруження деформованого тіла вимірюється в кілограмах на квадратний сантиметр його розрізу.

2. З'ЄДНАННЯ ЛАНОК

З'єднання ланок у біокінематичних ланцюгах зумовлюють різноманіття можливостей руху. Від способу з'єднання й участі м'язів у рухах залежить їх напрямок і розмах (просторова форма рухів).

Кінематичні пари. Кінематична пара – це рухливе з'єднання двох ланок. Спосіб з'єднання накладає обмеження на відносний рух. Наявність рухливості в з'єднанні надає ланкам певні можливості відносного руху (ступені свободи руху).

Розрізняють зв'язки: а) геометричні (постійні перешкоди переміщенню в якому-небудь напрямку); б) кінематичні (обмеження швидкості, *наприклад*: м'язом-антагоністом).

Кінематичні пари бувають: а) поступальні – одна ланка може переміщатися поступально по іншій (*наприклад*: бокові рухи нижньої щелепи); б) обертальні (*наприклад*: повороти в найпоширеніших у тілі людини циліндричних і кулястих суглобах); в) гвинтові з комбінацією поступального й обертового рухів (*наприклад*: у гомілковостопному суглобі). З'єднання, які допускають поворот ланок пари, називають шарнірами.

Кінематичні ланцюги. Кінематичні ланцюги – це послідовне чи розгалужене з'єднання ряду кінематичних пар. Кінематичний ланцюг, у якому кінцева ланка вільна, називають незамкнутим, а ланцюг, у якому немає вільної кінцевої ланки, – замкненим.

У кожному з'єднанні незамкнутого ланцюга можливі ізолювані рухи. Вони геометрично незалежні від рухів в інших з'єднаннях. Вільні кінцівки, коли їх кінцеві ланки вільні (рис. 2, а), представляють незамкнуті ланцюги. Замкненими кінематичними ланцюгами в тілі людини є: грудина, ребра, хребет. Такі замкнені ланцюги розімкнути неможливо. Незамкнуті можуть замикатися, причому часто через опору (див. рис. 2, а).

У замкнутому ланцюзі неможливий одиночний ізолюваний рух, тобто рух в одному з'єднанні. Так, згинаючи та випрямляючи ноги у випаді, можна переконатися в тому, що рух у будь-якому суглобі неодмінно викликає рухи й у інших суглобах (див. рис. 2, б).

Таким чином, рухи в незамкнутих ланцюгах характеризуються відносною незалежністю ланок. У замкнених ланцюгах рухи одних ланок впливають на рухи навіть віддалених ланок (допомагають або заважають). Наприклад, згинаючи руки в ліктьових суглобах в упорі лежачи (ланцюг, що замкнувся), можна чи відводити плечі, чи розгинати їх у плечових суглобах. Тоді будуть розтягуватися чи привідні м'язи плеча (великі грудні, широкі спини й ін.), чи згиначі (передні частини

дельтоподібних). У даному випадку при розгинанні рук у ліктьових суглобах привідні м'язи чи згиначі плечових суглобів залежно від того, які м'язи розтягнуті, можуть передавати свою дію на ліктьові суглоби – сприяти розгинанню рук у цих суглобах.

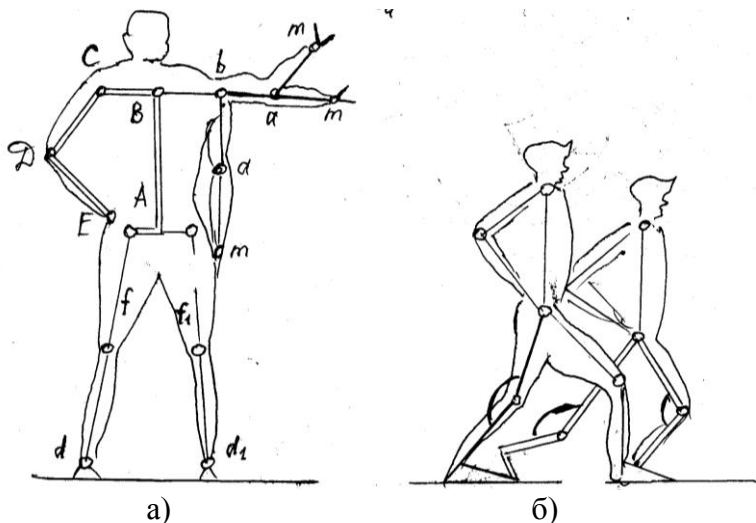


Рис. 2. Біокінематичні ланцюги тіла людини:

- а) – види ланцюгів; bam – незамкнутий; ABCDEA – замкнений на себе; dffldld – замкнений через опору;
- б) – взаємозв'язок рухів у замкненому ланцюзі.

Передача дії м'язів на суміжні та віддалені суглоби характерна для замкнених ланцюгів і часто має місце в подібних умовах роботи м'язів.

У замкнених ланцюгах можливостей рухів менше, але управління ними точніше, ніж у незамкнутих.

Ступені свободи рухів. Кількість ступенів свободи рухів відповідає кількості можливих незалежних лінійних і кутових переміщень тіла.

Тіло, нічим не обмежене в рухах (може рухатися в будь-якому напрямку), називається вільним. Рух вільного

тіла можливі у трьох основних напрямках – уздовж осей координат, а також навколо цих трьох осей, воно має 6 ступенів свободи руху (рис. 3, а).

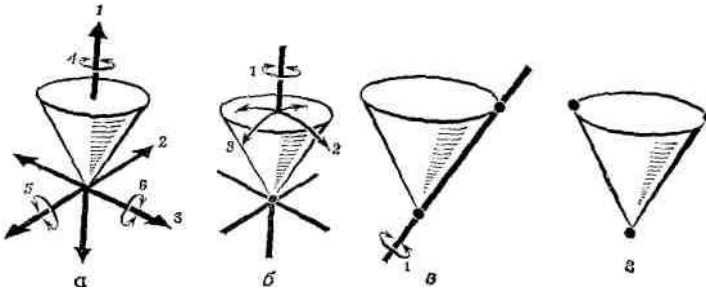


Рис. 3. Ступені свободи тіла:

а – вільне тіло (6 ступенів); б – закріплена одна точка (3 ступені); в – закріплені дві точки (1 ступінь); г – закріплено три точки (тіло нерухоме)

Накладення зв'язків зменшує кількість ступенів свободи. Якщо закріпити одну точку тіла, то відразу знімається 3 ступені свободи. Тіло не зможе рухатися уздовж трьох осей координат, у нього залишається тільки можливість обертання навколо цих осей, тобто тільки три ступені свободи (рис. 3, б). Так з'єднані кістки тривісних (кулястих) суглобів.

При закріпленні двох точок тіла можливе обертання лише навколо лінії (осі), яка проходить через обидві точки (рис. 3, в). Так з'єднані кістки одноосових суглобів, які забезпечують один ступінь свободи. Якщо ж закріплені три точки, які не лежать на одній лінії, то рух тіла зовсім неможливий (рис. 3, г). Таке ж з'єднання нерухоме і, не є суглобом.

Як відомо, двохосні суглоби (еліпсоїдний – променевозап'ястковий, сідлоподібний – перший зап'ястно-п'ястковий) забезпечують другий ступінь свободи завдяки непов-

ній взаємній відповідності своїх суглобних поверхонь (неконгруентність). З цієї ж причини, якщо рука в ліктьовому суглобі зігнута, можливі приведення й відведення ліктьової кістки в плече-ліктьовому зчленуванні (наприклад, при поворотах викрутки, штопора, ключа навколо осі, яка проходить уздовж другої п'ясткової кістки, в переважній частині суглобів тіла людини 2 або 3 ступенів свободи. При декількох ступенях свободи рухів (двох і більше) можлива незліченна кількість траєкторій. Виходить, у рухах у неодноосьових суглобів відсутня визначеність, що задається способом з'єднання. Тим більше це характерно для ланцюгів з декількома неодноосьовими суглобами.

Безліч можливостей рухів у суглобах кінематичної пари більш ніж з одним ступенем свободи вимагає для виконання кожного певного руху: а) вибору необхідної траєкторії; б) керування рухом за траєкторією (напрямком і величиною швидкості); в) регуляції руху, що розуміється як боротьба з перешкодами, які збивають із траєкторії.

Геометрія рухів. Кількість основних осей суглоба відповідає кількості ступенів свободи рухів однієї ланки відносно іншої. Площина руху перпендикулярна осі обертання та характеризує напрямок переміщення ланки. Розмах рухів – це кутове переміщення ланки з одного крайнього положення в інше.

В суглобному русі розрізняють вісь, площину та розмах. Усі пари ланок зв'язані в суглобах нерозривно, як у шарнірах, тому вони можуть рухатися в основному тільки навколо осей. Однак не існує суглобів зовсім правильної геометричної форми. А якби навіть такі й були, то при здавлюванні гіалінових суглобних хрящів форма суглобних поверхонь порушувалася б. Отже, геометричні осі обертання не постійні й правильніше говорити про миттєві осі обертання. У зв'язку з цим кількість осей у суглобі означає в біомеханічному змісті тільки кількість ступенів

свободи руху, а не постійних геометричних осей обертання.

Поздовжні осі ланок найчастіше не повністю перпендикулярні геометричним осям обертання. Тому різні точки ланок рухаються в площинах, паралельних одна одній, а сама поздовжня вісь ланки описує поверхні, близькі до конічних. Таким чином, площина руху в суглобі характеризує площину, в якій рухаються точки ланки. Вона перпендикулярна геометричній осі обертання й не обов'язково збігається з площиною руху поздовжньої осі самої ланки.

Розмахом рухів вимірюється рухливість у кожному окремому суглобі. Найбільший розмах буває в пасивних рухах; зі збільшенням зовнішнього навантаження (ваги обтяження, сили інерції) розтягуються м'які тканини-обмежники. Розмах же в активному русі менший, ніж у пасивному, тому що там м'язи мають межу сили, в той час як величина зовнішніх сил не обмежена. До того ж сила власних м'язів пари ланок прикладена незручно – при крайніх положеннях ланок у суглобі.

Рухливістю сусідніх ланок у з'єднаннях кожної пари зумовлена гнучкість усього кінематичного ланцюга в цілому. Гнучкість ланцюга (наприклад, хребта) вимірюється загальним розмахом руху кінцевої ланки щодо іншого кінця ланцюга.

3. ЛАНКИ ЯК ВАЖЕЛІ

Скелет, складений з рухливо з'єднаних кісток, є твердою основою біокінематичних ланцюгів. Ланки ланцюгів із прикладеними до них силами (м'язової тяги й ін.) у біомеханіці розглядаються як система суглобних важелів.

Види важелів у тілі людини. Важіль – тверде тіло, яке може під дією прикладених сил обертатися навколо опори (осі) у двох протилежних напрямках, а також зберігати своє положення. Як найпростіший механізм, важіль служить для передачі руху й сили на відстань.

Кожен важіль має точку опори – вісь важеля (О на рис. 4), точки (А, В) прикладення двох взаємно протидіючих сил (F і Р). Щоб визначити відстань до місця прикладення сил від осі важеля, вимірюють плечі важеля (ОА й ОВ).

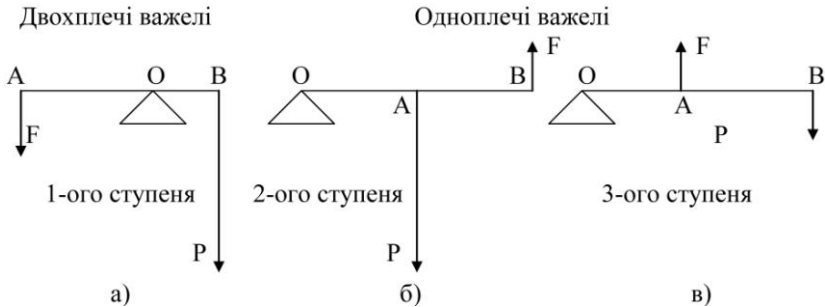


Рис. 4. Види важелів

Важелі бувають одноплечі (з точкою опори на кінці важеля – рис. 4, б, в) і двохплечі (з точкою опори між кінцями важеля – рис. 4, а).

Ланки тіла людини мають у своїй основі кісткові важелі. Двохплечі важелі використовуються при збереженні положення стоячи, а одноплечі у швидких рухах кінцівок. Та сама ланка для різних м'язів може бути як одноплечим так і двохплечим важелем.

Умови збереження положення ланок і їх руху як важелів.

Для рівноваги важеля необхідна рівність моментів прикладених сил протилежної дії щодо осі важеля, для прискорення важеля – нерівність цих моментів сил.

У результаті дії протилежних сил ланка, як важіль, може: а) зберігати положення чи продовжувати рух з попередньою швидкістю; б) одержувати прискорення вбік тієї чи іншої сили. Ефект спільної дії сил залежить від співвідношення їх моментів.

Момент сили визначається за формулою:

$$M_F = \bar{F} \cdot d$$

Якщо моменти обох сил рівні, то зберігається нерухоме положення важеля, або триває рух зі швидкістю, що була у момент урівноваження обох моментів. Якщо момент однієї з сил більший за момент іншої сили, виникає прискорення в той бік, куди спрямована сила більшого моменту. Якщо момент сили м'язової тяги є більшим, то м'яз скорочується (долаюча робота) і плече важеля пересувається в сторону прикладеної сили. Якщо момент сили обтяження є більшим, то м'яз розтягується (уступаюча робота) і плече важеля пересувається в інший бік.

4. ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ТІЛА СПОРТСМЕНА У ПРОСТОРИ

У ході виконання фізичних вправ положення тіла спортсмена у просторі змінюється. Відомо, що для точного визначення положення деякої механічної системи необхідно визначити місце кожної її частини у просторі, яке визначається трьома величинами в прямокутній системі координат (декартовій) висотою розміщення точки, її віддаленістю від початку відліку координат.

Положення тіла людини можна визначити за допомогою визначення площини й осі тіла (рис. 5).

Насамперед необхідно звернути увагу на вибір площин і осей тіла людини. Сагітальна площина розділяє тіло людини в положенні основної стійки на дві відносно рівні частини – ліву та праву. Фронтальна площина перпендикулярна сагітальній і ділить тіло людини на передню та задню частини. Третя – горизонтальна площина – перпендикулярна першим двом і ділить тіло людини на верхню та нижню частини. Перетинаючись, ці площини утворюють три взаємно перпендикулярні осі: передньо-задню, поздовжню та поперечну (рис. 5), які є своєрідною системою координат, відносно якої розглядають розташування внутрішніх органів, ланок тіла, судин та ін.

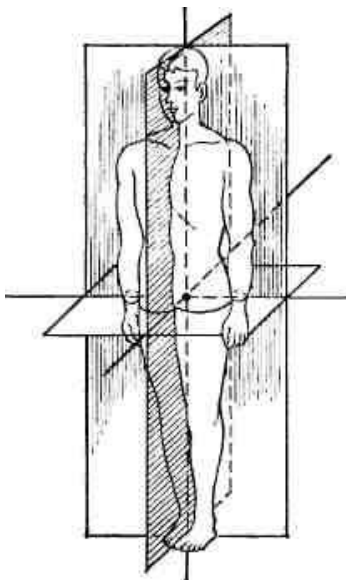


Рис. 5. Площини й осі тіла людини.

Таким чином, положення тіла людини у просторі характеризується місцем розташування його ЗЦТТ.

Питання для самостійного опрацювання:

1. *Золоте правило механіки.*
2. *Замкнуті та незамкнуті ланцюги.*
3. *Визначення точки тіла людини у просторі.*

Література:

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ. – Житомир, 2004. – 123 с.
2. Бранков Г. Основы биомеханики. – М.: Мир, 1981. – С. 20–21.
3. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. – М.: Физкультура и спорт, 1971.
4. Энока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 399 с.

Тема 3. КІНЕМАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХІВ ЛЮДИНИ

Мета: Сформуванати поняття про кінематичні характеристики рухів людини.

Опорні поняття: кінематика, просторово-часові характеристики, рух, кінематичні особливості.

План

1. Системи відліку відстані та часу.
2. Просторові характеристики.
3. Часові характеристики.
4. Просторово-часові характеристики.
5. Кінематичні особливості рухів людини.

1. СИСТЕМИ ВІДЛІКУ ВІДСТАНІ ТА ЧАСУ

Рух фізичного об'єкта фіксується тільки в порівнянні положення об'єкта з положенням іншого тіла (тіла відліку), тобто є відносним.

Вибір тіла відліку. Тілом відліку називають умовно обране тіло, від якого відраховують відстань при визначенні досліджуваного відносного руху.

Рух змінюється відповідно зміни часу та відповідно положення тіла. Його можна спостерігати та визначати лише відносно інших реальних тіл (наприклад, при стрибку в довжину – відносно бруска) чи умовних (наприклад, у старті яхт – відносно уявної лінії старту).

Залежно від умов завдання вибирається та чи інша система відліку. При відліку відстаней необхідно встановити: а) початок; б) напрямок; і в) одиниці відліку. Систему відліку зв'язують із певним фізичним тілом відліку. Дуже важливо доцільно вибрати тіло та початок відліку.

Від вибору тіла відліку залежать багато характеристик досліджуваного руху. Характер руху всіх інерційних тіл відліку, які перебувають у відносному спокої чи

прямолінійному та рівномірному русі, не впливає на досліджувані характеристики. Саме тіло відліку умовно розглядається як абсолютно тверде, тобто, яке не змінює своєї форми при будь-яких впливах.

Початок і напрямок відліку відстані. На тілі відліку встановлюють початок і напрямок вимірювання відстані. Фізичні тіла, в тому числі й тіло людини, в деяких випадках можна розглядати як матеріальні точки.

Існує три основні способи визначення руху точки: природний, координатний і векторний. При природньому способі заздалегідь відома траєкторія точки; на ній слід вибрати початок (0) відліку (наприклад, контрольний пункт на трасі дистанції). Тоді положення точки (наприклад, гонщика) на траєкторії визначається її відстанню від початку відліку (природня координата). Необхідно також вказати, з якої сторони від початку відліку (знаком + або –) розташована на траєкторії точка (рис. 1, а). Положення точки на лінії визначається лише одним числом зі знаком + або –.

Координатний спосіб дозволяє визначити в координатах положення точки на площині й у просторі. Частіше застосовують прямокутні координати. Відстань від початку координат до проекції точки на всі три осі (M_x , M_y , M_z) – це три лінійні координати: абсциса, ордината й апліката, які повністю визначають положення точки у просторі. Можна користуватися також і кутовими координатами: на площині – у системі полярних координат (рис. 1, г), а у просторі – в системах циліндричних (рис. 17, д) і сферичних координат (рис. 1, е).

Векторний спосіб зводиться до встановлення відстані точки від початку відліку, а також напрямку радіуса-вектора (рис. 1, ж).

Одиниці відліку відстані. Залежно від обраного способу відліку встановлюються одиниці відліку відстані – лінійні та кутові.

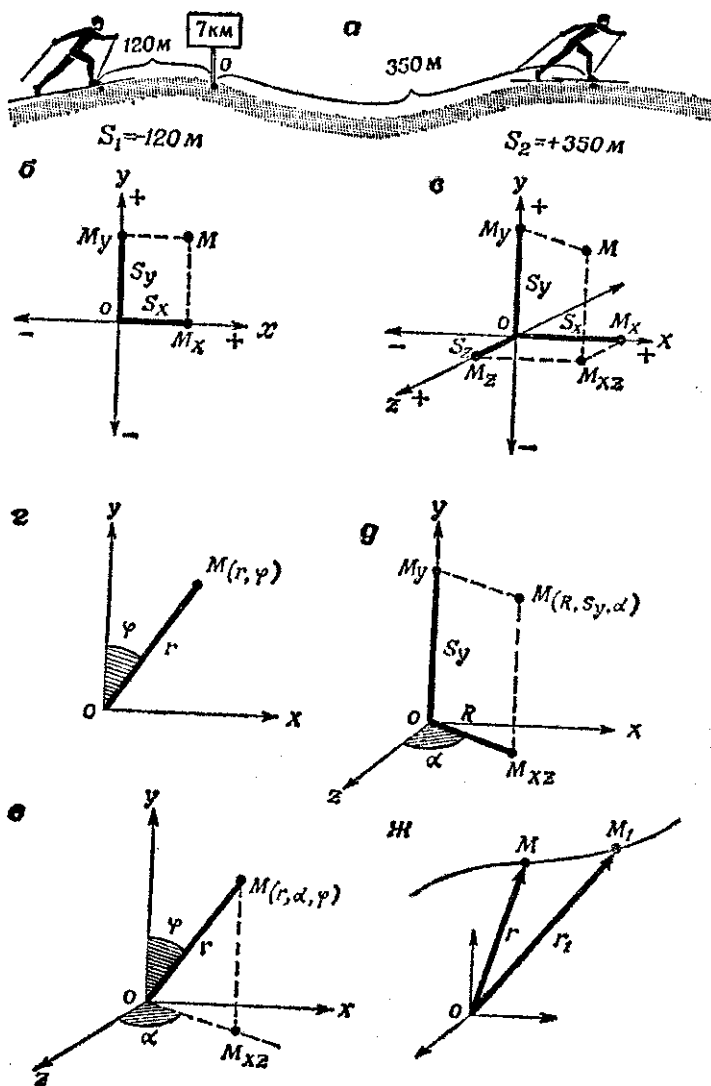


Рис. 1. Способи відліку руху точки:

а – природний спосіб; б, в, г, д, е – координатний спосіб: б – на площині, в – у просторі, г – полярний, д – циліндричний, е – сферичний; ж – векторний спосіб

Лінійні одиниці. Найчастіше використовують метричні одиниці: основна – метр, кратна їй – кілометр (1000 м) і дольні – сантиметр (0,01 м) і міліметр (0,001 м).

Крім цієї зручної для обчислень системи з десятиковою залежністю між меншими та більшими одиницями поки все ще зберігається в деяких країнах (зустрічається, зокрема, і в спорті) дуже незручна для розрахунків система:

1 дюйм = 2,54 см; 1 фут = 30,48 см; 1 ярд = 91,44 см;

1 ярд = 3 фути = 36 дюймів;

1 м = 1,094 ярда = 3,28 фута = 39,4 дюйма.

Кутові одиниці. У біомеханіці застосовуються: а) градуси, хвилини, секунди – при безпосередньому вимірюванні кутів (окружність = 360° ; градус = $60'$; хвилина = $60''$); б) оберти – при наближеному визначенні поворотів (оберт = 360° , пів-оберту = 180° , чверть оберту = 90° і т.д.); в) радіан – для розрахунків за формулами – кут між двома радіусами кола, які утворюють на окружності дугу, по довжині рівну радіусу (радіан = $57^\circ 17' 44,8''$; $1^\circ = 0,01745$ рад.).

Початок і одиниці відліку часу. Крім довжини руху (в просторі) необхідно вимірювати його тривалість (у часі). У звичайних умовах життя в добі використовують два початки відліку часу (полуніч і полудень), у транспорті й у техніці зв'язку – один (астрономічний – полуніч). У спортивних змаганнях, зазвичай, існує один загальний початок відліку – це або астрономічний час, або суддівський («секундоміри на нуль»). У біомеханіці в якості початку відліку часу вибирається момент початку досліджуваного руху.

Одиниця відліку часу – секунда (становить $1/60$ хвилини, чи $1/3600$ години). В сучасному спорті враховуються ще десятки й соті частки секунди, а в біомеханічних дослідженнях також і тисячні.

2. ПРОСТОРОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Просторові характеристики в цілому визначають просторову форму рухів людини.

Координати точки, тіла та системи. Координата – це просторова міра місця розташування точки відносно системи відліку. Місце розташування точки, як правило, визначають за її лінійними координатами.

Координати показують, де перебуває досліджувана точка (наприклад, пункт відліку на тілі) відносно початку відліку, на якій відстані й у якому напрямку від нього. Для визначення положення однієї точки на лінії необхідно й досить однієї координати, положення однієї точки на поверхні – двох, у просторі – трьох.

Але, щоб визначити положення якогось твердого тіла у просторі, цього недостатньо. Треба ще знати координати кутового положення тіла (кутові координати), які визначають його орієнтацію відносно цих трьох осей:

Розрізняють вихідне та кінцеве положення, тобто положення, з якого рух починається, і положення, яким він закінчується. Від вихідного положення (наприклад, стартового) часто залежать багато особливостей наступного руху. Кінцеве положення, до якого треба прийти, також може сильно впливати на виконання руху (приземлення після зіскоку зі снаряда в гімнастиці, після стрибка в довжину в легкій атлетиці, після випуску снаряда в метаннях). Іноді вихідне положення не дуже суттєве (перед початком розбігу при стрибках у висоту), в деяких випадках і кінцеве майже несуттєве (після передачі м'яча у футболі).

Усі рухи можна уявити собі як суцільний ряд миттєвих, які постійно змінюються, проміжних положень. Так виглядає рух на кадрах кіноплівки. За цими положеннями можна приблизно відновити зовнішню картину виконання руху. З погляду механіки описати рух точки – значить визначити її положення в будь-який момент часу.

Переміщення точки, тіла та системи. Переміщення точки – це просторова міра зміни місця розташування точки в даній системі відліку. Переміщення (лінійне) вимірюється різницею координат у моменти початку та закінчення руху в одній і тій же системі відліку відстаней.

Лінійне переміщення точки показує, на якій відстані у результаті руху виявилася точка відносно початкового (вихідного) положення. Переміщення – величина векторна. Вона характеризується цифровим значенням (модулем) і напрямком, тобто визначає розмах і напрямок руху. Якщо після руху точка повернулася у вихідне положення, переміщення дорівнює нулю. Таким чином, переміщення є не сам рух, а лише його остаточний результат – відстань по прямій і напрямком від вихідного до кінцевого положення.

Переміщення тіла вимірюється по-різному у випадках поступального та обертового рухів. При поступальному русі будь-яка пряма, що з'єднує будь-які дві точки тіла, весь час залишається паралельною сама собі, при цьому всі точки тіла рухаються однаково, їх швидкості однакові. Отже, переміщення тіла при поступальному русі можна визначити за переміщенням будь-якої його точки. Для цього з кожної координати кінцевого положення точки треба відняти відповідну координату початкового положення.

При обертальному русі будь-які дві точки, незмінно пов'язані з ним (усередині чи поза тілом), залишаються під час усього руху нерухомими, при цьому всі точки тіла, крім нерухомих, рухаються по дугах окружностей, центри яких лежать на одній нерухомій лінії – осі обертання, лінійні швидкості точок тіла пропорційні їхнім відстаням від осі. Отже, переміщення тіла при обертальному русі можна виміряти кутом повороту – різницею кутових координат в одній і тій же системі відліку відстаней.

Набагато складніше визначити переміщення біомеханічної системи, яка змінює свою конфігурацію. У

найбільш спрощених випадках рух біомеханічної системи розглядають як рух однієї матеріальної точки – зазвичай його загального центру тяжіння (ЗЦТ). Тоді можна простежити за переміщенням усього тіла людини «у цілому», оцінити певною мірою загальний результат її рухової діяльності. Але залишається невідомим, у результаті яких саме рухів досягнуто переміщення ЗЦТ. Іноді переміщення тіла представляють у вигляді переміщення умовно пов'язаної з ним лінії (лінія відліку).

Вивчення рухів ланок людини дозволяє більш докладно розглянути переміщення її тіла. У деяких випадках рухливі частини (наприклад, усі кістки стопи, кисті, передпліччя, навіть тулуба) розглядаються як одна ланка. У даному випадку можна визначити особливості рухів, хоча взаємний рух багатьох ланок не враховується і їх деформаціями нехтують. Однак одержати повну картину переміщень усіх суттєвих елементів тіла (включаючи внутрішні органи та рідкі тканини) при існуючих методах дослідження поки-що неможливо. Завжди доводиться застосовувати більш-менш значне спрощення, яке взагалі неминуче в будь-якому науковому дослідженні.

Переміщення окремих точок тіла людини розглядаються в тривимірному просторі – визначаються їх лінійні переміщення відносно початку відліку.

У більшій частині випадків руху ланок у суглобах розглядають як обертальні та визначають кутові переміщення ланок відносно суміжних з ними.

Траєкторія точки. Траєкторія точки – це просторова міра руху (уявний слід руху точки). Вимірюють довжину та кривизну траєкторії й визначають її орієнтацію в просторі.

Рухомі точка займає ряд проміжних положень, які постійно змінюються; її рух утворює неперервну лінію – траєкторію. При русі точки її координати змінюються. Вони стають більшими чи меншими, можуть змінювати

знак на зворотний. Зміна координат точки визначає напрямок і величину переміщення.

При постійному напрямку руху траєкторія за формою представляє пряму лінію (прямолінійний рух); при змінному напрямку – криву (криволінійний рух).

Довжину траєкторії (відстань уздовж неї) характеризує шлях точки. При прямолінійному русі для певної ділянки траєкторії (прямої лінії) вимірюють її довжину.

При криволінійному русі вектор переміщення – хорда ділянки криволінійної траєкторії – не збігається з траєкторією. Мале переміщення, при якому можна з необхідним ступенем точності замінити малу ділянку траєкторії її хордою, називається елементарним переміщенням.

При криволінійному русі шлях точки дорівнює арифметичній сумі модулів її елементарних переміщень; переміщення ж точки дорівнює геометричній сумі її елементарних переміщень.

Форму криволінійного руху характеризує кривизна траєкторії (k). Це величина, зворотна радіусу кривизни траєкторії (R), тобто радіусу такої елементарної дуги окружності, якою припустимо замінювати відповідну елементарну ділянку траєкторії: $k = 1/R$.

Отже, чим більший радіус такої дуги, тим менша кривизна траєкторії.

Для траєкторії будь-якої форми визначають також її орієнтацію в просторі: для прямої траєкторії – за координатами точок початкового та кінцевого положень, для кривої – за координатами цих двох точок траєкторії та третьої точки, яка не лежить із ними на одній прямій.

При поступальному русі тіла в усіх його точках траєкторії однакові. За траєкторією однієї точки (наприклад, ЗЦТ) можна вивчити рух тіла. Рух усього тіла (тільки коли він простий обертальний) також можна встановити, визначивши за траєкторією однієї точки кут повороту тіла.

При русі ж біомеханічної системи треба визначити траєкторії точок її ланок, а також траєкторію її ЗЦТ.

Таким чином, усі просторові характеристики – координати, переміщення та траєкторії в сукупності визначають початок і закінчення руху і його форму в просторі.

3. ЧАСОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Часові характеристики разом із просторово-часовими визначають характер рухів людини.

Момент часу. Момент часу (чи мить) – це часова міра положення точки, тіла та системи на початку, під час та наприкінці руху. Момент часу визначається проміжком часу до руху від початку відліку (положення на осі часу).

Визначаючи, де була точка у просторі, необхідно визначити, у який проміжок часу вона там була.

Момент часу потрібно визначати не тільки для початку та закінчення руху, але й для інших важливих миттєвих положень. У першу чергу, це моменти суттєвої зміни руху: закінчується одна частина (фаза) руху й починається наступна (наприклад, відрив від опори – це момент закінчення фази відштовхування та початку фази польоту).

Тривалість руху. Тривалість руху – це його часова міра. Вона вимірюється різницею моментів часу закінчення та початку руху в незмінній системі відліку.

Момент часу не має тривалості. Він служить границею двох суміжних проміжків часу. Зазвичай для визначення тривалості руху необхідно користуватися тим же початком відліку часу й одиницями відліку.

При русі можуть бути й зупинки (паузи, перерви у русі). Слід також вимірювати їх тривалість.

Темп рухів. Темп рухів – це часова міра повторювання рухів. Він вимірюється кількістю рухів, що повторюються за одиницю часу.

При багаторазовому повторенні рухів їх тривалість може бути однаковою. У цих випадках поняттям «темп» характеризується здійснення руху протягом часу.

Темп – величина, зворотна тривалості рухів: ці поняття пов'язані обернено пропорційною залежністю. У практичних умовах темп простіше визначати, ніж тривалість. Темп рухів зручніше порівнювати, якщо брати більші одиниці часу. Наприклад, при тривалості кроків лижника-гонщика 0,55 с і 0,51 с частота кроків буде 18,0 і 19,5 за 10 с, або, що іноді зручніше для підрахунку та порівняння, 108 і 117 кроків за хвилину.

Темп рухів може служити в окремих випадках показником досконалості володіння технікою. У кваліфікованих спортсменів (плавців, веслярів, бігунів та ін.) він вищий, ніж у некваліфікованих, отже окремі рухи в перших частіші. На темп рухів може впливати стомлення: в одних видах рухів він підвищується, а в інших – знижується.

Ритм рухів. Ритм рухів – це часова міра співвідношення частин рухів. Він визначається за співвідношенням проміжків часу, витрачених на відповідні частини руху.

Ритм визначають як співвідношення двох періодів часу (наприклад, опори та польоту в бігу), тривалості двох фаз періоду (наприклад, фази амортизації та фази відштовхування в опорному періоді), про ритм декількох фаз.

Фази, ритм яких досліджується, можуть відрізнятися за напрямком, швидкістю та прискоренням рухів, за величиною та напрямком зусиль і за іншими характеристиками. Співвідношення тривалості фаз відбиває співвідношення зусиль, які їх зумовлюють. Однак для визначення ритму рухів необхідне вимірювання саме часу, а не зусиль. Ритм буває постійним і змінним. Він може бути у циклічних і в ациклічних рухах.

З погляду біомеханіки в кожному русі є ритм, оскільки є різні частини рухів певної тривалості. Те, що на практиці

називається неритмічним рухом, у біомеханіці слід розцінювати як ритм нераціонального руху чи недотримання заданого ритму.

4. ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Просторово-часові характеристики визначають зміну положення та руху людини в часі.

Швидкість точки та тіла. Швидкість точки – це просторово-часова міра руху. Вона визначає швидкість зміни положення точки у просторі зі зміною часу. Швидкість вимірюється відношенням вектора елементарного переміщення (в даній системі відліку) до відповідного проміжку часу: $V_{\text{середнє}} = \Delta s / \Delta t$.

Таким чином, швидкість характеризує і швидкість, і напрямок руху.

Якщо для розрахунку швидкості береться тривалість руху та відповідне сумарне переміщення (дистанція), то виходить середня швидкість на даній дистанції, а також у будь-яку мить у будь-якій точці траєкторії при постійному (рівномірному та прямолінійному) русі. Але в людини, як правило, рух точок тіла змінний (нерівномірний і криволінійний), тому модуль і напрямок швидкості протягом руху змінюються. У такому випадку рух протягом його виконання більш точно характеризується миттєвими швидкостями.

Миттєва швидкість точки – це міра швидкості зміни положення точки в цей момент часу. Вона вимірюється межею відношення вектора переміщення до відповідного проміжку часу (у даній системі відліку), коли цей проміжок прагне до нуля.

Швидкість точки (лінійна), як вектор, збігається за напрямком із вектором переміщення. Це наочно видно в прямолінійному русі. У криволінійному русі вектор миттєвої швидкості, як межа елементарного переміщення,

збігається з дотичною в даній точці траєкторії та спрямований убік руху.

Як положення тіла визначається за положенням його точок, так і швидкість тіла визначається за швидкостями його точок. При поступальному русі швидкості всіх точок тіла однакові (лінійні). При обертальному ж – чим далі точка від осі обертання (більший радіус), тим більша її лінійна швидкість. Відношення лінійних швидкостей усіх точок твердого тіла, що обертається, до їх радіусів однакове. Ця величина – кутова швидкість (ω) – характеризує швидкість руху тіла, що обертається: $\omega = v/r$.

Звідси лінійна швидкість точки тіла, що обертається, дорівнює добутку кутової швидкості та радіуса обертання: $v = \omega r$.

Кутова швидкість тіла (миттєва) – це просторово-часова міра швидкості зміни положення тіла в обертальному русі. Вона вимірюється межею відношення кутового переміщення тіла (кута повороту) до відповідного проміжку часу (в даній системі відліку), коли цей проміжок прагне до нуля.

Таким чином, кутова швидкість тіла може бути виміряна за його кутовим переміщенням, а також за лінійним переміщенням будь-якої його точки по її радіусу обертання (радіус траєкторії в цей момент). Складний рух твердого тіла можна визначити за лінійною швидкістю ЗЦТ та кутовою швидкістю обертання тіла навколо осі, що проходить через його ЗЦТ.

Внаслідок обертального характеру рухів ланок у суглобах напрямок швидкостей точок завжди змінний. Завдяки тязі м'язів синергістів і антагоністів під дією безлічі інших сил модулі лінійних швидкостей точок і кутових швидкостей ланок майже не бувають постійними.

Таким чином, швидкість ланок увесь час змінюється як за напрямком, так і за модулем.

Прискорення точки та тіла. Прискорення точки – це просторово-часова міра зміни руху. Воно характеризує швидкість і напрямок зміни вектора швидкості точки в цей момент часу. Прискорення вимірюється межею відношення зміни швидкості до відповідного проміжку часу (у даній системі відліку), коли цей проміжок наближається до нуля: $a = \lim \Delta v / \Delta t$.

Швидкість точки, як вектора, може змінюватися за модулем, за напрямком або одночасно і за модулем, і за напрямком. Відповідно розрізняють прискорення точки: а) позитивне – однаковий напрямок зі швидкістю, швидкість зростає; б) негативне – напрямок, протилежний напрямку швидкості, швидкість зменшується; в) нормальне – напрямок перпендикулярний напрямку швидкості й вектор швидкості змінює тільки напрямок, не змінюючи своєї величини (криволінійний рух).

При поступальному русі лінійне прискорення тіла дорівнює лінійному прискоренню будь-якої його точки.

При обертальному русі кутове прискорення тіла характеризує зміну швидкості обертання.

Кутове прискорення – це міра зміни швидкості обертального руху тіла в даний момент часу. Кутове прискорення визначається як межа відношення зміни кутової швидкості до відповідного проміжку часу в даній системі відліку, коли цей проміжок наближається до нуля.

Кутове прискорення може бути чи позитивним (прискорення обертання), чи негативним (уповільнення обертання). Для твердого тіла, що обертається, відношення лінійних прискорень точок до їх радіусів обертання (відстаней до осі) однакові; вони дорівнюють кутовому прискоренню тіла: $a/r = \epsilon$.

Лінійне прискорення точки обертального тіла дорівнює добутку кутового прискорення та радіуса обертання: $a = \epsilon r$ (у радіанному вимірюванні).

У складному русі тіла (одночасно поступальному й обертальному) зміни швидкості вимірюють лінійним прискоренням ЗЦТ та кутовим прискоренням тіла відносно його ЗЦТ.

Визначення кутових прискорень біомеханічної системи ще більш складне, ніж визначення кутових швидкостей.

Таким чином, прискорення характеризує зміну швидкості.

Швидкості точок ланок тіла людини змінюються за модулем і напрямком. Отже, завжди є нормальні прискорення й майже завжди – тангенціальні (позитивні та негативні). Рухів тіла людини без прискорень не буває, але прискорення іноді можуть виявитися настільки малими, що практично не будуть мати значення.

5. КІНЕМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РУХІВ ЛЮДИНИ

Кінематичні особливості рухів людини, як біомеханічної системи, набагато складніші, ніж особливості рухів твердого тіла. Це залежить як від механічних причин, так і від біологічних факторів – активності м'язів.

Складний рух і його частини. У біомеханіці умовно розрізняють: а) складний рух, як результат руху кількох пов'язаних одне з одним тіл; б) складний рух одного тіла (одночасно поступальний і обертальний).

Вище говорилося про те, що складний рух твердого тіла у просторі можна уявити собі як результат додавання двох простих рухів: поступального та обертального. У цьому випадку складаються два рухи одного тіла.

Тіло людини – змінювана система, тому в її руховій діяльності має місце ще й додавання рухів різних ланок. Наприклад, при штовханні ядра рух кисті легкоатлета відносно Землі є результатом додавання безлічі рухів ланок ноги, тулуба та руки, тобто складеним рухом.

Питання для самостійного опрацювання:

- 1. Просторові характеристики у швидкісно-силових видах спорту.*
- 3. Часові характеристики у циклічних видах спорту.*
- 4. Просторово-часові характеристики ациклічних видах спорту.*

Література

1. Бранков Г. Основы биомеханики. – М.: Мир, 1981. – С. 20–21.
2. Гросс Х.Х. Педагогическая кинезиология – новое направление в спортивной педагогике и биомеханике // Теория и практика физической культуры. – 1979. – № 9. – С. 7–10.
3. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика: Учебник для ин-тутов физ. культ. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 263 с.
4. Лапутин А.Н., Хапко В.Е. Биомеханика физических упражнений. – К.: Радянська школа, 1986. – 131 с.
5. Энока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 399 с.

Тема 4. ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХІВ ЛЮДИНИ

Мета: Сформувати систему знань про динамічні характеристики рухів людини.

Опорні поняття: інерція, момент інерції, момент сили.

План

1. Інерційні характеристики.
2. Силкові характеристики.
3. Момент сили.

1. ІНЕРЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Поняття про інертність. Інертність (або інерція¹) – властивість фізичних тіл, що проявляється в збереженні руху, а також у його зміні під дією сил.

Фізичне тіло, взаємодіючи з іншими тілами, може змінити свій рух. Якщо ж ніякої взаємодії з іншими тілами немає, то немає і прикладених до тіла сил і його рух не змінюється (в інерційній системі відліку).

Зберігати «стан спокою чи рівномірного та прямолінійного руху» (1-й закон Ньютона)² – це значить зберігати незмінною за величиною та напрямком швидкість (в окремому випадку рівну нулю – стан спокою).

Прискорення (як міра зміни швидкості) виникає тільки при дії інших тіл, коли прикладені сили. У природі рух неможливий без впливу інших тіл, тому здатність зберігати рух проявляється як здатність до його зміни (прискорення) під дією сили, причому поступовому та різному для різних тіл. *Наприклад:* спис, який метає спортсмен, продовжує рух «за інерцією». Але у результаті опору повітря та сили тяжіння Землі рух змінюється – спис падає, а не летить рівномірно та прямолінійно.

Інертність характеризує певні ознаки руху тіл, свідчить про зміни руху під дією сил. Біомеханічні системи також підпорядковуються закону Ньютона. Для зміни обертального руху системи тіл при деяких умовах (без опори) дії інших зовнішніх тіл не потрібно, однак закон інерції у даному випадку не порушується.

Маса тіла. Маса – це міра інертності тіла при поступальному русі. Вона вимірюється при поступальному

¹ Інерція (лат.) – застиглість, бездіяльність, непоступливість.

² 1-й закон Ньютона (закон інерції): «Усяке тіло зберігає свій стан спокою чи рівномірного та прямолінійного руху доти, поки зовнішні прикладені сили не змусять його змінити цей стан».

русі тіла чи системи тіл відношенням величини прикладеної сили до величини викликаного нею прискорення: $m = F/a$.

Вимірювання маси в даному випадку ґрунтується на 2-у законі Ньютона¹. У даному випадку маса – коефіцієнт пропорційності між силою та прискоренням.

Якщо до тіла прикладені різні сили, то зміни його руху будуть різними. Відношення ж сили до викликаного нею прискорення в кожному випадку постійне і дорівнює його масі.

Момент інерції тіла. Момент інерції – це міра інертності тіла відносно осі при обертальному русі навколо даної осі¹. Момент інерції кількісно дорівнює сумі моментів інерції частин тіла – добутків мас частин та квадратів їх відстаней (радіусів) від осі обертання: $J = \sum mr^2$.

Якщо частини тіла перебувають на більшій відстані від осі обертання, то кутове прискорення тіла під дією того ж моменту сили зменшується, якщо частини знаходяться ближче до осі, то кутове прискорення збільшується. Отже, якщо наблизити тіло, або його частини до осі, то легше викликати кутове прискорення, розігнати тіло в обертанні або зупинити його.

Знайшовши математично момент інерції тіла, можна розрахувати радіус інерції, на величині якого відбивається розподіл частин у тілі відносно даної осі.

Радіус інерції – це порівняльна міра інертності даного тіла відносно його різних осей. Радіус вимірюється

¹ 2-й закон Ньютона (основний закон динаміки): «Зміна руху пропорційна ззовні діючій силі та відбувається по тому напрямку, по якому ця сила прикладена».

² Виміряна таким чином маса називається інертною; виміряна шляхом зважування – важкою; вони кількісно рівні одна іншій і відрізняються тільки способами їх визначення.

квадратним коренем з відношення моменту інерції щодо даної осі до маси тіла: $R = \sqrt{J/m}$.

Кількісне визначення моментів інерції в біомеханіці не завжди досить точне. Але для розуміння основ фізичних рухів людини враховувати цю характеристику необхідно.

2. СИЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Сила. Сила – це міра механічного впливу одного тіла на інше. Сила визначається добутком маси тіла на його прискорення, викликане прикладенням цієї сили: $F = ma$.

Таким чином, вимірювання сили, як і вимірювання маси, базується на 2-у законі Ньютона. Оскільки цей закон розкриває залежності в поступальному русі, то й сила як вектор визначається тільки у випадку такого най простішого виду руху за масою та прискоренням.

Джерела сил. Прискорення залежить від системи відліку. Тому й сила, яка визначається за прискоренням, також залежить від системи відліку. В інерційній системі відліку джерелом сили для даного тіла завжди служить інше матеріальне тіло. Як тільки вступають у взаємодію два матеріальні об'єкти, то в даних умовах проявляється 3-й закон Ньютона¹.

Якщо на одне тіло діє інше тіло, то воно змінює рух першого. Але й перше тіло в даній взаємодії також змінює рух іншого.

Вимірювання сил. Застосовується статичне вимірювання сили, тобто вимірювання за допомогою сили, яка врівноважує (коли прискорення дорівнює нулю), і динамічне – за прискоренням, наданим тілу її прикладенням.

¹ 3-й закон Ньютона (закон рівності дії та протидії): «Дії завжди існує рівна протидія, інакше кажучи, дії двох тіл одне на інше завжди рівні та протилежні за напрямком».

При статичній дії сили на дане тіло (m) діють два тіла (A і B). Сили F_A та F_B , прикладені до тіла (m), рівні за величиною та протилежні за напрямком, взаємно врівноважуються. Їхня рівнодіюча сила дорівнює нулю. Прискорення, викликане даними силами також дорівнює нулю, але швидкість не змінюється (залишається постійною – рівномірний рух або відносна нерухомість).

При динамічній дії сили на дане тіло m діє невірноважена сила. У завданнях з теоретичної механіки часто розглядається лише ця одна рушійна сила, як міра дії лише одного рушійного тіла. Рушійна сила – це сила, яка збігається з напрямком руху (супутня) чи утворює з ним гострий кут і при цьому може виконувати позитивну роботу (збільшувати енергію тіла).

Однак у реальних умовах рухів людини завжди існує сила (спортивний інвентар, обладнання, партнери, суперники й ін.). Усі вони можуть виявляти гальмуючу дію. Жодного реального руху без участі гальмуючих сил не буває.

Гальмуюча сила спрямована протилежно напрямку руху (зустрічна) або утворює з ним тупий кут. Вона може здійснювати негативну роботу (зменшувати енергію тіла). Частина рушійної сили, рівна за величиною гальмуючій, урівноважує її – врівноважуюча сила ($F_{ур}$).

Надлишок же рушійної сили над гальмуючою – прискорювальна сила ($F_{пр}$) – викликає прискорення тіла з масою m , згідно 2-го закону Ньютона ($F = ma$).

Отже, швидкість не залишається постійною, а змінюється, тобто виникає прискорення. Це і є динамічна дія сили F . Силу $F_{пр}$, що діє динамічно, можна виміряти за масою тіла та його прискоренням.

Класифікація сил. Сили, які вивчають при аналізі рухів людини, залежно від загальних ознак поділяються на групи. За способом взаємодії тіл усі сили поділяються на дистанційні, які виникають на відстані без безпосеред-

нього зіткнення тіл, і контактні, які виникають лише при зіткненні тіл.

До дистанційних сил у механіці відносяться сили всесвітнього тяжіння, які проявляються в силах маси. Контактні сили включають пружні сили та сили тертя.

За впливом на рух розрізняють сили активні, які задаються та реакції зв'язку. Зв'язки у біомеханіці – це обмеження руху об'єкта, які здійснюються іншими тілами. Сила, з якою зв'язок протидіє руху, і є реакцією зв'язку. Вона заздалегідь невідома та залежить від дії на тіло інших сил і руху самого тіла.

Реакції зв'язку самі по собі не викликають руху, вони лише протидіють активним силам, або врівноважують їх. Якщо ж реакції зв'язку не врівноважують активні сили, тоді й починається рух під дією активних сил.

За джерелом виникнення відносно системи (наприклад, тіла людини) розрізняють сили зовнішні, викликані дією їх, відносно системи тіл, і внутрішні, викликані взаємодіями всередині системи. Цей розподіл необхідний при визначенні можливостей дії тих або інших сил. Одну й ту ж саму силу слід вважати зовнішньою чи внутрішньою залежно від того, відносно якого об'єкта вона розглядається.

За способом прикладення в механіці сили ділять на зосереджені, прикладені до тіла в одній точці, та розподілені. Розподілені поділяють на поверхневі та внутрішні.

За характером сили бувають постійні та перемінні. Як приклад постійної сили можна назвати силу тяжіння (в певному пункті Землі). Та сама сила може змінюватися залежно від різних умов. Практично в русі людини постійні сили майже не зустрічаються. Всі сили змінні. Вони змінюються залежно від часу (м'яз із часом змінює силу тяги), відстані (у різних пунктах Землі навіть «постійна сила» тяжіння різна), швидкості (опір середовища залежить від відносної швидкості тіла та середовища).

3. МОМЕНТ СИЛИ

Момент сили – це міра механічного впливу, здатного обертати тіло (міра обертаючої дії сили). Момент сили визначається добутком модуля сили на її плече (відстань від центру моменту до лінії дії сили). Момент сили має знак плюс, якщо сила надає обертання проти годинникової стрілки, і мінус при зворотному його напрямку.

Обертаюча здатність сили проявляється у створенні, зміні чи припиненні обертального руху. Полярний момент сили (момент сили відносно точки) може бути визначений для будь-якої сили відносно цієї точки (О) (центр опори). Якщо відстань від лінії дії сили до вибраної точки дорівнює нулю, то й момент сили дорівнює нулю. Отже, розташована в такий спосіб сила не має обертаючої здатності відносно даного центру. Площа прямокутника дорівнює модулю моменту сили. Коли кілька моментів сили прикладені до одного тіла, їх можна привести до одного моменту – головного моменту.

Для визначення вектора моменту сили необхідно знати: а) модуль моменту (добуток модуля сили на її плече); б) площину повороту (проходить через лінію дії сили та центр опори); в) напрямок повороту в даній площині.

Осьовий момент сили (момент сили відносно осі) може бути визначений для будь-якої сили, крім тієї, яка збігається з паралельною віссю чи тією, що її перетинає. Інакше кажучи, сила та вісь не повинні лежати в одній площині.

У біомеханіці застосовують статичне вимірювання моменту сили, якщо його врівноважує момент іншої сили відносно того ж центру моменту (наприклад, при рівновазі важеля), який знаходиться у тій же площині та рівний йому за модулем і протилежний за напрямком. Моменти сил тяжіння ланок відносно їхніх проксимальних суглобів називають статичними моментами ланок.

Застосовують також динамічне вимірювання моменту сили, якщо відомі момент інерції тіла відносно осі обертання та його кутове прискорення. Як і сили, моменти сил відносно центру можуть бути рушійними та гальмуючими, а отже й урівноважуючими, прискорюючими та сповільнюючими. Момент сили може бути й відхиляючим – відхиляє у просторі площину повороту.

При всіх прискореннях виникають сили інерції: при нормальних прискореннях – відцентрові сили інерції, при дотичних прискореннях (позитивних або негативних) – дотичні сили інерції. Відцентрова сила інерції спрямована по радіусу обертання й не має моменту щодо центру обертання. Дотична ж сила інерції прикладена для твердої ланки в центрі її коливань. Таким чином, є момент сили інерції відносно осі обертання.

Дія сили. Сила, прикладена до тіла, якщо вона не врівноважена, змінює його рух. Міри дії сили можуть бути визначені: а) з урахуванням проміжку часу її дії – імпульс сили; б) з урахуванням відстані її дії – робота сили. Обидві ці міри взаємно доповнюють одна одну, відбиваючи дію сили в часі та в просторі.

Імпульс сили – це міра механічного впливу на тіло з боку інших матеріальних об'єктів за даний проміжок часу. Він рівний у поступальному русі добутку сили та тривалості її дії: $S = F\Delta t$.

Робота сили – це міра механічного впливу на тіло з боку інших матеріальних об'єктів на даний відстані. Вона дорівнює в поступальному русі добутку модулів складової сили, яка діє в напрямку руху, та переміщення точки прикладення сили: $A = F\Delta s$.

У випадку, якщо сила спрямована під кутом до переміщення, необхідно добуток модулів сили та переміщення помножити ще на косинус кута між їхніми напрямками. Робота сили позитивна, якщо даний кут гострий, і, отже, сила прискорює рух. Робота сили

негативна, якщо кут тупий і сила сповільнює рух. При прямому куті косинус дорівнює нулю і робота дорівнює нулю: сила не виконує роботу. Відповідно розрізняють міри зміни руху, як результату дії сили: а) кількість руху тіла; б) кінетичну енергію тіла.

Кількість руху тіла – це міра поступального руху, яка характеризує його здатність передаватися від одного тіла до іншого у вигляді механічного руху. Кількість руху тіла визначається під час його поступального руху добутком маси тіла та його швидкості: $K = mv$.

Зміна кількості руху за проміжок часу дорівнює сумарному імпульсу сил, прикладених до тіла за той же проміжок часу.

Кількість руху тіла – це міра його здатності рухатися протягом деякого часу проти дії гальмуючої сили.

Кінетична енергія тіла¹ – це міра механічного руху, яка характеризує його здатність перетворюватися в потенційну енергію чи інші види енергії. Кінетична енергія тіла рівна при поступальному русі половині добутку маси тіла та квадрату його швидкості: $E^k = mv^2/2$.

Зміна кінетичної енергії тіла на певному шляху переміщення рівна роботі прикладених до нього сил на цьому ж шляху. Отже, зроблена робота дорівнює збільшенню кінетичної енергії. Таким чином, кінетична енергія тіла – це міра його здатності проходити певну відстань проти дії гальмуючої сили.

Також можна визначити, як діють сили та їх ефект в обертальному русі, характерному для ланок тіла людини. Залежності мір зміни руху від мір дії сил в обертальному русі, за фізичною сутністю, такі ж, як і в поступальному.

Імпульс моменту сили характеризується дією сили, а викликана ним зміна руху вимірюється кінетичним

¹ Енергія – міра здатності тіла виконувати роботу.

моментом (моментом кількості руху). Імпульс моменту сили – це міра механічного впливу на тіло інших об'єктів (у обертальному русі) за даний проміжок часу. Імпульс моменту дорівнює добутку моменту сили та тривалості його дії: $S_Z = M_Z(F)t$.

У випадку змінного моменту сили потрібно підсумовувати елементарні імпульси моментів сил відносно певного центру.

Кінетичний момент (момент кількості руху) – це міра обертального руху, яка характеризує його здатність передаватися від одного тіла до іншого у вигляді механічного руху. Кінетичний момент дорівнює добутку моменту інерції відносно осі обертання та кутової швидкості тіла: $K_Z = J\omega$.

Визначення роботи моменту сили та кінетичної енергії обертального руху аналогічні визначенням відповідних величин поступального руху. Лише замість маси у рівняння входить момент інерції та замість лінійних переміщення й швидкості – кутові швидкості.

Якщо швидкість і прискорення служать кінематичними мірами зміни руху, то кількість руху, а також кінетичний момент і кінетична енергія – динамічними мірами зміни руху. Слід підкреслити, що, хоча в характеристиках поступального й обертального рухів чимало загального, їх міри (кінематичні та динамічні) всі (крім тимчасових) різні.

Питання для самостійного опрацювання:

- 1. Внутрішні характеристики відносно системи сили.*
- 2. Зовнішні характеристики відносно системи сили.*
- 3. Динамічні особливості рухів людини.*

Література

1. Ахметов Р. Ф. Біомеханіка фізичних вправ. – Житомир, 2004. – 123 с.

2. Бернштейн Н. А. О построении движений. – М.: Медиздат, 1947. – 436 с.
3. Донской Д. Д. Биомеханика с основами спортивной техники. – М.: Физкультура и спорт, 1971.
4. Лапутин А. Н. Обучение спортивным движениям. – К.: Здоров'я, 1986. – 214 с.
5. Энока Р. М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 399 с.

Тема 5. БІОДИНАМІКА РУХОВИХ ЯКОСТЕЙ

Мета: Надати інформацію та сформувати систему знань про біодинаміку рухових якостей людини.

Опорні поняття: біодинаміка, рухові якості, сила.

План

1. Біологічні та фізіологічні механізми розвитку рухових якостей.
2. Характеристика рухових (локомоторних) якостей.
3. Силкові якості людини.

1. БІОЛОГІЧНІ ТА ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ РОЗВИТКУ РУХОВИХ ЯКОСТЕЙ

Кожна людина володіє певними руховими навичками: піднімання обтяжень, подолання дистанцій, виконання стрибків т.п., але можливості в усіх різні. Це пов'язано з віком і спадковістю та, головне, з рівнем тренуваності. Рухові якості відрізняються одна від іншої за формою та за витраченою енергією. Рухові якості – це функціональні властивості організму, які визначають його рухові здібності. Вони проявляються в однаковій формі рухів і енергетичного забезпечення та мають аналогічні фізіологічні механізми.

Тому методики розвитку та вдосконалення (тренування) тих або інших якостей мають загальні ознаки, незалежно від конкретного виду руху. Наприклад, загальна витривалість марафонця багато в чому подібна до витривалості лижника-гонщика, велогонщика, ковзаняря й т.п. Сила (F), швидкість (V) і тривалість руху (t) перебувають у певних співвідношеннях і відрізняються між собою у різних видах спорту.

При скороченні м'язи розвивають більші зусилля, які залежать від товщини, початкової довжини волокон і ряду інших факторів. Сила м'яза на 1 см^2 його поперечного зрізу (товщини) називається абсолютною м'язовою силою. Для людини вона становить від 50 до 100 Н (ньютони).

Сила та потужність м'язів залежать від ряду чинників: віку, статі, тренуваності, температури повітря, вихідного положення при виконанні вправ, біоритмів і т. д.

Зовнішній прояв скорочувальної активності м'яза (пучка волокон або волокна) полягає в тому, що при його фіксованій довжині розвивається зусилля, а при фіксованому навантаженні відбувається скорочення. Експеримент із м'язами проводиться у двох режимах: ізометричному (статичному), коли довжина м'яза фіксована й ізотонічному (динамічному), коли м'яз має можливість скорочуватися при постійному навантаженні (рис. 1). На рисунку видно, що ізометричне зусилля розвивається дуже швидко та досягає своєї максимальної величини приблизно через 170 мс після збудження. Починаючи з 200 мс воно знову зменшується з підвищеною швидкістю. Цікаво відзначити, що навіть через 900 мс у м'язі ще зберігається деяке напруження, що може бути зумовлене тільки активними фізичними та хімічними процесами.

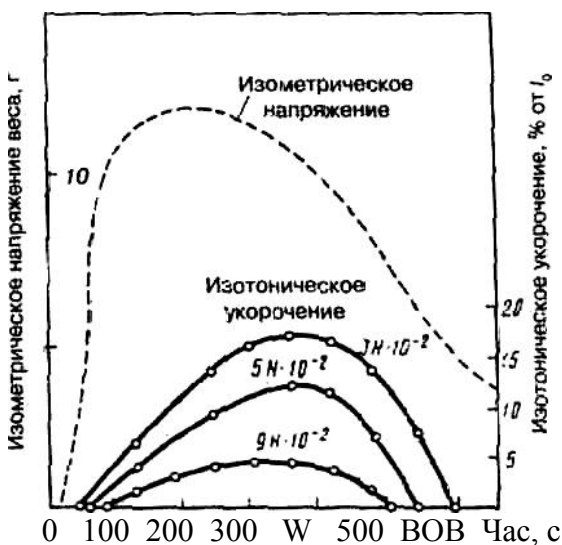


Рис. 1. Ізометричне й ізотонічне одиночне скорочення.

Ізотонічне одиночне скорочення суттєво відрізняється від ізометричного. Зменшення дожини м'яза у процесі ізотонічного одиночного скорочення починається тільки тоді, коли в м'язі розвивається достатнє зусилля, рівне по величині зовнішньому. У результаті початок одиночного скорочення м'язу залежить від величини навантаження. Чим більше навантаження, тим раніше починається одиночне скорочення м'язу. Потім настає розслаблення м'язу з підвищеною швидкістю так як і скорочення, яке завершується раніше при збільшеному навантаженні. Якщо навантаження рівне повному ізометричному зусиллю, яке розвиває м'яз, то зовнішнього скорочення не відбудеться.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА РУХОВИХ (ЛОКОМОТОРНИХ) ЯКОСТЕЙ

До основних рухових якостей відносяться: сила, швидкість, витривалість, гнучкість і спритність. Дані якості

базуються на таких фізичних здібностях: стійкість рівноваги, здатність до довільного розслаблення м'язів, ритмічність, стрибучість, м'якість рухів, координованість та ін.

3. СИЛОВІ ЯКОСТІ ЛЮДИНИ

Сила – це здібність, зумовлена максимальною величиною м'язових зусиль.

Сила, яка розвивається м'язом або пучком м'язових волокон, відповідає сумі сил окремих волокон. Чим товстіший м'яз і більша його товщина (сума площ поперечних перерізів окремих волокон), тим він сильніший. Наприклад, при м'язовій гіпертрофії сила та товщина м'язових волокон збільшуються однаково.

М'язова сила залежить не тільки від активуючого впливу ЦНС, але у значній мірі від зовнішніх механічних умов роботи м'яза.

Сила – величина векторна. Дві сили, що діють на тіло, складаються за правилом паралелограма (векторно). Сила м'язів вимірюється тим максимальним напруженням, яке він здатний розвивати в умовах ізометричного скорочення.

Максимальна сила буде залежати насамперед від кількості та товщини м'язових волокон. Кількість і товщина м'язових волокон визначаються по фізіологічному зрізі м'яза, під яким розуміється площа поперечного розрізу м'яза (см^2), що проходить через усі м'язові волокна. Чим товстіший м'яз, тим він сильніший.

Важливим у прояві сили м'яза є характер прикріплення його до кісток і точка прикладення сили в механічних важелях, утворених м'язами, суглобами та кістками. Сила м'яза в значній мірі залежить від його функціонального стану – збудливості, лабільності та поповнення поживними речовинами. Внутрішньом'язова координація пов'язана зі ступенем синхронності скорочення рухових одиниць м'яза, а міжм'язова – зі ступенем координованості м'язів, які беруть участь у даній

роботі. Чим вищий ступінь внутрішньої і міжм'язової координації, тим більшою є максимальна сила людини. Спортивні тренування значно сприяють удосконаленню цих координаційних механізмів, тому тренувана людина має більшу максимальну та відносну силу.

У зв'язку з цим у деяких видах спорту визначено вагові категорії (важка атлетика, боротьба, бокс і ін.).

Співвідношення між швидкістю скорочення м'яза та силою. Чим більше навантаження, тим повільніше стає коротшим м'яз, при ізотонічному скороченні.

Ненавантажений м'яз коротшає з максимальною швидкістю, що залежить від типу м'язових волокон. При швидкому скороченні м'яз розвиває меншу силу, ніж при повільному скороченні. Цим пояснюється той загальновідомий факт, що швидкі рухи можливі, тоді, коли м'язи не навантажені (вільно рухаються) і, навпаки, максимальна м'язова сила вимагає повільних рухів (при переміщенні великих предметів або підніманні штанги). Велику вагу можна підняти чи зрушити з місця лише дуже повільно. Це залежить від здатності людини довільно змінювати швидкість м'язового скорочення.

Потужність м'яза дорівнює добутку сили, що розвивається, на швидкість скорочення. Наприклад, максимальна потужність (200 Вт) м'яза руки досягається при швидкості скорочення $2,5 \text{ мс}^{-1}$.

Питання для самостійного опрацювання:

- 1. Внутрішні характеристики відносно системи сили.*
- 2. Динамічні особливості рухів людини.*
- 3. Розвиток сили та її вимірювання.*
- 4. Методика розвитку (тренування) сили м'язів.*
- 5. Фізична працездатність.*
- 6. Розвиток фізичних якостей.*

Література

1. Бернштейн Н.А. О построении движений. – М.: Медиздат, 1947. – 436 с.
2. Гросс Х.Х. Педагогическая кинезиология – новое направление в спортивной педагогике и биомеханике // Теория и практика физической культуры. – 1979. – № 9. – С. 7–10.
3. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика: Учебник для ин-тутов физ. культ. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 263 с.
4. Лапутин А.Н. Обучение спортивным движениям. – К.: Здоров'я, 1986. – 214 с.
5. Лапутін А.М. Біомеханіка спорту. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.

Тема 6. БІОМЕХАНІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНІКИ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

Мета: Сформувати систему знань про біомеханічні основи спортивної техніки.

Опорні поняття: техніка, система рухів, вдосконалення техніки.

План

1. Показники досконалості техніки спортивних вправ.
2. Напрямки розвитку системи рухів.
3. Шляхи оволодіння технікою та її вдосконалення

1. ПОКАЗНИКИ ДОСКОНАЛОСТІ ТЕХНІКИ СПОРТИВНИХ ВПРАВ

Спортивна техніка – найбільш раціональний спосіб виконання рухових дій у спортивній діяльності, яка спрямована на досягнення високого результату. Високий рівень техніки забезпечує вирішення рухового завдання з оптимальним використанням фізичних і технічних

можливостей спортсмена при досягненні високого спортивного результату. Показники досконалої спортивної техніки можна розділити на загальні, властиві в основному всім видам спортивних вправ, і прикладні, характерні для певних груп вправ.

Загальні показники технічної майстерності. Найбільш загальні показники рівня спортивно-технічної майстерності – ефективність системи рухів (високий спортивний результат) при необхідному рівні надійності на основі високого рівня проведення спортивної підготовки в усіх її складових.

Високий спортивний результат – неодмінний показник спортивної майстерності. Спортивний результат залежить від цілеспрямованості й доцільності всіх рухів, їх точності для досягнення мети та високої економічності (значний ККД прикладених сил). Інакше кажучи, майстерність проявляється в ефективності техніки.

Наступний показник технічної майстерності – висока надійність спортивних досягнень, здатність упевнено, з великою ймовірністю успіху повторювати їх при необхідній якості виконання у різних умовах. Для високого рівня надійності необхідно є успішна боротьба з перешкодами.

Ефективність і надійність є наслідком високого рівня всіх сторін спортивної підготовки (фізичної, технічної, тактичної, психологічної та теоретичної). Біомеханічне вивчення проблеми технічної майстерності спрямоване на визначення ефективності системи рухів, а також здатності боротися з помилками у техніці.

Залежно від завдань спортивні вправи можна розділити на групи:

1-а група – вправи зі стабілізацією кінематичної структури (виконання рухів заданої форми та характеру – гімнастика, акробатика, стрибки у воду, фігурне катання на ковзанах та ін.);

2-а група – вправи зі стабілізацією динамічної структури (досягнення максимального кількісно вимірюваного результату – важка атлетика, легка атлетика, активні спортивні локомоції);

3-я група – вправи з варіативністю спортивних дій (забезпечення кінцевого якісного ефекту в змінних умовах – єдиноборства, спортивні ігри).

Вправи 1-ї та 2-ї групи виконуються у відносно постійних умовах, 3-ї групи – у змінних.

Стабільність високого результату, зумовлена майстерністю, в кожній із груп вправ має свої показники.

Майстерність при стабілізації кінематичної структури. Майстерність при реалізації заданої зовнішньої картини рухів визначається відповідністю виконання традиційним, стилістичним і естетичним вимогам на основі досконалої ритмічної структури при значній пристосувальній і коректувальній мінливості динаміки.

Вправи в цій групі спрямовані не на досягнення кінцевої мети, а на задоволення вимог до якості виконання всіх рухів у вправі. Індивідуальний стиль виконання також може служити для підвищення якості виконання.

В основі цих видів техніки лежить певна біомеханічна раціональність, яка дозволяє виконувати найскладніші рухові дії. Велике значення має досконалість ритмічної структури рухів, найточніше дотримання часових відношень, які забезпечують видовищний ефект зовнішньої картини рухів.

Внаслідок великих технічних труднощів при виконанні вправ високого класу вимоги до їх динамічної структури також високі. Але, оскільки кінематична структура повинна відрізнятися високою точністю, динамічна структура повинна мати велику адаптацію до змін, що дозволяє долати технічні помилки.

Майстерність при стабілізації динамічної структури. Майстерність у вправах, спрямованих на досягнення

максимального кількісного результату, визначається: застосуванням досконалої сучасної техніки зі стійкою динамічною структурою, раціональним керуванням зовнішніми та внутрішніми силами, підвищенням рівня раніше досягнутих параметрів (визначальних характеристик) рухів, використанням індивідуалізації техніки.

Високий кількісний результат залежить у першу чергу, від досконалої стійкості динамічної структури рухів. Для кожного етапу розвитку спортивної техніки формуються найбільш ефективні динамічні структури, відповідні до сучасного рівня фізичної підготовленості, яка у спорті постійно підвищується. Нові фізичні можливості вимагають нових особливостей систем рухів. Виникає оптимальне співвідношення внутрішніх і зовнішніх сил з найбільш економічним їх використанням.

Підвищення результатів вимагає збільшення досягнутих зусиль, швидкостей, темпу, перебудови ритму. Для використання наявних реальних швидко-силових можливостей і витривалості необхідна максимальна мобілізація психічних можливостей. Не менше значення, ніж у розглянутій вище 2-й групі вправ, має індивідуалізація техніки, широке використання особистих можливостей спортсмена.

Майстерність при варіативності спортивних дій. Майстерність у вправах, спрямованих на забезпечення кінцевого якісного ефекту в умовах, які змінюються визначається гнучкою зміною тактичних дій. Провідну роль відіграє застосування досконалих прийомів рухової дії в момент їх виконання. Для цього необхідне вміння не тільки вибирати, але й особливо створювати сприятливі ситуації. Швидкість виконання основних технічних дій забезпечує випередження намірів суперника у використанні створеної сприятливої ситуації. Різноманітність умов взаємодії з активним суперником пред'являє найвищі вимоги до змін кожної спортивної рухової дії.

2. НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ РУХІВ

Спортивно-технічна майстерність залежить від досконалості систем рухів, які в процесі тренування постійно перебудовуються завдяки вправам. Хід перебудови зумовлюється зовнішніми впливами. Визначальними є внутрішні фактори: взаємозв'язки між підсистемами та їх елементами, внутрішні структури, які створюються управлінням. Джерелами саморуху, розвитку в живих системах служать внутрішні протиріччя. Напрямки розвитку систем рухів мають суперечливий характер. Знання напрямків розвитку забезпечує можливість впливу на розвиток систем рухів, управління ними.

Інтеграція та диференціація. Інтеграція – це об'єднання багатьох рухів у єдине ціле на основі їх взаємодії в системі рухів, а також підпорядкуванням усіх частин загальній меті.

Перша ознака інтеграції – взаємодія в системі рухів між її підсистемами й елементами проявляється в їхньому впливі один на одного. Вплив здійснюється через взаємні зв'язки. Якщо рухи в підготовчих фазах виконані правильно, то в наступних основних виконавчих фазах рухи повинні бути більш ефективними. Помилка, допущена в попередніх фазах, проявляється й у наступних. Зв'язки діють не лише послідовно, вони можуть викликати й одночасні зміни в той же момент часу в рухах інших ланок. Взаємні зв'язки можуть проявлятися як позитивні, корисні, але можуть бути й негативними, шкідливими.

Іншою характерною ознакою інтеграції служить підпорядкування загальній меті всіх частин системи. Воно проявляється в цілеспрямованості всіх рухів спортсмена, тобто в їх спрямованості на вирішення певного рухового завдання. Так, у видах вправ, які входять до складу 1-ї та 2-ї груп, практично не буває зайвих, випадкових рухів. Усі

вони доцільні, тобто відповідають своєму цільовому призначенню.

Інтеграція рухового складу в систему означає формування структур, які поєднують декілька рухів у систему.

Диференціація – це розрізнення в цілій системі великої кількості неоднорідних складових частин (деталей), які взаємодіють між собою. Диференціація забезпечується спеціалізацією елементів системи рухів і визначенням їх ролі.

Розрізнення декількох фаз у системі рухів дозволяє з'ясувати, який її склад та структура. Чим більше знає спортсмен про техніку, чим краще володіє технікою, тим більш чітко він може її відпрацьовувати.

Ділити на періоди та фази можна й усю систему рухів у цілому, і рухи ланок окремо. Наприклад, у лижному ході раніше виділяли лише фази рухів ніг і рук окремо. У даному випадку зручно розглядати взаємодію рук і ніг між собою. Виділивши фази всього ковзанярського кроку в цілому, можна уточнити й ефективність ходу в цілому й забезпечити технічний самоконтроль лижника.

Визначення ролі складових частин допомагає виявити в кожний період підготовки основні елементи та структури, на які спортсмен повинен звертати особливу увагу. Необхідно знати, на чому концентрувати увагу, на що вчасно її переключати, як розподіляти її на об'єкти, як зберігати стійкість уваги. Свідома технічна підготовка неможлива без диференціації системи.

Отже, диференціація системи означає підвищення її можливостей, використання переваг від поділу функцій і точної їх комбінації.

У побудові системи рухів проявляються тенденції й до інтеграції складу (об'єднання частин у цілому) та диференціації системи (розчленування цілого на частини). Рухи у результаті комбінації обох тенденцій розвитку стають більш об'єднаними, цілісними разом з тим більш деталізованими.

Інтеграція та диференціація здійснюються при застосуванні аналітичних і синтетичних методів навчання. В одних випадках спочатку відпрацьовують підсистеми, потім їх поєднують поступово в цілісну дію (наприклад, розучування елементів для побудови цілісної гімнастичної комбінації). В інших випадках опановують вправу в загальному й цілому, а потім поступово уточнюють деталі (наприклад, стрибок у довжину).

У процесі тренування по мірі необхідності то один, то інший метод стає ведучим. Удосконалення рухових дій у даних напрямках здійснюється поетапно, у різних комбінаціях.

Стабілізація та варіативність. Стабілізація системи рухів – це досягнення високої технічної майстерності. Стабілізація досягається усуненням помилок, що забезпечує стабільність результату.

Надійність виконання спортивної вправи багато в чому залежить від стабільності системи рухів. Як відомо, при виконанні рухової дії бувають менш значні та більш значні помилки. Стабілізація – підвищення стійкості – стосується не всіх особливостей рухів, а лише головних, вирішальних для досягнення високого спортивного результату.

У 1-й групі вправ вирішальними є кінематичні характеристики, оскільки потрібно виконати задану зовнішню картину рухів. У 2-й групі – це динамічні характеристики. У 3-й групі – це, переважно, вимоги до точності (просторової, часової, точності зусиль), до завершального моменту дії для робочих точок тіла спортсмена.

Розрізняють межі фактичних помилок і припустимих. Помилки техніки у припустимих межах ще не знижують суттєво спортивний результат.

Отже, стабілізація системи рухів спрямоване на збереження техніки вправи в цілому.

Варіативність – це організація змін структури рухів з метою забезпечення стабільності високого результату. Варіативність забезпечується встановленням адаптаційних змін і корекції структур, які приводять до звуження діапазону помилок у основній фазі руху.

Зміни елементів і структур, які виявляються за характеристиками рухів, мають різне значення. Адаптаційні, компенсаторні та коригуючі зміни кожні по своєму спрямовані на збереження помилок у припустимих межах. Адаптаційні та компенсаторні знижують можливість майбутніх суттєвих помилок, коригуючі усувають уже наявні помилки. Попередні корисні зміни залежать від чутливості органів, які сигналізують про наближення негативних впливів, а також від швидкості й точності реакції керуючого та виконавчого апаратів.

Негативними діями бувають: дії суперника, помилки партнера, власний психічний стан, стомлення, травми, несподівані зміни середовища тощо. Отже, перешкоди можуть бути дуже різноманітними. Вони по-різному впливають на різноманітні особливості рухів. Звідси випливає вимога готовності до боротьби з різноманітними перешкодами. Слід зазначити, що це підвищує й загальну стійкість до будь-яких, навіть таких, які не зустрічалися раніше, перешкод.

По мірі підвищення майстерності підвищуються показники основних характеристик рухів. Припустимі межі адаптаційних змін розширюються. При оволодінні вправою в новачка спочатку наявна велика кількість помилок, а потім їх діапазон звужується (вироблення оптимальної системи). Це лише загальні закономірності, які зазнають багато змін у конкретних умовах (контингент, вправи, етап оволодіння руховою навичкою, характеристики, точки тіла, фази та ін.).

Отже, цілеспрямована варіативність системи означає боротьбу з перешкодами для стабілізації результату, що

підвищує надійність виконання вправи. **Стандартизація та індивідуалізація.** Стандартизація – це забезпечення вимог до сучасної, найбільш раціональної, ефективної техніки. Стандартизація здійснюється визначенням межі припустимих помилок (адаптаційних та індивідуальних).

На кожному етапі розвитку спорту існує так звана «сучасна» техніка. Вона відповідає вимогам правил змагань. Це найефективніша техніка, яка визначилася у результаті пошуку, відбору та закріплення на практиці найбільш досконалих рухів.

Зразок у техніці позначають термінами «стандарт» (англ.) і «еталон» (франц.). Але стандарт і еталон мають принципові відмінності. Стандарт передбачає певні допуски – різниця між найбільшим і найменшим значенням граничного відхилення. Ці відхилення, залежно від практичних вимог, можуть бути значними. Еталон – дуже точний зразок для вимірювання. У ньому теж є погрішності, але вони повинні бути близькими до нуля. Отже, пошуки еталона техніки припускають прагнення зробити однаковою техніку всіх спортсменів, незалежно від їх індивідуальних особливостей.

Пошуки стандарту означають визнання факту варіативності техніки, розуміння не тільки неминучості, але й необхідності відхилень – адаптаційних і коригуючих. Стандартизація означає визначення основ техніки, які повинні залишатися однаковими для всіх на сучасному етапі. При цьому обов'язково передбачається допустимість адаптаційних та індивідуальних відхилень.

Індивідуалізація техніки – це приведення техніки у відповідність із індивідуальними особливостями спортсмена, що забезпечує високу ефективність рухів. Індивідуалізація досягається відображенням у техніці позитивних особливостей спортсмена.

3. ШЛЯХИ ОВОЛОДІННЯ ТЕХНІКОЮ РУХІВ ТА ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ

Для того щоб удосконалити систему рухів, необхідно її спочатку сформувати. Оскільки й формування, й удосконалення є, по суті, перебудовою системи рухів, границя між ними умовна. Формування системи рухів можна вважати в основному завершеним, коли вона дозволяє в повній мірі використовувати рухові можливості.

Формування та перебудова систем рухів. Формування системи рухів відбувається при багаторазовій зміні завдань ознайомлення, оволодіння та застосування – щораз на більш високому рівні вимог. Це триває доти, поки не буде досягнуто впевненого застосування розучуваної вправи з досить повним використанням наявних рухових можливостей для отримання результату.

Формування системи рухів відбувається нерівномірно, поетапно, що відображає прояв фізіологічних механізмів управління (генералізація збудження, його концентрація, автоматизація рухів як зміцнення складних взаємозв'язків між процесами). Однак чітка наявність цієї схеми теоретично можлива лише у випадку, коли досліджуваний рух: а) настільки простий, що не має підсистем; б) настільки новий, що не може бути використаний накопичений руховий досвід. Через те, що подібних випадків на практиці не буває, завжди в тому чи іншому порядку підсистеми формуються й займають своє місце в цілій системі рухів. У різних людей руховий досвід (раніше вироблені підсистеми) настільки різний, що однакові шляхи формування системи рухів не зустрічаються, хоча в основі їх лежать загальні фізіологічні закономірності.

Ознайомлення з вправою включає: теоретичне розуміння зовнішньої картини й особливо механізму рухів; зорове сприйняття виконання дії чи її елементів; формування рухового відчуття при спробах виконання за допомогою підготовчих вправ або відразу досліджуваного

руху. Розповідь, показ і перевірка – три способи створення моделі досліджуваної вправи, психологічної структури, зорового зображення, синтезу рухових відчуттів – формування рухового зображення в цілому.

Засвоєння розучуваної вправи (до її безвідмовного виконання) відбувається аналітико-синтетичним шляхом залежно від особливостей вправи, підготовленості учня, швидкості та міцності засвоєння й інших факторів. Робота по частинах – створення спочатку підсистем, а потім їх об'єднання (інтеграція). Робота по елементах – створення в загальному вигляді цілого, а потім його розчленовування (диференціація), вдосконалення деталей. Обидва прийоми можуть чергуватися, неодноразово змінюючи один одного.

Застосування вправи для отримання результату спрямоване на підвищення ефективності рухів і забезпечення надійності їх виконання.

Перше завдання вирішується спочатку в оптимальних умовах, які сприяють виконанню вправи. Для вирішення другого – застосовуються умови варіативності, спеціальне включення перешкод.

Після завершення формування системи рухів настає тривалий шлях становлення й удосконалення технічної майстерності. Якщо при оволодінні технікою рухів необхідно було сформувати систему рухів, то тут потрібне її прогресивне вдосконалення. Воно тісно пов'язане з підвищенням функціональних можливостей, розвитком рухових якостей. Для вдосконалення майстерності потрібно краще використовувати можливості спортсмена та цілеспрямовано підвищувати їх.

Становлення спортивної майстерності відбувається, як і оволодіння технікою, також нерівномірно, по етапах. Ці етапи залежать від виду вправи та мети її застосування. Наприклад, при вдосконаленні динамічної структури спочатку спостерігається пошуково-адаптаційна діяльність (1-а стадія). Спортсмен вчиться вирішувати завдання

економно, акцентуючи м'язові зусилля та використовуючи значні реактивні сили в тих фазах, де це найбільш доцільно. На 2-й стадії активної взаємодії з середовищем спортсмен з високою ефективністю використовує свої рухові можливості, що підвищилися. На 3-й стадії – стадії підпорядкування зовнішніх сил спортсмен найбільш успішно використовує їх для вирішення завдання. На цих трьох стадіях фізичне вдосконалення й уміння використовувати свої можливості підвищуються нерівномірно. Лише на третій стадії темпи приросту в обох напрямках зближуються. Поєднаний вплив у фізичній і технічній підготовці сприяє підвищенню технічної майстерності.

Питання для самостійного опрацювання:

- 1. Психологічний аспект керування руховими діями.*
- 2. Проблема доцільної індивідуалізації виконання вправ.*
- 3. Надійність виконання вправ і дій.*

Література

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ. – Житомир, 2004. – 123 с.
2. Гросс Х.Х. Педагогическая кинезиология – новое направление в спортивной педагогике и биомеханике // Теория и практика физической культуры. – 1979. – № 9. – С. 7–10.
3. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. – М.: Физкультура и спорт, 1971.
4. Зацюрский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.Н. Биомеханика опорно-двигательного аппарата человека. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 141 с.
5. Лапутин А.Н. Обучение спортивным движениям. – К.: Здоров'я, 1986. – 214 с.
6. Лапутін А.М. Біомеханіка спорту. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.
7. Энока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 399 с.

Розділ 2. ПРАКТИЧНИЙ КУРС

При проходженні практикуму з курсу біомеханіки фізичних вправ студенти спеціальностей галузі «Фізична культура і спорт» повинні оволодіти основними методиками біомеханічних досліджень і, використовуючи методики, провести біомеханічний аналіз виконання запропонованої фізичної вправи. В якості контрольного прикладу розглядається аналіз стрибка у висоту майстра спорту міжнародного класу, багаторазового чемпіона України і СРСР, призера першості Європи Р. Ахметова.

Тематика й порядок виконання лабораторних робіт представлені таким чином, що в кожній наступній роботі використовуються результати попередньої.

У додатках представлені питання поточного та підсумкового контролю.

2.1. Організація роботи та правила техніки безпеки на заняттях із біомеханіки фізичних вправ

При виконанні лабораторних робіт із біомеханіки фізичних вправ необхідно дотримуватись вимог типової інструкції з техніки безпеки при роботі в кабінетах (лабораторіях) кафедри теорії і методики фізичного виховання Житомирського державного університету імені Івана Франка.

1. Дотримання вимог інструкції обов'язкове для студентів, які працюють у кабінетах (лабораторіях) кафедри теорії і методики фізичного виховання Житомирського державного університету імені Івана Франка.

2. Перебування сторонніх осіб у кабінеті під час проведення учбових занять дозволяється тільки з дозволу викладача.

3. Під час роботи у кабінеті студенти повинні постійно підтримувати порядок на робочих місцях.

4. Перед виконанням роботи необхідно добре засвоїти (вивчити за підручником або посібником) порядок її проведення. Слід дотримуватись усіх указівок викладача щодо правильного виконання окремих розділів роботи.

5. Категорично забороняється проводити самостійно будь-які дослід, що не передбачені даною роботою та навчальним планом.

6. При проведенні роботи забороняється використовувати прилади, які вийшли з ладу, а також прилади, що не мають прямого відношення до виконуваної роботи. Категорично забороняється користуватись приладами та обладнанням із пошкодженими корпусами, незаземленими та відкритими електроприладами (без захисних кожухів). Умикати в електромережу прилади (обладнання) слід тільки після дозволу викладача і під його наглядом. При використанні конкретного приладу слід дотримуватись правил техніки безпеки при роботі з ним.

7. Категорично забороняється їсти та пити в кабінеті (лабораторії), захаращувати проходи особистими речами (сумками, пакетами тощо), вносити в кабінет (лабораторію) сторонні речі.

8. При травмуванні, а також при поганому самопочутті студенти повинні негайно сповістити про це викладача або лаборанта.

9. Прибирання робочих місць опісля закінчення експерименту проводиться у відповідності зі вказівками викладача.

10. При виникненні у кабінеті (лабораторії) під час занять аварійної ситуації (пожежа, сторонні запахи, аварії водогону тощо) не допускати паніки і дотримуватись вказівок викладача.

Переважає більшість лабораторних робіт із біомеханіки виконується з використанням персональних комп'ютерів (ПК). Тому необхідно дотримуватись додаткових вимог техніки безпеки при роботі з ПК.

Приступаючи до роботи з ПК, необхідно завжди пам'ятати, що це складна і дорога апаратура, яка потребує акуратного й обережного ставлення до неї, високої самодисципліни на всіх етапах роботи з комп'ютером.

Напруга живлення ПК (220 В) є небезпечною для життя людини. Через це в конструкції блоків комп'ютера, міжблокових з'єднувальних кабелів передбачена достатньо надійна ізоляція від струмопровідних ділянок. Користувач практично має справу лише з декількома вимикачами живлення і, здавалось би, застрахований від ураження електричним струмом. Однак у практичній роботі можуть зустрічатись непередбачені ситуації, і щоб вони не стали небезпечними для користувача, необхідно знати та чітко виконувати ряд правил техніки безпеки. Це допоможе не тільки уникнути нещасних випадків і зберегти здоров'я, але й гарантуватиме збереження апаратури.

Особливо уважним треба бути при роботі з дисплеєм, електронно-променевою трубкою якого використовує високу напругу і є джерелом електромагнітного випромінювання. Неправильне поводження з дисплеєм та іншою електронною апаратурою може призвести до тяжких уражень електричним струмом, спричинити загоряння апаратури. Через це суворо **забороняється**:

- торкатися до екрана і тильного боку дисплея, проводів живлення і пристроїв заземлення, з'єднувальних кабелів;
- порушувати порядок увімкнення й вимкнення апаратних блоків, намагатись самостійно усунути виявлену несправність у роботі апаратури;
- класти на апаратуру сторонні предмети;
- працювати на комп'ютері у вологій одежі і з вологими руками.

В разі появи запаху горілого, незвичайних звуків або самовільного вимкнення апаратури треба негайно вимкнути комп'ютер і повідомити про це викладача.

Робота на комп'ютері потребує постійної уваги, чітких дій і самоконтролю. Через це на комп'ютері не можна працювати при недостатньому освітленні, високому рівні шуму.

Під час роботи на комп'ютері **необхідно**:

- суворо дотримуватись положень інструкції з експлуатації апаратури;
- уважно слідкувати за справністю основних блоків і пристроїв;
- працювати на клавіатурі чистими сухими руками, не натискувати на ті чи інші клавіші без потреби або навмання;
- працюючи з дискетами, оберегати їх від ударів, кручення, дії магнітного поля або тепла, не торкатись дискети, яка виступає з конверта, вставляти дискету в дисковод тільки після його ввімкнення, переконавшись у правильному орієнтуванні дискети відносно щілини дисководу;
- під час перерви в роботі вимикати комп'ютер лише в тому разі, коли обробка поточної інформації завершена і зміст оперативної пам'яті занесено на магнітні диски (у противному випадку неминуча втрата інформації).

Під час роботи комп'ютера електронно-променева трубка дисплея є джерелом електромагнітного випромінювання, яке при роботі близько від екрана руйнівні діє на зір, викликає втоми і знижує працездатність. Через це треба працювати на відстані 60-70 см від екрана, дотримуватись правильної постави, не сутулячись і не нахилиючись.

Розділ 3. ПРАКТИЧНИЙ КУРС

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторна робота № 1 ВИВЧЕННЯ МЕТОДІВ РЕЄСТРАЦІЇ РУХІВ

Мета роботи: ознайомитись з методами реєстрації рухів, вивчити вимоги до організації відеозйомки.

Матеріали та обладнання: кінокамера або відеокамера.

Теоретичні відомості

Рух тіла вважають вивченим лише тоді, коли відомий спосіб визначення положення цього тіла у будь-який момент досліджуваного проміжку часу. З цією метою рух тіла реєструють.

При проведенні біомеханічних досліджень використовують різні методи реєстрації рухів і положень тіла. Серед них особливе місце займають оптичні та електричні методи, які часто застосовуються у комплексі, доповнюючи один одного.

Фотографічний метод – один із найстаріших оптичних методів. Він використовується для оцінки статичних положень тіла людини, але може використовуватись і для дослідження окремих динамічних поз рухомого тіла.

Метод кінореєстрації досить тривалий час залишався основним методом дослідження рухів у спорті. Він забезпечував послідовну зйомку рухомих об'єктів на кіноплівку. Кіноплівка являється матеріалом для виготовлення кінограм (рис. 1.1). Кінограмами називають послідовні фотографічні зображення тіла спортсмена при виконанні фізичних вправ. Кінограму друкують із негативної кіноплівки, при цьому вибирають тільки ті кадри, які містять інформацію про фази руху, про найскладніші та найважливіші елементи фізичної вправи і т.п. Кінограми являються документом, за яким

проводиться оцінка поз, визначаються координати точок тіла спортсмена та виконується побудова біокінематичної схеми досліджуваної фізичної вправи.

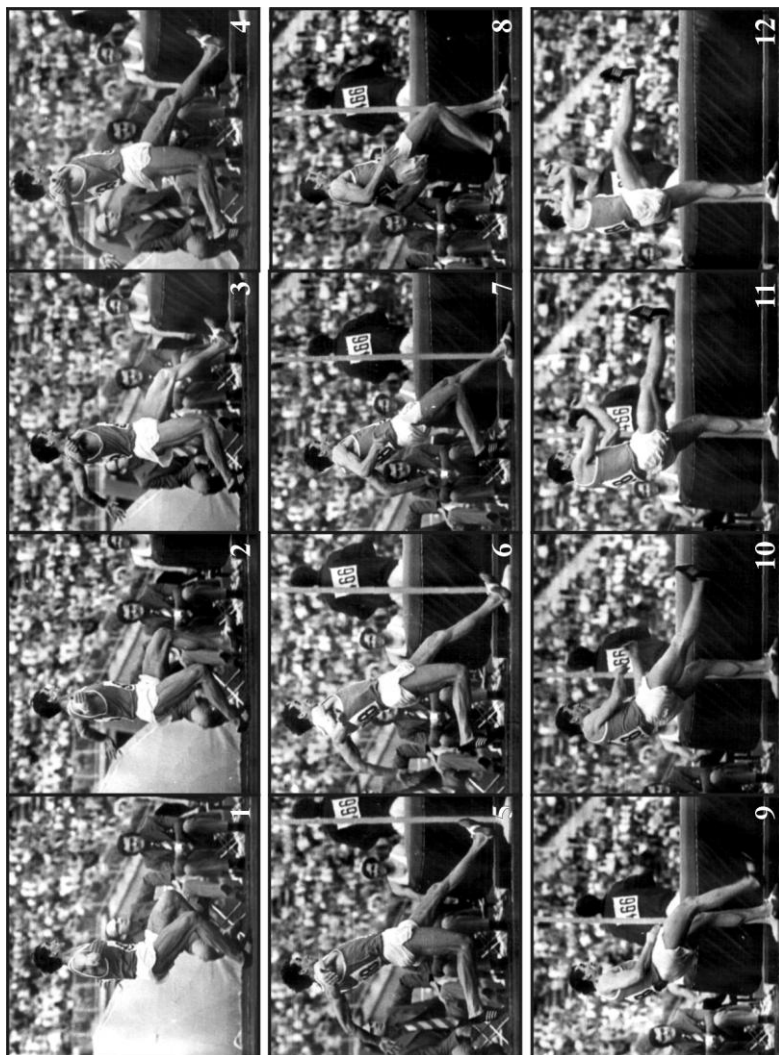


Рис. 1.1. Стрибок Р. Ахметова (кінограма В. Папанова, частота – 32 кадри/с).

На кінограмі всі відбитки положень і поз спортсмена повинні бути пронумеровані у відповідності з їх порядковим номером на кіноплівці. Крім того, на кінограмі обов'язково повинна бути вказана швидкість кінозйомки (частота кадрів).

Таким чином, у біомеханічних дослідженнях кінокамера використовується як вимірювальний прилад, який дозволяє одночасно вимірювати не тільки просторові, але й часові характеристики руху.

Достатньо висока точність визначення координат точок та вимірювання інтервалів часу (особливо при використанні швидкісних кінокамер) являються основними перевагами кінометоду. До недоліків цього методу слід віднести високу вартість кіноплівки та затримку у часі перегляду відзнятого матеріалу через необхідність фотохімічної обробки кіноплівки.

Проблеми методу кінореєстрації, що обумовлені особливостями фотографічного процесу, можуть бути оперативно вирішені через запис та відтворенням рухів за допомогою відеотехніки. Проте суттєвою перешкодою для широкого застосування методу відореєстрації у біомеханічних дослідженнях до останнього часу була низька роздільна здатність відеосистем, що приводило до виникнення, так званих, локалізаційно-кінематичних спотворень і проявлялось у розмиванні зображення фігури спортсмена при швидких рухах. Це знижувало точність визначення координат, а також точність розрахованих значень швидкостей і прискорень точок тіла, тобто основних кінематичних характеристик руху.

Інтенсивний розвиток відеотехніки та розробка апаратного й програмного комп'ютерного забезпечення дозволяють сьогодні проводити біомеханічні дослідження на якісно новому методичному рівні – рівні відео-комп'ютерного аналізу рухів із високою точністю реєстрації та швидкістю обробки даних.

Порядок виконання роботи

1. За завданням викладача визначити об'єкт дослідження. Розробити сценарій відеозйомки.

2. Вибрати сцену зйомки, розрахувати можливі просторові переміщення спортсмена при виконанні ним фізичної вправи (на біговій доріжці, у секторах для стрибків чи метання, на ігровому майданчику і т.п.). Скласти схему розміщення відеоапаратури.

3. Згідно до інструкції підготувати до роботи відеокамеру. Підключити енергоживлення відеокамери від електричної мережі через адаптер змінного струму або від батареї (рис. 1.2). Вставити в касетний відсік відеокасету. Відеокамеру закріпити на штативі.

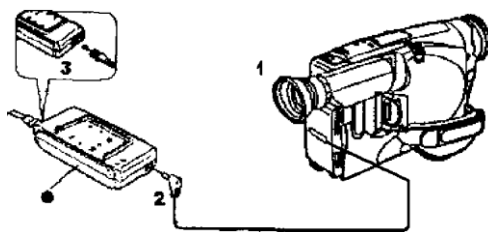


Рис. 1.2. Схема з'єднання відеокамери через адаптер змінного струму:

1 – з'єднання входного кабелю постійного струму з гніздом [DC IN] на відеокамері; 2 – з'єднання другого кінця кабелю з гніздом [DC OUT] на адаптері змінного струму; 3 – з'єднання шнура мережі з адаптером змінного струму і з розеткою мережі змінного струму.

4. Включити живлення відеокамери, перевести її у режим «Auto» для автоматичного вибору параметрів відеозапису (рис. 1.3).

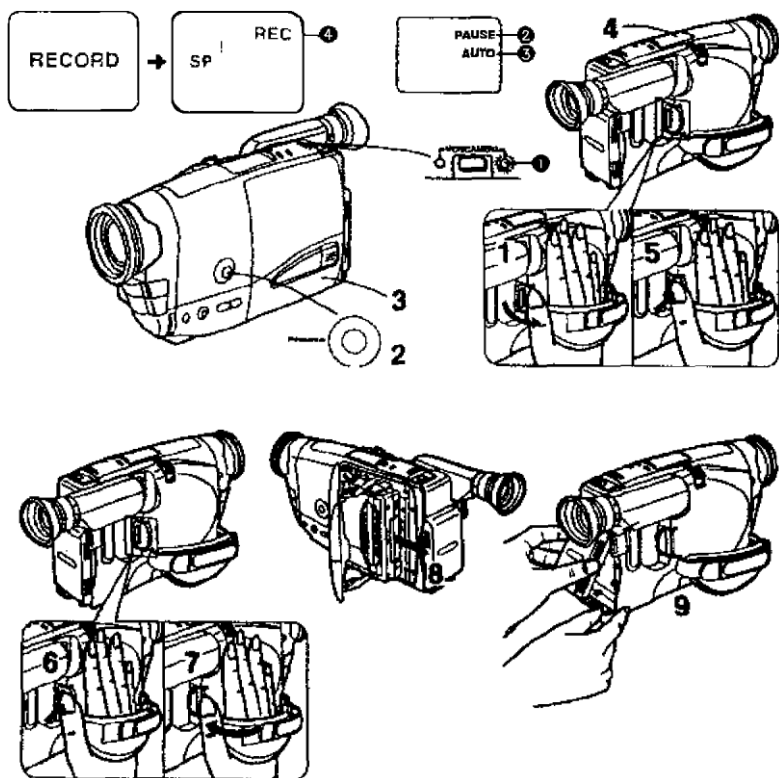


Рис. 1.3. Основні операції при відеозапису в автоматичному режимі:

1. Повернути від відеокамери перемикач [POWER] для її вмикання.

• Висвічується лампа [CAMERA].

2. Подивитись у шукач і переконатись в тому, що висвічується індикація [AUTO].

• Початковою установкою є індикація [AUTO].

• Якщо в шукачі висвічується індикація [MNL] або інша, натискати повторно кнопку [PROGRAMME AE] до тих пір, поки не з'явиться індикація [AUTO].

3. Вставити касету з непошкодженим язичком охорони запису від стирання.

- У шукачі з'явиться індикація [PAUSE].
- 4. Встановити бажану швидкість запису [SP] або [LP] для позиції[SPEED] у головному меню.
- У шукачі з'явиться індикація обраної швидкості запису.
- 5. Натиснути кнопку Старт/Стоп для ініціювання запису.
- Починається запис, в шукачі з'явиться індикація [»] і індикація[REC] ([REC] означає «запис»).
- 6. Для припинення запису натиснути кнопку Старт/Стоп.
- Запис зупиняється, відеокамера переходить у режим паузи запису.
- 7. Повернути до відеокамери перемикач [POWER] для її вимикання.
- 8. Витягти касету.
- 9. Від'єднати адаптер перемінного струму або вилучити батарею.

5. Записати виконання спортсменом фізичної вправи.
6. Виконати перемотування відеоплівки на початок, переглянути якість запису.

Контрольні питання

1. Дати характеристику кінометоду реєстрації фізичних вправ.
2. Що таке кінограма, як і з якою метою її виготовляють?
3. Дати характеристику методу відеореєстрації фізичних вправ.
4. Розкрити переваги й недоліки окремих методів реєстрації рухів.

Література

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – С. 141-151.
2. Годик М.А. Спортивная метрология: Учебник для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 191 с.

3. Дал-Монте А., Фаина М. Специальные требования к оценке функциональных возможностей спортсменов // Наука в олимпийском спорте. – 1995. – № 1. – С. 30-38.
4. Донской Д.Д. Биомеханика. – М.: Просвещение, 1975. – С. 216-218.
5. Донской Д.Д., Филиппов В.К., Нижник А.П. Киноциклографический метод исследования техники физических упражнений // Теория и практика физической культуры. – 1975. – № 4. – С. 6-9.
6. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений. – К.: Вища шк., 1976. – С. 66-67.
7. Лапутин А.Н., Уткин В.Л. Технические средства обучения: Учеб. пособие для ин-тутов физ. культ. – М.: Физкультура и спорт, 1990. – С. 10-21.
8. Практикум по биомеханике: Пособие для ин-тутов физ. культ. / Под ред. И.М. Козлова. – М.: Физкультура и спорт, 1980. – С. 23-29.
9. Panasonic. VHS-C Movie Camera. Operating Instructions.

Лабораторна робота № 2

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ТОЧОК ТІЛА СПОРТСМЕНА ЗА КІНОГРАМОЮ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ

Мета роботи: навчитись визначати положення точок тіла спортсмена.

Матеріали та обладнання: кінограма або відеозапис досліджуваної фізичної вправи, вимірювальні лінійки, косинці, олівці, ЕОМ.

Теоретичні відомості

У залежності від поставленого завдання рухи людини вивчають, розглядаючи її тіло або як матеріальну точку, або як систему тіл. Тіло людини представляють як систему тіл тоді, коли важливо знати особливості руху окремих ланок тіла та їх роль у виконанні рухової дії. У цьому випадку на тілі спортсмена виділяють характерні розпізнавальні точки (рис. 2.1).



Рис. 2.1.

Розпізнавальні точки на тілі спортсмена та система прямокутних координат для визначення положення точок: зображення пози спортсмена з першого кадру кінограми стрибка; система координат XOY прив'язана до тіла відліку

– висоти стрибкової ями; висота стрибкової ями може бути використана при визначенні масштабу зображення.

У біомеханіці прийнято позначати ці точки латинськими буквами: gc – центр маси голови, b – плечовий суглоб, a – ліктьовий суглоб, m – променево-зап'ястковий суглоб, f – кульшовий суглоб, s – колінний суглоб, p – гомілко-стопний суглоб, d – пальці стопи. Інколи, виходячи із завдання дослідження, виділяють точки gm – центр маси кисті та tc – бугор п'яtkової кістки.

Рухи цих точок можна вивчати, порівнюючи їх положення відносно положення вибраного (як правило, нерухомого) тіла, яке називають *тілом відліку*. З тілом відліку пов'язують *систему відліку*, яка характеризується початком та напрямками виміру відстані, а також установленою одиницею відліку. При вивченні рухів, які виконуються в одній площині, досить часто користуються *прямокутною системою координат XOY*. Остання складається із двох взаємно перпендикулярних осей – вісі абсцис (вісь OX) та вісі ординат (вісь OY). Точка O на перетині цих осей є початком відліку (рис. 2.1).

Кожній досліджуваній точці на тілі людини у вибраній системі координат відповідають два числа – X та Y, які є її *координатами*. *Абсцисою* точки називається координата X, яка визначає її проекцію на вісь OX. *Ординатою* точки називається координата Y, знайдена через проекцію цієї точки на вісь OY.

При визначенні положення точок тіла спортсмена за кінограмою фізичної вправи на початку встановлюється *масштаб зображення* і вибирається система відліку, а потім знаходяться координати досліджуваних точок.

Визначення положення точок тіла спортсмена за відеограмою фізичної вправи здійснюють, як правило, засобами комп'ютерної обробки даних. При цьому за допомогою спеціальних карт відеозахвату зображення відцифровують, стискають і заносять до пам'яті комп'ютера. Координати досліджуваних точок зчитують програмі та для подальшого використання заносять їх до бази даних.

Порядок виконання роботи

1. Продивитись кінограму для вибору орієнтира (тіла відліку). У кожному кадрі кінограми провести взаємно перпендикулярні вісі системи координат, прив'язані до нерухомого орієнтира, зображення якого є на всіх кадрах.

2. Для встановлення справжніх лінійних розмірів тіл і предметів на кінограмі необхідно визначити масштаб зображення. Масштаб визначають за формулою:

$$M = \frac{l}{L},$$

де M – масштаб; l – розмір орієнтира на кінограмі; L – дійсний лінійний розмір орієнтира.

3. У кожному кадрі кінограми на зображенні фігури спортсмена нанести необхідні розпізнавальні точки і виміряти їх координати.

4. Підготувати таблицю координат за поданою нижче формою (табл. 2.1, на прикладі кінограми стрибка у висоту. Число горизонтальних рядків у таблиці повинно дорівнювати кількості поз на кінограмі, а число вертикальних колонок – подвоєному числу досліджуваних точок на тілі спортсмена (для значень абсцис і ординат).

5. Представити координати точок у натуральному масштабі (1:1), перемноживши результати вимірювань на величину масштабу.

6. Записати координати точок у звітну таблицю. При обробці відеограм до звітної таблиці занести дані комп'ютерного визначення положення розпізнавальних точок.

Контрольні питання

1. Що таке тіло відліку й система відліку?
2. Як визначити масштаб зображення?
3. Що таке координати точки, як їх визначають?
4. Які основні розпізнавальні точки на тілі спортсмена виділяють і якими латинськими літерами їх позначають?

5. Яка послідовність роботи при визначенні координат точок тіла за кінограмою (відеограмою) фізичної вправи?

Література

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – С. 141-151.
2. Донской Д.Д. Биомеханика. – М.: Просвещение, 1975. – С. 19-23, 54-64, 217-218.
3. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – С. 16-24.
4. Кашуба В.А. Видеокомп'ютерный анализ тела спортсмена // Наука в олимпийском спорте. – 2002. – № 3. – С. 68-71.
5. Кашуба В.А. Современные методы измерения осанки человека // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Збірник наукових праць / Під ред. С.С. Єрмакова. – Харків, ХДАДМ, 2002. – № 11. – С. 51-56.
6. Энока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 398 с.

Звітна таблиця

К а д р	Координати розпізнавальних точок на тілі випробуваного в натуральному масштабі, см															
	gc		b		a		m		f		s		p		d	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1.	-117	156	-122,2	130	-123,5	114,4	-111,8	113,1	-126,1	74,1	-92,3	44,2	-118,3	7,8	-104	5,0
2.	-98,8	156	-104	135,2	-106,6	122,2	-98,8	127,4	-104	72,8	-78	39	-109	15,6	-104	5,0
3.	-75,4	158,6	-85,8	137,8	-93,6	127,4	-85,8	137,8	-83,2	78	-67,6	33,8	-108,2	18,2	-104	5,0
4.	-67,6	156	-70,2	135,2	-85,8	127,4	-70,2	135,2	-57,2	78	-52	33,8	-101	19	-104	5,0
5.	-54,6	161,2	-52	145,6	-59,8	137,8	-59,8	137,8	-31,2	85,8	-32	35	-78	31	-82,2	18
6.	-33,8	166	-31,2	150,8	-49,4	135,2	-36,4	135,2	-13	96,2	0	54,6	-43	38	-46	25
7.	-20,8	150,8	-23,4	130	-33,8	114,4	-13	104	0	83,2	31,2	46,8	-15,6	28,6	-15,6	15,6
8.	0	148,2	-7	130	-10,4	106,6	18,2	93,6	13	83,2	54,6	54,6	28,6	18,2	28	12
9.	13	149,5	6,5	130	13	105,3	41,6	94,9	20,8	84,5	62,4	70,2	80	20,1	93,6	23
10.	23,4	153,4	18,2	135,2	36,4	117	57,2	111,8	36,4	93,6	75,4	72,8	119,6	57,2	127,4	67,6
11.	31,2	158,6	33,8	145,6	59,8	135,2	62,4	143	46,8	96,2	91	96,2	132,6	85,8	137,8	96,2
12.	44,2	171,6	41,6	156	75,4	156	65	169	49,4	98,8	101,4	119,6	143	111,8	145,6	124,8

Звітна таблиця

[illegible]

Лабораторна робота № 3

ПОБУДОВА БІОКІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ

Мета роботи: навчитись за координатами знаходити положення точок тіла спортсмена та будувати біокінематичні схеми фізичних вправ.

Матеріали та обладнання: кінограма або відеозапис досліджуваної фізичної вправи, таблиця координат, міліметровий папір, вимірювальні лінійки, косинці, олівці.

Теоретичні відомості

При біомеханічному дослідженні рухів людини необхідно перш за все вибрати систему відліку та побудувати характерну розрахункову схему її опорно-рухової системи, яка була б визначальною для того чи іншого конкретного руху. На *біокінематичній схемі* відображаються тільки ті особливості рухового апарату, які необхідні для визначення шляху, а також швидкості й прискорення руху його складових частин. Тому локомоторний апарат представляється як схема у вигляді системи біоланок та біокінематичних пар.

Біокінематична схема, як і *промір* (зображення рухомого спортсмена розпізнавальними точками на його тілі, яке служить підставою для вивчення біокінематичних характеристик), може виготовлятися безпосередньо з кіноплівки, яку переглядають через фотозбільшувач, або за координатами розпізнавальних точок у вибраному масштабі. Зручніше всього будувати біокінематичну схему на *міліметровому папері*. На біокінематичній схемі зображується вибрана система координат і необхідні біоланки й ланцюги тіла спортсмена.

Порядок виконання роботи

1. Розглянути представлену для прикладу на рис. 3.1 біокінематичну схему стрибка у висоту, побудовану за координатами точок із табл. 2.1.

2. Для оцінки розмірів координатних осей та вибору масштабу зображення визначити у таблиці координат (звітна таблиця з лабораторної роботи № 2) найбільші й найменші значення X та Y . Як правило, масштаб зображення беруть рівним 1:10 або 1:20. Вибрати відповідний аркуш міліметрового паперу.

3. На аркуші міліметрового паперу у вибраному масштабі накреслити систему прямокутних координат, при цьому врахувати наявність або відсутність у таблиці координат від'ємних значень. Розмітити осі координат через кожні 20 мм та надписати числові значення.

4. На систему координат нанести всі відмічені на відеограмі чи кінограмі точки тіла спортсмена. На початку нанести всі точки першої пози. Після цього послідовно з'єднати точки $b - a - m$, а потім точки $f - s - p - d$. Навколо точки gs провести коло радіусом 5 мм.

5. Нанісши точки решти поз та провівши всі лінії, перевірити правильність зображення поз. Переконатись, що пози на біокінематичній схемі схожі з дійсними позами спортсмена на відеограмі (кінограмі). Уважно продивитись чи немає стрибків точок на уявній траєкторії їх руху. Крім того, візуально перевірити чи значно не змінюється при послідовному переході від пози до пози довжина окремих ланок тіла.

6. Над точками gs проставити нумерацію поз.

Контрольні питання

1. Що таке біокінематична схема?
2. З якою метою будують біокінематичні схеми фізичних вправ?
3. Які основні принципи методики побудови біокінематичних схем?
4. Як визначити масштаб зображення?
5. Якими є зміст та послідовність роботи при складанні біокінематичних схем за кіноплівкою, за кінограмою, за відеограмою?

Література

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна, – К.: Олімпійська література, 2001. – С. 151-156.
2. Донской Д.Д. Биомеханнка. – М: Просвещение, 1975. – С. 216-218.
3. Козлов И.М., Иванова Г.П. Практикум по биомеханике: Учебное пособие для ИФК. – Л.: Физкультура и спорт, 1980. – 120 с.
4. Лапутин А.Н. Биомеханнка физических упражнений. – К.: Вища шк., 1976. – С. 66-67.
5. Лапутин А.Н., Хапковой В.Е. Биомеханика физических упражнений. – К.: Радянська школа, 1986. – 135 с.
6. Уткин В.Л. Измерения в спорте (Введение в спортивную метрологию). – М.: ГЦОЛИФК, 1978. – 199 с.

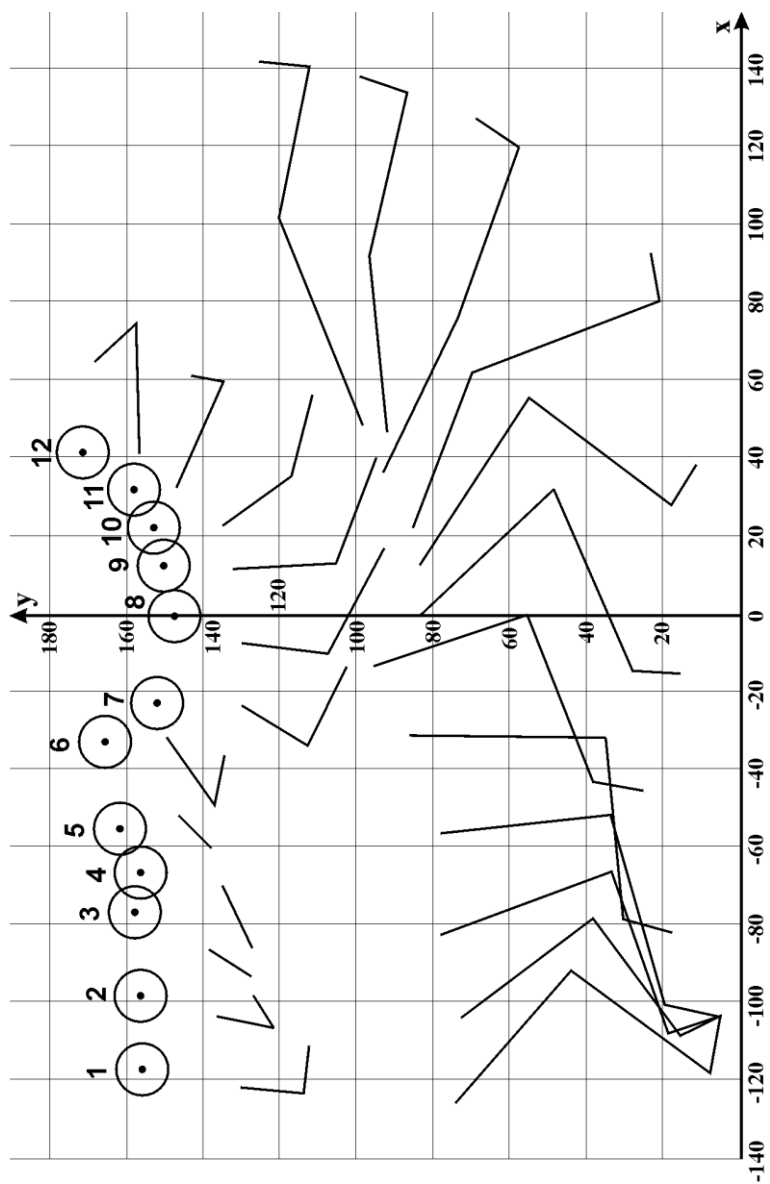


Рис. 3.1. Біомеханічна схема стрибка у висоту.

Лабораторна робота № 4

ГЕОМЕТРІЯ МАС ТІЛА ЛЮДИНИ

Мета роботи: навчитись розраховувати масу та положення центрів мас окремих ланок і сегментів тіла людини.

Матеріали та обладнання: кінограма або відеозапис досліджуваної фізичної вправи, біокінематична схема; вимірювальні лінійки, олівці, ЕОМ.

Теоретичні відомості

Під *геометрією мас* у біомеханіці прийнято розуміти сукупність показників, що характеризують розподіл маси в тілі людини. Це – маса й моменти інерції окремих сегментів тіла та всього тіла загалом, координати центрів маси, радіуси інерції окремих сегментів і т.п.

Маса (m) – це кількість речовини (у кілограмах), що міститься в тілі або окремій ланці. Разом із тим маса – це кількісна *міра інертності* тіла по відношенню до діючої на нього сили. Чим більша маса, тим більш інертне тіло і тим важче вивести його зі стану спокою або змінити його рух.

Масою визначаються також гравітаційні властивості тіла. Так, вага тіла (у Ньютонах) залежить від його маси:

$$g = mg,$$

де $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння тіла.

Маса характеризує інертність тіла при поступальному русі. При обертанні інертність залежить не тільки від маси тіла, але і від того, як вона розподілена відносно осі обертання. Чим більша відстань від ланки до осі обертання, тим більший внесок цієї ланки в інертність тіла. Кількісною мірою інертності тіла відносно осі обертання служить *момент інерції*:

$$J = mR^2,$$

де R – радіус інерції – середня відстань від осі обертання (наприклад, від осі суглоба) до матеріальних точок тіла.

Центром маси (ЦМ) називається точка, де перетинаються лінії дії всіх сил, що приводять тіло до

поступального руху і не спричиняють обертання тіла. У полі гравітації (коли діє сила тяжіння) центр маси співпадає з центром тяжіння. Положення загального центра маси (ЗЦМ) тіла визначається тим, де знаходяться центри маси окремих ланок. А це залежить від пози, тобто від того, як частини тіла розташовані один відносно одного в просторі.

Відстань від ЦМ до осі проксимального суглоба біоланки називають *радіусом центра маси* ($R_{ЦМ}$).

На геометрію маси впливають індивідуальні особливості людини, насамперед, маса й довжина тіла. Маса та положення ЦМ окремих ланок і сегментів тіла людини, які отримані шляхом усереднення результатів дослідження багатьох людей, показані на рис. 4.1 і подані у табл. 4.1.

Якщо прийняти масу тіла за 100 %, то масу кожної ланки або сегмента можна виразити у відносних одиницях. При виконанні розрахунків використовують представлення маси як в абсолютних (кг), так і у відносних (%) одиницях.

Масу окремих ланок тіла людини можна визначити точніше, якщо використати рівняння лінійної регресії В.М. Селуянова:

$$m_x = B_0 + B_1m + B_2H,$$

де m_x – маса сегмента тіла (кг); m – маса всього тіла (кг); H – довжина тіла (см); B_0 , B_1 , B_2 – коефіцієнти рівняння регресії (табл. 4.2 і 4.3).

Порядок виконання роботи

1. Користуючись даними табл. 4.1, визначити положення ЦМ плеча, передпліччя, стегна, гомілки і стопи у першій позі спортсмена на біокінематичній схемі рухової дії. Для цього необхідно виміряти довжину ланки, помножити її на відповідне значення радіуса ЦМ і відкласти отриманий відрізок від антропометричної точки відліку вздовж ланки. Визначити координати ЦМ ланок для всіх послідовних поз.

Перевірити отримані результати розрахунками координат ЦМ за формулами:

$$X_{\text{ЦМ}} = (X_{\text{дист}} - X_{\text{прокс}}) \cdot R_{\text{ЦМ}} + X_{\text{прокс}},$$

$$Y_{\text{ЦМ}} = (Y_{\text{дист}} - Y_{\text{прокс}}) \cdot R_{\text{ЦМ}} + Y_{\text{прокс}},$$

де, $X_{\text{ЦМ}}$, $Y_{\text{ЦМ}}$ – координати ЦМ ланки; $X_{\text{дист}}$, $Y_{\text{дист}}$ – координати дистального кінця ланки; $X_{\text{прокс}}$, $Y_{\text{прокс}}$ – координати проксимального кінця ланки; $R_{\text{ЦМ}}$ – радіус ЦМ.

2. Значення координат $X_{\text{ЦМ}}$, $Y_{\text{ЦМ}}$ занести до звітної таблиці 1.

3. Розрахувати масу ланок і сегментів, які представлені на біокінематичній схемі бігу, за даними для «середньої людини» (табл. 4.1). Масу (m) прийняти рівною масі тіла випробовуваного в кг.

4. Визначити абсолютну (y кг) масу цих ланок і сегментів за рівнянням регресії. При розрахунках довжину (H) тіла прийняти рівною значенню зросту випробовуваного в см. Значення коефіцієнтів рівняння регресії B_0 , B_1 , B_2 взяти з табл. 4.2 (чоловіки) або 4.3 (жінки).

5. Розрахувати відносну (y %) масу кожної ланки чи сегмента через їх абсолютну масу.

6. Результати обчислень занести до звітної таблиці 2.

7. Порівняти отримані дані з даними геометрії мас спортсмена ($m = 80$ кг; $H = 185$ см), приведених у таблицях 4.4 та 4.5.

8. Проаналізувати проведені розрахунки та зробити висновки.

Контрольні питання

1. Що означає геометрія мас тіла людини?
2. Якими показниками характеризують геометрію мас тіла людини?
3. Що служить мірою інертності тіла при поступальному русі?

4. Що служить мірою інертності тіла при обертальному русі?

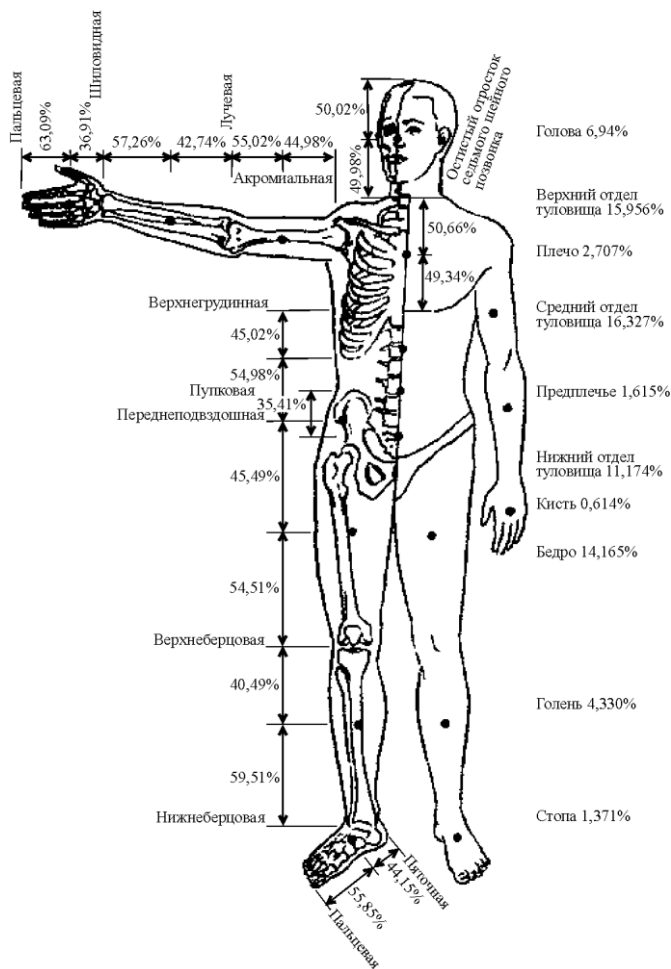
5. Розкрити зміст поняття центр маси тіла.

6. Як визначається положення ЦМ?

7. Якими підходами користуються при оцінці маси окремих ланок та сегментів тіла людини?

Література

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – С. 122-140.
2. Донской Д.Д. Биомеханика. – М.: Просвещение, 1975. – С. 93-96.
3. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – С. 61-64.
4. Зациорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.Н. Биомеханика двигательного аппарата человека. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
5. Кашуба В.А. Современные методы измерения осанки человека // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Збірник наукових праць / Під ред. С.С. Єрмакова. – Харків, ХДАДМ, 2002. – № 11. – С. 51-56.
6. Энока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 399с.



Мал. 4.1. Відносна маса й положення ЦМ сегментів тіла людини (В.М. Заціорский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов, 1981).

На малюнку приведені координати положень центрів мас сегментів на їх подовжніх осях (у % до довжини сегментів, зліва) і відносні маси сегментів (праворуч).

Таблиця 4.1

*Відносна маса й положення ЦМ ланок
і сегментів тіла людини*

Сегменти	Маса, %	Положення ЦМ (радіус ЦМ)	Антропометричні точки, від яких визначається положення ЦМ сегментів тіла людини
Стопа	1,371	0,5585	Передня частина стопи (пальці)
Гомілка	4,330	0,4049	Верхньогомілкова
Стегно	14,165	0,4549	Великий вертлюг кульшового суглоба
Кисть	0,614	0,3691	Променево- зап'ястковий суглоб
Передпліччя	1,615	0,4274	Зовнішній надвиросток плечової кістки
Плече	2,707	0,4498	Акроміальний виросток
Голова	6,940	0,5002	Верхня точка голови
Верхня части- на тулуба	15,956	0,5066	Остистий відросток сьомого шийного хребця
Середня час- тина тулуба	16,328	0,4502	Нижньогрудинна
Нижня час- тина тулуба	11,740	0,3541	Пупкова

Примітка: при визначенні положення ЦМ ланок і сегментів їх довжину прийнято за одиницю.

Таблиця 4.2

Коефіцієнти рівняння регресії для обчислення маси сегментів тіла чоловіків за масою (m) і довжиною (H) тіла

Сегменти	Коефіцієнти рівняння регресії		
	B_0	B_1	B_2
Стопа	-0,829	0,0077	0,0073
Гомілка	-1,592	0,0362	0,0121
Стегно	-2,649	0,1463	0,0137
Кисть	-0,1165	0,0036	0,00175
Передпліччя	0,3185	0,01445	-0,00114
Плече	0,250	0,03012	-0,0027
Голова	1,296	0,0171	0,0143
Верхня частина тулуба	8,2144	0,1862	-0,0584
Середня частина тулуба	7,181	0,2234	-0,0663
Нижня частина тулуба	- 7,498	0,0976	0,04896

Таблиця 4.3

Коефіцієнти рівняння регресії для обчислення маси сегментів тіла жінок за масою (m) і довжиною (H) тіла

Сегменти	Коефіцієнти рівняння регресії		
	B_0	B_1	B_2
Стопа	-1,207	-0,0175	0,0057
Гомілка	-0,436	-0,011	0,0238
Стегно	5,185	0,183	-0,042
Кисть	-0,116	0,0017	0,0020
Передпліччя	0,295	0,009	0,0003
Плече	0,206	0,0053	0,0066
Голова	2,388	-0,001	0,015
Верхня частина тулуба	-16,593	0,140	0,0995
Середня частина тулуба	-2,741	0,031	0,056
Нижня частина тулуба	-4,908	0,124	0,0272

Таблиця 4.4

П о з а	Координати ЦМ біолонок тіла випробуваного											
	Плече		Передпліччя		Стегно		Гомілка		Стопа			
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
1.	-122	123	-118	114	-111	60	-102	29	-110	7		
2.	-105	130	-103	124	-93	58	-90	30	-101	11		
3.	-90	134	-90	134	-76	59	-83	28	-106	13		
4.	-78	131	-78	131	-55	59	-69	29	-98	15		
5.	-55	143	-55	143	-35	68	-52	41	-80	30		
6.	-43	146	-46	136	-8	77	-19	51	-49	39		
7.	-28	123	-27	109	14	67	13	40	-15	21		
8.	-8	120	2	100	32	71	45	41	32	13		
9.	9	120	24	101	40	78	69	48	87	18		
10.	26	127	44	115	40	78	93	67	123	63		
11.	45	141	61	138	66	94	109	92	136	93		
12.	57	157	71	162	74	108	118	116	145	118		

Таблиця 4.5

Сегменти	Маса ланок і сегментів тіла випробуваного (m = 80 кг; H = 185 см)				
	За середніми даними		За рівняннями регресії		
	%	кг	%	кг	кг
Стопа	1,371	1,09	1,41		1,13
Гомілка	4,330	3,46	4,42		3,54
Стегно	14,165	11,30	14,47		11,58
Кисть	0,614	0,49	0,61		0,49
Передпліччя	1,615	1,30	1,58		1,27
Плече	2,707	2,16	2,70		2,16
Голова	6,940	5,50	6,64		5,31
Верхня частина тулуба	15,956	12,80	15,38		12,3
Середня частина тулуба	16,328	13,10	16,02		12,82
Нижня частина тулуба	11,740	9,40	11,70		9,36

Звітна таблиця 1

П о з а	Координати ЦМ біолонок тіла випробуваного									
	Плече		Передпліччя		Стегно		Гомілка		Стопа	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										
7.										
8.										
9.										
10.										
11.										
12.										

Звітна таблиця 2

Сегменти	Маса ланок і сегментів тіла випробуваного (m = 80 кг; H = 185 см)			
	За середніми даними		За рівняннями регресії	
	%	кг	%	кг
Стопа				
Гомілка				
Стегно				
Кисть				
Передпліччя				
Плече				
Голова				
Верхня частина тулуба				
Середня частина тулуба				
Нижня частина тулуба				

Лабораторна робота № 5

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ЦЕНТРУ МАСИ ТІЛА ЛЮДИНИ ГРАФІЧНИМ СПОСОБОМ

Мета роботи: навчитись графічно визначити положення загального центру маси тіла спортсмена при виконанні фізичних вправ.

Матеріали та обладнання: кінограма або відеозапис, біокінематична схема досліджуваної фізичної вправи; таблиця координат ЦМ ланок і сегментів; вимірювальні лінійки, олівці.

Теоретичні відомості

Загальний центр маси (ЗЦМ) тіла характеризує просторове розміщення мас окремих сегментів та біоланок. Визначення положення ЗЦМ являє собою важливе завдання для біокінематики та біодинаміки. Опис траєкторії ЗЦМ при виконанні фізичних вправ дозволяє отримувати дані про переміщення тіла спортсмена у просторі. Зокрема, зміни траєкторії руху ЗЦМ відображають дію на тіло зовнішніх сил, а це відкриває можливості для визначення багатьох динамічних характеристик біосистеми (механічної роботи, потужності та ін.).

За умови, коли досліджуване тіло є абсолютно твердим та перебуває в однорідному силовому полі, положення ЗЦМ співпадає з положенням загального центру тяжіння (ЗЦТ). Тіло спортсмена не являється абсолютно твердим, бо під впливом прикладених сил воно деформується. Ці деформації можуть бути настільки значними, що їх легко виявити (видовження розтягнутого м'яза, яке викликає видимі зміни об'єму біоланки і т.д.). Проте у більшості випадків такі деформації малопомітні у порівнянні зі змінами конфігурації тіла спортсмена через переміщення окремих його біоланок. Тому для зручності досліджень тіло людини умовно розглядають як абсолютно тверде, тобто таке, в якому дія сил не викликає ніяких деформацій.

Загальний центр тяжіння (ЗЦТ) тіла людини визначають як точку прикладання рівнодійних сил тяжіння, які діють на нього. Положення ЗЦТ обумовлюється анатомо-фізіологічними особливостями тіла людини, позою, функціонуванням дихальної, травної та інших систем, які забезпечують переміщення значної маси речовини в організмі. Координати ЗЦТ можна розглядати як функцію від положення центрів тяжіння (ЦТ) усіх біоланок. Біоланки тіла людини, як правило, мають складну геометричну форму; крім того, їхні маси розподіляються не симетрично по відношенню до ЦТ. Положення ЦТ окремих біоланок визначається через положення ЦМ.

В учбових розрахунках можна використати середні значення ваги й положення ЦТ окремих біоланок тіла людини, які приведені у табл. 5.1.

Оскільки ЗЦТ тіла людини розглядається як точка прикладання рівнодійної сил тяжіння біоланок, які направлені вертикально донизу і між собою паралельні, то завдання визначення положення ЗЦТ зводиться до знаходження рівнодійної паралельних сил.

З теоретичної механіки відомо, що кожні дві паралельні сили, що спрямовані в один бік, мають рівнодійну до них паралельну й направлену у той же бік. Модуль цієї рівнодійної дорівнює сумі модулів складових сил, а точка прикладання рівнодійної ділить відрізок між точками прикладання сил на частини обернено пропорційні величинам цих сил.

Отже, сили тяжіння будь-яких сусідніх біоланок (наприклад, плеча й передпліччя) можуть бути розглянуті як система двох паралельних сил (рис. 5.1). Тоді ЗЦТ плеча й передпліччя буде знаходитись на лінії, яка з'єднує їх ЦТ. Початок вектора рівнодійної буде в точці, що поділяє цю лінію у відношенні обернено пропорційному величинам сил тяжіння плеча й передпліччя.

Таблиця 5.1

Відносна вага та розміщення ЦТ ланок тіла людини

Назва ланки	Відносна вага, %	Розміщення ЦТ ланки
Голова	7	Верхній край зовнішнього слухового отвору
Тулуб	43	На лінії між осями плечових та кульшових суглобів на відстані 0,44 від плечової осі
Плече	3	0,47 від проксимального кінця
Передпліччя	2	0,42 від проксимального кінця
Кисть	1	П'ястково-фаланговий суглоб третього пальця
Стегно	12	0,44 від проксимального кінця
Гомілка	5	0,42 від проксимального кінця
Стопа	2	На лінії між п'ятковим бугром і другим пальцем на відстані 0,44 від п'ятки

Якщо таким способом можна графічно визначити ЗЦТ двох сусідніх біоланок, то, очевидно, не складатиме труднощів знаходження ЗЦТ усіх біоланок тіла.

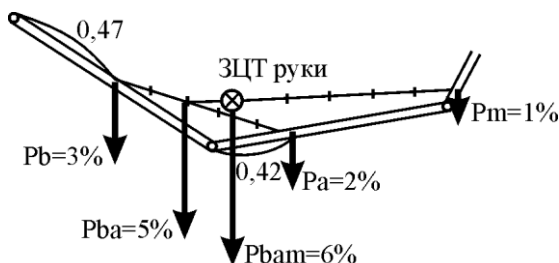


Рис. 5.1. Схема визначення положення ЗЦТ ланок руки графічним способом.

Порядок виконання роботи

1. Користуючись даними звітної таблиці лабораторної роботи №4, перевірити положення ЦТ плеча, передпліччя, стегна, гомілки і стопи для кожної пози спортсмена на біокінематичній схемі рухової дії.

2. Знайти положення ЗЦТ двох сусідніх ланок (наприклад, плеча й передпліччя, або стегна й гомілки). Для цього відрізком з'єднати їх ЦТ, виміряти довжину і поділити його на частини обернено пропорційні величинам сил тяжіння біоланок. Положення ЗЦТ кожної пари біоланок визначити за формулою:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{l - x}{x};$$

де P_1 і P_2 – вага (маса) досліджуваних ланок; l – відстань між ЦТ ланок; x – відстань від ЦТ однієї з ланок до їх загального центру тяжіння.

3. При знаходженні положення ЗЦТ ноги отримані координати ЗЦТ стегна й гомілки таким же чином просумувати з координатами ЦТ стопи.

4. Визначити координати ЗЦТ руки та ноги для поз 7-9 на біокінематичній схемі. Значення координат ЗЦТ занести до звітної таблиці. Розрахункові дані контрольного прикладу представлені на рис. 5.2 й у табл. 5.2.

5. Розкрити переваги та недоліки цього методу дослідження.

Контрольні питання

1. Дати визначення поняттям ЗЦМ і ЗЦТ.
2. Розкрити сутність теореми про рівнодійну двох паралельних сил, спрямованих в один бік.
3. Які відсоткові співвідношення мають вагові показники ланок і сегментів тіла людини?
4. Яка відносна відстань ЦТ кожної з ланок до її проксимального кінця?
5. Яка послідовність виконання робіт по визначенню положення ЗЦТ тіла людини графічним способом?

Література

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – С. 186-188.
2. Донской Д.Д. Биомеханика. – М: Просвещение, 1975. – С. 93-96, 227-229.
3. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – С. 58-66.
4. Козлов И.М., Иванова Г.П. Практикум по биомеханике: Учебное пособие для ИФК. – Л.: Физкультура и спорт, 1980. – 120 с.
5. Петров В.А., Гагин Ю.А. Механика спортивных движений. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – С. 87-94.
6. Уткин В.Л. Измерения в спорте (Введение в спортивную метрологию). – М.: ГЦОЛИФК, 1978. – 199 с.

Таблиця 5.2

П о з а	Координати ЗЦТ біолонок тіла спортсмена			
	Плече–передпліччя (рука)		Стегно–гомілка–стопа (нога)	
	X	Y	X	Y
7	-27	117	11	57
8	-5	113	33	61
9	14	113	50	66

Таблиця 5.3

Зведена таблиця

П о з а	Координати ЗЦТ біолонок тіла спортсмена			
	Плече–передпліччя (рука)		Стегно–гомілка–стопа (нога)	
	X	Y	X	Y
7				
8				
9				

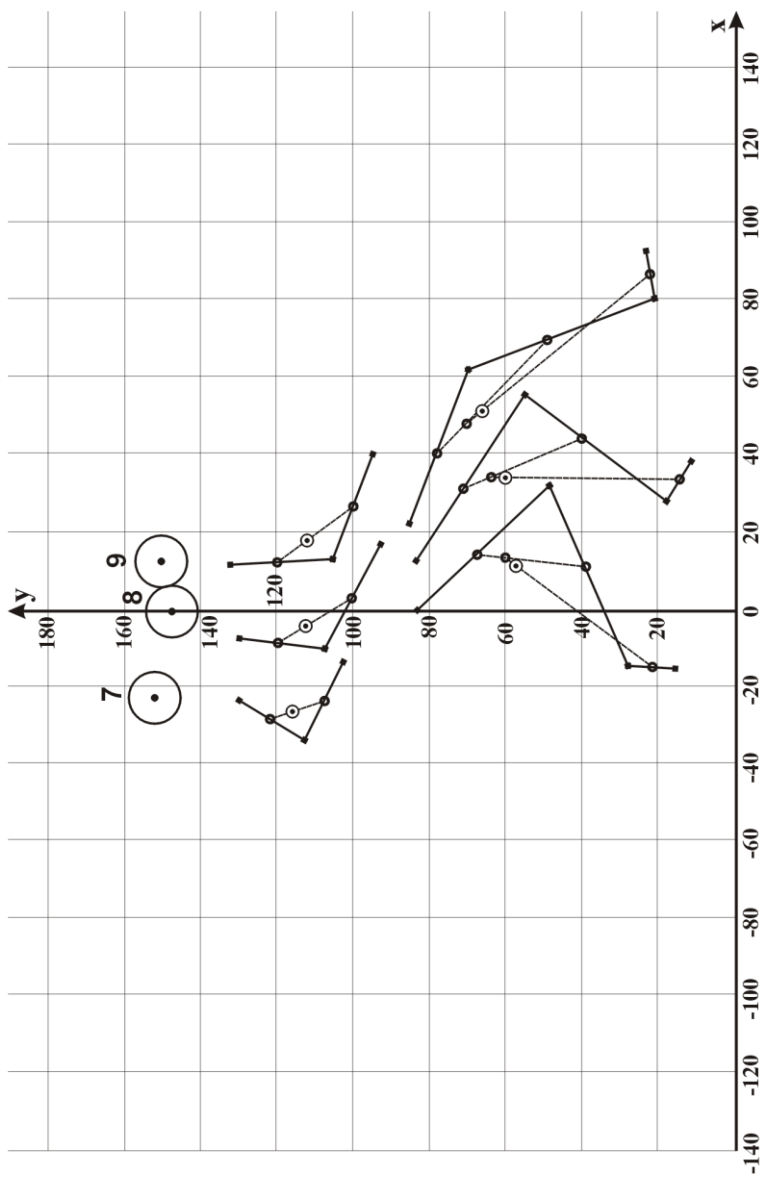


Рис. 5.2. Графічний спосіб визначення положення 3ЦТ руки й ноги на біокінематичній схемі стрибка у висоту.
Примітка: ⊙ – 3ЦТ руки та ноги.

Лабораторна робота № 6

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ЦЕНТРУ МАСИ ТІЛА ЛЮДИНИ АНАЛІТИЧНИМ СПОСОБОМ

Мета роботи: навчитись аналітично визначати положення загального центру маси тіла спортсмена при виконанні фізичних вправ.

Матеріали та обладнання: кінограма або відеограма досліджуваної фізичної вправи, біокінематична схема, таблиця координат ЦМ ланок і сегментів, вимірювальні лінійки, олівці.

Теоретичні відомості

Як і в попередній лабораторній роботі допускаємо, що положення ЗЦМ і ЗЦТ збігаються. Якщо при знаходженні ЗЦТ графічним способом використовують правило складання паралельних сил, то визначення ЗЦТ тіла аналітичним способом засноване на складанні моментів сил тяжіння за *теоремою Варіньона: Момент рівнодіючої сили відносно певної осі рівний алгебраїчній сумі моментів складових сил відносно тієї ж осі.*

Для визначення координат ЗЦТ у декартовій системі відліку XOY використовують формули:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot X_i}{P}; \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i}{P},$$

де X, Y – відповідні координати ЗЦТ у вибраній системі відліку XOY,

X_i, Y_i – відповідні координати центрів тяжіння (ЦТ) окремих ланок тіла людини в тій же системі відліку,

P – вага всього тіла людини,

P_i – вага окремих ланок тіла людини,

n – загальне число ланок тіла людини, прийнятих при розрахунках ЗЦТ.

Розглянемо для прикладу складання моментів сил тяжіння для трьох ланок ноги (рис. 6.1). Визначимо довільно

центр, відносно якого будемо розраховувати моменти сил тяжіння (точка О), проведемо з нього дві взаємно перпендикулярні вісі ОХ і ОУ, виберемо певний масштаб. Позначимо сили тяжіння ланок як P_f , P_s , P_p , а координати ЦТ ланок – X_f , Y_f , X_s , Y_s і X_p , Y_p . Рівнодійну цих сил тяжіння позначимо як P_{fsp} , а шукану координату точки прикладання рівнодійної (ЗЦТ) – X_{fsp} . Тоді момент сили тяжіння стегна відносно вибраної точки О по осі Х дорівнює добутку $P_f \cdot X_f$, момент сили тяжіння гомілки – $P_s \cdot X_s$, момент сили тяжіння стопи – $P_p \cdot X_p$, а момент їх рівнодійної – $P_{fsp} \cdot X_{fsp}$. Згідно теореми Варіньона матимемо:

$$P_f \cdot X_f + P_s \cdot X_s + P_p \cdot X_p = P_{fsp} \cdot X_{fsp}.$$

З цієї рівності визначимо координату X_{fsp} загального центру тяжіння:

$$X_{fsp} = \frac{P_f \cdot X_f + P_s \cdot X_s + P_p \cdot X_p}{P_{fsp}}.$$

Підставляючи у рівняння замість координат Х ЦТ ланок їх координати У, знаходимо координату У ЗЦТ ноги:

$$Y_{fsp} = \frac{P_f \cdot Y_f + P_s \cdot Y_s + P_p \cdot Y_p}{P_{fsp}}.$$

Порядок виконання роботи

1. Вибрати початок координат на біокінематичній схемі рухової дії за центр моменту сил тяжіння (точка О).

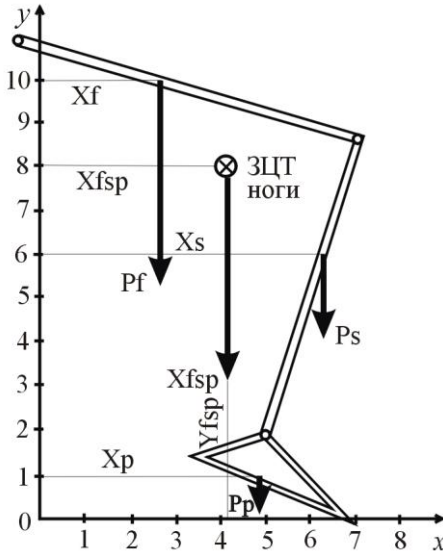
2. За формулами додавання моментів сил визначити координати ЗЦТ руки та ноги для 7-9 поз на біокінематичній схемі. При розрахунках значення ваги (маси) та координат ЦТ ланок спортсмена взяти зі звітних таблиць до лабораторної роботи №4.

3. Занести до звітних таблиць 1 і 2 результати проміжних обчислень моментів сил тяжіння ланок та значення координат ЗЦТ.

4. Порівняти значення координат ЗЦТ, отримані аналітичним і графічним способами. Розкрити переваги й недоліки кожного з цих способів дослідження.

Контрольні питання

1. Що таке плече сили, що таке момент сили?
2. Розкрити сутність аналітичного способу визначення положення ЗЦТ.
3. Який зміст теореми Варіньона?
4. Яка послідовність виконання робіт при визначенні положення ЗЦТ тіла людини аналітичним способом?



Мал. 6.1. Схема визначення положення ЗЦТ ланок ноги аналітичним способом.

Таблиця 6.1

Розрахунок положення ЗЦТ руки

П о з а	Моменти сил тяжіння				Вага, %	Координати ЗЦТ	
	$P_b \cdot X_b$	$P_a \cdot X_a$	$P_b \cdot Y_b$	$P_a \cdot Y_a$	P_{ba}	X_{ba}	Y_{ba}
7	$2,16 \cdot (-28)$	$1,3 \cdot (-25)$	$2,16 \cdot 123$	$2,16 \cdot 109$	4,3	-27	118
8	$2,16 \cdot (-8)$	$1,3 \cdot 2$	$2,16 \cdot 120$	$2,16 \cdot 100$	4,3	-4,9	112,4
9	$2,16 \cdot 9$	$1,3 \cdot 24$	$2,16 \cdot 120$	$2,16 \cdot 101$	4,3	14,6	112,8

Таблиця 6.2

Розрахунок положення ЗЦТ ноги

П о з а	Моменти сил тяжіння						Вага, %	Координати ЗЦТ	
	Pf·Xf	Ps·Xs	Pp·Xp	Pf·Yf	Ps·Ys	Pp·Yp	Pfsp	Xfsp	Yfsp
7	11,3·14	3,46·12	1,1·(-15)	11,3·67	3,46·39	1,1·22	20,4	11,5	57,8
8	11,3·31	3,46·44	1,1·(-15)	11,3·67	3,46·40	1,1·22	20,4	30,6	58,9
9	11,3·40	3,46·70	1,1·88	11,3·78	3,46·49	1,1·18	20,4	50	67,5

Зведена таблиця 1*Розрахунок положення ЗЦТ руки*

П о з а	Моменти сил тяжіння						Вага, %	Координати ЗЦТ	
	Pb·Xb	Pa·Xa	Pm·Xm	Pb·Yb	Pa·Ya	Pm·Ym	Pbam	Xbam	Ybam
7									
8									
9									

Зведена таблиця 2*Розрахунок положення ЗЦТ ноги*

П о з а	Моменти сил тяжіння						Вага, %	Координат и ЗЦТ	
	Pf·Xf	Ps·Xs	Pp·Xp	Pf·Yf	Ps·Ys	Pp·Yp	Pfsp	Xfsp	Yfsp
7									
8									
9									

Література

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – С. 122-140.
2. Донской Д.Д. Биомеханика. – М.: Просвещение, 1975. – С. 74-80, 229-230.
3. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика: Учебник для ин-тутов физ. культ. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – С. 61-68.
4. Кашуба В.А. Современные методы измерения осанки человека // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Збірник наукових праць / Під ред. С.С. Єрмакова. – Харків, ХДАДМ, 2002. – № 11. – С. 51-56.
5. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений. – К.: Вища школа, 1976. – С. 39-44.
6. Петров В.А., Гагин Ю.А. Механика спортивных движений. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – С. 61-64.
7. Практикум по биомеханике: Пособие для ин-тутов физ. культ. / Под общ. ред. И.М. Козлова. – М.: Физкультура и спорт, 1980. – С. 17-20, 39-40.
8. Энока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 399 с.

Лабораторна робота № 7

РОЗРАХУНОК ЗА КООРДИНАТАМИ ЛІНІЙНИХ ШВИДКОСТЕЙ ТА ПРИСКОРЕНЬ

Мета роботи: навчитись за координатами розраховувати швидкості та прискорення точок тіла спортсмена.

Матеріали та обладнання: кінограма або відеограма досліджуваної фізичної вправи, біокінематична схема, таблиця координат ЗЦТ руки і ЗЦТ ноги спортсмена, ЕОМ.

Теоретичні відомості

Швидкість – це міра зміни положення точки тіла в просторі з плином часу. Вона вимірюється відношенням пройденого шляху ΔS до затраченого часу Δt :

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}.$$

Швидкість зручно визначати через її проекції на осі ОХ і ОУ:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2},$$

де V – швидкість точки, V_x – горизонтальна складова швидкості, V_y – вертикальна складова швидкості:

$$V_x = \frac{\Delta X}{\Delta t}, \quad V_y = \frac{\Delta Y}{\Delta t}.$$

У біомеханіці при розрахунку швидкостей використовується спосіб різниць. *Сутність способу різниць полягає в тому, що швидкість точки характеризують її переміщенням за час, рівний міжкадровому інтервалу.* Наприклад, середня швидкість (горизонтальна складова) на ділянці шляху між 1-ю і 2-ю позами дорівнює

$$V_{x_{1-2}} = \frac{\Delta'X_{1-2}}{\Delta t_{1-2}} \approx \Delta'X_{1-2},$$

де $\Delta t = 1/N$; N – частота зйомки (кадри в секунду).

Будемо вважати її миттєвою горизонтальною швидкістю в момент часу між 1-ю і 2-ю позами. Отже,

$$\Delta'X_{1-2} = X_2 - X_1,$$

де переміщення або величина чисельника у формулі швидкості, або, як її називають, «перша різниця» – $\Delta'X$. Таким само способом розраховують миттєву швидкість по горизонталі й вертикалі всіх досліджуваних точок кінограми.

Прискорення – це міра зміни швидкості з плином часу. Прискорення вимірюється відношенням приросту швидкості ΔV до часу Δt , витраченому на цей приріст. Прискорення, як і швидкість, зручно розраховувати за двома складовими – горизонтальною і вертикальною.

У біомеханіці прискорення точки характеризують зміною її швидкості за час, рівний міжкадровому інтервалу, тобто також використовують спосіб різниць. Наприклад,

$$ax_{1-3} = \frac{Vx_{2-3} - Vx_{1-2}}{\Delta t} \approx \Delta''x_{1-3},$$

де ax_{1-3} – прискорення точки в 2-й позі; Vx_{2-3} і Vx_{1-2} – швидкість точки відповідно між 2-ю і 3-ю та 1-ю і 2-ю позами; $\Delta''x_{1-3} = \Delta'x_{2-3} - \Delta'x_{1-2}$ – різниця перших різниць, або «друга різниця»; Δt – тривалість одного міжкадрового інтервалу.

Отже, *перша різниця $\Delta'X$ – це величина чисельника у формулі швидкості, виражена в одиницях довжини.* Перша різниця – це не сама швидкість, однак вона прямо пропорційна швидкості. *Друга різниця $\Delta''X$ – це величина чисельника у формулі прискорення, виражена в одиницях довжини.* Вона також прямо пропорційна прискоренню.

Таким чином, якщо нас цікавлять не абсолютні значення швидкостей і прискорень, а тільки те, як саме і коли вони змінюються, можна не проводити розрахунок до кінця, а розглядати тільки різниці.

Порядок виконання роботи

1. Використовуючи результати лабораторних робіт № 5 і № 6, заповнити колонки координат (X і Y) ЗЦТ руки й ЗЦТ ноги у звітній таблиці для поз 7-9. Розрахувати перші різниці для цих точок $\Delta'X$ та $\Delta'Y$ (по горизонталі й вертикалі). Для цього з координати точки в наступній позі

відняти координату точки в попередній позі й записати отримане значення в рядок проміжної пози в колонці перших різниць $\Delta'X$ та $\Delta'Y$ (швидкостей).

2. Маючи заповнену колонку перших різниць для ЗЦТ руки й ЗЦТ ноги, таким само прийомом розрахувати другі різниці $\Delta''X$ і $\Delta''Y$ (прискорення).

3. Перевірити виконання розрахунків на контрольному прикладі (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Координати, швидкості та прискорення ЗЦТ ланцюгів

Поза	ЗЦТ руки						ЗЦТ ноги					
	X	Y	$\Delta'X$	$\Delta'Y$	$\Delta''X$	$\Delta''Y$	X	Y	$\Delta'X$	$\Delta'Y$	$\Delta''X$	$\Delta''Y$
7	-27	118					12	58				
			22	-6					19	1		
8	-5	112			-2	7	31	59			0	8
			20	1					19	9		
9	15	113					50	68				

Зведена таблиця

Координати, швидкості та прискорення ЗЦТ ланцюгів

Поза	ЗЦТ руки						ЗЦТ ноги					
	X	Y	$\Delta'X$	$\Delta'Y$	$\Delta''X$	$\Delta''Y$	X	Y	$\Delta'X$	$\Delta'Y$	$\Delta''X$	$\Delta''Y$
7												
8												
9												

Розрахунки для руки:

$$\Delta'X_{7-8} = X_8 - X_7 = -5 - (-27) = 22 \text{ см};$$

$$\Delta'X_{8-9} = X_9 - X_8 = 15 - (-5) = 20 \text{ см};$$

$$\Delta'X_{7-9} = \Delta'X_{8-9} - \Delta'X_{7-8} = 20 - 22 = -2 \text{ см};$$

$$\Delta'Y_{7-8} = Y_8 - Y_7 = 112 - 118 = -6 \text{ см};$$

$$\Delta'Y_{8-9} = Y_9 - Y_8 = 113 - 112 = 1 \text{ см};$$

$$\Delta''Y_{7-9} = \Delta'Y_{8-9} - \Delta'Y_{7-8} = 1 - (-6) = 7 \text{ см}.$$

Розрахунки для ноги:

$$\Delta'X_{7-8} = X_8 - X_7 = 31 - 12 = 19 \text{ см};$$

$$\Delta'X_{8-9} = X_9 - X_8 = 50 - 31 = 19 \text{ см};$$

$$\Delta''X_{7-9} = \Delta'X_{8-9} - \Delta'X_{7-8} = 19 - 19 = 0;$$

$$\Delta'Y_{7-8} = Y_8 - Y_7 = 59 - 58 = 1 \text{ см};$$

$$\Delta'Y_{8-9} = Y_9 - Y_8 = 68 - 59 = 9 \text{ см};$$

$$\Delta''Y_{7-9} = \Delta'Y_{8-9} - \Delta'Y_{7-8} = 9 - 1 = 8 \text{ см}.$$

Контрольні питання

1. Що таке швидкість?
2. Що таке прискорення?
3. У чому сутність методу різниць для визначення швидкостей і прискорень?
4. Що таке перша різниця і що таке друга різниця?
5. Як із першої різниці одержати значення швидкості?
6. Як із другої різниці одержати значення прискорення?

Література

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – С. 165-169.
2. Донской Д.Д. Биомеханика. – М.: Просвещение, 1975. – С. 67-69, 219-221.
3. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – С. 61-64.
4. Кашуба В.А. Современные методы измерения осанки человека // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Збірник наукових праць / Під ред. С.С. Єрмакова. – Харків, ХДАДМ, 2002. – № 11. – С. 51-56.
5. Петров В.А., Гагин Ю.А. Механика спортивных движений. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – С. 83-98.
6. Практикум по биомеханике: Пособие для ин-тугов физ. культ. / Под общ. ред. И.М. Козлова. – М.: Физкультура и спорт, 1980. – С. 17-20, 39-40.
7. Энока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 399 с.

Лабораторна робота № 8

ПОБУДОВА КІНЕМАТИЧНИХ ГРАФІКІВ КООРДИНАТ, ШВИДКОСТЕЙ І ПРИСКОРЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Мета роботи: навчитись будувати графіки залежності кінематичних характеристик із часом; вивчити взаємозв'язок у змінах кінематичних характеристик.

Матеріали та обладнання: таблиці координат, швидкостей та прискорень ЗЦТ руки та ЗЦТ ноги випробовуваного, міліметровий папір, вимірювальні лінійки, олівці.

Теоретичні відомості

Кінематичні графіки показують зміну величини кінематичних характеристик (координат, швидкостей та прискорень) із плином часу. Якщо їх розташувати на аркуші паперу один під одним, з однаковим масштабом і початком вісі часу, то можна порівнювати зміни цих кінематичних характеристик у часі.

Побудова та послідуочий аналіз графіків дає можливість оцінювати значення кінематичних характеристик не тільки у фіксовані моменти часу, які представлені у таблицях, але й у будь-які моменти часу міжкадрових інтервалів. Використання цього методу суттєво підвищує точність біомеханічних досліджень, особливо при обробці кінограм та відеоматеріалів із низькою частотою зйомки.

При аналізі кривих та при відтворенні їх більш точного виду користуються наступними *правилами графічного диференціювання*.

1. Якщо змінна величина (функція) зростає, то її похідна додатна. Наприклад, якщо координата точки з часом збільшується, то швидкість *цієї точки додатна, або, якщо зростає швидкість точки, то додатнім буде прискорення.*

2. Якщо ж функція спадає, то її похідна від'ємна. Наприклад, якщо координата точки з часом зменшується (рух відбувається у протилежному напрямі), то швидкість від'ємна; якщо швидкість точки зменшується, то її прискорення у цей час від'ємне.

3. Якщо функція постійна, похідна її рівна нулю. Наприклад, координата точки з часом не змінюється – швидкість рівна нулю; швидкість постійна – прискорення немає.

4. При екстремальних значення функції (максимум чи мінімум) похідна її рівна нулю. Наприклад, якщо у певний момент часу швидкість досягла максимуму, то, очевидно, перед цим вона зростала, а після цього почала спадати. Таким чином, дана точка на вісі часу характеризується переходом від прискорення до уповільнення, отже, прискорення в ній рівне нулю.

5. В точках «перегину» функції похідна має або максимальне, або мінімальне значення. Наприклад, перехід через нульове значення графіка швидкості (перетин осі ОХ), відповідає або максимуму, або мінімуму на графіку прискорення.

Ці правила не важко перевірити, розглядаючи, наприклад, кінематичні графіки горизонтальних характеристик, які представлені на рис. 8.1.

Порядок виконання роботи

1. Накреслити на аркуші міліметрового паперу координатні сітки для побудови графіків вертикальних і горизонтальних характеристик ЗЦТ руки та ЗЦТ ноги випробовуваного. Перед цим необхідно визначити у таблицях координат, швидкостей і прискорень їх найбільші та найменші значення, щоб установити розміри шкал на вертикальній осі для кожної характеристики і вибрати відповідний масштаб. Для збільшення масштабу зображення і кращої виразності графіків розмітку осей можна розпочати зі значень близьких до мінімальних.

На горизонтальній осі відкласти рівні відрізки, які відповідають інтервалам часу між кадрами (наприклад, один міжкадровий інтервал – 50 мм).

2. За даними таблиці із лабораторної роботи № 7 побудувати графіки кінематичних характеристик Y , $\Delta'Y$ і X , $\Delta'X$ для ЗЦТ ноги, а також Y , $\Delta'Y$ і X , $\Delta'X$ для ЗЦТ руки.

Нанести на координатні сітки точки та сполучити їх прямими лініями.

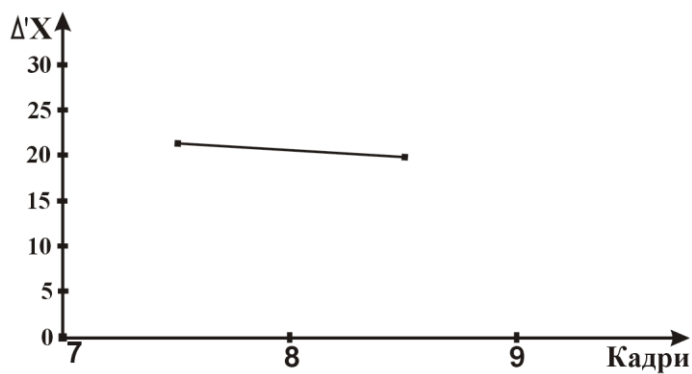
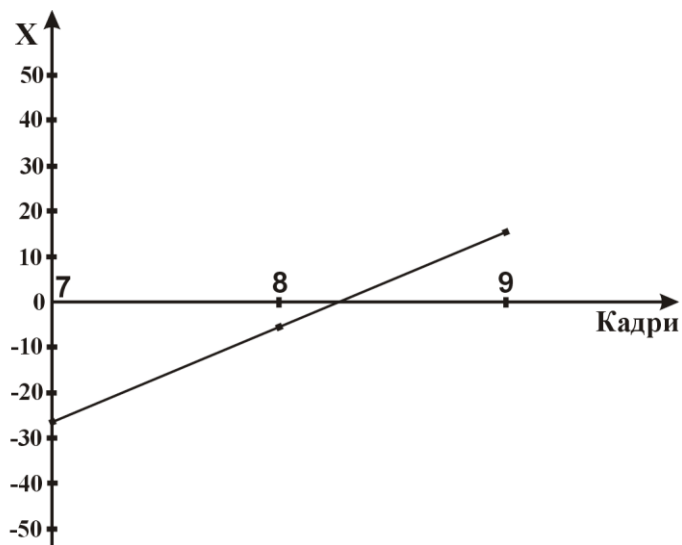
3. Проаналізувати криві та, використовуючи правила графічного диференціювання, надати їм природного вигляду.

Контрольні питання

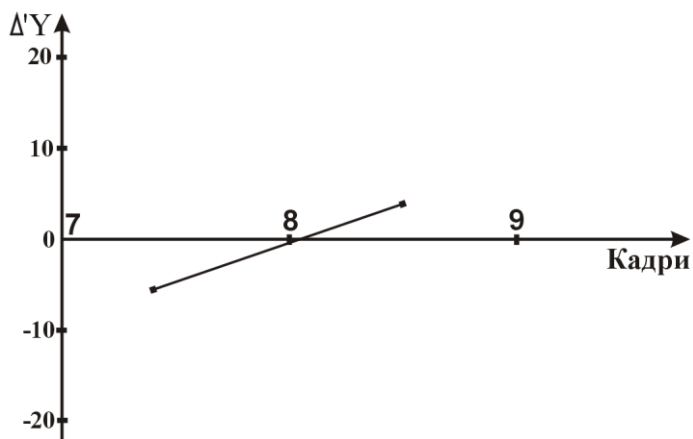
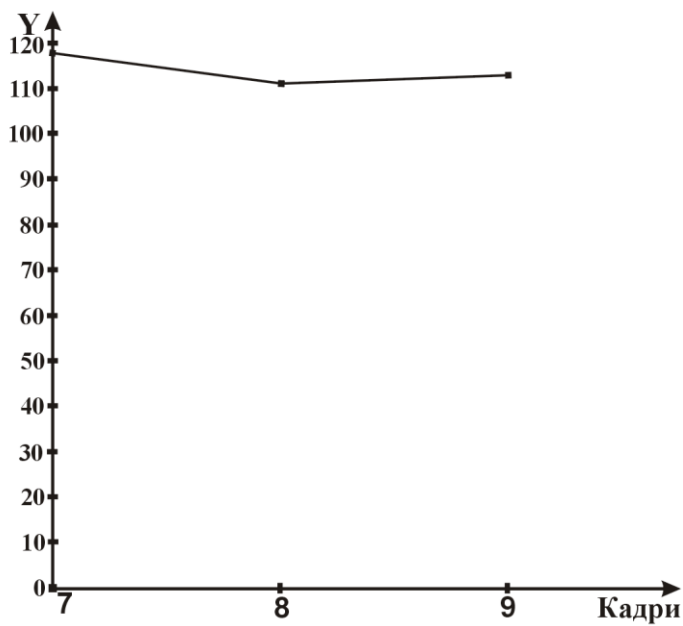
1. Які графіки називають кінематичними?
2. Дати визначення основних кінематичних характеристик.
3. Сформулювати основні правила графічного диференціювання.
4. Яка залежність між ходом графіків переміщення та швидкостей?
5. Яка залежність між ходом графіків швидкостей та прискорень?

Література

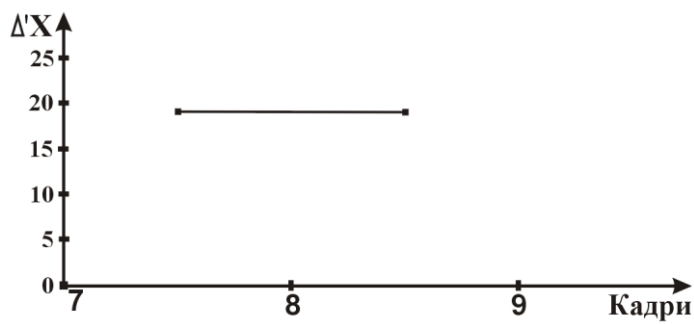
1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – С. 122-140.
2. Донской Д.Д. Биомеханика. – М.: Просвещение, 1975. – С. 58-71, 221-223.
3. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика: Учебник для ин-тутов физ. культ. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – С. 61-64.
4. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений. – К.: Вища школа, 1976. – С. 39-44.
5. Петров В.А., Гагин Ю.А. Механика спортивных движений. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – С. 113-116.
6. Практикум по биомеханике: Пособие для ин-тутов физ. культ. / Под общ. ред. И.М. Козлова. – М.: Физкультура и спорт, 1980. – С. 17-20, 39-40.
7. Энока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 399 с.



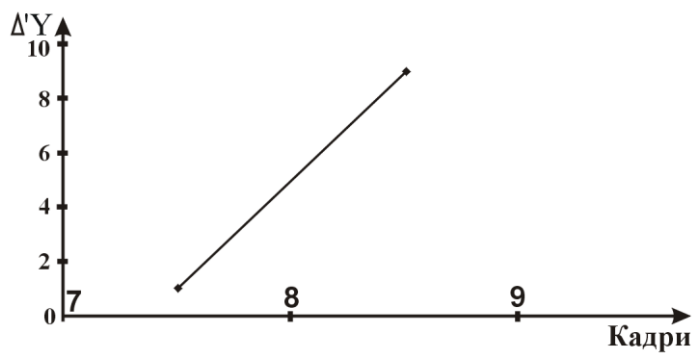
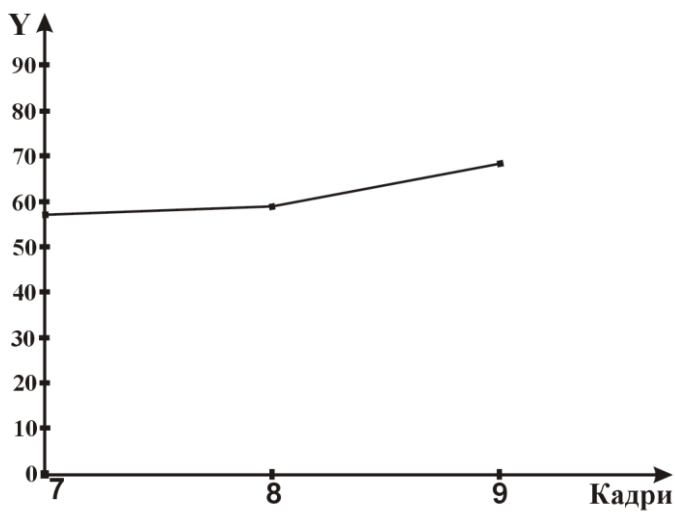
*Рис. 8.1. Кінематичні графіки
горизонтальних характеристик ЗЦТ руки.*



*Рис. 8.2. Кінематичні графіки
вертикальних характеристик ЗЦТ руки.*



*Рис. 8.3. Кінематичні графіки
горизонтальних характеристик ЗЦТ ноги.*



*Рис. 8.4. Кінематичні графіки
вертикальних характеристик ЗЦТ ноги.*

Розділ 4.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ ТА ЕКЗАМЕНУ

Питання для поточного контролю

1. Основне завдання біомеханіки. Поступальний рух тіл. Матеріальна точка.
2. Положення тіла в просторі. Система координат.
3. Переміщення.
4. Про векторні величини.
5. Проекції вектора на координатні осі. Дії над проекціями.
6. Прямолінійний рівномірний рух. Швидкість.
7. Графічне зображення руху.
8. Швидкість при нерівномірному русі.
9. Прискорення. Рівноприскорений рух.
10. Переміщення при прямолінійному рівноприскореному русі.
11. Вільне падіння тіл. Прискорення вільного падіння.
12. Переміщення й швидкість у криволінійному русі.
13. Прискорення в рівномірному русі по колу.
14. Рух на обертовому тілі.
15. Тіла та їх оточення. Перший закон Ньютона.
16. Взаємодія тіл. Прискорення тіл під час їх взаємодії.
17. Інертність і маса тіл.
18. Сила. Другий закон Ньютона.
19. Третій закон Ньютона.
20. Про що ми дізнаємося із законів Ньютона?
21. Як вимірюють силу?
22. Сила пружності.
23. Рух тіла під дією сили пружності.
24. Сила всесвітнього тяжіння.
25. Сила тяжіння.
26. Вага тіла. Невагомість.
27. Рух тіла під дією кількох сил.
28. За яких умов тіло рухається поступально? Центр тяжіння тіла.

29. Сила та імпульс.
30. Закон збереження імпульсу.
31. Робота сили (механічна робота).
32. Робота сил, прикладених до тіла, і зміна його швидкості.
33. Робота сили тяжіння.
34. Потенційна енергія тіла, піднятого над Землею.
35. Робота сили пружності.
36. Закон збереження повної механічної енергії.
37. Робота сили тертя і механічна енергія.
38. Потужність.

Питання

до екзамену з курсу «Біомеханіка»

1. Біомеханіка як наука. Предмет біомеханіки. Об'єкт пізнання біомеханіки. Область вивчення біомеханіки.
2. Що таке опорно-руховий апарат людини?
3. Задачі біомеханіки.
4. Що обмежує рухомість кожної біоланки в парі?
5. Основні етапи розвитку біомеханіки. Механічний, функціонально-анатомічний і фізіологічний напрями розвитку біомеханіки. Системно-структурний підхід.
6. Що таке біокінематична пара і скільки біокінематичних пар в опорно-руховому апараті людини?
7. Біоланки як важелі, умови їх рівноваги та прискореного руху.
8. Що таке біокінематичний ланцюг?
9. Особливості застосування «золотого правила» механіки до рухів людини.
10. Чим відрізняються один від одного прості та складні біомеханічні ланцюги?
11. Геометрія мас тіла людини. Центри мас окремих ланок і загальний центр маси тіла людини. Що служить мірою інертності тіла при поступальному русі?
12. Чим відрізняються один від одного замкнуті й незамкнуті біокінематичні ланцюги?

13. М'язи – головне джерело забезпечення механічного руху людини. Біомеханічні властивості м'язів.
14. Поняття про біомеханічні характеристики рухів людини.
15. Біомеханічна система, її будова та властивості.
16. Для чого будується біокінематична схема фізичної вправи?
17. Кінематичні характеристики рухів людини (просторові, часові, просторово-часові).
18. Які основні вимоги методики побудови біокінематичної схеми за кінограмою?
19. Динамічні характеристики рухів людини (маса, момент інерції, сила, момент сили).
20. Як визначити масштаб зображення біокінематичної схеми?
21. Поняття про техніку фізичних вправ. Вимоги до техніки.
22. Яка послідовність роботи при складанні біокінематичної схеми за кінограмою?
23. Особливості динаміки рухів людини. Сили зовнішні та внутрішні.
24. Що таке момент часу, тривалість руху, темп і ритм руху?
25. Помилки в рухах. Педагогічні правила в навчанні техніці.
26. Що таке хронограма фізичної вправи?
27. Розпізнавальні точки на тілі спортсмена.
28. Що таке траєкторія і переміщення?
29. Методика обчислення координат розташування центрів ваги окремих ланок тіла людини.
30. Що таке швидкість точки, середня швидкість, миттєва швидкість?
31. Як визначити масу окремих ланок тіла людини за допомогою рівняння лінійної регресії В.М. Селуянова?
32. Що таке прискорення точки, чому воно дорівнює?

33. Що таке кутова швидкість тіла (миттєва)?
34. Який рух називається обертальним?
35. Що таке робота сили?
36. Які рухи називаються локомоторними? Види локомоторних рухів.
37. Що таке реакція опори?
38. Що таке статична та динамічна реакції опори?
39. Прояви активності м'язів. Режими, види та різновиди роботи м'язів.
40. Яку роль відіграють махові рухи при відштовхуванні?
41. Біомеханічна система, її будова.
42. Що таке кінематична, динамічна та інформаційна структури?
43. Помилки у рухах і шляхи їх подолання.
44. Що таке біокінематичний ланцюг?
45. Способи передачі рухів.
46. Що таке витривалість?
47. Що таке інтеграція та диференціація рухів?
48. Що таке адаптація?
49. Який тест називається інформативним?
50. Що таке моделювання змагальної діяльності?
51. Що таке рухова координація?
52. Побудова системи рухів.
53. Що таке міцність сили?
54. Що таке гравітаційні взаємодії тіла людини?
55. Що таке сила тертя?
56. Що таке сила метаболізм?
57. Що таке рухове завдання?
58. Кількість руху тіла.
59. Що таке швидкість?
60. Рухова реабілітація.

СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ І ПОНЯТЬ

Аеродинамічні фактори – сила опору повітря; коефіцієнт лобового опору; швидкість повітряного потоку, $m \cdot s^{-1}$; міделевий переріз, мідель, мідль, m^2 ; густина повітря, характерні лінійні розміри, m ; коефіцієнт кінематичної в'язкості, форма тіла.

Алгоритм – сукупність правил, що визначають процедуру вирішення будь-якого завдання з певного заданого класу завдань.

Амплітуда руху – відхилення частин тіла відносно одна іншої чи всього тіла відносно спортивного снаряда, яке вимірюється у градусах; зміна амплітуди руху дозволяє дозувати навантаження при виконанні фізичних вправ.

Антропометричні ознаки – соматичні характеристики людини, які відображають її внутрішньовидові варіації будови та закономірності розвитку (лінійні, обхватні, кутові розміри тіла, сила м'язів, форма голови, грудної клітини та ін.) і виражені кількісно (мм, град., кг, бали).

Антропометрія – один з методів дослідження, який полягає у вимірюванні тіла людини та її частин з метою встановлення вікових, статевих, расових та інших особливостей фізичної будови, що дозволяє дати кількісну характеристику їх мінливості.

Балансування – збереження рівноваги за допомогою рухів тіла.

Біокінематична пара – рухливе (кінематичне) з'єднання двох біоланок, у якому можливості рухів визначаються його будовою та керуючим впливом м'язів, які обмежують зовнішню свободу рухів.

Біокінематичний ланцюг – зв'язана система об'єктів, які утворюють між собою біокінематичні пари. Мають таку класифікацію:

- *простий і складний*. У простому кінематичному ланцюзі кожна з його ланок входить до складу однієї чи двох

кінематичних пар, у складному кінематичному ланцюзі є ланки, які входять до складу трьох і більше кінематичних пар.

- *відкритий (незамкнутий) кінематичний ланцюг*. У відкритому кінематичному ланцюзі є ланки, які входять до складу однієї кінематичної пари.

- *замкритий (замкнутий) кінематичний ланцюг* – з'єднання кінематичних пар, у якому немає вільної кінцевої ланки, кожна ланка входить до двох пар. У замкнутому ланцюзі ізолювані рухи в одному суглобі неможливі: у рухи неминуче втягуються й інші з'єднання.

Біомеханізм –

- 1) модель частини чи всього опорно-рухового апарата людини, що забезпечує досягнення мети рухової дії за рахунок перетворення одного виду енергії в інший;

- 2) система, що складається з біоланок і кінематичних пар, які утворюють замкнуті чи незамкнуті біоланцюги, призначена для передачі та перетворення переміщень ланок, яким повідомляється заданий рух і відповідні силові фактори (сили чи моменти), у переміщення та сили на ланках, на яких необхідно одержати необхідний рух і сили.

Біомеханіка – наука про закони механічного руху в живих системах.

Біомеханіка дидактична – наукова дисципліна; об'єктом її вивчення є штучно організований осмислений процес діяльності людини, спрямований на ефективну її підготовку до вирішення складних рухових завдань у сфері яких-небудь соціальних і професійних інтересів. Предмет дидактичної біомеханіки – рухові дії людини, їх цільова орієнтація й фізичні закономірності, процесуальна та змістовна структури, а також біологічні та фізичні закономірності й умови їх виконання.

Біомеханічна система – спрощена копія, модель тіла людини, на якій можна вивчати закономірності рухів. Має основні властивості, істотні для виконання рухової

функції, але не включає безліч прикладних деталей. Складається з біомеханічних ланцюгів, які утворюються рухливо з'єднаними частинами тіла. До них прикладені сили (навантаження), які викликають деформації ланок тіла та зміну їх рухів.

Біомеханічний аналіз – ефективний логічний прийом вивчення складних і багатомірних систем, за допомогою якого рухи людини немов би розчленовуються на складові частини, а потім їх досліджують диференційовано для більш глибокого пізнання як єдиного цілого.

Вага тіла (статична) – міра впливу тіла в стані спокою на нерухому опору чи підвіску. Вага в інерційній системі відліку P збігається із силою ваги, пропорційна масі m і прискоренню вільного падіння g в даній точці: $P = mg$. Значення ваги (при незмінній масі тіла) пропорційне прискоренню вільного падіння, яке залежить від висоти над земною поверхнею, і, через несферичність Землі, від географічних координат точки виміру.

Вектор – у геометрії – спрямований відрізок.

- **головний вектор** – рівнодіюча сил, прикладених до центру маси тіла, яка зумовлює його лінійне прискорення.

- **радіус-вектор** – вектор, що задає положення точки у просторі відносно певної заздалегідь фіксованої точки, яка називається початком координат (позначається \vec{r} або r). Для довільної точки у просторі радіус-вектор – це вектор, який іде з початку координат у цю точку. Довжина радіус-вектора, чи його модуль, визначає відстань, на якій точка перебуває від початку координат, а стрілка вказує напрямок на точку простору.

Векторні величини (вектори) – величини, які мають і чисельне значення, і напрямок.

Види рівноваги – визначаються за дією сили ваги при незначному відхиленні тіла:

- **стійка** – повернення тіла в попереднє положення при будь-якому відхиленні;

- **обмежено-стійка** – повернення тіла в попереднє положення тільки при відхиленні в певних межах;
- **нестійка** – обов’язкове перекидання при найменшому відхиленні;
- **байдужа** – стан механічної системи, при якому невеликі зміни положень точок системи не спричиняють виникнення сил, які прагнуть змінити положення точок. При будь-якому відхиленні центр маси тіла не міняє висоти розташування, моменту сили ваги не виникає (куля, циліндр, круговий конус на горизонтальній поверхні). У людини така рівновага може бути тільки в невагомості (в космосі, під водою).

Витривалість – здатність протистояти стомленню. Основною мірою є час, протягом якого людина здатна підтримувати задану інтенсивність рухового завдання.

Вправи циклічні характеризуються повторенням тих самих рухових актів (1–2–1–2–1–2 і т.д.), наприклад: ходьба, біг, веслування, педалювання на велосипеді.

Вісь вертикальна – вісь OZ у прямокутній тривимірній системі координат, розташована перпендикулярно до осей OX і OY .

- **в. обертання** – пряма, нерухома відносно твердого тіла, яке обертається навколо неї.
- **в. горизонтальна** – у прямокутній тривимірній системі координат є дві горизонтальні вісі – **абсциса** OX (поперечна) й **ордината** OY (глибинна, чи передньо-задня).
- **в. обертання миттєва** – пряма, нерухома в цей момент у деякій інерційній системі відліку, відносно якої складний рух твердого тіла в цей момент можна представити як обертальний. Може лежати як усередині тіла, так і поза ним. Із часом її положення змінюється відносно як нерухомої системи відліку, так і системи відліку, яка рухається разом з тілом.

Відштовхування від опори – руховий акт, у результаті якого відбувається віддалення ЗЦМ тіла від опори. Виконується за допомогою:

а) власне відштовхування опорними ланками від опори;
б) махових рухів вільними кінцівками та іншими ланками.
При відштовхуванні опорні ланки нерухомі відносно опори, а рухомі ланки під дією тяги м'язів переміщуються в загальному напрямку відштовхування.

• **механізм відштовхування від опори** включає власне відштовхування від опори, при якому ЗЦМ тіла віддаляється від опори, і махові рухи вільними кінцівками й іншими ланками.

Гальмування – уповільнення, припинення руху об'єкта під впливом гальмуючих сил.

Гальмуючі сили – сили, спрямовані протилежно напрямку швидкості (зустрічні) чи утворюють із ним тупий кут і здатні виконувати негативну роботу.

Геометрія мас тіла – розподіл мас тіла, який характеризується такими показниками, як вага (маса) окремих ланок, положення центрів мас окремих ланок і всього тіла, моменти інерції.

Гнучкість – здатність виконувати рухи з великою амплітудою.

• **Гнучкість активна** – здатність виконувати рухи в якому-небудь суглобі з великою амплітудою за рахунок активності м'язових груп, які проходять через цей суглоб (наприклад, амплітуда підйому ноги у рівновазі «ластівка»).

• **Гнучкість пасивна** – визначається найвищою амплітудою, яку можна досягти за рахунок зовнішніх сил. Показники більші за відповідні показники активної гнучкості. Різниця між ними називається **дефіцитом активної гнучкості**.

Гравітація (всесвітнє тяжіння, тяжіння) – універсальна фундаментальна взаємодія між усіма матеріальними тілами.

Групова взаємодія м'язів – одночасна участь м'язів при виконанні рухів людиною. Існують два випадки групової взаємодії м'язів: синергізм і антагонізм.

- **м'язи антагоністи** – м'язи різноспрямованого дії.
- **м'язи антигравітаційні** – м'язи нижніх кінцівок і спини, які протидіють силі гравітації.
- **м'язи синергісти** – м'язи односпрямованого дії.

Двохопорне положення – положення спортсмена в спортивній ходьбі, яке характеризується торканням ґрунту двома ногами.

Деформація – зміна взаємного положення часток тіла, пов'язана з їхнім переміщенням відносно одна одної. Деформація являє собою результат зміни міжатомних відстаней і перегрупування блоків атомів. Як правило, деформація супроводжується зміною величин міжатомних сил, мірою яких є пружне механічне напруження.

Динаміка – розділ механіки, у якому вивчаються причини виникнення механічного руху. Оперує такими поняттями, як маса, сила, імпульс, енергія. Іноді слово «динаміка» застосовують у фізиці: для позначення просто процесів, які розвиваються в часі, залежно від часу якихось величин, не обов'язково маючи на увазі конкретний механізм або причину цієї залежності.

Динаміка швидкості – зміна швидкості тіла, яке рухається, тобто функція вигляду: $v = f(t)$ або $v = f(l)$.

Динамічні характеристики рухів людини – міри зовнішніх і внутрішніх взаємодій тіла людини (матеріальної системи), які визначають причини її рухів. До них відносять

- **інерційні** характеристики (особливості тіла людини та тіл, які вона рухає, – маса та момент інерції),
- **силові** (особливості взаємодії ланок тіла й інших тіл – сила, момент сили, імпульс сили, імпульс моменту сили, кількість руху, кінетичний момент) і
- **енергетичні** (стани та зміни працездатності біомеханічних систем – робота сили та її потужність, коефіцієнт корисної дії, кінетична та потенційна енергія).

Диференціація – різні в цілісній системі множини неоднорідних складових частин (деталей).

Довільність керування рухами – здатність людини по своїй волі викликати, припиняти, підсилювати та послаблювати рух.

Екстремум у математиці – максимальне чи мінімальне значення функції на заданій множині. Точка, у якій досягається екстремум, називається точкою екстремуму. Відповідно, якщо досягається мінімум – точка екстремуму називається точкою мінімуму, а якщо максимум – точкою максимуму.

Енергія – здатність тіла виконувати роботу (запас працездатності системи).

- **е. деформації** – потенційна енергія пружно деформованого тіла, зумовлена взаємодією його частин між собою. Дорівнює роботі $A_{уп}$, яку виконують зовнішні сили, щоб недеформоване тіло стиснути (розтягти) на величину x .

- **е. кінетична** – міра механічного руху тіл, що залежить від швидкостей їх руху в заданій інерційній системі відліку. Є скалярною величиною, рівною половині добутку маси тіла на квадрат швидкості його поступального руху.

- **е. механічна** – енергія механічного руху та взаємодії тіл системи чи їх частин. Дорівнює сумі потенційної та кінетичної енергії механічної системи.

- **е. потенційна** – енергія положення тіла, зумовлена взаємним відносним розташуванням тіл або частин того самого тіла та характером їх взаємодії. Потенційна енергія в полі сили ваги: $E_{п.(тяж.)} = Gh$, де G – сила ваги, h – різниця рівнів початкового та кінцевого положення над Землею (відносно якого визначається енергія).

Ентропія – ступінь упорядкованості елементів системи (кількісна міра невизначеності). При максимально можливому впорядкуванні елементів у системі її енергія є максимальною, а ентропія рівна нулю.

Ергометрія – сукупність кількісних методів вимірювання фізичної працездатності людини, використовуючи які, визначають інтенсивність, обсяг або час виконання рухового завдання.

Ефективність володіння спортивною технікою – ступінь близькості її до найбільш раціонального варіанта, характеризує якість володіння технікою. Залежно від того, як визначається раціональна техніка, розрізняють три групи показників її ефективності: абсолютна – визначає близькість до зразка, у якості якого вибирається найбільш раціональний варіант техніки; порівняльна – за зразок береться техніка спортсменів високої кваліфікації; реалізаційна – коли зіставляють показаний спортсменом результат з тим досягненням, яке він за рівнем розвитку рухових якостей потенційно може показати, чи з витратами сил і енергії при виконанні оцінюваного спортивного руху.

Ефективність реалізації рухового потенціалу – показник якості використання спортсменом своїх рухових можливостей. Критерієм є зв'язки між трьома показниками: спортивним результатом, рівнем розвитку рухових якостей і ефективністю техніки.

Засоби термінової інформації – екстрене одержання об'єктивних даних про параметри рухів безпосередньо в процесі виконання рухової дії з метою їх корекції.

Збереження кількості руху. Закон збереження кількості руху (Закон збереження імпульсу) стверджує, що векторна сума імпульсів усіх тіл (або часток) системи є постійною величиною, якщо векторна сума зовнішніх сил, які діють на систему, дорівнює нулю.

Збереження кінетичного моменту – якщо на обертальне тіло не діють ніякі зовнішні сили, то величина його кінетичного моменту залишається постійною.

Зворотний зв'язок (біологічний) – технологія, що включає комплекс дослідницьких, лікувальних і профілактичних фізіологічних процедур, у ході яких пацієнтові за допомогою зовнішнього ланцюга зворотного зв'язку пред'являється інформація про стан і зміну тих або інших власних фізіологічних процесів. Використовуються зорові,

слухові, тактильні й інші сигнали-стимули, які дозволяють розвинути навички саморегуляції за рахунок тренування та підвищення лабільності регуляторних механізмів.

Імпульс – удар, поштовх, спонукання.

- **імпульс сили** – міра впливу сили на тіло за даний проміжок часу (в поступальному русі).

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

Індивідуалізація техніки – процес пристосування техніки вправ до особливостей статури, фізичних якостей, психічних властивостей спортсмена з метою найбільш повного використання їх для досягнення максимального спортивного результату.

Інтеграція – об'єднання безлічі рухів у єдине ціле на основі їх взаємодії при підпорядкуванні всіх частковостей єдиній меті дії.

Інтенсивність рухового завдання – одна із трьох механічних величин: а) швидкість спортсмена (наприклад, у бігу; одиниця вимірювання – $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$, потужність (наприклад, при педалюванні на велоергометрі; одиниця вимірювання – вати, Вт), сила (наприклад, при статичному утриманні вантажу; одиниця вимірювання – ньютон, Н).

Кілограм – одиниця вимірювання маси, одна з основних одиниць СІ (позначення: кг , kg).

Кількість руху – міра поступального руху тіла, яка характеризує його здатність передаватися іншому тілу у вигляді механічного руху. Вимірюється добутком маси тіла на його швидкість: mv . Може бути визначена, наприклад, по тому, як довго тіло рухається до зупинки під дією вимірюваної гальмуючої сили.

Кінезіологія – наукова та практична дисципліна, що вивчає м'язовий рух у всіх його проявах. Біомеханіка вважається основною частиною кінезіології, у якій розглядаються не тільки механічні, але й фізіологічні та психологічні основи руху живих істот.

Кінематичні характеристики – міри положення та руху в просторі та в часі.

- **просторові** – координати, траєкторія, шлях, переміщення, кривизна траєкторії;
- **часові** – момент часу, тривалість, темп, ритм;
- **просторово-часові** – швидкість і прискорення тіла людини чи його ланок.

Кінетичний момент (момент імпульсу, кутовий момент, момент кількості руху) – характеризує кількість обертального руху. Величина, яка залежить від того, скільки маси обертається, як вона розподілена відносно осі обертання та з якою швидкістю відбувається обертання.

Кісткові важелі – ланки тіла, рухливо з'єднані в суглобах, під дією прикладених сил можуть або зберігати своє положення, або змінювати його. Служать для передачі руху та роботи на відстань.

Коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) – визначає ефективність прикладення сил у механіці. Рівний відношенню корисної роботи до всієї затраченої роботи рушійних сил.

Коливання – повторюваний тією чи іншою мірою в часі процес зміни станів системи біля точки рівноваги. Майже завжди пов'язані з поперемінним перетворенням енергії однієї форми прояву в іншу форму. Характеристики:

- **амплітуда** – максимальне відхилення величини коливання від деякого усередненого її значення для системи, A (м);
 - **період** – проміжок часу, через який повторюються якінебудь показники стану системи (система робить одне повне коливання), T (с);
 - **частота** – число коливань за одиницю часу, f (Гц, s^{-1}).
- Період коливань T і частота f – зворотні величини.

Координати – величини, які визначають положення точки (тіла) у просторі (на площині, на прямій). Сукупність координат усіх точок простору є **системою координат**.

Координація рухова – узгоджене поєднання рухів ланок тіла у просторі та в часі, одночасне й послідовне,

відповідне руховому завданню, зовнішньому оточенню та стану спортсмена. Неоднозначна м'язовій координації, хоча й визначається нею.

- **к. рухів** – умовний термін, що показує ступінь узгодженості кінематичних і динамічних характеристик рухової дії при вирішенні рухового завдання (координат точок тіла, траєкторій, кутів у суглобах, швидкостей і прискорень руху мас ланок тіла, діючих сил, моментів сил інерційних впливів).

- **к. м'язова** – узгодження напруження м'язів, які передають команди керування на ланки тіла як від нервової системи, так і від інших факторів (зовнішнє та внутрішнє силові поля). Неоднозначна нервовій координації, хоча й управляється нею.

- **к. нервова** – узгоджене поєднання нервових процесів, яке приводить у конкретних умовах (зовнішніх і внутрішніх) до вирішення рухового завдання.

Кут вильоту снаряда – розрізняють наступні кути вильоту:

- **кут атаки** – кут між поздовжньою віссю снаряда та напрямком повітряного чи водного потоку, що обтікає його.

- **азимут** – кут вильоту в горизонтальній площині (правіше – лівіше), вимірюється від умовно вибраного напрямку відліку.

- **кут місця** – кут між горизонталлю та вектором швидкості вильоту (визначає рух снаряда у вертикальній площині: вище – нижче).

Ламінарний потік – потік, при якому рідина чи газ переміщується шарами без перемішування та пульсацій (тобто безладних швидких змін швидкості та тиску).

Латентний час рухової реакції – складається з

- **сенсорної фази** – інтервал часу від моменту появи сигналу до перших ознак м'язової активності (як правило, реєструється за появою електричної активності у відповідних м'язових групах) і

• **премоторної фази** (від появи електричної активності м'язів до початку руху). Цей компонент найбільш стабільний і становить 25–60 мс.

• **моторна фаза рухової реакції** триває від початку руху до його завершення. Сенсорна та премоторна фази утворюють латентний (схований) компонент реакції, а моторна – руховий.

Локомоції – переміщення людини (а також тварин) у просторі (у водному, повітряному середовищі, по твердій поверхні, у щільному середовищі), зумовлене їхніми активними діями. У фізіології людини – вид рухової діяльності (активності), рухів живих істот, пов'язаний з їхнім активним переміщенням у просторі.

М'язовий тонус – ступінь пружності м'язів і той опір, який виникає при пасивному згинанні чи розгинанні кінцівки чи її частини.

Метод сполученого впливу – застосовується в основному в процесі вдосконалювання розучених рухових дій для поліпшення їх якісної основи, тобто результативності. Сутність полягає в тому, що техніка рухової дії вдосконалюється в умовах, які вимагають збільшення фізичних зусиль. Наприклад, спортсмен на тренуваннях метає обтяжений спис або диск, стрибає в довжину з обтяженим поясом і т.п. У цьому випадку одночасно відбувається вдосконалювання як техніки руху, так і фізичних здібностей.

Метр – одиниця вимірювання довжини та відстані в системі одиниць СІ. Дорівнює відстані, яку проходить світло у вакуумі за проміжок часу, рівний $1/299792458$ секунди, (позначення: *м*, *т*).

Механізм руху – (у теорії механізмів машин – обладнання для передачі та перетворення рухів і швидкостей). У фізичній вправі його основний механізм визначає головні сили та їх джерела, порядок їх комбінації та забезпечену цим зовнішню форму й характер руху.

Механіка м'язового скорочення – зв'язок лінійних переміщень кінців м'яза (кінематика рухів) і зусиль, які розвиваються м'язом (динаміка руху), чи зв'язок м'язових зусиль із величиною та швидкістю зміни довжини м'яза.

Механічні властивості м'язів – головними біомеханічними показниками, які характеризують діяльність м'яза, є: а) сила, яка реєструється на її кінці (натягнення чи сила тяги м'яза); б) швидкість зміни довжини.

Модель спортивної техніки – об'єкт будь-якої природи, який дозволяє заміщати рух або рухову дію (зразок техніки), які вивчаються, таким чином, щоб під час дослідження можна було б одержати нові знання про спортивну техніку.

Момент інерції – скалярна фізична величина, міра інертності тіла в обертальному русі навколо осі, подібно до того, як маса тіла є мірою його інертності в поступальному русі. Характеризується розподілом мас у тілі: момент інерції дорівнює сумі добутків елементарних мас на квадрат їх відстаней до гіпотетичної осі обертання. Одиниця вимірювання в системі одиниць СІ: $\text{кг} \cdot \text{м}^2$. Позначення: I чи J .

- **момент інерції центральний** – момент інерції тіла відносно осі обертання, яка проходить через центр маси.

Момент перекидання – дорівнює добутку перекидаючої сили на її плече відносно лінії перекидання.

- **момент стійкості** (граничний) – дорівнює добутку сили ваги тіла на її плече (відповідний радіус стійкості) відносно лінії перекидання на самому початку відхилення від положення спокою.

Момент сили – міра обертаючої дії сили на тіло. Визначається добутком модуля сили на її плече. **Плече сили** – найкоротша відстань від осі обертання до лінії дії сили.

- **головний м. с.** – сума всіх моментів зовнішніх сил, прикладених до тіла, яка зумовлює його кутове прискорення.

- **імпульс м. с.** – міра впливу моменту сили відносно даної осі за даний проміжок часу (в обертальному русі).

Момент часу – часова міра положення точки тіла та системи. Визначається проміжком часу до нього від початку відліку. Це точка на часовій осі.

Моторика людини – сукупність її рухових можливостей.

Невагомість – стан, при якому сила взаємодії тіла з опорою (вага тіла), що виникає у зв'язку із гравітаційним притяганням, дією інших масових сил, зокрема сили інерції, яка виникає при прискореному русі тіла, відсутня.

Ньютон (позначення: H) – одиниця вимірювання сили в системі одиниць СІ. Прийнята міжнародна назва – newton (позначається N). Виходячи із другого закону Ньютона, визначається як сила, яка змінює за 1 с швидкість тіла масою 1 кг на $1\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ в напрямку дії сили: $1\text{ H} = 1\text{ кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$.

Обсяг рухового завдання – одна із трьох механічних величин:

- **пройдена відстань** (наприклад, у бігу; одиниця вимірювання – метри);

- **виконана робота** (у фізичному змісті, наприклад, при обертанні педалей велоергометра; одиниця вимірювання – джоулі);

- **імпульс сили** (при статичному зусиллі; одиниця вимірювання – ньютон-секунда).

Обсяг технічної підготовленості – визначається кількістю технічних дій, які вміє виконувати чи виконує спортсмен.

Одноопорне положення – положення спортсмена в ходьбі, бігу, стрибках, яке характеризується торканням ґрунту однієї ногою.

Онтогенез моторики – зміна рухів і рухових можливостей людини протягом її життя. Розвиток моторики визначають два фактори:

- **дозрівання** (спадково зумовлені зміни анатомічної будови та фізіологічних функцій організму, які відбуваються протягом життя людини) та

- **научіння** (засвоєння нових рухів або вдосконалення в них під впливом спеціальної практики, навчання чи тренування).

Опорні ланки – ланки тіла людини, які мають зв'язок з опорою.

Опорно-руховий апарат людини – функціональна сукупність кісток скелета, їх з'єднань (суглобів і синартрозів) і соматичної мускулатури поряд з іншими системами органів. Це самодіючий механізм, який складається з 400 м'язів, 206 кісток, кількох сотень сухожилів.

Оптимізація – модифікація процесу чи системи для поліпшення їх ефективності.

Оптимізація керування в спортивному тренуванні включає пошук оптимальної моделі техніки рухової дії (предмета навчання), шляхи її побудови (методика навчання й удосконалення) та найбільш досконалого виконання дії.

Ортогональний – розташований під прямим кутом, перпендикулярний (ортогональна система координат). У більш широкому змісті – характеристика будь-якого набору змінних в експерименті, які не залежать одна від одної. Це значення походить із уявлення, яке лежить в основі складеного терміна ортогональне рішення.

Паспортний вік – вік людини від дати народження й до моменту його визначення.

Переміщення точки – показує в якому напрямку та на яку відстань змістилася точка, а також – це остаточний результат руху, відстань по прямій від початкового до кінцевого положення точки.

Площа опори – площа, розміщена між опорними ланками, включаючи площу опорних ланок.

- ***п. поперечного перерізу*** – площа розтину, виконаного під прямим кутом до поздовжньої вісі тіла.

Площина горизонтальна (трансверсальна площина) – проходить перпендикулярно фронтальній і сагітальній

площинам і ділить тіло людини, яке перебуває в ортодоксальному положенні, на верхню та нижню частини.

- ***п. сагітальна*** – це вертикальна площина, яка проходить через передню серединну та хребетну лінії тіла людини, яка перебуває в ортодоксальному положенні, а також будь-яка паралельна їй площина. Ділить тіло на ліву та праву частини.

- ***п. фронтальна*** – вертикальна площина, яка проходить перпендикулярно до сагітальної, а також будь-яка інша паралельна їй площина. Ділить тіло людини, яка перебуває в ортодоксальному положенні, на передню та задню частини.

Положення тіла – це характеристика, яка визначається:

- 1) поставою (взаємним розташуванням ланок тіла),
- 2) місцем розташування,
- 3) орієнтацією відносно системи відліку,
- 4) відношенням до опори.

Потужність сили – фізична величина, рівна відношенню роботи, виконаної за деякий проміжок часу, до цього проміжку часу. Тому що робота є мірою зміни енергії, потужність можна визначити також як швидкість зміни енергії системи.

Постава – звична поза (вертикальна поза, вертикальне положення тіла людини) у спокої та при русі, яка регулюється несвідомо, на рівні безумовних рефлексів, так званим руховим стереотипом. Властива тільки людині. Як правило, асоціюється з виправкою, манерою тримати себе.

- ***п. динамічна*** – поза людини, яка зберігається при змінних умовах.

- ***п. статична*** – поза людини, яка зберігається при незмінних умовах.

Прискорення тіла кутове – міра зміни швидкості під час обертального руху.

Прискорення тіла лінійне – міра зміни швидкості під час поступального руху.

Пронація – обертальний рух кінцівки людини чи її частини (наприклад, передпліччя, кисті чи стопи) всередину, тобто обертання навколо поздовжньої вісі так, щоб її передня поверхня виявилася поверненою до серединної лінії тіла.

Пропорції тіла – співвідношення розмірів окремих частин тіла (тулуба, кінцівок і їх сегментів), які розглядаються в співвідношенні з довжиною тіла або виражаються у відсотках довжини тулуба чи довжини корпусу. Для характеристики пропорцій тіла найбільше значення мають відносні величини довжини ніг і ширини плечей. За співвідношеннями цих розмірів виділяють три основні типи пропорцій тіла:

- 1) **брахіморфний**, який характеризується широким тулубом і короткими кінцівками;
- 2) **доліхоморфний**, який відрізняється зворотними співвідношеннями (вузьким тулубом і довгими кінцівками);
- 3) **мезоморфний**, який займає проміжне положення між брахі- та доліхоморфним типами.

Радіус інерції – порівняльна міра інертності тіла відносно його різних осей. Вимірюється коренем квадратним з відношення моменту інерції (відносно даної вісі) до маси тіла.

Раціональність технічних дій – визначається можливістю досягти на їх основі вищих спортивних результатів.

Реакція опори – міра протидії опори дії на неї тіла, яке перебуває з нею в контакті (у спокої чи русі). Дорівнює силі дії тіла на опору, спрямовану в протилежний бік і прикладену до цього тіла.

- **р. о. динамічна** – виникає, коли людина на опорі рухається із прискоренням, спрямованим по вертикалі, до статичної ваги додається (чи віднімається) сила інерції.
- **р. о. статична** – виникає, коли тіло спочиває на нерухомій опорі. Якщо вага статична, то й реакція опори статична; за величиною вона дорівнює статичній вазі.
- **складові опорної реакції**. Вектор опорної реакції у проекції на основні площини розкладається на три складові:

- *вертикальний*,
- *поздовжній*,
- *поперечний*.

Ці складові дозволяють судити про зусилля, пов'язані з вертикальним, поздовжнім і поперечним переміщеннями загального центру мас. Сила реакції опори містить у собі вертикальну складову, діє в напрямку вгору-вниз, поздовжню складову, спрямовану вперед-назад уздовж осі Y, і поперечну складову, спрямовану медіально-латерально вздовж осі X. Це похідні від сили м'язів, сили гравітації та сили інерції тіла.

Режими роботи м'язів:

- *балістичний* – коли після розтягання відразу відбувається скорочення м'яза, то таку його роботу називають балістичною.
- *ізометричний* – коли величина натягування м'яза дорівнює зовнішньому опору і довжина м'яза не змінюється.
- *долаючий (міометричний, концентричний)* – режим м'язового скорочення, при якому натягування м'яза перевершує зовнішній опір, м'яз коротшає.
- *поступаючий (ексцентричний)* – режим м'язового скорочення, при якому натягування м'яза менше зовнішніх сил, м'яз розтягується, подовжується.

Рекуперація енергії – повернення частини енергії для повторного корисного використання в тому ж процесі, наприклад, розтягнуті в першій половині опорного періоду бігового кроку сухожилля та зв'язки ноги повертають у другій половині цього періоду (в активній фазі відштовхування) істотну частину витраченої на їхню деформацію енергії.

Ритм рухів:

- *часовий* – часова міра співвідношення частин руху. Визначається за співвідношенням тривалості окремих частин руху.
- *просторовий* – просторова міра співвідношення довжини відрізків.

Рівновага – стан нерухомості, спокою чи рівномірного руху, в якому перебуває яке-небудь тіло під впливом рівних протилежно спрямованих сил, і тому таких, які взаємно знищуються, та моментів сил.

- **р. динамічна** – стан динамічної системи, при якому, незважаючи на переміщення та зміни, загальне співвідношення сил або енергії залишається постійним. Збереження заданого стійкого положення тіла у русі та завдяки руху.

- **р. статична** – стан тіла, яке перебуває в спокої чи рівномірно рухається, у якому сума сил і моментів, які діють на нього, дорівнює нулю.

- **умови рівноваги** тіла людини – урівноваження діючих на тіло людини сил і моментів сил.

Робота негативна – якщо сила перешкоджає руху і її напрямок протилежний переміщенню чи кут між силою та переміщенням тупий, зроблену роботу вважають **негативною**. Наприклад, сила тертя завжди виконує негативну роботу.

Робота сили – міра дії сили на тіло при деякому його переміщенні під дією цієї сили; одиниця вимірювання роботи сили – джоуль (дж).

Рухи ациклічні – цілісні закінчені рухові акти, не зв'язані між собою, що мають самостійне значення. Відрізняються відносною короткочасністю виконання та надзвичайною різноманітністю форм. За характером роботи – це переважно вправи, які максимально мобілізують силу та швидкість скорочення м'язів. Між окремими ациклічними рухами немає органічного зв'язку, навіть якщо вони виконуються в певній послідовності.

Рухи в суглобах – рухи в суглобах відбуваються в строго певних напрямках і залежать від форми суглобних поверхонь. За формою суглобних поверхонь розрізняють суглоби кулясті, блокові, циліндричні й ін. Напрямки, у яких можливі рухи кісток, залежать від кількості осей обертання суглобів. Найбільша їх кількість у кулястих

суглобів, тому що через центр кулястої голівки можна провести нескінченну кількість осей обертання. Але з них виділяють три головні взаємно перпендикулярні осі обертання – поперечна вісь, навколо якої відбувається згинання та розгинання, вертикальна, навколо якої відбувається супінація-обертання назовні, та пронація – обертання всередину. Третя вісь – передньо-задня. Навколо неї відбувається відведення та приведення. Чим більше осей обертання має суглоб, тим він рухливіший. Розрізняють суглоби тривісні, двовісні й одновісні.

Рухи природні – рухи людини, які освоєні нею в онтогенезі та використовуються в повсякденному житті (ходьба, біг, стрибки, метання й інші).

- ***р. каузальні*** – мимовільні рухи людини, зумовлені причинно-наслідковими зв'язками (на протигагу програмним рухам).

- ***р. компенсаторні*** – спрямовані на попередження виходу центру мас тіла за межі зони збереження положення при впливах, що збурюють.

- ***р. на місці*** – для цього типу рухів характерні незмінна опора та збереження рівноваги. Ланки, які перебувають у контакті з опорою, не змінюють свого положення. При зміні пози тіла зміщується і його центр мас.

- ***р., що переміщують*** – рухи, завдання яких – переміщення якого-небудь тіла (снаряда, м'яча, суперника, партнера). Розрізняють рухи:

- з розгоном переміщуваних тіл (наприклад, метання списа);

- з ударною взаємодією (наприклад, удари в тенісі чи футболі).

- ***р. програмні*** – довільні рухи, які виконуються по заздалегідь розробленій програмі.

- ***р. поворотні*** характеризується зміною напрямку руху на протилежний (туди-назад). Прямий і зворотний рух складаються із двох фаз: розгону та гальмування. Гальму-

вання прямого та розгін зворотного руху – характерні фази зворотного руху.

- ***р. обертальні*** – вид механічного руху. При обертальному русі абсолютно твердого тіла його точки описують окружності, розташовані в паралельних площинах. Центри всіх окружностей лежать при цьому на одній прямій, перпендикулярній до площин окружностей і названій віссю обертання, яка може розташовуватися всередині тіла та за його межами. Вісь обертання в даній системі відліку може бути як рухомою, так і нерухомою.

- ***р. механічні*** – зміна положення тіла (матеріальної точки чи системи матеріальних точок) із часом відносно інших тіл (систем відліку).

- ***р. мимовільні*** – імпульсивні чи рефлекторні рухові акти, які здійснюються без контролю свідомості. Можуть мати адаптивний характер (наприклад, миготіння, відсмикування руки при впливі больового подразника) та неадаптивний (наприклад, хаотичні рухи в ситуаціях з потьмаренням свідомості).

- ***р. відносні*** – рухи людини та спортивних снарядів можна виміряти, тільки порівнюючи їх положення з положенням обраного для порівняння тіла (тіло відліку), в силу чого всі рухи розглядаються як відносні.

- ***р. поступальні*** – механічний рух системи точок (тіла), при якому будь-який відрізок прямої, пов'язаний з тілом, що рухається, форма та розміри якого під час руху не змінюється, залишається паралельним своєму положенню в будь-який попередній момент часу.

- ***р. довільні*** – передача керування при побудові рухів свідомому контролю. Можливість свідомого контролю над виконанням рухів виникає лише у зв'язку з виникненням суспільно-трудової діяльності та мови. Відповідно до цього керування рухами може проводитися на основі різних словесних інструкцій і самоінструкцій.

Рухова активність – біологічно детермінований рівень прояву рухових здібностей і рухових можливостей, обумовлений генотипними та фенотипними особливостями організму людини.

Рухова дія – такий прояв рухової активності людини, який є усвідомленим і спрямованим на вирішення будь-якого конкретного рухового завдання (технічна дія, змагальна дія – мета тренувального процесу).

Рухова навичка – автоматизований компонент рухової дії, у якому усвідомлюються тільки ті сенсорні корекції, які забезпечують його значеннєву та програмну частину.

Рухова реакція:

- **проста** – відповідь заздалегідь відомим рухом на заздалегідь відомий сигнал, який раптово з'являється. Прикладом може бути старт у бігу, швидкісна стрільба з пістолета.
- **складна** – заздалегідь невідомо, що саме треба робити у відповідь на сигнал і яким буде цей сигнал.

Рухове вміння – певний рівень підготовленості людини до ефективного вирішення рухового завдання, сформованого у процесі навчання на основі системи вроджених і придбаних рухових навичок.

Рухове завдання – соціально та біологічно зумовлена вимога до виконання певних рухів із заданими біомеханічними характеристиками, що дозволяє досягти відповідних цілей у процесі використання окремої фізичної вправи чи певного рухового режиму.

Руховий вік – вікові зміни рухових можливостей – природніх і пов'язаних з досвідом людини в даному виді рухової діяльності. Для оцінки рухового віку розроблені таблиці, у яких представлені середні для даного календарного віку результати виконання різних рухових завдань. Застосовуючи такі таблиці, слід урахувувати, що показники рухового віку в різних регіонах країни (і в різних країнах) можуть суттєво різнитися в силу кліматичних умов, етнографічних особливостей, соціальних факторів.

Рухові (фізичні) якості – окремі якісно різні боки моторики людини, які проявляються в однакових характеристиках руху та мають той самий вимірник, а також аналогічні фізіологічні та біохімічні механізми й вимагають прояву подібних властивостей психіки.

Рухові здібності – потенційна, але нереалізована схильність людини до того чи іншому прояву рухової функції.

Рухові можливості – реальні передумови до виконання рухів з певними біомеханічними характеристиками, які зложилися в організмі людини в процесі філогенезу, онтогенезу, навчання та тренувань.

Рухові переваги (латеральне домінування) – домінантна перевага, яку людина віддає одній зі сторін тіла, більш часте чи більш уміле використання однієї сторони тіла в порівнянні з іншою в унілатеральних видах поведінки та діяльності. Сторона чи кінцівка, якій віддається перевага, називається домінантною.

Рухові уявлення – збережені в пам'яті образи рухів, які раніше сприймалися чи відчувалися. Лежать в основі «ідеомоторних актів»: більш-менш виразна рухова уява викликає в моторному відділі рухового аналізатора слабкі зародкові імпульси до здійснення певного руху. Формування рухових уявлень – одне з найважливіших завдань при заняттях фізичними вправами та виробленні рухових навичок.

Секунда (позначення: s , s) – одиниця вимірювання часу, одна з основних одиниць системи СІ.

Сенситивний період – час, найбільш сприятливий для розвитку тих або інших рухових якостей людини.

Сила – міра механічної дії одного тіла на інше, міра взаємодії. $F = ma$. Одиниця вимірювання в системі СІ – ньютон (N).

• ***с. абсолютна*** – сумарна сила всіх м'язових груп, які беруть участь у даному русі, безвідносно до власної ваги.

- ***с. виштовхуюча*** – міра дії середовища на занурене в нього тіло. Вимірюється вагою витиснутого об'єму рідини та спрямована вгору.
- ***с. дії людини*** – сила впливу людини на зовнішнє фізичне оточення, яка передається через робочі точки її тіла. Прикладом можуть бути сила тиску на опору, сила тяги за рукоятку станового динамометра. Може бути представлена у вигляді вектора та визначена напрямком, величиною (скалярною) та точкою прикладення.
- ***с. рушійна*** – вектор сили, який діє на тіло, збігається з напрямком швидкості (попутний) або утворює з ним гострий кут. Може виконувати позитивну роботу.
- ***с. інерції*** – векторна величина, рівна добутку маси матеріальної точки на її прискорення та спрямована протилежно прискоренню.
- ***с. лобового опору*** – сила, з якою середовище перешкоджає руху тіла відносно нього. Залежить від площі поперечного перерізу тіла, його обтічності, щільності та в'язкості середовища, а також відносної швидкості тіла.
- ***с. максимальна*** – максимальна величина сили дії, яку може виявити людина. Залежить від силових можливостей окремих м'язових груп.
- ***с. відхиляюча*** – перпендикулярна до напрямку швидкості, що й збільшує кривизну траєкторії.
- ***с. відносна*** – величина абсолютної сили, яка припадає на 1 кг маси тіла людини.
- ***с. піднімальна*** – корисна складова аеродинамічної сили, яка підтримує спортивний снаряд (диск, спис) у повітрі. Якщо повітряний потік обтікає снаряд під деяким кутом атаки, то сила опору повітря спрямована під кутом до потоку. Її можна розкласти на складові: одна з них спрямована по потоку – це лобовий опір, інша перпендикулярна до потоку – це піднімальна сила. Її напрямок залежить від положення снаряда та напрямку повітряного потоку відносно нього. Дія цієї сили підвищує результати в метаннях.

- ***с. реакції опори*** – міра протидії опори дії на неї тіла, яке перебуває з нею в контакті (у спокої чи русі). Дорівнює силі дії тіла на опору, спрямовану в протилежний бік і прикладену до цього тіла. Реакція опори – сила пасивна (реактивна).

- ***с. тангенціальна*** – сила, яка діє на тіло по напрямку дотичної до кривої траєкторії.

- ***с. тертя*** – міра протидії рухому тілу, спрямованому по дотичній до дотичних поверхонь. Рівна добутку нормального тиску на коефіцієнт тертя.

- ***с. тертя спокою*** – сила, яка виникає між двома контактуючими тілами та перешкоджає виникненню відносного руху. Цю силу необхідно подолати для того, щоб привести два контактуючі тіла в рух одне відносно іншого. Виникає при мікропереміщеннях (наприклад, при деформації) контактуючих тіл. Діє в напрямку, протилежному напрямку можливого відносного руху.

- ***с. пружної деформації*** – міра дії деформованого тіла на інші тіла. Залежить від властивостей деформованого тіла, а також виду та величини деформації.

- ***с. відцентрова*** – складова фіктивних сил інерції, яку вводять при переході з інерційної системи відліку у відповідним чином обертальну неінерційну. Це дозволяє в отриманій неінерційній системі відліку продовжувати застосовувати закони Ньютона для розрахунку прискорення тіл через баланс сил.

- ***с. доцентрова*** – складова діючих на тіло сил, яка змушує тіло повертати (тобто рухатися по траєкторії, радіус кривизни якої в точці, де перебуває тіло, не може бути прийнятий рівним нескінченності). Спрямована перпендикулярно миттєвому вектору швидкості тіла.

Синус кута $\sin(A)$ – відношення протилежного катета a до гіпотенузи c .

Синхронізація – процес приведення до одному моменту часу декількох параметрів різних об'єктів.

Система відліку (відстані) – умовно обране тверде тіло, відносно якого визначають положення інших тіл у різні моменти часу.

Система самокерована – включає дві підсистеми – керуючу та керовану, які з'єднані каналами прямого та зворотного зв'язку між собою та із зовнішнім оточенням.

Скалярні величини – величини, які мають чисельне значення, але не мають напрямку, наприклад, кількість яких-небудь предметів, довжина, щільність, обсяг.

Склад системи рухів – рухи, з яких вона складається. Розрізняють елементи, виділені за просторовою чи часовою ознакою.

Соматична система координат – система координат тіла людини (центр системи – верхівка остистого відростка п'ятого хребця поперекового відділу – L_5), яка визначає положення в тривимірному просторі матеріальної системи точок тіла людини.

Стартовий розгін – забезпечення збільшення швидкості до такої, яка потрібна для переміщення по дистанції. На спринтерських дистанціях за час стартового розгону швидкість збільшується до максимальної.

Стартові положення – вихідні позиції для наступного пересування, які забезпечують кращі умови розвитку стартового прискорення.

Статура – характерні особливості будови тіла людини, які визначаються тотальними розмірами тіла – довжина тіла, вага, окружності, поверхня тіла, пропорціями тіла – співвідношення розмірів окремих частин тіла (кінцівок, тулуба й ін.) і конституціональними особливостями.

Стискання (компресія) – силовий вплив на газоподібний стан тіла, який приводить до зменшення займаного ним об'єму, а також до підвищення тиску та температури.

Стійкість тіла людини – можливість активно врівноважувати сили, які збурюють, зупиняти відхилення, яке почалося, та відновлювати положення. Здатність людини

протистояти силам, що прагнуть вивести її з вихідного стану статичної чи динамічної рівноваги. Характеризується рівновагою коливального типу.

- **коефіцієнт стійкості** – статичний показник стійкості тіла. Визначається відношенням моменту стійкості до моменту перекидання.

- **радіус стійкості** – відстань від проекції загального центру маси тіла на опору до будь-якого краю опори.

- **кут стійкості** – кут, утворений лінією проекції загального центра маси тіла на опору та лінією, що з'єднує загальний центр маси тіла з будь-яким краєм опори.

Стомлення – часове зниження рухової активності та рухових можливостей людини, викликане таким проявом рухової функції, який перевищує енергетичний потенціал організму в даний період часу. Під час м'язової роботи проходить дві фази: компенсованого стомлення: незважаючи на зростання утруднення, спортсмен зберігає інтенсивність виконання рухового завдання (наприклад, швидкість плавання) на попередньому рівні; декомпенсованого стомлення: спортсмен, незважаючи на всі старання, не може зберегти необхідну інтенсивність виконання завдання.

Структура системи рухів – наявні визначальні закономірності взаємодій упорядкованих компонентів системи (підсистем і їх елементів). Визначає перебіг внутрішніх процесів, взаємодію із зовнішнім оточенням, появу нових властивостей і можливостей розвитку системи. У біомеханічній системі спортивних рухів виділяють кінематичну, динамічну, ритмічну, фазову й анатомічну структури, які в сукупності утворюють рухову структуру.

- **с. анатомічна** – система просторових і часових відношень, які зв'язують функції різних ланок і ділянок тіла в даній дії, система узгодження участі різних частин, ланок і ділянок тіла як анатомічних об'єктів у вирішенні рухового завдання.

- **с. динамічна** – закономірності силової (динамічної) взаємодії частин тіла людини між собою та зовнішніми тілами (середовище, опора, снаряди, партнери, противники). Встановити динамічну структуру, знайти закономірності узгодження сил – це значить розкрити сутність рухів під дією сил, тобто пояснити **механізми рухів**.

- **с. інформаційна** – закономірності взаємозв'язків між елементами інформації (повідомленнями про умови та хід дії та командами), без яких неможливе керування рухами.

- **с. кінематична** – закономірності взаємозв'язку рухів у просторі та часі.

- **с. координаційна** – закон інтеграції кінематичних і динамічних структур у цілісній системі рухової дії.

- **с. ритмічна** – комбінація часових і силових характеристик. Показує порядок виконання фаз, співвідношення тривалості окремих фаз, розподіл у часі силових акцентів, наслідку їх прикладення, злиття ритмів підсистем у єдиний. Для початківців служить свого роду зразком, орієнтиром при побудові рухів, а для висококваліфікованих спортсменів – показником їх технічної майстерності.

- **с. фазова** – основні закономірності – взаємодії, взаємозв'язки фаз за їхніми різними кінематичними та динамічними характеристиками.

Ступені свободи тіла та системи тіл – сукупність незалежних координат переміщення й/або обертання, яка повністю визначає рух і/або положення тіла чи системи тіл. Система з кількох тіл може мати таку кількість ступенів свободи, яка є сумою ступенів свободи складових системи тіл, за винятком тих ступенів свободи, які обмежуються внутрішніми зв'язками.

Супінація – обертальний рух кінцівки чи її частини назовні. Якщо витягнути руки вперед, то в положенні супінації долоні будуть повернуті вгору.

Тангенс кута – тригонометрична функція кута, рівна в прямокутному трикутнику відношенню катета, який лежить проти даного гострого кута, до іншого катета.

Темп кроків – кількість кроків за одиницю часу (наприклад: два кроки за секунду).

Темп рухів – часова міра їх повторюваності. Вимірюється кількістю рухів, які повторюються за одиницю часу (частота рухів).

Тест – вимірювання чи дослідження, проведені для визначення стану процесів, властивостей або здібностей спортсмена.

Техніка фізичної вправи (спортивна техніка) – індивідуальний спосіб організації внутрішніх і зовнішніх сил, які діють на тіло людини, у функціональну систему на основі мети дії, регламентований руховими можливостями спортсмена, біомеханічними критеріями оптимізації рухів, ситуаційною доцільністю, а також правилами змагань і представлений системою рухів, характерних для конкретного виду спорту.

Технічна майстерність (технічна підготовленість) – характеризується тим, що вміє робити спортсмен і як він оволодів засвоєні дії. У першу групу показників входять: обсяг, різнобічність і раціональність технічних дій, які вміє виконувати спортсмен. У другу: ефективність і засвоєння виконання.

Технічна підготовка – специфічна форма організації тренувального процесу, метою якого є таке використання педагогічних засобів, яке дозволяє сформувати у спортсмена систему рухів, характерних для даного виду спорту, що дозволяє з максимальною ефективністю реалізувати його руховий потенціал.

Технічний арсенал спортсмена – визначається кількістю технічних прийомів або дій, які виконує чи вміє виконувати спортсмен.

Тиск – фізична величина, яка характеризує стан суцільного середовища та чисельно рівна силі F , що діє на одиницю площі поверхні S перпендикулярно цієї поверхні.

Тиск внутрішньочеревний – тиск, який здійснюють органи та рідина, що перебувають у черевній порожнині, на її стінки.

Топографія сили – співвідношення максимальної сили дії різних м'язових груп.

Тотальні розміри тіла – основні розміри, які характеризують його величину (довжина, маса, окружність грудної клітки, поверхня).

Траєкторія точки – просторова характеристика руху: геометричне місце положень рухомої точки, що рухається, у розглянутій системі відліку. На траєкторії визначають її довжину, кривизну й орієнтацію в просторі.

- **кривизна траєкторії** – показує, яка форма руху точки в просторі. Щоб визначити кривизну траєкторії, вимірюють радіус кривизни (R). Кривизна – величина, зворотна радіусу.

Тривалість руху – часова міра, яка вимірюється різницею моментів часу закінчення та початку руху $\Delta t = t_{\text{кін.}} - t_{\text{поч.}}$.

Турбулентний потік – явище, яке полягає в тому, що при збільшенні інтенсивності потоку рідини чи газу в середовищі мимовільно утворюються численні нелінійні фрактальні хвилі та звичайні лінійні різних розмірів без наявності зовнішніх випадкових сил, які збурюють середовище, і/або при їх присутності.

Удар – короткочасна взаємодія тіл, у результаті якої різко змінюється швидкість.

- **у. косий** – удар, при якому швидкості центрів інерції тіл, які вдаряються, перед ударом не паралельні його лінії.

- **у. непружний** – енергія деформації повністю переходить у тепло, і швидкості взаємодіючих тіл після удару рівні (тіла поєднуються). Наприклад, приземлення в стрибках і зіскоках, удар кульки із пластиліну об стінку.

- **у. не цілком пружний** – лише частина енергії пружної деформації переходить у кінетичну енергію руху.
- **у. пружний** – під час удару вся механічна енергія зберігається. Таких ударів у природі не існує (завжди частина механічної енергії при ударі переходить у тепло). У деяких випадках, наприклад, удар більярдних куль, вони близькі до цілком пружного удару.
- **у. центральний** – характеризується тим, що ударний імпульс проходить через центр маси тіла, по якому нанесений удар.

Ударні дії – дії, результат яких досягається механічним ударом. В ударних діях розрізняють: замах – рух, який передуює ударному, що й приводить до збільшення відстані між ударною ланкою тіла та предметом, по якому наноситься удар; ударний рух – від кінця замаху до початку удару; ударна взаємодія – зіткнення тіл, які вдаряються; післяударний рух – рух ударної ланки тіла після припинення контакту із предметом, по якому наноситься удар.

Фаза амортизації в крокувальних рухах (ходьба, біг) починається з постановки ноги на опору та закінчується в момент припинення руху загального центру маси (ЗЦМ) тіла вниз. До кінця амортизації вертикальна складова швидкості ЗЦМ тіла падає до нуля, опускання вниз припиняється.

• **ф. руху** – найменший елемент системи рухів (часовий), який включає рухи від початку до кінця та виконує певне завдання. Кожній фазі відповідає своє провідне завдання, тому зміна фаз відповідає зміні завдань руху.

Фізична вправа – основний засіб фізичного виховання – комплекс рухових дій, спрямованих на вирішення певних завдань фізичного виховання, рухової реабілітації, прикладної професійної рухової дидактики чи спортивного тренування, виконуваних при строгій регламентації біомеханічних характеристик рухів людини, зовнішніх

умов з урахуванням геометрії мас тіла, статевих і вікових особливостей та загального стану організму.

- **спеціальні фізичні вправи** – вправи, призначені для вдосконалення техніки та рухових якостей, які проявляються при виконанні основного змагального руху. Повинні задовольняти принцип динамічної відповідності, тобто відповідати змагальній вправі за наступними критеріями: амплітуда та напрямок руху, акцентована ділянка робочої амплітуди руху, величина сили дії (чи м'язової тяги), швидкість розвитку максимуму сили дії, режим роботи м'язів.

Функціональна структура рухової дії – тип організаційної структури, при якому окремі рухи сприяють досягненню мети рухового акту.

Функціональний стан людини – інтегральний комплекс наявних характеристик тих функцій і якостей людини, які прямо чи побічно зумовлюють виконання діяльності.

Центр мас біоланки – точка прикладення рівнодіючої всіх сил ваги, які діють на окремі маси біоланки; є цілком певною фіксованою точкою, яка не змінює положення відносно біоланки.

- **Загальний центр маси тіла (ЗЦМ)** – умовна точка перетинання напрямків (векторів) сил, кожна з яких викликає поступальний рух тіла.

- **Загальний центр ваги тіла (ЗЦВ)** – умовна точка прикладення рівнодіючої всіх сил ваги, які діють на окремі частини тіла.

Центр обсягу тіла – точка прикладення рівнодіючої сили гідростатичного тиску (сил Архімеда).

- **ц. поверхні тіла** – точка прикладення рівнодіючих сил дії середовища (повітря, води). Залежить від пози та напрямку потоку середовища.

Центр тиску – точка тіла, у якій перетинаються лінія дії рівнодіючої сил тиску на тіло навколишнього середовища та деяка площина, проведена в тілі. Положення точки

залежить від форми тіла, а в тіла, що рухається, – і від властивостей навколишнього середовища та напрямку руху.

Центральна нервова система (ЦНС) – основна частина нервової системи тварин, яка складається з нейронів і їх відростків; представлена в безхребетних системою тісно зв'язаних між собою нервових вузлів (гангліїв), у хребетних тварин (включаючи людей) – спинним і головним мозком. Головна функція ЦНС – здійснення простих і складних високодиференційованих реакцій, які одержали назву «рефлекси». У вищих тварин і людини ЦНС регулює діяльність окремих органів і систем, здійснює зв'язок і взаємодію між ними, забезпечує єдність організму та цілісність його діяльності. Вищий відділ ЦНС – кора великих півкуль головного мозку та найближчі підкіркові утворення – в основному регулює зв'язок і взаємовідношення організму як єдиного цілого з навколишнім середовищем.

Час польоту – проміжок часу між моментом вильоту тіла та моментом торкання опори.

Швидкість вильоту снаряда початкова – швидкість, з якою спортивний снаряд переходить у вільний політ.

Швидкість зміни сили (градієнт сили). Для вимірювання швидкості зміни сили використовують градієнт сили, який дорівнює першій похідній від сили в часі: df/dt . Для чисельної характеристики градієнта сили використовують один з показників:

- час досягнення сили, рівної половині максимальної ($t_{0,5\text{макс.}}$).
- частка від ділення $F_{\text{макс.}}/t_{\text{макс.}}$.

Швидкість обертання – кількість оборотів, зроблених навколо фіксованої осі за певний час. Для визначення швидкості обертання тіла використовують:

- **оборот за хвилину** (позначення: об./хв. , $1/\text{хв.}$, хв.^{-1} , також часто використовується англійське позначення *rpm*

(*revolutions per minute*)) – одиниця вимірювання частоти обертання: кількість повних оборотів, зроблених навколо фіксованої осі. Використовується для вимірювання швидкості обертання механічних компонентів. Також використовується одиниця

- **оборот за секунду** (символ: *об./с* або c^{-1}). Обороти за хвилину конвертуються в обороти за секунду розподілом на 60. Зворотнє перетворення – обороти за секунду множаться на 60.

$$1 \text{ об./хв.} = 1/\text{хв.} = 1/(60 \text{ с}) = 1/60 \text{ об./с} \approx 0,01667 \text{ об./с.}$$

Ще одна фізична величина, пов'язана з даним поняттям: кутова швидкість; у системі СІ вона вимірюється в **радіанах за секунду** ($\text{рад.} \cdot c^{-1}$):

$$1 \text{ об./хв.} = 2\pi \text{ рад.} \cdot \text{хв.}^{-1} = 2\pi/60 \text{ рад.} \cdot c^{-1} = 0/1047 \text{ рад.} \cdot c^{-1} = 1/10 \text{ рад.} \cdot c^{-1}.$$

Швидкість точки – просторово-часова міра швидкості зміни її положення. Ця величина векторна та визначається за зміною її координат у часі.

- **ш. лінійна** – швидкість, яку має точка в цей момент часу при русі по криволінійній траєкторії. Спрямована по дотичній до траєкторії в даній точці та дорівнює добутку кутової швидкості на радіус обертання: $v = \omega r$.

- **ш. кутова** – векторна величина, яка характеризує швидкість обертання тіла. За одиницю кутової швидкості беруть оборот за секунду чи хвилину, тобто швидкість такого рівномірного обертання, у якому тіло за одиницю часу робить один повний оборот навколо вісі. В системі СІ одиницею кутової швидкості є радіан за секунду, тобто швидкість, при якій кожна точка тіла за 1 с проходить шлях, рівний її відстані від осі обертання. При цьому все тіло повертається на кут, рівний приблизно $57^{\circ}17'$ (один радіан).

Шлях точки – відстань по траєкторії, довжина траєкторії; вимірюється в метрах (m).

ДОДАТКИ

Рух у великих суглобах тіла

Частина скелета	Суглоб	Форма	Характер руху
Череп	Скронево-нижньощелепний	Блокоподібно-кулястий	Основний рух навколо фронтальної осі
	Атлanto-потиличний	Еліпсоподібний	Рух навколо передньо-задньої та поперечної осей
Пояс верхньої кінцівки	Грудино-ключичний	Сідлоподібний	Функціонує як кулястий, рух можливий навколо всіх трьох осей
	Акроміально-ключичний	Плоский	Рухи дуже обмежені
Верхня кінцівка	Плечовий	Кулястий	Рух можливий навколо всіх трьох осей
	Ліктьовий (складається з 3-х суглобів: плечо-ліктьового, плечопроменевого, проксимального променево-ліктьового)	Блокоподібний	Рух навколо фронтальної осі

	Дистальний про- меневоліктьовий	Цилінд- ричний	Рух навколо верти- кальної осі
	Променево- зап'ястний	Еліпсопо- дібний	Рух навколо перед- ньо-задньої та по- перечної осей
	Зап'ястно- п'ястковий	Плоский	Малорухомий
	П'ястно-фаланго- вий	Кулястий	Рух обмежений, можливий навколо всіх трьох осей
	Міжфалангові кисті	Кулясті (обмежені зв'язками)	Рух вертикальний навколо поперечної вісі
Грудна клітка	Голівки ребра	Плоскі, укріплені зв'язками	Малорухомі
Пояс нижньої кінцівки	Реберно- поперечні	Плоскі, укріплені зв'язками	Малорухомі
Нижня кінцівка	Крижово- клубовий	Плоский	Малорухомий
	Тазостегновий	Кулястий	Рух можливий нав- коло всіх трьох осей
	Колінний	Блокопо- дібно-ку- лястий, спиралепо- дібний	Рух можливий нав- коло поперечної вісі, а в міру зги- нання – навколо всіх трьох осей

	Гомілковостопний	Блокоподібний	Рух можливий навколо поперечної вісі
	Таран-п'яtkовочовноподібний	Кулястий, укріплений зв'язками	Рух можливий навколо передньо-задньої вісі, малорухомий
	П'яtkово-кубоподібний	Плоскосідловидний	Малорухомий
	Передньоплесний	Плоскі	Малорухомі
	Плесно-фалангові	Кулясті, укріплені зв'язками	Рухи можливі навколо поперечної вісі
	Міжфалангові стопи	Блокоподібні	Рухи можливі навколо поперечної вісі

Участь м'язів

Частини тіла, суглоби	Можливі рухи	М'язи
Пояс верхньої кінцівки	Уперед	Великий грудний, малий грудний, передній зубчастий
	Назад	Трапецієподібний, великий і малий
	Угору	Верхні пучки трапецієподібного, великий і малий м'язи, що піднімають лопатку, ромбовидні, грудинно-ключично-соскоподібний
	Униз	Малий грудний, підключичний, нижні пучки трапецієподібного, нижній зубці переднього зубчатого
	Обертання лопатки (всередину) нижнім кутом	Малий грудний, нижня частина великого ромбоподібного
	Обертання лопатки (назовні) нижнім кутом	Передній зубчастий своїми нижніми та середніми зубцями, великий круглий
	Круговий рух	Почергове скорочення всіх названих м'язів
Плечовий суглоб, плече, верхня кінцівка	Відведення (до горизонтального положення руки)	Дельтоподібний, радісний, а вище лінії горизонталі рука відводиться за участю м'язів, які повертають лопатку нижнім кутом назовні
	Приведення	Великий грудний, широкий м'яз спини, підостний, малий і великий круглі, підлопатковий, довгий круглий, довга голівка триголового плеча, дзьобоподібний – плечовий

Ліктьовий суглоб, передпліччя	Згинання	Передня частина дельто подібного, великий грудний ключоподібний – плечова, двоголовий плеча
	Розгинання	Задня частина дельтоподібного, широкий спина, великий круглий, малий круглий, триголовий плеча
	Обертання всередину	Підлопатковий, великий грудний, передня частина дельтоподібного, широкий спина, великий круглий, ключоподібний – плечовий
	Обертання назовні	Підостний, малий круглий, задня частина дельтоподібного
	Кругові рухи	Почергове скорочення всіх названих м'язів
	Згинання	Двоголовий плеча, плечовий, плечопроменевий, круглий пронатор і передня група м'язів передпліччя
	Розгинання	Триглавий плеча, ліктьовий і задня група м'язів передпліччя
	Обертання всередину	Круглий пронатор, квадратний пронатор, частково плечелучева
	Обертання назовні	Двоголова плеча, супінатор, плечопроменевий
Променево-зап'ястний суглоб, суглоб кисті, кисть	Згинання	Довгий долонний, поверхневий згинач пальців, променевий згинач зап'ястя, ліктьовий згинач зап'ястя, глибокий згинач пальців, довгий згинач великого пальця кисті
	Розгинання	Довгий променевий розгинач зап'ястя, короткий променевий розгинач зап'ястя, ліктьовий розгинач зап'ястя, розгинач пальців, розгинач мізинця, розгинач вказівного пальця, довгий розгинач великого пальця кисті

	Приведення	Одночасно беруть участь ліктьовий згинач і ліктьовий розгинач зап'ястя
	Відведення	Променевий згинач зап'ястя, довгий променевий розгинач зап'ястя, короткий променевий розгинач зап'ястя, довгий м'яз, який відводить великий палець кисті, короткий розгинач великого пальця кисті
Суглоб кисті, між фалангові суглоби, суглоб великого пальця, пальці	Згинання	Поверхневий і глибокий згинач пальців, довгий згинач великого пальця кисті
	Розгинання	Розгинач пальців, довгий і короткий розгиначі великого пальця, розгиначі вказівного пальця й мізинця
	Протиставлення великого пальця	Короткий згинач великого пальця кисті, протиставляючи великий палець кисті, м'яз, який приводить великий палець кисті
Тулуб, хребетний стовп	Розгинання	Трапецієподібні, надшкірний, що випрямляє хребетний стовп, поперечно-остиста
	Згинання	Передній, середній і задній відділи грудинно-ключично-соскоподібний, сходовий, довгий голови й шиї, прямий живота, косі живота, клубово-поперечний
	Рух убік	За умови, що вони скорочуються з однієї сторони: грудинно-ключично-соскоподібний; шилопід'язиковий, верхня частина трапецієподібного, сходовий, зовнішня коса живота разом із внутрішньою косою іншої сторони тіла, ротатор, клубово-поперечний

	Скручування	За умови, що вони скорочуються з однієї сторони: грудинно-ключично-соскоподібний; шило-під'язиковий, верхня частина трапецієподібного, сходового, зовнішня коса живота разом із внутрішньою косою іншої сторони тіла, ротатор, клубово-поперечний
	Круговий рух	Відбувається при почерговому скороченні всіх м'язових груп тулуба
Тулуб, грудна клітка	Вдих	Діафрагма, зовнішні й внутрішні міжреберні м'язи, що піднімають ребра, задні верхній і нижній зубчасті, клубово-реберний попереку, сходовий, грудинно-ключично-соскоподібний, малий грудний, підключичний, великий грудний, нижні пучки переднього зубчастого, передні м'язи шиї
	Розширення грудної клітки	Верхня частина трапецієподібного, ромбовидний, м'язи, що піднімають лопатку, ключична голівка грудинно-ключично-соскоподібного
	Видих	Прямий живота, поперечний живота, зовнішня коса живота, внутрішня коса живота, внутрішні й зовнішні міжреберні (як антагоністи діафрагми), підреберні, поперечний грудей
	Опускання ребер	Задній нижній зубчастий, клубово-реберний попереку, клубово-реберний

Нижня кінцівка, тазостегновий суглоб, стегно	Згинання	Клубово-реберний, кравецький, напружувач широкої фасції, гребінчастий, пряма стегна
	Розгинання	Великий сідничний, двоголовий стегна, напівсухожильний, напівперетинчастий, великий приводний
	Відведення	Середній сідничний, малий сідничний, грушоподібний, внутрішній потиличний, верхній і нижній близнюкові, напружувач широкої фасції стегна
	Приведення	Гребінчастий, довгий приводний, короткий приводний, великий приводний, тонкий
	Поворот назовні	Клубово-поперековий, квадратний стегна, сідничні
	Поворот усередину	Напружувач широкої фасції, передні пучки середнього сідничного, напівсухожильний, напівперетинчастий, тонкий
	Кругові рухи	По черзі всі м'язи, які охоплюють суглоб
Колінний суглоб	Згинання	Триглавий гомілки, напівсухожильний, напівперетинчастий, кравецький, тонкий, підколінний, литковий, підошовний
	Розгинання	Чотириглавий
	Обертання всередину в зігнутому положенні	Напівсухожильний, напівперетинчастий, швейний, тонкий, внутрішня голівка литкового, підколінний
	Обертання назовні в зігнутому положенні	Двоголовий стегна, зовнішня голівка литкового

Гомілково-стопний суглоб, стопа	Згинання	Триглавий гомілки, підошовний, задній великогомілковий, довгий згинач великого пальця стопи, довгий згинач пальців, довгий малоомілковий, короткий малоомілковий
	Розгинання	Передній великогомілковий, довгий розгинач пальців, довгий розгинач великого пальця стопи
	Приведення	Передній великогомілковий, задній великогомілковий
	Відведення	Короткий малоомілковий, довгий малоомілковий
Підтаранний і таран-п'яточно-човниковоподібний суглоби, стопа	Обертання всередину	Довгий малоомілковий, короткий малоомілковий, третій малоомілковий
	Обертання назовні	Передній великогомілковий, довгий розгинач великого пальця стопи
	Згинання, відведення	Короткий згинач великого пальця стопи, м'яз, що відводить великий палець стопи, довгий згинач пальців, м'яз, що приводить великий палець стопи, м'яз, що відводить мізинець, короткий згинач пальців, квадратні м'язи підошви, червоподібні
Міжфалангові суглоби пальців	Розгинання	Довгий розгинач пальців стопи, довгий розгинач великого пальця стопи, передній великогомілковий, короткий розгинач пальців, короткий розгинач великого пальця стопи

Основні й додаткові одиниці СІ

Величина	Одиниці			
найменування	розмір-ність	найме-нування	позначення	
			міжна-родне	вітчиз-няне
Основні одиниці				
Довжина	L	Метр	m	м
Маса	M	Кілограм	kg	кг
Час	T	Секунда	s	с
Сила струму		Ампер	A	А
Температура	Q	Кельвін	K	К
Кількість речовини	N	Моль	mol	моль
Сила світла	J	Кандела	cd	кд
Додаткові одиниці				
Кут на площині	Lo	Радіан	rad	радий
Кут у просторі	Lo	Стерадіан	sr	ср

**Характеристики рухів людини
(фізичні величини, їх позначення й формули,
одиниці вимірювання й формули розмірності)**

Характеристика	Механічна величина	Позначення й формула	Одиниці вимірювання (СИ)	Формула розмірності
Координата лінійна	довжина	$s_x = OA_x$ $s_y = OA_y$ $s_z = OA_z$	метр (м)	L
Координата кутова	кут	$\varphi = s/r$	рад (рад)	L ⁰
Переміщення лінійне	довжина	$\Delta s = s_t - s_0$	м	L
Переміщення кутове	кут	$\Delta \varphi = \varphi_t - \varphi_0$	рад	L ⁰
Довжина траєкторії	довжина	$l = \sum ds$	м	L
Кривизна траєкторії	—	$k = 1/R$	—	
Момент часу	час	t	секунда (с)	T
Тривалість руху	час	$\Delta t = t_1 - t_0$	с	T
Темп руху	частота	$N = 1/\Delta t$	герц (Гц)	T ⁻¹
Ритм рухів	—	$R = \Delta t_{21}/\Delta t_{32}$	—	T ⁰
Швидкість точки	швидкість	$v = ds/dt = \dot{s}$	м·с ⁻¹	LT ⁻¹
Швидкість кутова	швидкість кутова	$\omega = d\varphi/dt = \dot{\varphi}$	рад·с ⁻¹	L ⁰ T ⁻¹
Прискорення лінійне	прискорення	$a = dv/dt = \ddot{s}$	м·с ⁻²	LT ⁻²
Прискорення нормальне	прискорення	$a_H = v^2/r = r\omega^2$	м·с ⁻²	LT ⁻²
Прискорення тангенціальне	прискорення	$a_T = d\omega/dt = r\varepsilon$	м·с ⁻²	LT ⁻²
Прискорення кутове	прискорення	$\varepsilon = d\omega/dt = \ddot{\varphi}$	рад·с ⁻²	LT ⁻²
Маса	маса	$m = F/a$	кілограм (кг)	M
Момент інерції тіла	момент інерції	$I = \sum m_i r_i^2$	кг·м ²	L ² M
Радіус інерції	радіус інерції	$R_{in} = \sqrt{I/m}$	м	L
Сила	сила	$F = ma$	ньютон (Н) кг·м·с ⁻²	LT ⁻²
Сила доцентрова	сила	$F_{дц} = (mv^2/r)mr\omega^2$	Н	LT ⁻²
Сила інерції	сила	$F_{in} = -ma$	Н	LT ⁻²
Сила пружної деформації	сила	$F_{пруж} = C\Delta l$	Н	LT ⁻²

Сила притягання	сила	$F_{\text{притяг}} = \gamma(m_1 m_2 / r^2)$	Н	LT^{-2}
Сила тяжіння	сила		Н	LT^{-2}
Сила впливу середовища	сила	$G = F_{\text{тяж}} + F_{\text{ін}}$	ньютон метр (Н·м)	LT^{-2}
Сила тертя	сила	$R_x = SC_x \rho v^2$	Н·м	LMT^{-2}
Момент сили	сила	$T = k_{\text{трєн}} N$	ньютон ×	L^2MT^{-2}
Полярний	момент сили	$M_c(F) = Fd$	× секунда	L^2MT^{-2}
Момент сили осьовий	момент сили	$M_z(F) = F_t d$	(Н·м·с)	LMT^{-1}
Імпульс сили	імпульс сили	$S = \int_0^t F dt$	ньютон метр × секунда (Н·м·с)	L^2MT^{-1}
Імпульс моменту сили	імпульс моменту сили	$S_z = \int_0^t M_z(F) dt$	ньютон метр × секунда (Н·м·с)	LMT^{-1}
Кількість руху	кількість руху	$K = mv$	кг·м·с ⁻¹	LMT^{-1}
Кінетичний момент	кінетичний момент	$K_z = lv$	Джоуль (Дж)	L^2MT^{-1}
Робота сили	робота сили	$W = \int F dt$	Дж	L^2MT^{-2}
Робота сили тяжіння	робота сили	$A_{\text{тяж}} = Ph$	Дж	L^2MT^{-2}
Робота пружної сили	робота сили	$A_{\text{пруж}} = -(G\Delta l^2/2)$	Дж	L^2MT^{-2}
Робота сили тертя	робота сили	$A_{\text{тер}} = -k_{\text{тер}} Ns$	ват (Вт)	L^2MT^{-2}
Потужність сили	потужність сили	$N = dA/dt = Fv$	(Дж·с ⁻¹)	L^2MT^{-3}
Кінетична енергія тіла, що рухається поступально	кінетична енергія	$E_{\text{к(пост)}} = mv^2/2$	Дж	L^2MT^{-2}
Кінетична енергія тіла, що обертається	кінетична енергія	$E_{\text{к(об)}} = Iv^2/2$	Дж	L^2MT^{-2}
Потенційна енергія в полі сил притягання	потенційна енергія	$E_{\text{п(притяг)}} = Gh$	Дж	L^2MT^{-2}
Потенційна енергія пружно деформованого тіла	потенційна енергія	$E_{\text{п(пруж)}} = C\Delta t^2/2$	Дж	L^2MT^{-2}

**Переклад градусної міри в радіанну
(довжина дуг окружності радіуса 1)**

Кут	Дуга	Кут	Дуга	Кут	Дуга
1"	0,000005	1°	0,017453	31°	0,541052
2	0,000010	2	0,034907	32	0,558505
3	0,000015	3	0,052360	33	0,575959
4	0,000019	4	0,069813	34	0,593412
5	0,000024	5	0,087266	35	0,610865
6	0,000029	6	0,104720	36	0,628319
7	0,000034	7	0,122173	37	0,645772
8	0,000039	8	0,139626	38	0,663225
9	0,000044	9	0,157080	39	0,680678
10	0,000048	10	0,174533	40	0,698132
20	0,000097	11	0,191986	45	0,785398
30	0,000145	12	0,209440	50	0,872665
40	0,000194	13	0,226893	55	0,959931
50	0,000242	14	0,244346	60	1,047198
		15	0,261799	65	1,134464
1'	0,000291	16	0,279253	70	1,221730
2	0,000582	17	0,296706	75	1,308997
3	0,000873	18	0,314159	80	1,396263
4	0,001164	19	0,331613	85	1,483530
5	0,001454	20	0,349066	90	1,570796
6	0,001745	21	0,366519	100	1,745329
7	0,002036	22	0,383972	120	2,094395
8	0,002327	23	0,401426	150	2,617994
9	0,002618	24	0,418879	180	3,141593
10	0,002909	25	0,436332	200	3,490659
20	0,005818	26	0,453786	250	4,363323
30	0,008727	27	0,471239	270	4,712389
40	0,011636	28	0,488692	300	5,235988
50	0,014544	29	0,506145	360	6,283185
		30	0,523599	400	6,981317

ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Ахметов Р.Ф. Основы биомеханики физических упражнений : навч. посіб. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2016. – 184 с.
2. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. – М.: Наука, 1998. – 392 с.
3. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 320 с.
4. Бранков Г. Основы биомеханики. – М.: Мир, 1981. – С. 20-21.
5. Гавердовский Ю.К. Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика. Методология. Дидактика. – М.: Физкультура и спорт, 2007. – 912 с.
6. Гамалій В.В. Біомеханічні аспекти техніки рухових дій у спорті. – К.: Науковий світ, 2007. – 211 с.
7. Годик М.А. Спортивная метрология: Учебник для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1998. – С. 26–28.
8. Голомазов С.В. Кинезиология точностных действий человека. – М.: Спорт Академ Пресс, 2003. – 227 с.
9. Гросс Х.Х. Педагогическая кинезиология – новое направление в спортивной педагогике и биомеханике // Теория и практика физической культуры. – 1979. – № 9. – С. 7–10.
10. Дал-Монте А., Фаина М. Специальные требования к оценке функциональных возможностей спортсменов // Наука в олимпийском спорте. – 1995. – № 1. – С. 30–38.
11. Донской Д.Д. Биомеханика. – М.: Просвещение, 1999. – 239 с.
12. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика:

- Учебник для ин-тутов физ. культ. – М.: Физкультура и спорт, 1999. – 264 с.
13. Допинг и эргогенные средства в спорте / Под общей ред. В.Н. Платонова. – К.: Олімпійська література, 2003. – 575 с.
 14. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика: Учеб. для сред. и высш. учебн. заведений. – М.: ВЛАДОС–ПРЕСС, 2003. – 672 с.: ил.
 15. Кашуба В.А. Современные методы измерения осанки человека // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Збірник наукових праць / Під ред. С.С. Єрмакова. – Харків, ХДАДМ, 2002. – № 11. – С. 51–56.
 16. Кашуба В.А. Биомеханика осанки. – К.: Олімпійська література, 2003. – 278 с.
 17. Козлов И.М., Иванова Г.П. Практикум по биомеханике: Учебное пособие для ИФК. – Л.: Физкультура и спорт, 2002. – 120 с.
 18. Кутек Т.Б. Биомеханические технологии в системе подготовки высококвалифицированных спортсменов // Наука в олимпийском спорте. – 2013. – № 1. – С. 70–75.
 19. Кутек Т.Б. Сучасні тенденції використання інформаційних технологій у технічній підготовці спортсменів // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – 2011. – Вип. 86, т. II. – С. 15–18.
 20. Лапутин А.Н., Хапко В.Е. Биомеханика физических упражнений. – К.: Радянська школа, 1986. – 131 с.
 21. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений. – К.: Вища школа, 1994. – 88 с.
 22. Лапутин А.Н. Биомеханические основы теории построения физических упражнений // Управление

- биомеханическими системами в спорте: сб. науч. труд. / А.Н. Лапутин. – К.: КГИФК, 1989. – С. 5–29.
23. Лапутин А.М., Хоменко Б.Г., Хабінець Т.О., Гамалій В.В. Методичні рекомендації до проведення лабораторних занять з біомеханіки. – К.: КДПІ ім. М.П. Драгоманова, 1992. – 48 с.
 24. Лапутин А.М., Хоменко Б.Г., Хабінець Т.О., Гамалій В.В. Методичні розробки з теоретичного курсу «Біомеханіка»: тези лекцій з біомеханіки. – К.: КДПІ ім. М.П. Драгоманова, 1993. – 22 с.
 25. Лапутин А.Н. Дидактическая биомеханика: проблемы и решения // Наука в олимпийском спорте. – 1995. – № 2 (3). – С. 42–51.
 26. Лапутин А.Н. Гравитационная тренировка. – К.: Знання, 1999. – 350 с.
 27. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений (лабораторные работы). – К.: Вища школа, 1976. – 86 с.
 28. Лапутин А.Н. Обучение спортивным движениям. – К.: Здоров'я, 1986. – 217 с.
 29. Лапутин А.Н., Бобровник В.И. Олимпийскому спорту – высокие технологии. – К.: Знання, 1999. – 163 с.
 30. Лапутин А.Н., Уткин В.Л. Технические средства обучения (учебное пособие для ИФК) – М: Физкультура и спорт, 1980. – 80 с.
 31. Моделирование управления движениями человека / Под ред. М.П. Шестакова, А.Н. Аверкина. – М.: Спорт Академ Пресс, 2003. – 360 с.
 32. Практикум по биомеханике / Под общ. ред. И.М. Козлова. – М.: Физкультура и спорт, 1980. – 120 с.
 33. Петров В.А., Гагин Ю.А. Механика спортивных движений. – М.: Физкультура и спорт, 1994. – 232 с.
 34. Попов Г.И. Биомеханика: Учеб. для студ. высш. учебн. заведений. – М.: Академия, 2005. – 256 с.

35. Ратов И.П., Попов Г.И., Логинов А.А., Шмонин Б.В. Биомеханические технологии подготовки спортсменов. – М.: Физкультура и Спорт, 2007. – 120 с.
36. Савченко В.Г., Бойко В.І., Чибісов В.І., Рейдерман Ю.І., Беляев В.П. Біомеханіка у прикладах і задачах. – Дніпропетровськ. – 2004. – 222 с.
37. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: Учеб. пособие для студентов фак. физ. культуры и для ин-тов физ. культуры по спец. № 2114 «Физ. воспитание». – М.: Просвещение, 1989. – 210 с.
38. Энока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 399 с.
39. Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise / ed. C.J. Payton, R.M. Bartlett; British association of sport and exercise sciences guidelines. – London; New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2008. – XIV, 218 p.
40. Biomechanics in sport: performance enhancement and
41. injury prevention / ed. V.M. Zatsiorsky. – Oxford: Blackwell Science, 2005. – 666 p. – (The Encyclopaedia of sports medicine; Vol. IX).
42. Whiting W.C. Biomechanics of musculoskeletal injury / W.C. Whiting, R.F. Zernicke. – 2nd ed. – Champaign: Human Kinetics, 2008. – X, 350 p.
43. Knudson D.V. Qualitative analysis of human movement / D.V. Knudson, C.S. Morrison. – 2nd ed. – Champaign: Human Kinetics, 2002. – XII, 252 p. + CD.
44. Biomechanics and biology of movement / ed. B.M. Nigg, B.R. Macintosh, J. Mester. – Champaign: Human Kinetics, 2000. – XVIII, 470 p.
45. Chapman A.E. Biomechanical analysis of fundamental human movements / A.E. Chapman. – Champaign: Human Kinetics, 2008. – XIV, 306 p.

Додаткова:

1. Боген М.М. Обучение двигательным действиям. – М.: Физкультура и спорт, 1985. – 192 с.
2. Гален К. О назначении частей человеческого тела: пер. с древнегреч. – М.: Медицина, 1991. – Кн. XV, гл. VIII. – 885 с.
3. Виноградський Б.А. Моделювання складних біомеханічних систем і його реалізація в спорті. – Львів: ЗУКЦ, 2007. – 284 с.
4. Донской Д.Д. Н.А. Бернштейн и развитие отечественной биомеханики // Теория и практика физической культуры. – 1996. – № 11.
5. Донской Д.Д., Дмитриев С.В. Психосемантические механизмы управления двигательными действиями человека // Теория и практика физ. культуры. – 1999. – № 9. – С. 2–6.
6. Донской Д.Д., Филиппов В.К., Нижник А.П. Киноциклографический метод исследования техники физических упражнений // Теория и практика физической культуры. – 1995. – № 4. – С. 6–9.
7. Донской Д.Д., Зайцева Л.С. Биомеханика: Метод. пособ. для студ. ФЗО МФК. – Изд. 3-е. перераб. и доп. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – 59 с.
8. Донской Д.Д. Законы движений в спорте. Зарисовки по теории структурности движений. – М.: Физкультура и спорт, 1969. – 98 с.
9. Левин В. Человек, разгадавший тайну живого движения // Наука и жизнь. – 2005. – № 10.
10. Сироткина И.Е. – Биомеханика между наукой и искусством // Вопросы истории естествознания и техники. – 2011. – №1. – С. 46–70.

11. Measurement theory and practice in kinesiology / T.M. Wood, W. Zhu. – Champaign: Human Kinetics, 2006. – XII, 428 p.
12. Movement system variability / ed. K. Davids, S. Bennett, K. Newell. – Champaign: Human Kinetics, 2006. – XII, 364 p.
13. Carr G. Sport mechanics for coaches / G.Carr. – 2nd ed. – Champaign: Human Kinetics, 2004. – XVI, 240 p.

Інформаційні ресурси:

- <http://ru.wikipedia.org/wiki/биомеханика>
- <http://www.dvfu.ru/meteo/book/BioMechan.htm>
- <http://www.vinci.ru/3/tezaurus/9/index.html>
- <http://www.horting.org.ua/node/1654>

ЗМІСТ

ВІД АВТОРА	3
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	7
Розділ 1. НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА	10
Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ КУРС	73
Розділ 3. ПРАКТИЧНИЙ КУРС	77
Розділ 4. ПИТАННЯ ДЛЯ ПОТОЧНОГО ТА ЕКЗАМЕНУ	127
СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ І ПОНЯТЬ	131
ДОДАТКИ	165
ЛІТЕРАТУРА	178