**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**О.В. Соколова, Г.А. Омельяненко, В.О. Тищенко**

**БІОМЕХАНІКА**

**Навчально-методичний посібник**

**для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Фізична культура і спорт» освітньо-професійних програм «Фізичне виховання»**

**і «Спорт»**

**Запоріжжя**

**2017**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

О.В. Соколова,Г.А. Омельяненко, В.О. Тищенко

**БІОМЕХАНІКА**

**Навчально-методичний посібник**

**для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Фізична культура і спорт» освітньо-професійних програм «Фізичне виховання»**

**і «Спорт»**

Затверджено

вченою радою ЗНУ

Протокол № 6 від 26.12.2017

Запоріжжя

2017

УДК 796.012.1: 612. 76 (075.8)

С 594

Соколова О.В. Біомеханіка: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Фізична культура і спорт» освітньо-професійних програм «Фізичне виховання» і «Спорт» / О.В. Соколова, Г.А. Омельяненко, В.О. Тищенко. – Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2017. – 96 с.

У запропонованому авторами виданні в стислому та систематизованому вигляді подано теоретичні основи курсу «Біомеханіка» та зміст практичних занять. Навчальний матеріал структуровано у два тематичні розділи відповідно до робочої програми: «Загальна біомеханіка. Вступ до біомеханіки фізичних вправ. Основи біомеханічного контролю», «Руховий апарат людини. Біомеханічні основи рухових якостей. Диференціальна та прикладна біомеханіка». Для його унаочнення використано рисунки, схеми, графіки, таблиці та формули.

Видання сприятиме засвоєнню передбачених програмою знань і формуванню практичних навичок з проведення біомеханічного аналізу рухової діяльності людини.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Фізична культура і спорт» освітньо-професійної програми «Фізичне виховання» денної та заочної форм навчання.

Рецензент

*М.В. Маліков,* д-р біолог. наук, професор, декан факультету фізичного виховання

Відповідальний за випуск

*А.П. Конох,* д-р пед. наук, професор, завідувач кафедри теорії та методики фізичної культури і спорту

**ЗМІСТ**

Передмова….................................................................................................................5

**Частина І.** **Теоретичний блок**……………………………………………………..7

**Розділ 1.** Загальна біомеханіка. Вступ до біомеханіки фізичних вправ.

Основи біомеханічного контролю………………………………………………….7

**Тема 1.** Загальна біомеханіка. Вступ до біомеханіки фізичних вправ……….......7

*Питання для контролю*…………………………………………………….............11

**Тема 2.** Основи біомеханічного контролю……………………………………….11

*Питання для контролю*…………………………………………………….............20

**Розділ 2.** Руховий апарат людини. Біомеханічні основи рухових

якостей. Диференціальна та прикладна біомеханіка…………………………….21

**Тема 3.** Руховий апарат людини…………………………………………………..21

*Питання для контролю*…………………………………………………………….24

**Тема 4.** Біомеханічні основи рухових якостей…………………………………...25

*Питання для контролю*…………………………………………………….............29

**Тема 5.** Диференціальна біомеханіка……………………………………………..30

*Питання для контролю*…………………………………………………….............32

**Тема 6.**Прикладна біомеханіка. Біомеханіка ходьби та бігу……………………32

*Питання для контролю*…………………………………………………….............34

**Тема7.** Біомеханіка пересування на лижах і велосипеді………………………...35

*Питання для контролю*…………………………………………………….............37

**Тема 8.** Біомеханіка плавання……………………………………………………..38

*Питання для контролю*…………………………………………………….............40

**Тема 9.** Біомеханіка пересувних рухів і стрибків………………………………..40

*Питання для контролю*…………………………………………………….............42

**Тема 10.** Біомеханіка техніко-естетичних видів спорту…………………………43

*Питання для контролю*…………………………………………………….............45

**Тема 11.**Біомеханічні основи туризму……………………………………………45

*Питання для контролю*…………………………………………………….............47

**Частина ІІ.** **Практичний блок**…………………………………………………...47

*Практичне заняття № 1*

Зчитування координат точок відліку по кінограмах фізичної вправи

і складання таблиць координат................................................................................47

*Практичне заняття № 2*

Побудова біокінематичної схеми (проміру) фізичної вправи за

даними таблиці координат........................................................................................49

*Практичне заняття № 3*

Складання хронограм руху тіла спортсмена за матеріалами

кінозйомки фізичної вправи.....................................................................................50

*Практичне заняття № 4*

Визначення лінійних швидкостей руху біоланок тіла спортсмена

за біокінематичною схемою фізичної вправи.........................................................52

*Практичне заняття № 5*

Визначення лінійних прискорень точок біоланок тіла спортсмена

за біокінематичною схемою фізичної вправи.........................................................55

*Практичне заняття № 6*

Визначення кутової швидкості руху біоланок за біокінематичною схемою фізичної вправи..........................................................................................................57

*Практичне заняття № 7*

Визначення кутового прискорення біоланок за біокінематичною схемою фізичної вправи..........................................................................................................60

*Практичне заняття № 8*

Визначення положення загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ)

графічним способом (додаванням сил тяжіння).....................................................62

*Практичне заняття № 9*

Визначення положення загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ)

аналітичним способом (додаванням моментів сил тяжіння

за теоремою Варіньона)............................................................................................66

Контрольні питання з дисципліни «Біомеханіка»..................................................71

Рекомендована література........................................................................................74

Додатки ......................................................................................................................76

**ПЕРЕДМОВА**

Курс «Біомеханіка» належить до нормативних дисциплін циклу професійної підготовки бакалаврів спеціальності «Фізична культура і спорт» (освітньо-професійні програми «Фізичне виховання» і «Спорт»).

Біомеханіка як навчальна дисципліна вивчає рухи людини, механічні й біологічні причини їх виникнення, особливості виконання в різних умовах, розглядає рухові дії як систему взаємопов’язаних активних рухів і положень тіла. Розуміння фізичної сутності рухів і особливості управління ними вкрай важливе для вчителя фізичного виховання та тренера. Використання основних понять про рух, простір і час, законів механіки дозволяє професійно застосувати методи навчання фізичних вправ, удосконалювати організацію тренувального процесу. Цим пояснюється актуальність дисципліни й необхідність її усвідомленого вивчення.

Біомеханіка як єдина система знань сформувалася порівняно недавно, проте рухи людини та тварин завжди привертали увагу науковців. Виникненню біомеханіки як самостійної науки сприяв розвиток фізичних і біологічних знань, а також техніки.

Основою для засвоєння програмного матеріалу з курсу «Біомеханіка» є знання, набуті під час вивчення анатомії людини, спортивної морфології та спортивної метрології. Крім того, дисципліна має тісні міжпредметні зв’язки з фізикою, математикою, біологією, фізіологією, біохімією, теорією та методикою фізичного виховання і спортивного тренування.

Метою викладання курсу «Біомеханіка» є ознайомлення студентів з біомеханічними основами техніки рухових дій та тактики рухової діяльності; формування системи теоретичних знань і практичних навичок проведення біомеханічного аналізу рухової діяльності людини, необхідних для здійснення науково обґрунтованого навчально-тренувального процесу з фізичного виховання різних категорій населення. Метою його викладання є забезпечення спеціальної професійно-технічної підготовки студентів, формування теоретичних знань і практичних умінь і навичок

Основними завданнями вивчення курсу є усвідомлення загальних закономірностей будови та функцій рухового апарату; ознайомлення зі специфікою рухової діяльності людини, а також особливостями біодинаміки фізичних вправ у різних видах спорту; набуття наукових уявлень про сутність рухових дій.

У результаті вивчення дисципліни «Біомеханіка» студенти повинні:

*Знати*:

* основні терміни та поняття курсу;
* біомеханічні основи техніки рухових дій та тактики рухової діяльності;
* структуру аналізу рухової діяльності людини;
* біомеханічні характеристики рухів людини;
* кінематичні, динамічні та енергетичні особливості рухової діяльності людини при виконанні фізичних вправ.

*Уміти*:

* + вільно оперувати понятійно-категоріальним апаратом курсу;
  + обчислювати координати точок біоланок тіла людини;
  + будувати біокінематичну схему;
  + складати лінійні та кругові хронограми;
  + визначати лінійні та кругові швидкості та прискорення;
  + визначати загальний центр тяжіння тіла (ЗЦТТ) графічним способом;
  + визначати загальний центр тяжіння тіла (ЗЦТТ) аналітичним способом.

Запропонований авторами посібник сприятиме ознайомленню студентів з біомеханічними основами фізичних вправ, зокрема основами спортивної техніки, усвідомленню складності людських рухів, засвоєнню знань, необхідних для правильного застосування фізичних вправ як засобу фізичного виховання та вдосконалення рухової діяльності, а також якісній підготовці до практичних занять і контрольних заходів. Значну увагу приділено в ньому біомеханічному аналізу, що являє собою один із способів вивчення рухової діяльності людини, біомеханічним методам вивчення рухових дій.

Структура посібника включає в себе два блоки – теоретичний і практичний. Навчальний матеріал теоретичного блоку розподілено на два тематичні розділи, в яких послідовно й детально висвітлюються питання загальної, диференціальної та прикладної біомеханіки. Загальна біомеханіка дає розуміння того, як і чому людина рухається. Диференціальна біомеханіка розкриває особливості рухових можливостей і рухової діяльності людини. Прикладна біомеханіка розглядає конкретні питання технічної та тактичної підготовки в окремих видах спорту й різновидах масової фізичної культури. Основне питання прикладної біомеханіки – як навчити людину правильно виконувати різноманітні рухи або як самостійно освоїти культуру рухів. У практичному блоці подано зміст практичних занять, які спрямовані на закріплення теоретичних положень біомеханіки та формування передбачених програмою умінь і навичок.

При написанні посібника враховано сучасний стан біомеханіки й тенденції її розвитку як науки й навчальної дисципліни. Окрім того, використано науковий і педагогічний досвід провідних фахівців у галузі біомеханіки, у числі яких Д.Д. Донський, В.М. Заціорський, А.М. Лапутін, Р.Ф. Ахметов, В.Л. Уткін, В.О. Кашуба, Т.О. Хабінець, М.О. Носко та ін.

**Частина І.ТЕОРЕТИЧНИЙ БЛОК**

**Розділ 1. Загальна біомеханіка. Вступ до біомеханіки фізичних вправ. Основи біомеханічного контролю**

**Тема 1. Загальна біомеханіка. Вступ до біомеханіки фізичних вправ**

**Поняття про біомеханіку. Предмет і завдання біомеханіки.** Термін біомеханіка утворений шляхом складання двох грецьких слів: *bios* – життя і *mехаnе* – знаряддя. Як відомо, механіка – це розділ фізики, що вивчає механічний рух і механічну взаємодію матеріальних тіл. Звідси зрозуміло, що *біомеханіка – це розділ науки, що вивчає рухові можливості й рухову діяльність живих істот.*

*Біомеханіка фізичних вправ вивчає рухові дії людини у процесі виконання фізичних вправ; рухову діяльність людини під час спортивних тренувань і змагань та в процесі занять масовими й оздоровчими формами фізичної культури, у тому числі на уроках фізичної культури в школі.*

Основними *завданнями* *біомеханіки* є: вивчення об’єктивних закономірностей і вдосконалення рухової функції людини; оптимізація рухової діяльності людини на основі вимірювання та контролю її кількісних характеристик та розробки критеріїв ефективного управління станом її рухової функції тощо.

**Історія розвитку біомеханіки.** Рухи людини та тварин завжди привертали до себе посилену увагу. Ще Аристотель (384-322 pp. до н.е.), Клавдій Гален (130-201 pp. н.е.) та Авіценна (980-1037рр. н.е.) спостерігали за рухами наземних тварин і людини й по-своєму описували та аналізували їх. Окрім того, основи наших знань про рухи у воді закладені Архімедом (287-212 р. до н. е.).

Суттєво вплинули на становлення біомеханіки як науки видатні мислителі минулого: римський лікар Гален (131-201 р.), Леонардо да Вінчі (1452-1519 р.), Мікеланджело (1475-1564 р.), Галілео Галілей (1564-1642 р.), Ісаак Ньютон (1642-1727 р.). Так, Леонардо да Вінчі (1452-1519 pp.) перший звернув увагу на особливу роль механіки у вивченні рухів. На єдність законів механіки для всіх тіл у природі, включаючи тіла тварин і людини, вказував також Галілео Галілей (1638 p.).

Новітня історія біомеханіки починається з видатної праці італійського лікаря й математика Джовані Альфонсо Бореллі (1608-1679 pp.) «Про локомоції тварин». У ній подано відомості про центр тяжіння тіла людини й першу класифікацію локомоторних рухів як активних переміщень тварин у просторі.

Велику роль у розумінні єдності структури та функцій органів опори й руху людини відіграли праці І. М. Сеченова та П. Ф. Лесгафта. У 1874 р. вийшла друком відома праця Лесгафта «Основи природної гімнастики», яка стала основою курсу «Теорія тілесних рухів». У 1901 р. побачила світ монографія «Нарис робочих рухів людини», у якій викладено основні положення біомеханіки трудової рухової діяльності людини.

Важливими віхами в розвитку біомеханіки стали праці відомого анатома-функціоналіста М. Ф. Іваницького, який у 1928 р. видав «Записки з динамічної анатомії», а в 1938 р. опублікував монографію «Рухи тіла людини».

У працях видатного біомеханіка XX ст. М.О. Бернштейна рухи людини представлені не як суто фізичні, механічні явища, а як біологічні структури, організовані в системній єдності організму людини як живої цілеспрямованої системи. Серія його дослідів, починаючи з 1939 p., завершилася фундаментальною працею «Про побудову рухів» (1947 р.).

Останнім часом виникли й успішно розвиваються: інженерна біомеханіка, основні досягнення якої пов’язані з розробкою роботів; медична біомеханіка, що досліджує причини, наслідки та способи профілактики травматизму, міцність опорно-рухового апарату, питання протезування; ергономічна біомеханіка, що вивчає взаємодію людини з навколишніми предметами з метою їх оптимізації.

Проте центральним розділом біомеханіки є біомеханіка фізичних вправ. Вона вивчає рухову діяльність людини під час спортивних тренувань і змагань та в процесі занять масовими й оздоровчими формами фізичної культури, у тому числі на уроках фізичної культури в школі. Постійно вдосконалюючись, біомеханіка фізичних вправ поступово перетворюється на біомеханіку рухової активності, що охоплює всі сторони рухової діяльності людини.

**Основні напрями біомеханіки: загальна, диференціальна та прикладна.** Біомеханіка розподіляється на загальну, диференціальну та прикладну.

*Загальна біомеханіка* вирішує теоретичні питання й допомагає отримати відповідь на питання, як і чому людина рухається. Цей розділ біомеханіки дуже важливий для практики фізичного виховання і спорту, оскільки «немає нічого практичнішого за ґрунтовну теорію».

*Диференціальна біомеханіка* вивчає індивідуальні та групові особливості рухових можливостей і рухової діяльності залежно від віку, статі, стану здоров’я, рівня фізичної підготовленості, спортивної кваліфікації тощо.

*Прикладна біомеханіка* розглядає конкретні питання технічної та тактичної підготовки в окремих видах спорту й різновидах масової фізичної культури.

На трьох «поверхах» (рівнях) біомеханіки вивчаються рухи – рухові дії – рухова діяльність. *На першому рівні* фактичні дані для дослідження рухів отримують найчастіше у ході експериментів з ізольованими м’язами й іншими частинами тіла тварин.

За рідкісним винятком (наприклад, рухи немовляти) здорова людина виконує цілеспрямовані й мотивовані рухи, або рухові дії. На цьому *другому рівні* біомеханіка вивчає й удосконалює техніку рухових дій (наприклад, техніку стрибка, удару, кроку тощо).

*Третій рівень* біомеханіки присвячений тактиці рухової діяльності. При виконанні фізичних вправ рухова діяльність складається з рухових дій, як ланцюг з ланок. Наприклад, біг складається з окремих кроків; стрільба – із підготовки, прицілювання й безпосередньо пострілу; штрафний удар у футболі – з розбігу й удару ногою по м’ячу. Рухові дії в такому ланцюзі взаємозалежні та взаємообумовлені. Тому рухова діяльність – це система рухових дій.

**Структура аналізу рухової діяльності (структура біомеханічного аналізу).**Процедура аналізу рухової діяльності (*біомеханічного аналізу*) складається з таких етапів:

1. *Вивчення зовнішньої картини рухової діяльності.* Насамперед з’ясовують, з яких рухових дій вона складається і яка послідовність цих рухових дій.

Вивчаючи зовнішню картину рухової діяльності, реєструють *біокінематичні характеристики:* системи відліку відстані і часу; просторові характеристики (координати точок, тіла, системи тіл, траєкторії точок); часові характеристики (моменти часу, тривалість руху, фаза руху, темп і ритм рухів); просторово-часові характеристики (швидкість і прискорення точок та тіла).

Особливо важливо знати тривалість окремих частин руху (фаз). Їх графічним відображенням є хронограма. Хронограма рухової дії характеризує техніку, а хронограма рухової діяльності – перше, на що звертають увагу при аналізі спортивної тактики.

2. *З’ясування причин, що зумовлюють рухи та їх зміну.* Вони не доступні візуальному контролю. Відтак для їх аналізу необхідно реєструвати *біодинамічні характеристики:* інерційні (маса тіла, момент інерції); силові (сили, моменти сил, імпульс сили й імпульс моментів сил). Найважливіше значення мають величини сил, що діють на людину ззовні та створюються її власними м’язами.

3.  *Визначення топографії працюючих м’язів.* На цьому етапі визначається, які м’язи задіяні у виконанні фізичної вправи та який механізм їх участі. Знаючи, які м’язи переважно забезпечують рухову діяльність, до якої готує себе людина, можна з великої кількості фізичних вправ відібрати ті, які забезпечать розвиток саме цих м’язів та їх координацію.

Уявлення про те, які саме м’язи задіяні в кожній вправі, можна одержати, реєструючи їх електричну активність. Чим інтенсивніше працює м’яз, тим вища його електрична активність і більша амплітуда електроміограми.

4. *Визначення енергетичних витрат і того, як доцільно витрачається енергія працюючих м’язів.* Для отримання відповіді на ці питання необхідною є реєстрація *біоенергетичних характеристик:* робота сил, потужність, механічна енергія тіла (кінетична й потенційна). Поряд з величинами енерговитрат важливу роль відіграє економічність. Вона тим вища, чим більша частка корисних енерговитрат відносно всієї витраченої енергії.

5.  *Визначення оптимальних рухових режимів* (найкращої техніки рухових дій та найкращої тактики рухової діяльності) здійснюється на завершальному етапі біомеханічного аналізу.

*Оптимальним (*від лат. *орtімus* –найкращий*) називається найкращий варіант із усіх можливих.* У спорті (а останнім часом і в оздоровчій фізкультурі) постійно ведеться пошук оптимальних варіантів техніки й тактики та визначення ступеня відповідності реального рухового режиму оптимальному. Тим самим вирішується завдання оптимізації рухової діяльності або її раціоналізації.

*Оптимізацією називають вибір найкращого варіанта з числа можливих.* Але що таке найкращий варіант рухової діяльності? Загальної відповіді на це питання не існує, оскільки все залежить від конкретної ситуації та поставленої мети. Тому критерії оптимальності, тобто показники, які вико­ристовуються для оцінки ступеня досягнення поставленої мети, різні.

*Економічність* рухової діяльності обернено пропорційна енергії, затрачуваній на одиницю виконуваної роботи або метр пройденого шляху. Це найважливіший критерій оптимальності.

*Механічна продуктивність* тим вища, чим більший обсяг роботи виконується за визначений час або чим швидше виконується даний обсяг роботи.

*Точність рухових дій.* Виокремлюють два їїрізновиди – цільову точність і точність відтворення заданої зовнішньої картини рухів (наприклад, при виконанні «школи» у фігурному катанні). Цільова точність оцінюється відхиленням точки влучення від центра мішені (наприклад, у стрільбі) або відношенням кількості успішно виконаних рухових дій до їх загальної кількості (удари в боксі та спортивних іграх, кидки в боротьбі тощо).

*Естетичність* оцінюється близькістю кінематики (тобто зовнішньої картини руху) до естетичного ідеалу – загальноприйнятого чи прийнятого в даному виді спорту (фігурному катанні, художній гімнастиці, синхронному плаванні тощо).

*Комфортабельними* вважаються плавні рухи. Чим більше хитається тіло при ходьбі, бігу тощо, тим нижчою є комфортабельність.

*Безпека* тим вища, чим менша ймовірність травми.

**Функціональний та системно-структурний підходи до вивчення рухової діяльності.** Трудомісткість біомеханічного аналізу й користь від нього залежать від того, наскільки педагог прагне вивчити техніку та тактику своїх учнів. Розрізняють системно-структурний і функціональний підходи до аналізу рухової діяльності.

*Функціональний підхід* дозволяє виявити ті чи інші недоліки техніки й тактики.

*Системно-структурний підхід* дає більш конкретні рекомендації. Педагог, що застосовує при навчанні своїх учнів системно-структурний підхід, прагне пізнати склад і структуру рухової діяльності, тобто отримати відповідь на питання, з яких елементів вона складається і як вони між собою пов’язані. Крім того, з’ясовують внутрішні механізми, тобто з’ясувати, чому рухові дії виконані саме так, а не інакше. Найбільш поширеним прийомом системно-структурного підходу є поділ рухової дії на частини («фази») за визначеними правилами.

Функціональний і системно-структурний підходи до аналізу й удосконалення рухової діяльності доповнюють один одного. Застосовуючи системно-структурний підхід, педагог здійснює аналіз від складного до простого. Елементи рухової діяльності, що знаходяться на нижній ієрархічній сходинці, залишаються нерозкритими, недеталізованими та розглядаються вже з позицій функціонального підходу. Рівень, на якому системно-структурний підхід переходить у функціональний, залежить від розв’язуваних завдань.

**Питання для контролю**

1. Що вивчає біомеханіка й біомеханіка фізичних вправ?
2. Визначте основні завдання біомеханіки фізичних вправ.
3. Назвіть основні розділи біомеханіки фізичних вправ.
4. Розкрийте зміст етапів біомеханічного аналізу.
5. Поясніть призначення біомеханічних характеристик.
6. Що таке оптимізація рухової діяльності?
7. Що таке топографія працюючих м’яз?
8. Назвіть критерії оптимальності рухової діяльності.
9. У чому полягає різниця між такими поняттями, як «рух», «рухова дія» «рухова діяльність»?
10. У чому полягає відмінність між системно-структурним і функціональним підходом до аналізу рухової діяльності?

**Тема 2. Основи біомеханічного контролю**

**Біомеханічний контроль як елемент системи комплексного контролю у фізичному вихованні та спортивно-оздоровчій діяльності.** Рухова майстерність людини, її вміння в будь-яких умовах рухатися швидко, точно й красиво, залежить від рівня фізичної, технічної, тактичної, психологічної та теоретичної підготовленості. Ці п'ять чинників культури рухів є визначальними у спорті, фізичному вихованні школярів і під час занять масовими формами фізичної культури. Для удосконалювання рухової майстерності й навіть для збереження її на досягнутому рівні необхідний контроль за кожним із названих чинників.

Об'єктом біомеханічного контролю слугує моторика людини. Отже, завдяки біомеханічному контролю можна отримати інформацію:1) про техніку рухових дій і тактику рухової діяльності; 2) про витривалість, силу, швидкість, спритність і гнучкість, які забезпечують високий рівень техніко-тактичної майстерності.

Біомеханічний контроль дає відповідь на три питання:1. Що робить людина? 2. Наскільки добре вона це робить? 3. Завдяки чому вона це робить?

Процедура біомеханічного контролю відповідає такій схемі:

*Контроль = тестування + оцінювання результатів*

*(вимірювання) вимірювання або тестування*

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

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

*Шкала порядку* виникає, коли складові шкали числа впорядковані за рангами, але інтервали між рангами не можна точно виміряти.

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

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

*Тіло відліку – це умовно обране тверде тіло, відносно якого визначають розташування інших тіл у різні моменти часу.* З тілом відліку пов’язують початок і напрямок вимірювання відстані та визначають одиниці відліку.

Для опису руху використовують природній, векторний і координатний способи.

*Природній спосіб* передбачає визначення координати тіла шляхом розрахунку від початку відліку 0, обраного на наперед відомій траєкторії. *Векторний спосіб* передбачає визначення координати тіла через радіус-вектор, проведений з центру 0 даної системи координат до точки, координати якої визначають. При *способі прямокутних координат* (на площині та в просторі) точку перетину взаємно перпендикулярних координатних осей 0 (початок координат) приймають за початок відліку.

Визначають одиниці вимірювання відстані – лінійні та кутові.

*У систему відліку часу включають певний початок і одиниці відліку.*

За початок відліку часу приймають: а) північ – у всіх закладах, на підприємствах зв’язку та ін.; б) північ і полудень – у звичайних життєвих умовах; в) суддівський час – в умовах змагань.

За одиницю відліку часу приймають секунду, частки секунди. Напрямок відліку часу в дійсності – від минулого до майбутнього. Досліджуючи рух, можна відраховувати час і в зворотному напрямку – до минулого (за 0,02 с до удару; 0,05 с до відривання ноги від опори тощо).

**Поняття про біомеханічні характеристики.** Для того щоб оцінити окремі рухи, зіставити їх між собою, визначають їх *біомеханічні характеристики*. *Біомеханічними характеристиками називаються показники, які використовують для кількісного опису й аналізу рухової діяльності.* Розрізняють біокінематичні, біодинамічні й енергетичні характеристики рухів тіла людини. У них різне призначення: кінематичні характеризують зовнішню картину рухової діяльності, динамічні несуть інформацію про причини зміни рухів, енергетичні дають уявлення про механічну продуктивність і економічність.

**Кінематичні характеристики (просторові, часові, просторово-часові).** Кінематика рухів визначає геометрію (просторову форму) рухів та їх зміни у часі (характер) без урахування маси та діючих сил. Вона дає цілісне уявлення лише про зовнішню картину рухів. Причини виникнення та зміни рухів (їх механізм) розкриває вже динаміка.

Кінематичні характеристики тіла людини та її рухів визначають положення та рух людини у просторі та часі. До них належать просторові, часові та просторові-часові.

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

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

При виконанні рухової дії положення тіла або спортивного снаряда змінюється. При цьому їх матеріальні точки рухаються в просторі по лініях, що називаються *траєкторіями*. У прямолінійному русі траєкторія (вектор) не змінюється, і шлях визначається відстанню по прямій між кінцевим і початковим положенням тіла – *лінійне переміщення* (∆S). У криволінійному русі напрямок змінюється і шлях визначається відстанню по траєкторії між кінцевим і початковим положенням тіла з урахуванням кривизни траєкторії. Лінійне переміщення вимірюється в одиницях довжини (метрах).

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

**Часові характеристики** визначають рух у часі: коли він розпочався і закінчився (момент часу), як довго тривав (тривалість руху), як часто виконувався рух (темп), як він був побудований у часі (ритм). Разом із просторово-часовими характеристиками вони визначають характер руху людини.

*Момент часу – часова характеристика положення точки тіла і системи.*  Момент часу визначають не лише для початку й закінчення руху, але й для визначення часу закінчення одної фази руху та початку наступної.

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

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

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

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

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

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

*Швидкість точки – це просторово-часова характеристика руху точки (швидкості зміни її положення).* Швидкість – величина векторна, вона характеризує швидкість руху та його напрямок. Швидкість визначається шляхом ділення довжини пройденого шляху на час, який був затрачений на переміщення.

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

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

**Інерційні характеристики.** Різні тіла зберігають швидкість незмінною при відсутності зовнішніх впливів. Ця властивість, яка не має міри, називається *інерцією* (у перекладі з лат. Інерція означає бездіяльність). Різні тіла змінюють швидкість під впливом сил по-різному. Отже, ця їх властивість має міру. Її називають *інертністю.*

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

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

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

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

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

**Силові характеристики** визначають зв’язок дії сили зі зміною руху.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Енергетичні характеристики рухової діяльності людини.** Під час рухів людини сили, які докладаються до її тіла виконують роботу й змінюють положення і швидкість ланок тіла, що змінює його енергію. До е*нергетичних характеристик належать:*  робота сили, потужність сили, механічна енергія тіла (кінетична й потенційна).

*Механічна робота* являє собою добуток сили на переміщення.

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

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

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

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

До енергетичних характеристик також належить: 1) *енергетична вартість метра шляху,* або одиниці корисної роботи. Для того щоб визначити енергетичну вартість бігу, потрібно розділити швидкість затрат метаболічної енергії на швидкість бігу; 2) *пульсова вартість метра шляху,* або одиниці корисної роботи. Наприклад, пульсова вартість ходьби, бігу й інших циклічних локомоцій визначається за формулою:



**Особливості біомеханічних характеристик поступального та обертального рухів.** Біомеханічні характеристики описують поступальні й обертальні рухи. *Поступальним* називається такий рух, при якому всі точки тіла переміщуються за однаковими траєкторіями. При *обертальному* русі тіла точки, що рухаються, переміщуються по кругових траєкторіях, центри яких лежать на осі обертання (осі суглоба). Але в більшості рухів людини поступальний і обертальний компоненти існують одночасно, такі рухи називаються *складними.* Причому руховий апарат людини улаштований так, що всі рухи (у тому числі й поступальні) утворюються з комбінацій обертальних рухів у суглобах.

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

Розрізняють абсолютну й відносну похибки вимірювання. *Абсолютною похибкою* називається величина, що дорівнює різниці між результатом вимірювання (А) та істинним значенням вимірюваної величини (А0) – ∆А=А–А0. Абсолютна похибка виміряється в тих же одиницях, що і сама вимірювана величина.

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

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

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

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

Похибки вимірювання бувають систематичними й випадковими.

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

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

**Кількісна оцінка техніко-тактичної майстерності.** *Техніко-тактичну майстерність*, або рухову культуру, людини обумовлюють:1) обсяг техніки й тактики; 2) різнобічність техніки і тактики; 3) ефективність і раціональність техніки й тактики;4) рівень оволодіння технікою та тактикою.

*Обсягом техніки* називається сукупність технічних прийомів, якими володіє людина. *Обсяг тактики* – сукупність тактичних варіантів, якими володіє спортсмен або спортивний колектив.

Для контролю за обсягом техніки й тактики використовують шкали найменувань.

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

Технічний арсенал кожного виду спорту складається з груп технічних елементів. Наприклад, техніка боротьби включає в себе прийоми боротьби в стійці та в партері. А обсяг техніки гімнаста складається з технічних елементів, виконуваних на різних снарядах. *Техніка* вважається  *різнобічною*, якщо в ній однаковою мірою представлені технічні прийоми з різних груп.

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

1) показати найкращий для себе результат (тактика рекорду);

2) перемогти (стати призером, фіналістом) незалежно від того, який результат буде продемонстровано (тактика перемоги).

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

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

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

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

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

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

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

**Тестування та педагогічне оцінювання в біомеханіці.** У перекладі з англійської *test* означає «спроба», «іспит». У біомеханіці тестуванням називається контрольне випробування людини, здійснюване для визначення її технічної та тактичної підготовленості. Можна сказати і так: *тестування – це непряме вимірювання..*

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

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

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

Якість тесту залежить від його інформативності й надійності.

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

Розрізняють інформативність змістову (логічну) й емпіричну (обумовлену експериментально). *Змістова інформативність* визначається «логічно», із розумінь здорового глузду. Але нерідко для визначення емпіричної інформативності необхідні методи, які ґрунтуються на обчисленні коефіцієнта інформативності.

*Коефіцієнт інформативності* – це коефіцієнт кореляції між результатами тестування й результатами вимірювання критерію інформативності. *Критерієм інформативності* може слугувати: 1) результат, показаний на спортивних змаганнях; 2) спортивна кваліфікація; 3) експертна оцінка тієї якості, яка тестується.

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

Як і інформативність, надійність оцінюється за величиною коефіцієнта кореляції. *Коефіцієнтом надійності* є коефіцієнт кореляції між двома рядами результатів, отриманих під час першого та другого тестування групи людей.

Різновидами надійності є відтворюваність і об'єктивність. Методом повторного тестування перевіряється *відтворюваність* результатів тестування. Відтворюваність тесту висока, якщо при другому тестуванні спортсмени ранжуються так само, як і при першому.

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

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

*Найважливішим параметром шкали педагогічних оцінок є її форма.* Перцентильні шкали мають сигмовидну форму. Інші шкали мають іншу форму. Найбільш поширеними є пропорційні, регресуючи та прогресуючі шкали оцінок. Регресуючі шкали визначають найбільший приріст оцінки за підвищення результату в області низьких результатів, тим самим стимулюється масовість спорту. Прогресуючі шкали, навпаки, стимулюють прагнення спортсменів до найвищих досягнень. У пропорційній шкалі заохочення за приріст майстерності не залежить від рівня показаних результатів.

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

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

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

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

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

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

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

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

1) найменший латентний час рухової реакції, тобто часовий інтервал між світловим або звуковим сигналом («стимулом») і початком рухової дії;

2) найбільшу швидкість одиночного руху (рукою, ногою тощо);

3) найбільший темп циклічних рухів (наприклад, боксерських ударів) або найбільшу швидкість пересування (наприклад, у спринтерському бігу).

У кожній групі величезна кількість тестів. Який з них обрати? Відповідати на це питання стало легше після того, як було визначено, що результати тестів однієї й тієї ж групи взаємозалежні, а результати тестів різних груп не пов'язані між собою.

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

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

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

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

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

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

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

**Автоматизація біомеханічного контролю.** Біомеханічний контроль можна здійснювати по-різному. Найпростіше – спостерігати й записувати результати спостережень. Але при цьому багато чого не буде враховано, а отже, ніхто не зможе поручитися за точність отриманих результатів.

Набагато плодотворнішим, хоч і більш складним, є автоматизований контроль. *Сьогодні процес «живого споглядання», спостереження за об'єктом дослідження немислимий без використання вимірювальної апаратури.*

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

**Питання для контролю**

* + - 1. Розкрийте сутність біомеханічного контролю.
      2. Що таке вимірювання?
      3. Що таке шкала вимірювань?
      4. Назвіть шкали вимірювань, які використовуються у фізичному вихованні та спорті.
      5. Що включає в себе система відліку відстані та часу?
      6. Поясніть призначення кінематичних характеристик.
      7. Що визначають просторові характеристики?
      8. Що визначають часові характеристики?
      9. Що визначають просторово-часові характеристики?
      10. Поясніть призначення динамічних характеристик.
      11. Що таке інерційні характеристики?
      12. Дайте визначення таких понять, як «інерція», «інертність», «маса тіла», «радіус інерції», «момент інерції тіла», «центр мас і ваги». Що вони характеризують?
      13. Що таке силові характеристики?
      14. Дайте визначення таких понять, як «сила», «момент сили», «плече сили», «імпульс сили», «імпульс моменту сили», «кількість руху», «кінетичний момент». Що вони характеризують?
      15. Поясніть призначення енергетичних характеристик.
      16. Дайте визначення таких понять, як «робота сили», «потужність сили», «потенційна і кінетична енергія», «повна енергія тіла», «енергетична вартість метра шляху», «пульсова вартість метра шляху». Що вони характеризують?
      17. У чому полягає відмінність між біомеханічними характеристиками поступального й обертового рухів?
      18. У чому полягає кількісна оцінка техніко-тактичної майстерності?
      19. Що таке тест? Як визначається якість тесту?
      20. Назвіть шкали педагогічного оцінювання у фізичному вихованні та спорті.

**Розділ 2. Руховий апарат людини. Біомеханічні основи рухових якостей. Диференціальна та прикладна біомеханіка**

**Тема 3. Руховий апарат людини**

**Руховий апарат людини як біомеханічна система, її склад та структура.** Руховий апарат людини – це саморушійний механізм, що складається з 600 м'язів, 200 кісток, декількох сотень сухожиль. Ці цифри приблизні, оскільки деякі кістки (наприклад, кістки хребетного стовпа, грудної клітки) зрослися, а багато м'язів мають декілька голівок (наприклад, двоголовий м'яз плеча, чотириголовий м'яз стегна) або поділяються на безліч пучків (дельтоподібний, великий грудний, прямий м'яз живота, найширший м'яз спини і багато інших). Вважається, що рухову діяльність людини за складністю можна порівняти з людським мозком – найбільш довершеним утворенням природи. І подібно до того, як вивчення мозку починають з дослідження його елементів (нейронів), так і в біомеханіці насамперед вивчають властивості елементів рухового апарата.

Руховий апарат складається з ланок. *Ланкою* називається частина тіла, розташована між двома сусідніми суглобами чи між суглобом і дистальним кінцем. Наприклад, ланками тіла є кисть, передпліччя, плече, голова і т.д.

У людському тілі близько 70 ланок. Для вирішення більшості практичних завдань достатньо 15-ланкової моделі людського тіла. Зрозуміло, що в 15-ланковій моделі деякі ланки складаються з декількох елементарних ланок. Тому такі укрупнені ланки доцільно називати *сегментами*.

Знаючи, які маси й моменти інерції ланок тіла і де розташовані їх центри мас, можна вирішити багато важливих практичних завдань, зокрема визначити кількість руху*;* визначити кінетичний момент; оцінити, наскільки легко/важко керувати швидкістю тіла або окремої ланки; визначити ступінь стійкості тіла тощо.

**Геометрія мас тіла людини.** Геометрією мас називається розподіл мас між ланками тіла та всередині них. Геометрія мас тіла людини описується мас-інерційними характеристиками. Найважливіші з них – маса, радіус інерції, момент інерції та координати центру мас.

Маса (m) – це кількість речовини (в кілограмах), що міститься в тілі або окремій ланці. Маса є кількісною мірою інертності тіла відносно до діючої на нього сили.

Момент інерції – це кількісна міра інертності тіла при обертальному русі, що визначається множенням маси тіла й квадрата радіуса інерції.

Радіус інерції – це середня відстань від осі обертання (наприклад, від осі суглоба) до матеріальних точок тіла.

Центром мас називається точка, де перетинаються лінії дії всіх сил, що зумовлюють поступальний рух тіла та не викликають його обертання. В полі гравітації (коли діє сила тяжіння) центр мас збігається з центром ваги.

Центр тяжіння – це точка, до якої прикладена рівнодіюча сил тяжіння всіх частин тіла.

Положення загального центра мас тіла або загального центра ваги тіла (ЗЦТТ) визначається тим, де знаходяться центри мас окремих ланок.

**Механічні властивості кісток і суглобів.** Механічні властивості кісток визначаються їхніми різноманітними функціями. Крім рухової, вони виконують захисну й опорну функції. Кістки черепа, грудної клітки й таза захищають внутрішні органи. Опорну функцію виконують кістки кінцівок і хребта.

Кістки ніг і рук довгасті та трубчасті. Трубчаста будова кістки забезпечує протидію значним навантаженням і разом з тим у 2-2,5 рази знижує їх масу та суттєво зменшує моменти інерції.

Розрізняють чотири види механічного впливу на кістку: розтягування, стискання, вигинання і скручування.

Механічні властивості суглобів залежать від їхньої будови. Суглобова поверхня зволожується синовіальною рідиною, яка сприяє зменшенню коефіцієнта тертя в суглобі приблизно в 20 разів.

Міцність суглобів, як і міцність кістки, небезмежна. Так, тиск у суглобному хрящі не повинен перевищувати 350 Н·см-2. При більш високому тиску припиняється змащення суглобного хряща і зростає небезпека його механічного стирання. Це потрібно враховувати особливо при проведенні туристичних походів (коли людина несе важкий вантаж) і при організації оздоровчих занять з людьми середнього та літнього віку.

**Біокінематичні ланцюги, їх ступені свободи.** Біокінематична пара – це рухливе (кінематичне) з'єднання двох кісткових ланок, можливості рухів у якому визначаються його будовою та переважним впливом м'язів.

Біокінематичний ланцюг – це послідовне або розгалужене з'єднання ряду біокінематичних пар.

Число ступенів свободи ланки відповідає кількості його незалежних переміщень (лінійних і кутових).

Число ступенів свободи в біокінематичних ланцюгах визначається числом біокінематичних пар, що входять у ланцюг, його будовою та переважним впливом м'язів.

**Ланки тіла як важелі першого та другого роду.** Кістки як тверді ланки, що з’єднані рухомо, утворюють основу біокінематичної ланки. Прикладені сили діють на ланки як важелі й маятники. Рухи кісток підпорядковані законам механіки, їх можна розглядати як рухи *важелів.*

У живому організмі розрізняють важелі *першого* та *другого* роду. Важіль *першого* роду (важіль *рівноваги*) характеризується тим, що жорстке, тобто негнучке тіло (наприклад, кістка чи кілька кісток, які беруть участь в будові цілісного кісткового утворення – череп, таз) в одній своїй точці має місце опори, по боках від якої прикладено дві сили, що діють в одному напрямку – сила м'язової тяги й сила тяжіння.

Важіль *другого* роду (важіль *сили* та важіль *швидкості*) – це таке жорстке тіло (наприклад, кістка або система кісток), яке в одній своїй точці має місце опори, а до двох інших його точок, що знаходяться з одного боку від місця опори, прикладені сили в різних напрямках.

Важіль *сили* (наприклад, стопа) – сила м'язової тяги прикладена далі від місця опори, ніж інша сила – сила тяжіння, тобто плече сили м'язової тяги більше від плеча сили тяжіння.

Важіль *швидкості* (наприклад, плече або передпліччя) – сила м'язової тяги прикладена ближче до місця опори, ніж сила тяжіння, тобто плече сили м'язової тяги менше від плеча сили тяжіння.

*Умови рівноваги важеля*: рівність обертальних моментів двох сил – сили м'язової тяги й сили тяжіння.

Руки й ноги людини можуть здійснювати коливальні рухи. Це робить наші кінцівки схожими на *маятники.* Найменші витрати енергії на переміщення кінцівок відзначаються тоді, коли частота рухів на 20-30% більша за частоту власних коливань руки чи ноги.

*Резонансна* (тобто наближена до власної частоти коливань руки чи ноги), частота кроків або гребків при ходьбі, бігу, плаванні мінімізує витрати енергії.

Висока економічність рухів, які виконуються з резонансною частотою, пояснюється тим, що коливальні рухи верхніх і нижніх кінцівок супроводжуються *рекуперацією механічної енергії* (від лат. *recuperatio* – отримання назад, повернення або повторне використання). Найпростіша форма рекуперації – перехід потенційної енергії в кінетичну, потім знову в потенційну і т.д. При резонансній частоті рухів такі перетворення здійснюються з мінімальними втратами енергії.

**Біомеханічні властивості м’язів.** Біомеханічними властивостями м'язів є скоротливість, пружність, твердість, міцність і релаксація.

*Скоротливість* – це здатність м'яза скорочуватися при збудженні. У результаті скорочення відбувається укорочення м'яза і виникає сила тяги.

*Пружні властивості м'яза* – це здатність м'яза відновлювати первісну довжину після усунення деформуючої сили.

*Твердість* – це здатність протидіяти силам, що прикладаються.

*Міцність* м'яза оцінюється величиною сили, яка його розтягує, при якій відбувається розрив м'яза.

*Релаксація* – властивість м'яза, що виявляється в поступовому зменшенні сили тяги при постійній довжині м'яза.

**Режими скорочення та різновиди роботи м’язів. Групові взаємодії м’язів.** М'язи, прикріплені сухожиллями до кісток, функціонують в ізометричному й анізометрічному режимах.

При ізометричному (утримувальному) режимі довжина м'яза не змінюється (від грец. «ізо» – рівний, «метр» – довжина). Наприклад, в режимі ізометричного скорочення працюють м'язи людини, яка підтягнулася та утримує своє тіло в цьому положенні.

При анізометричному скороченні м'яз укорочується або подовжується. В анізометричному режимі функціонують м'язи бігуна, плавця, велосипедиста тощо.

Анізометричний режим має два різновиди. У долаючому (міометричному) режимі м'яз укорочується в результаті скорочення. А в поступливому (пліометричному) режимі м'яз розтягується зовнішньою силою.

Ізометричному режиму скорочення м'язів відповідає статичний режим роботи м'язів. Він характеризується відносно постійною довжиною й напруженням м'язів при незмінній позі та збереженні положення тіла.

Анізометричному режиму скорочення м'язів відповідає динамічний режим роботи м'язів. Він характеризується участю м'язів (зі зміною їх довжини і напруження) в активних рухах, що забезпечує виконання механічної роботи й рухового завдання.

Різновидами групової взаємодії м'язів є синергізм та антагонізм.

М'язи-синергісти переміщують ланки тіла в одному напрямку. М'язи-антагоністи (на противагу м'язам-синергістам) характеризуються різноспрямованою дією. Так, якщо один з них виконує долаючу роботу, то інший – поступливу.

Саме м'язи-антагоністи забезпечують високу точність рухових дій і запобігають травмам.

**Питання для контролю**

1. Розкрийте сутність поняття «руховий апарат людини».
2. З яких основних елементів складається руховий апарат людини?
3. Що таке біокінематичні ланцюги?
4. Що таке геометрія мас тіла людини?
5. Поясніть, яке практичне значення має визначення особливостей біоланок людини.
6. Розкрийте сутність поняття «ступінь свободи рухів».
7. Яким чином розглядають ланки тіла людини як важелі та маятники?
8. Що називається важелем першого роду?
9. Що називається важелем другого роду?
10. Чим відрізняються важіль сили та важіль швидкості?
11. Розкрийте сутність резонансної частоти та рекуперації механічної енергії.
12. Назвіть біомеханічні якості м’язів.
13. Поясніть, чим обумовлені механічні властивості кісток і суглобів.
14. Назвіть режими скорочення та відповідні їм різновиди роботи м’язів.

**Тема 4. Біомеханічні основи рухових якостей**

**Біомеханічні основи витривалості.** *Витривалість* – це така рухова якість людини, яка характеризує її працездатність і може виявлятися нею протягом певного часу; оцінити її можна тільки за умови суворої регламентації заданих біомеханічних характеристик рухових дій.

*Ергометрія –* сукупність кількісних методів вимірювання фізичної працездатності людини.

Коли людина виконує достатньо тривалий час рухове завдання, дослідники завжди мають справу з трьома основними перемінними:

1. *Інтенсивність рухового завдання.* Поняття «інтенсивність рухового завдання» позначає одну з трьох механічних величин: а) швидкість спортсмена (наприклад, біг, який вимірюється в м·с–1); б) потужність (педалювання на велоергометрі; одиниця вимірювання – вати); в) сила (статичні зусилля; одиниця вимірювання – ньютони).

2. *Обсяг рухового завдання.* Позначає одну з трьох механічних величин: а) подолана відстань (наприклад, біг; одиниця вимірювання – метри); б) виконана робота (оберти педалей велоергометра; одиниця вимірювання – джоулі); в) імпульс сили (статичні зусилля; одиниця вимірювання – ньютони-секунди).

3. *Час виконання* (одиниця вимірювання – секунди).

Показники інтенсивності, обсягу та часу виконання рухового завдання називаються *ергометричними показниками.* Один з них завжди задається як параметр рухового завдання; два інших – вимірюються. Результати, які отримані в завданнях одного типу (біг із заданою швидкістю), можна переносити на завдання іншого типу (біг на певну дистанцію), якщо значення часу, інтенсивності чи обсягу рухових завдань, які задаються, співпадають. Це так зване *правило зворотності рухових завдань.*

**Енергетичний потенціал.** Згідно із законом збереження енергії будь-яка робота може бути виконана лише за умови витрати енергії. Чим більшу роботу виконав спортсмен, тим більше енергії він витратив. І навпаки, *чим більший енергетичний потенціал людини, тим більша її фізична працездатність, тобто витривалість.*

З курсу біохімії відомо, що в організмі людини є два джерела енергопродукції – анаеробний і аеробний. Найбільша величина енергії, яка утворюється під час м’язової роботи, визначається величинами: а) максимального кисневого боргу; б) кисневою ємністю, тобто добутком часу роботи на швидкість споживання кисню (л·хв–1).

*Витривалість залежить не лише від енергетичного потенціалу людини, але й від уміння економно витрачати запас енергії.*

У спорті вищих досягнень, де енергетичні можливості спортсменів близькі, економічність навіть більш важлива, ніж енергетичний потенціал.

**Етапи перетворення енергії при руховій діяльності людини.** Перш ніж перейти до розгляду шляхів економізації рухів і тим самим підвищення витривалості, потрібно усвідомити, від чого залежить економічність. Основними чинниками економічності є інтенсивність м’язової роботи, техніка рухових дій та обраний тактичний варіант. Для більш докладного аналізу простежимо ланцюг перетворень метаболічної енергії м’язового скорочення в корисний результат рухової діяльності (рис. 1).

|  |
| --- |
| Теплові витрати енергії |

|  |
| --- |
| 1 Метаболічна енергія м’язів |

|  |
| --- |
| 2 Повна механічна енергія |

|  |
| --- |
| Робота внутрішніх органів |

|  |
| --- |
| Внутрішня енергія |

|  |
| --- |
| Робота в  по­перечному напрямку |

|  |
| --- |
| Неприхована механічна робота |

|  |
| --- |
| Зовнішня робота |

|  |
| --- |
| 3 Робота в поздовжньому напрямку |

Рис. 1. Етапи перетворення енергії під час рухової діяльності людини;суцільними лініями показана енергія, яка витрачається,   
пунктир – потік рекуперованої енергії, × – знак суми потоків енергії

Як відомо, будь-яка форма активності живого організму забезпечується енергією, що акумульована в молекулах аденозинтрифосфату (АТФ). Але лише близько 25% енергії АТФ переходить у механічну при м’язовому скороченні. Інші 75% енергетичного запасу витрачаються на теплотворення.

**Повна механічна енергія** створюється за рахунок механічної роботи, яка здійснюється всіма без винятку м’язами тіла. Її зручно розглядати як суму неприхованої механічної роботи та прихованої від нашого погляду роботи внутрішніх органів (серця, дихальної мускулатури, а також м’язів-антагоністів у тих випадках, коли їх напруження надмірне, нераціональне).

*Неприхована механічна робота* складається з внутрішньої та зовнішньої роботи. *Внутрішньою* називають роботу, здійснювану при переміщенні окремих сегментів тіла (у першу чергу рук і ніг) відносно загального центра мас (ЗЦМ); *зовнішньою* – роботу з переміщення всього тіла, маса якого зосереджена в точці ЗЦМ.

І нарешті, зовнішня механічна робота включає в себе *поздовжню* роботу, за рахунок якої людина, що рухається, або спортивний снаряд переміщається в потрібному напрямку, і непродуктивну *поперечну* роботу.

Повна механічна енергія людського тіла складається із фракцій, частина з яких забезпечує виконання корисної роботи, а інша частина непродуктивна і її варто по можливості зменшувати. Відповідно до цього рекомендації, спрямовані на підвищення витривалості, можна умовно розподілити на п’ять груп.

*По-перше*, рекомендується уникати зайвих, непродуктивних м’язових скорочень і напруження.

*По-друге*, варто зменшувати зайві, непродуктивні рухи.

*По-третє,* доцільно використовувати рекуперацію енергії.

*По-четверте,* рекомендується обирати оптимальну за економічністю інтенсивність рухової діяльності.

*По-п’яте,* варто здійснювати оптимальні рухові переключення.

**Принцип мінімуму енерговитрат.** Оптимальна за економічністю інтенсивність рухової діяльності (наприклад, швидкість пересування) залежить від фізичної працездатності людини та змінюється при зміні зовнішніх умов. Чим вища фізична працездатність і комфортніші умови, тим вища найбільш економічна швидкість. Якщо людина хоче пересуватися з мінімальними енерговитратами, вона повинна змінити («переключити») швидкість відповідно до мінливих умов і власного стану.

Теоретичною основою вибору оптимальної інтенсивності рухів у кожній конкретній ситуації слугує *принцип мінімуму енерговитрат*, відповідно до якого *психічно нормальна жива істота довільно організує свою рухову діяльність так, щоб звести до мінімуму витрати енергії.*

До біомеханічних способів підвищення витривалості необхідно залучати людину ще в шкільному віці, оскільки *виправити техніку рухових дій набагато важче, ніж сформувати її правильно від самого початку.*

**Біомеханіка сили та швидкості.** *Сила* – це здатність людини долати зовнішній тиск або протистояти йому за рахунок м’язових зусиль.

Сила як фізична якість поділяється на два відносно самостійних види здібностей – швидкісно-силові та власне силові. Перший вид характеризується зміною довжини м’яза, він притаманний переважно динамічній формі роботи; другий – постійністю довжини м’яза, він пов'язаний зі статичною формою роботи. Швидкісно-силові здібності проявляються при ізотонічному та ізокінетичному режимах м’язових скорочень. Їх максимальним вираженням є вибухова сила.

Власне силові здібності виявляються переважно в умовах ізометричного скорочення. Потреба в розвитку власне силових здібностей у шкільному віці обумовлена закономірностями формування правильної постави при сидінні, ходьбі, бігу тощо. Тривале підтримання правильної постави вимагає не лише розвитку власне силових здібностей, але й розвитку силової витривалості.

Зв’язок «сила дії – швидкість». Рухові якості взаємозалежні. Повною мірою демонструючи одну з них, ми, як правило, перешкоджаємо прояву інших. Ця закономірність особливо яскраво виявляється у зв’язку між силою та швидкістю. Наприклад, при метанні снарядів різної маси важкий снаряд неможливо розігнати до високої швидкості. А при метанні легкого снаряда, навпаки, максимальна швидкість є великою, але сила, що виявляється, незначна. Отже, між найбільшими, рекордними величинами сили та швидкості взаємозв’язок можна охарактеризувати так: чим вищою є максимальна сила, тим нижчою є максимальна швидкість. У той же час при неграничних величинах сили та швидкості має місце інша залежність між ними: чим більша сила, тим більша швидкість вильоту снаряда й дальність його польоту. При штовханні звичайного ядра швидкість і сила мають середні величини.

*Швидкість* – це здатність людини виконувати рухові дії в мінімальний для даних умов проміжок часу.

Виділяють три основні (елементарні) різновиди прояву швидкісних якостей: 1) швидкість одиночного руху; 2) частота рухів; 3) латентний час реакції. Між показниками швидкості одиночного руху, частоти рухів і латентного часу реакції у різних людей кореляція незначна. Елементарні різновиди швидкісних якостей відносно незалежні один від одного. На практиці доводиться, як правило, стикатися з комплексним проявом швидкісних якостей. Так, під час спринтерського бігу результат залежить від часу реакції на старті, швидкості окремих рухів і частоти кроків.

У спорті існують два види завдань, які вимагають прояву максимальної швидкості. У першому випадку необхідно проявити максимальну миттєву швидкість (стрибки – момент відштовхування; метання – при випуску снаряда); динаміку швидкості при цьому обирає сам спортсмен (він може розпочати рух більш повільно або ж стрімко). У другому випадку необхідно виконати з максимальною швидкістю (за мінімальний час) усі рухи (спринтерський біг).

**Біомеханіка стійкості.** Стійкість іноді розглядають як самостійну рухову якість. Це має сенс, оскільки біомеханічні механізми стійкості відрізняються від тих, які забезпечують високу витривалість, силу, швидкість, гнучкість і спритність.

В основі стійкості, як і взагалі в основі координації рухів, лежить принцип зворотного зв'язку. Відхилення від стійкого положення викликає дії, спрямовані на запобігання відхиленню.

Ортоградну (вертикальну) позу людини і стійкість в інших позах забезпечують три ланцюги зворотного зв'язку:

1) замикається через центр рівноваги у внутрішньому вусі;

2) замикаються через зоровий аналізатор і пов'язаний із зовнішніми орієнтирами;

3) кінестетичний (заснований на відчуттях положення власного тіла в просторі), він замикається через пропріорецептори м'язів.

Усі три названі системи стабілізації пози діють одночасно, і відхилення пози від обраної виявляються й усуваються тим швидше, чим кращий стан нервової системи. Функціонування стабілізуючих систем виявляється в треморі (мимовільних коливаннях) ланок тіла. Частота тремору тим вища, а отже, амплітуда тим менша, чим краща фізична, технічна, а також психологічна підготовленість людини.

Але стійкість визначається і суто механічними чинниками. Так, вихід вертикальної проекції загального центра мас тіла за межі площі опори призводить до падіння.

Загальне правило звучить так: *тіло зберігає стійке положення за умови, що сума діючих на нього сил дорівнює нулю і сума їх моментів так само дорівнює нулю.*

**Біомеханічні тренажери.** *Тренажером* називається технічне пристосування, що дозволяє в штучно створених умовах удосконалювати техніко-тактичну майстерність і розвивати рухові якості.

При конструюванні й підборі тренажерів для розвитку рухових якостей і технічної підготовки потрібно прагнути до того, щоб виконувана на тренажері й основна змагальна вправа були однаковими за топографією працюючих м’язів, за відносною потужністю і характером зовнішнього опору. Зовнішній опір може задаватися силами неоднакової фізичної природи. Залежно від цього різні тренажери придатні для опанування різними спортивними рухами.

**Питання для контролю**

1. Назвіть основні чинники витривалості. Наведіть приклади.

2. З яких фракцій складається механічна робота, що здійснюється людиною при виконанні фізичних вправ?

3. Перелічіть способи підвищення економічності рухової діяльності.

4. Які рухові переключення можуть бути використані для підвищення економічності рухової діяльності та механічної продуктивності?

5. У чому полягає сутність принципу мінімуму енерговитрат?

6. Поясніть, яким чином взаємопов'язані силові та швидкісні якості?

7. Від яких основних чинників залежить сила тяги м'яза й сила, яку демонструє людина?

8. За якими критеріями обирається тренажер для розвитку швидкісних і силових якостей в конкретному виді спорту?

9. Які умови забезпечують стійкість тіла?

**Тема 5. Диференціальна біомеханіка**

**Диференціальною біомеханікою** називається розділ біомеханіки, що вивчає індивідуальні та групові особливості рухових якостей і рухової діяльності людей.

**Будова тіла та рухові можливості.** Рухові можливості людей, як і багато індивідуальних якостей спортивної техніки, значною мірою залежать від особливостей будови тіла. До них насамперед належать: а) тотальні розміри тіла – основні розміри, які характеризують його величину (довжина тіла, вага, периметр грудної клітки, поверхня тіла тощо); б) пропорції тіла – співвідношення розмірів окремих частин тіла (кінцівок, тулуба тощо); в) конституційні особливості.

Тотальні розміри тіла в людей суттєво різняться. Для порівняння силових якостей людей різної ваги, як правило, використовують поняття *«відносна сила»,* під яким розуміють величину сили дії, яка припадає на один кілограм власної ваги. Силу дії, яку спортсмен виявляє в будь-якому русі, не зіставляючи її з власною вагою, називають *абсолютною силою.*

Відносна сила = абсолютна сила / власна вага.

У людей однакової тренованості, але різної ваги абсолютна сила із збільшенням ваги зростає, а відносна знижується.

При ходьбі й бігу довжина та частота кроків значною мірою обумовлені розмірами тіла і насамперед довжиною ніг. Наприклад, при однаковій довжині тіла діти більш старшого віку роблять під час бігу кроки більшої довжини, що пояснюється більшою (в середньому) довжиною ніг.

Пропорції та конституціональні особливості тіла, як і тотальні розміри, впливають на вибір виду спорту, вузької спеціалізації в межах даного виду, варіанта спортивної техніки, а також тактики дій у ході змагань (наприклад, у єдиноборствах).

**Вікові зміни рухових можливостей.** *Онтогенезом моторики* називається зміна рухів і рухових можливостей людини протягом її життя. Новонароджена дитина не володіє найпростішими довільними рухами. З віком її рухові можливості розширюються, досягають максимуму та поступово знижуються в процесі старіння.

*Удосконалення рухових можливостей у процесі вікового розвитку відбувається під впливом двох чинників* – *дозрівання і навчання.**Дозрівання*– це генетично обумовлене удосконалення систем організму. *Навчання* – результат педагогічного впливу. Взаємодія цих чинників може носити різний характер: нейтральний, синергічний (односпрямований) або антагоністичний (протилежний). Причому при синергічній взаємодії сумарний ефект більший, ніж сума ефектів від кожного чинника.

**Сенситивні періоди розвитку фізичних якостей.** Педагогічний вплив ефективний лише за умови досягнення визначеного ступеня зрілості організму. У житті людини є *сенситивні періоди* – найбільш сприятливі для оволодіння різними руховими діями або руховими якостями. Подібне до цього явище *імпринтингу* (закарбовування) спостерігається у тварин: відповідна рухова реакція виникає відразу, нібито в готовому вигляді, але лише в тому випадку, коли стимул, що викликає цю реакцію, зявляється в строго визначений період життя.

У людини імпринтинг спостерігається протягом перших 3-5 років життя. Оскільки імпринтинг характеризується швидкістю, тривалістю, необоротністю та міцністю, дуже важливо, щоб мікросуспільству, яке оточує дитину, були притаманні загальнолюдські цінності *–* гуманізм, справедливість, чесність тощо.

*Завдання педагога – поєднати навчальні заходи із сенситивним періодом розвитку і тим самим домогтися синергізму процесів дозрівання та навчання.* Доведено, що в ці періоди можна досягти позитивних зрушень, застосовуючи навіть невеликий обсяг тренувальних вправ на уроках фізичної культури у школі.

У кожному виді рухової діяльності є віковий діапазон, у якому досягаються найвищі спортивні результати.

Рухові можливості людини інтенсивно розвиваються в юності й поступово згасають у зрілому віці. До певної міри це компенсується тренуванням і досвідом, особливо у видах рухової діяльності зі складною технікою та тактикою.

**Руховий вік.** Якщо виміряти результати в якихось швидкісних завданнях великої групи дітей одного віку, то можна визначити середні досягнення, які вони показують. Знаючи потім результати якоїсь дитини, можна встановити, для якого віку в середньому характерний даний результат. Таким чином визначають руховий вік дітей.

Звичайно, не всі діти одного й того ж віку показують однакові результати. Дітей, у яких руховий вік випереджає календарний, називають руховими *акселератами*. Дітей, у яких руховий розвиток відстає, називають руховими *ретардантами*.

Акселерати в одних рухових завданнях можуть бути ретардантами в інших. Наприклад, дитина може випереджати своїх однолітків у силових вправах і відставати у вправах, що потребують прояву витривалості або влучності. Повні акселерати або ретарданти зустрічаються рідко.

**Прогностична інформативність показників моторики.** Часто постає питання про те, які будуть рухові можливості людини через кілька років (наприклад, дитини, коли вона стане дорослою).

*Вік, коли здійснюється прогнозування, прийнято називати* ***ювенільним.*** Величини показників, зареєстровані в цьому віці, називаються ***ювенільними*** *показниками*. На відміну від них *дефінітивні показники* можна буде зареєструвати в дефінітивному віці, для якого робиться прогноз. Наприклад, значення показників у дитячому віці називають ювенільними, а в дорослому – дефінітивними.

**Рухові переваги.** Більшість людей виконує побутові та спортивні рухи певною рукою, ногою, в якусь одну зі сторін тощо. Такі рухові асиметрії називають *руховими перевагами*. Сторона, якій надається перевага, або кінцівка називається *домінантною*. Люди, що однаково володіють обома кінцівками, називаються амбідекстриками (від лат. «амбо» – обидва, «декстер» – правий).

У спорті вміння виконувати технічні дії в обидва боки вважається ознакою високої спортивної майстерності, особливо в єдиноборствах і спортивних іграх. Однак такі рухові амбідекстрики спостерігаються досить рідко, у спортивних іграх вони становлять лише близько 5% від загальної кількості майстрів спорту. Основи такої майстерності потрібно закладати на ранніх етапах навчання спортивної техніки.

**Питання для контролю**

1. Поясніть, як впливають розміри тіла на основні рухові якості.

2. Як пов'язані рухові можливості людини з її віком?

3. У чому полягає різниця між показниками календарного та рухового віку? В яких випадках вони збігаються?

4. Чим відрізняються акселерати від ретардантів?

5. Про що може свідчити високе значення коефіцієнта кореляції між ювенільними й дефінітивними значеннями рухових показників?

6. Які періоди в житті людини називаються сенситивними?

7. Чому в різних видах спорту існує віковий діапазон, в якому спортсмени частіше домагаються видатних результатів?

8. Що означає вираз «домінантна кінцівка»?

9. Як визначається коефіцієнт латеральної переваги?

**Тема 6. Прикладна біомеханіка. Біомеханіка ходьби та бігу**

Ходьба та біг належать до найбільш давніх способів пересування.

За 70 років життя людина робить у середньому 500 мільйонів кроків і долає шлях, який приблизно дорівнює відстані від Землі до Місяця (384 тис. км).

Ми звикли, що йти пішки означає пересуватися повільно. Але наше життя сьогодні настільки інтенсивне, що і ходьба стала стрімкою.

Будучи «фундаментальними людськими рухами», ходьба і біг цікаві самі по собі. Але, крім того, через свою загальнодоступність вони використовуються для вивчення загальних закономірностей циклічних локомоцій.

**Кінематика ходьби та бігу.** Як і у всіх циклічних локомоціях, при ходьбі та бігу швидкість пересування прямо пропорційна довжині кроку й темпу: *v* = Ln/60 хв, де *v* – швидкість пересування (м·с-1); L – довжина кроку (м); n – частота кроків (раз·хв-1). Щоб визначити темп ходьби або бігу реєструють кількість кроків за хвилину, або частоту кроків. Швидкість пересування може бути досягнута при різних поєднаннях довжини та частоти кроків. Збільшити швидкість можна трьома способами: збільшити довжину кроку, прискорити темп, одночасно домогтися збільшення і довжини, і частоти кроків.

**Фазовий склад ходьби й бігу, граничні пози та елементарні дії.** Відомості про швидкість, темп, довжину кроку, тривалість опори, перенесення ноги й польоту необхідні для удосконалення тактики ходьби та бігу і дають загальне уявлення про техніку. Проте їх недостатньо, щоб відповісти на два дуже важливих питання: 1) Як організована рухова дія? 2) Як нею оволодіти?

Для відповіді на ці питання насамперед потрібні більш докладні хронограми.

Розглянемо фазову структуру ходьби. Кожен напівцикл звичайної ходьби складається з п'яти фаз (римські цифри). Фази відділені одна від одної п'ятьма граничними позами (арабські цифри). Назвемо ці пози й фази між ними для одного напівциклу:

1 – відрив стопи правої ноги від опори;

І – підсідання на лівій (опорній) нозі, її згинання в колінному суглобі;

2 – початок розгинання лівої ноги;

II – випрямлення лівої ноги, її розгинання в колінному суглобі;

3 – момент, коли права нога в процесі перенесення почала випереджати ліву;

III – винесення правої ноги з опорою на всю ступню лівої ноги;

4 – відрив п'яти лівої ноги від опори;

IV – винесення правої ноги з опорою на носок лівої ноги;

5 – постановка правої ноги на опору;

V – подвійна опора, перехід опори з лівої ноги на праву.

У другому напівциклі фази та граничні пози ті ж самі, тільки в їх назвах праву ногу потрібно замінити на ліву, а ліву – на праву.

**Топографія м’язів**, які працюють під час бігу, показує, що навантаження прилягає в основному на ті ж м'язи, що і при ходьбі. Однак неоднакова міжм’язова координація (послідовність збудження та розслаблення м'язів) і, крім того, ступінь напруження м'язів при бігу істотно вищий.

**Динаміка ходьби та бігу.** Людина є саморушійною системою, оскільки першопричиною її рухів є внутрішні сили, які створюються м'язами та прикладаються до рухливих ланок тіла. До внутрішніх належать і сили інерції, які прикладаються до ланок тіла («фіктивні» сили інерції) або до зовнішніх предметів («реальні» сили інерції).

*Сила інерції* (Fін) дорівнює добутку маси всього тіла або окремої ланки на його прискорення; спрямована у бік, протилежний прискоренню.

Поряд із внутрішніми на людину діють *зовнішні сили.* При ходьбі й бігу до них належать: сила тяжіння, сила реакції опори, сила опору повітря.

*Сила тяжіння* (гравітаційна сила) прикладена до центра мас і дорівнює добутку маси тіла на прискорення земного тяжіння: G=mg (g=9,8 м·с2).

*Сила лобового опору* повітря прикладена до центра поверхні тіла. Вона збільшується пропорційно квадрату швидкості.

*Сила реакції опори* не є рушійною силою, але її вимірюють і зображують графічно, для того щоб визначити результат спільної дії всіх сил (і внутрішніх, і зовнішніх).

**Енергетика ходьби та бігу.** При ходьбі й бігу величина механічної енергії залежить від швидкості руху тіла і його ланок, а також їх розташування, тобто кінетичної та потенційної енергії. При ходьбі й бігу людина витрачає енергію не тільки на горизонтальні, але і на вертикальні та поперечні переміщення загального центра мас.

Енерговитрати на 1 м шляху при ходьбі менші, ніж при бігу, але лише при низьких швидкостях пересування. При високих швидкостях біг, навпаки, більш економічний, ніж ходьба. Зона, де більш вигідний біг, відділена від зони, де більш вигідна ходьба, граничною швидкістю. *Гранична швидкість* визначається *числом Фруда* (Ф), яке обчислюється за формулою:  де g – прискорення земного тяжіння (м·с2); *v* – швидкість пересування людини (м·с); L0 – висота загального центра мас тіла в основній стійці (м).

Якщо число Фруда менше одиниці (Ф<1), то більш вигідною є ходьба, а при Ф>1 більш вигідний біг.

**Оптимізація ходьби та бігу.** Для оптимізації ходьби й бігу насамперед необхідно мінімізувати непродуктивні енерговитрати.

У процесі оптимізації ходьби й бігу вирішуються такі завдання:

1) Вибір оптимальної швидкості, довжини кроку та темпу.

1. Зниження вертикальних і поперечних коливань ЗЦМ.

У ходьбі й бігу корисною роботою є лише горизонтальна зовнішня робота. Вертикальні та поперечні переміщення тіла належать до непродуктивних рухів.

*Для усунення непродуктивних переміщень тіла доцільно використовувати повороти таза.*

Зоною економічних режимів називається діапазон швидкостей від оптимальної (найбільш економічної) до граничної, що відповідає рівню анаеробного порогу.

**Питання для контролю**

1. Чим відрізняється ходьба від бігу?

2. Чому на змаганнях зі спортивної ходьби спортсмена знімають з дистанції, якщо в хронограмі його дій фіксується період польоту?

3. Які розбіжності в кінематиці ходьби та бігу?

4. Який механізм відштовхування при ходьбі та бігу? Поясніть роль махових рухів.

5. Які зовнішні сили діють на людину під час ходьби та бігу?

6. Що впливає на величину сили лобового опору повітря та як вона залежить від швидкості пересування?

7. Який характер зміни кінетичної та потенційної енергії при ходьбі й бігу?

8. Які різновиди рекуперації енергії мають місце при ходьбі й бігу?

9. Що таке оптимальна швидкість і оптимальне поєднання довжини та частоти кроків?

10. Що таке зона економічних режимів? Як її визначити і як використовувати ці відомості при програмуванні рухових режимів?

11. Які величини оптимальної швидкості ходьби в людей різного віку?

12. Який вид пересування (біг або ходьба) більш економічний? Чому?

13. Який критерій оптимальності є основним, коли спортсмен прагне досягти максимальної середньої дистанційної швидкості?

**Тема7. Біомеханіка пересування на лижах і велосипеді**

**Біомеханіка пересування на лижах**

Прагнучи підвищити швидкість пересування, людина здавна використовувала різні технічні пристосування. Найбільш популярні й доступні з них – велосипед і лижі.

**Кінематика лижних ходів.** Використовуються різні способи пересування (лижні ходи), вибір яких залежить від рельєфу місцевості, умов ковзання, рівня підготовленості лижника.

Лижні ходи поділяються за способом відштовхування палицями на поперемінні й одночасні. За кількістю кроків в одному циклі виокремлюють двокроковий, чотирикроковий і безкроковий ходи.

*Поперемінний двокроковий хід* використовується на рівнинних ділянках і пологих схилах.

*Одночасний однокроковий хід* використовується на рівнинних ділянках, на пологих підйомах, а також на ухилах при хорошому ковзанні. У кожному циклі лижник робить одне відштовхування одночасно двома палицями й одне відштовхування лижею.

*Одночасний двокроковий хід* – це такий спосіб, коли одне відштовхування палицями припадає на два відштовхування лижами – лівою та правою.

*Одночасний безкроковий хід* використовується на рівнинних ділянках і пологих спусках при звичайному й хорошому ковзанні. Повний цикл одночасного безкрокового ходу складається з одночасного відштовхування двома руками і подальшого двоопорного ковзання на лижах.

*Поперемінний чотирикроковий хід* у змаганнях не використовують через низьку швидкість пересування, але він успішно практикується в туристичних походах. Цикл цього ходу складається з чотирьох ковзних кроків.

Способи пересування на ковзанах широко використовуються з 1981 р. Їх характерною особливістю є відштовхування ковзною лижею.

До найбільш розповсюджених варіантів ковзанярського ходу належать: одночасний напівковзанярський хід (на одне відштовхування руками припадає одне відштовхування ногою), ковзанярський одночасний двокроковий хід (цикл ходу включає в себе одночасне відштовхування палицями і два кроки), ковзанярський одночасний однокроковий хід (одночасне відштовхування обома руками на кожне відштовхування ногою), ковзанярський поперемінний хід (на кожне відштовхування рукою припадає відштовхування однойменною ногою).

**Динаміка пересування на лижах.** Ковзаючи по лижні, лижник відштовхується за допомогою лиж і палиць. При цьому на лижника діють ті ж сили, що й на бігуна, і *сила тертя ковзання*. Її величина дорівнює добутку коефіцієнта тертя ковзання на нормальну (перпендикулярну до лижні) складову сили тиску лижі на сніг. Чим менший коефіцієнт тертя ковзання, тим довший крок і вища швидкість при тих самих енерговитратах. Для зменшення коефіцієнта тертя використовуються лижні мазі.

**Енергетика пересування на лижах.** Енергетичні витрати лижника при пересуванні залежать від довжини дистанції.

Виходячи з тривалості роботи, гонки на лижах відносяться до зони великої (5 і 10 км) та помірної (15, 20, 30, 50, 70 км и більше) відносної потужності. Проте через різку пересіченість сучасних трас більш правильно характеризувати гонки на лижах як роботу змінної потужності.

**Оптимальні режими пересування на лижах.** *Під оптимальними режимами в лижних гонках розуміють оптимальний спосіб пересування, оптимальну динаміку (розкладку) дистанційної швидкості й оптимальне поєднання довжини та частоти кроків.*

Пересування на лижах більше, ніж біг, вимагає економії енергії, оскільки лижник виконує м'язову роботу кілька десятків хвилин або навіть кілька годин поспіль. Тому для пересування на лижах знайдено вікові стандарти найбільш економічної та граничної (такої, що відповідає анаеробному порогу) швидкості, а також найбільш економічні поєднання довжини та частоти кроків.

**Біомеханіка їзди на велосипеді**

Велосипед – найпоширеніший технічний засіб пересування на земній кулі.

Їзда на велосипеді – найбільш раціональний спосіб пересування, оскільки завдяки сідлу, що підтримує і стабілізує тіло, до мінімуму знижуються витрати енергії на переміщення тіла в просторі. Адже активні тільки ноги велосипедиста, обертальний рух яких забезпечує поздовжнє переміщення тіла.

**Кінематика педалювання.** Процес обертання шатунів велосипеда називають педалюванням. Педалювання є результатом трьох одночасно здійснюваних обертальних рухів: стегна навколо осі, що проходить через тазостегновий суглоб; гомілки відносно колінного суглоба; стопи відносно гомілковостопного суглоба.

**Посадка й техніка педалювання.** *Ефективність рухових дій велосипедиста залежить від посадки й техніки педалювання. Посадкою* називають позу гонщика на велосипеді. Залежно від нахилу тулуба розрізняють низьку, середню та високу посадку. Чим нижча посадка, тим горизонтальніше розташований тулуб і тим менший мідель (тобто найбільша величина площі перетину, перпендикулярного повітряному потоку). Отже, менша й сила лобового опору повітря. Тому гонщики, як правило, застосовують низьку посадку. Але при низьких швидкостях (наприклад, при їзді на велосипеді в оздоровчих цілях) більш звична та зручна середня й висока посадка.

При педалюванні центри ваги лівої ноги та правої рухаються по кругових траєкторіях, а загальний центр ваги обох ніг практично не переміщується відносно велосипеда.

**Динаміка й енергетика педалювання.** Сила, що прикладається до педалі велосипеда, розкладається на дві складові: а) нормальну (перпендикулярну до педалі); б) дотичну, або тангенціальну. Корисною, яка просуває вперед, є лише тангенціальна складова.

При педалюванні доцільно, щоб і права, і ліва нога в кожен момент часу створювали позитивний (який просуває вперед) момент сили. Це неможливо при імпульсному педалюванні й можливо при коловому педалюванні за наявності спеціальних пристосувань – тукліпсів і велошипів. Тукліпси необхідні для підтягування педалі вгору, а шипи – для її проведення, тобто переміщення назад і вперед.

**Топографія працюючих м'язів.** У процесі педалювання безпосередньо беруть участь кістки нижніх кінцівок, таз і м'язи, які здійснюють згинання та розгинання ніг. При натисканні на педаль розгинаються стегно, гомілка та стопа. При цьому активні такі м'язи: сідничний, двоголовий, напівсухожильний, напівперетинковий (розгинання стегна); чотириголовий (розгинання гомілки); литковий, камбаловидний, задній великогомілковий, довгі згиначі пальців, довгий і короткий малогомілковий (розгиначі стопи).

**Оптимальні режими педалювання.** Велосипедисти застосовують кругове імпульсне педалювання. Їх чергування віддаляє настання стомлення.

Ефективність їзди на велосипеді залежить від частоти обертання педалей і вибору передачі. Чим більша передача, тим вища сила дії на педалі й більша відстань, яку долають за один оберт педалей. За останні 40-60 років значне збільшення середньої швидкості на змаганнях відбулося виключно за рахунок збільшення відстані. Темп педалювання практично не змінився.

При виборі режиму педалювання слід враховувати індивідуальні особливості спортсмена та зовнішні умови. Тактика їзди на велосипеді залежить від мети велосипедиста. Наприклад, при прогулянковій їзді основний критерій оптимальності – економічність. Найкращою є тактика стабільної швидкості.

**Питання для контролю**

1. Які способи пересування на лижах вам відомі?

2. Перелічіть переваги й недоліки ковзанярського ходу порівняно із традиційними способами пересування на лижах.

3. Які зовнішні сили впливають на величину енергетичних витрат лижника?

4. Що таке оптимальна швидкість? Як вона пов'язана з віком і фізичною підготовленістю лижників?

5. Для чого потрібні лижні мазі?

6. Яка топографія м'язів, що працюють при різних способах педалювання на велосипеді?

7. З яких компонентів (фракцій) складається механічна робота велосипедиста?

8. Як можна зменшити витрати енергії на подолання опору повітря при їзді на велосипеді й бігу на лижах?

9. Які чинники впливають на оптимальне поєднання темпу й довжини кроку при бігу на лижах і на оптимальний темп педалювання при їзді на велосипеді?

**Тема 8. Біомеханіка плавання**

*Плавання належить до циклічних локомоцій, які реалізуються за принципом відштовхування від рідкого середовища. Плавання є важливою частиною рухової культури людини.*

Існує багато різновидів плавання, але доцільно детально розглянути кроль (найшвидший спосіб) і брас (найлегший).

**Кінематика плавання.** При плаванні кролем повний цикл складається із почергових гребків правою і лівою рукою і визначеної кількості ударів ногами. По кількості цих ударів розрізняють дво- і шестиударний варіанти техніки. У шестиударному кролі на повний цикл рухів руками припадає шість ударів ногами – по три кожною ногою. У двоударному кролі на повний цикл рухів руками виконуються тільки два удари – по одному кожною ногою.

Шестиударний кроль застосовується на спринтерських дистанціях, а двоударний – на стаєрських. Навчання дітей звичайно починають із шестиударного варіанта.

Кожен напівцикл плавання кролем складається із чотирьох фаз. Фази відділені одна від одної чотирма граничними позами:

I фаза – вихід ліктя лівої руки із води; *завдання – якнайменше втрачати швидкість просування вперед;*

II фаза – вихід лівої кисті із води; *завдання – розпочати підвищення швидкості;*

III фаза – проведення ліктя правої руки повз плече; *завдання – підвищити швидкість;*

IV фаза – момент повного занурення лівої руки у воду; *завдання – якомога більше розвинути швидкість.*

Видих (при повороті голови вправо) здійснюється в III і IV фазах першого напівциклу, а вдих – у I і II фазах другого напівциклу.

**Динаміка плавання.** У воді тіло людини знаходиться під дією декількох сил, які забезпечують його плавучість у нерухомому стані та просування вперед при плаванні. Розглянемо їх докладніше.

*1. Вертикально-спрямовані сили:*

*Сила тяжіння* G = mg, де m – маса тіла, кг; g – прискорення вільного падаючого тіла, м·с2.

*Сила, яка виштовхує (сила Архімеда).* Ця сила прикладена до центра об’єму тіла плавця. Центр обєму, як правило, не збігається із центром мас. Тому виникає обертальний момент і ноги людини, яка лежить нерухомо у воді, опускаються.

*Підйомна сила* виникає при обтіканні тіла потоком води. Вона пропорційна площі горизонтального перетину тіла та швидкості потоку, що набігає, і залежить від кута атаки.

*2. Горизонтально-спрямовані сили:*

*Сила, що просуває* (або сила тяги). Вона виникає в результаті дій руками і ногами, про техніку яких навіть серед фахівців із плавання немає єдиної думки.

*Сила лобового опору* – залежить від площі поперечного перетину тіла в площині, перпендикулярній до напрямку руху.

*Сила опору вихроутворення*  – залежить від форми та характеру поверхні тіла.

*Сила тертя води* – складки шкіри, волоски на шкірі, пухкий або ворсистий матеріал костюма плавця посилюють опір.

*Сила опору хвиле утворення.* Плавець, що знаходиться на межі водного й повітряного середовищ, піднімає частки води вище від рівня водної поверхні. Вони вже не утримуються тиском середовища, і плавцю доводиться переборювати ще й силу ваги зміщених часток води.

**Топографія працюючих м'язів.** Ефективне використання гребків руками і ногами можливе тоді, коли тулуб плавця являє собою досить тверду конструкцію, що знаходиться в обтічному й урівноваженому положенні. Забезпечується це за рахунок напруження м'язів живота та спини. Інші м'язи тулуба мають бути розслаблені.

При плаванні кролем найбільш активними є м'язи, що забезпечують згинання кисті. У брасі високою є активність м'язів ніг.

**Енергетика плавання.** Сили, від яких залежить опір води, є основними з тих, які доводиться переборювати плавцю. Оскільки щільність води у 800 разів більша від щільності повітря, плавання вимагає великих витрат енергії і є найменш економічним видом локомоцій людини. Коефіцієнт механічної ефективності (аналогічний коефіцієнтові корисної дії) становить у плавців 1-5% і збільшується в міру підвищення кваліфікації.

**Оптимізація плавання.** Основні вимоги до техніки й тактики плавця обумовлені закономірностями динаміки й енергетики плавання. Найбільш загальною є вимога максимізувати силу тяги та мінімізувати суму гальмуючих сил. Максимізація сили тяги досягається граничним підвищенням сили взаємодії плавця з водою при гребних діях руками й відштовхуванні ногами (у брасі). Упродовж усього гребка рука повинна переміщатися у воді з прискоренням, завдяки чому досвідчений плавець безупинно відчуває «опору на воду».

**Питання для контролю**

1. Охарактеризуйте способи плавання кролем і брасом. У чому полягають принципові відмінності між ними?

2. Від чого залежить сила опору води при плаванні? Як на неї впливає швидкість плавця?

3. Який вплив на швидкість плавання чинять сили інерції ланок тіла?

4. Які м'язи найбільш активні при плаванні кролем і брасом?

5.  Як виміряти економічність плавання? Поясніть, чому її величина відрізняється від економічності інших локомоцій людини.

6. Чому зменшення внутріциклових коливань швидкості підвищує економічність плавання?

7. Як енергетична вартість рухів плавця залежить від техніки й тактики плавання?

8. Як скоротити витрати енергії при плаванні, не знижуючи при цьому швидкості?

9. У чому полягає сутність явища вихроутворення? Поясніть його вплив на швидкість плавання.

**Тема 9. Біомеханіка пересувних рухів і стрибків**

Змагання в метаннях і стрибках були популярні завжди. Адже від уміння далеко й точно метати, далеко й високо стрибати нерідко залежить життя людини.

**Кінематика метань.** Для всіх різновидів метань характерні загальні закономірності. Але деталі техніки в різних видах метань різняться.

Для прикладу візьмемо метання гранати з розбігу, у якому виокремлюють чотири структурні частини:

1) розбіг, мета якого – надати тілу якомога більшої швидкості відносно землі: до цієї швидкості додається швидкість кидка рукою;

2) підготовка до кидка, наприкінці цієї фази тулуб відхилений у бік, протилежний метанню, права рука (якщо метання проводиться правою рукою) майже пряма; права нога сильно зігнута; ліва зігнута та спирається на внутрішнє склепіння стопи; ліва рука напівзігнута і знаходиться попереду тулуба;

3) кидок, що починається з розгинання правої ноги; потім відбувається згинання і поворот тулуба вперед і, нарешті, ривок рукою;

4) зупинка після кидка, яка має загальмувати просування вперед, що досягається завдяки винесенню правої ноги перед лівою.

**Топографія працюючих м'язів.** Розглянемо роботу м'язів при метанні гранати й м'яча. Основні м'язові групи, що беруть участь у метанні, включаються в роботу послідовно. Причому перед скороченням м'язи попередньо розтягуються і при цьому запасаються енергією.

Сегменти руки, що метає, включаються в процес метання поступово, починаючи з проксимального – плеча. Потім активізується передпліччя, кисть, пальці. Останніми втягуються в роботу м'язи дистальних ланок кисті руки, що метає. Безпосередньо перед кидком тіло метальника перетворюється немовби на натягнутий лук. Основними м'язами при виконанні кидка є м'язи живота; м'язи пояса верхньої кінцівки; великий грудний м'яз; найширший м'яз спини; м'язи, що беруть участь у розгинанні ліктьового суглоба; згиначі кисті й пальців.

**Оптимальні режими метань.** Питання про оптимальні режими при переміщенні снаряда можна розглядати у двох аспектах. По-перше, під яким кутом до горизонту необхідно штовхати чи метати снаряд? По-друге, яка динаміка швидкості снаряда є оптимальною?

*Дальність польоту снаряда при оптимальному куті вильоту визначається в основному швидкістю вильоту. Тому варто організувати свої рухові дії так, щоб максимально збільшити швидкість вильоту.* Саме для цього необхідно поступове залучення в процес метання ланок руки – від проксимальних до дистальних.

**Кінематика стрибків у висоту.** Відомо кілька способів стрибків у висоту і кожний з них включає в себе розбіг, відштовхування, перехід через планку та приземлення.

При стрибку способом «переступання» розбіг виконується під кутом 30-45°. Відштовхується спортсмен дальньою від планки ногою на відстані 70-80 см від проекції планки. Відштовхнувшись, спортсмен утримує тулуб у вертикальному положенні. Махова нога, злегка зігнута в коліні, піднята якнайвище, поштовхова опущена вниз. Досягнувши рівня планки, махова нога випрямляється, а потім опускається за нею. Потім відбувається «переступання», при цьому тулуб сильно нахиляється вперед і до планки, одночасно опускаються руки, злегка зігнута поштовхова нога переходить через планку дугоподібним рухом. Приземлення відбувається на махову ногу. Основний недолік цього стрибка – надзвичайно високе положення загального центра мас тіла відносно планки в момент переходу через неї.

**Динаміка стрибків у висоту.** Вибір способу стрибка впливає на висоту загального центра мас тіла відносно планки при переході через неї. При сучасних способах стрибка у висоту («перекидному» і «фосбюрі-флоп») спортсмен долає планку, коли траєкторія загального центра мас може проходити на рівні планки або навіть нижче. Висота підйому загального центра мас збільшується з укороченням фази відштовхування. Але при цьому зменшується імпульс сили дії на опору. Таким чином, завдання оптимізації полягає в тому, щоб збільшити імпульс сили, незважаючи на зниження тривалості відштовхування.

**Стрибки в довжину з розбігу.** Довжина розбігу звичайно становить 20-50 м (12-24 бігових кроки). Результат стрибка суттєво залежить від швидкості в завершальній частині розбігу. Характерною рисою техніки розбігу є збільшення часу контакту с опорою і різке зменшення часу польоту в останньому кроці розбігу. Цим створюються передумови для швидкої та точної постановки ноги на брусок і активне відштовхування.

Стрибок способом «зігнувшись» найбільш простий і природний. Так стрибали на початку століття, так стрибають і сьогодні новачки. Однак цей простий і доступний спосіб має серйозний недолік: згинаючи ноги в польоті та нахиляючись до них, стрибун зменшує радіус інерції свого тіла.

*Оптимізуючи рухову діяльність при стрибку в довжину, необхідно збільшувати швидкість вильоту та правильно обирати кут вильоту.*

Швидкість спортсмена в момент закінчення відштовхування – найбільш важлива з характеристик, що визначають дальність стрибка. Вона залежить від швидкості, що розвивається спортсменом при розбігу, і втрат швидкості, пов'язаних з необхідністю точно потрапити поштовховою ногою на брусок для відштовхування. Таким чином, оптимізація розбігу передбачає досягнення компромісу між швидкістю і точністю.

**Питання для контролю**

1. Величини яких біомеханічних характеристик першочергово впливають на дальність метання?

2. Поясніть, що дає послідовне залучення до процесу метання проксимальних і дистальних ланок тіла.

3. З яких рухових дій складається метання гранати?

4. З яких рухових дій складається стрибок у висоту?

5. У яких фазах стрибка тіло стрибуна у висоту має мінімальну й максимальну величину кінетичної та потенційної енергії?

6. Які величини сили дії на опору при виконанні стрибків у висоту й довжину?

7. Назвіть найбільш раціональні способи виконання стрибка у висоту й довжину. Відповідь обґрунтуйте.

8. За рахунок яких сил створюється вертикальна складова сили взаємодії з опорою у фазі відштовхування при стрибку у висоту та стрибку в довжину?

9. Які чинники, крім швидкості розбігу, впливають на дальність стрибка?

10. Сила інерції снаряда, що розганяється, діє на кисть і розтягує м'язи-згиначі кисті й пальців. Як це впливає на дальність кидка?

11. Яким чином махові рухи можуть збільшувати силу відштовхування, а отже, й висоту стрибка?

12. Чому зменшується момент інерції тіла, коли стрибун у польоті згинає ноги й нахиляється до них? До яких наслідків це може призвести?

13. Чим пояснюється той факт, що оптимальний кут вильоту при стрибку в довжину значно менше, ніж при метаннях?

**Тема 10. Біомеханіка техніко-естетичних видів спорту**

Спортивна та художня гімнастика, фігурне катання, стрибки у воду, синхронне плавання та інші техніко-естетичні, або «артистичні», види спорту відрізняються двома особливостями: надзвичайною різноманітністю технічних елементів і своєрідним підходом до оцінки майстерності, яку визначають судді, що спостерігають за змагальною діяльністю спортсменів. По суті, оцінюється кінематика (зовнішня картина) рухової діяльності, а динаміка й енергетика відіграють другорядну роль. Важливу роль в оцінюванні відіграє уявлення про естетичний ідеал, що змінюється з часом. Естетичність рухової діяльності визначається багатьма чинниками, в тому числі специфічними (несподіванка, оригінальність, відповідність «школі» тощо) і загальнобіологічними (економічність, точність).

**Естетичність, естетичний ідеал. Еволюція естетичного ідеалу.** Естетичний ідеал – це зразок, який відповідає загальноприйнятим в даний період часу уявленням про красу. У тому, що стосується форм і рухів людського тіла, сьогодні відбувається повернення до естетичних ідеалів античності. Прекрасно все, що максимально відповідає своєму призначенню. І тому в зовнішньому вигляді та руховій діяльності людини цінується все, що свідчить про її фізичне та психічне здоров'я і сприяє йому. Але так було не завжди.

Фізична сила і міць особливо цінувалися в країнах із суворими кліматичними умовами, де м'язова сила і витривалість були життєво необхідними.

*Протягом усієї історії людства були нерозривно пов’язані уявлення про тілесну красу та практичну корисність.*

**Загальноприйнятий естетичний ідеал та естетичний ідеал обраного виду спорту.** Сучасний ідеал тілесної краси найяскравіше втілено в образі спортсменів і артистів балету. Систематичні тренування зробили їх м'язистими, стрункими. Зовнішня привабливість поєднується з високими об'єктивними показниками рухових якостей (витривалістю, силою, швидкістю, спритністю, гнучкістю). Тому до рухової діяльності майстрів спорту й балету звертаються в тому випадку, коли хочуть виявити еталони краси рухів.

Краса рухів привабливіша за красу статичних форм. Цьому зобов'язані своїм існуванням і балетне мистецтво, і артистичні види спорту. Досконалими й привабливими є рухи досвідченого лісоруба, косаря, монтажника, хоча естетичність не належить до числа критеріїв оптимальності їх діяльності. Так само протягом усієї змагальної дистанції відзначаються красиві рухи майстра спорту-бігуна, ковзаняра, лижника, хоча іноді їх зовнішній вигляд на фініші аж ніяк не можна назвати витонченим.

*Здоров'я і краса рухів утворюють нерозривне ціле: здоров'я* – *запорука краси, а звичка рухатися правильно, красиво* – *одна з умов фізичної досконалості й довголіття.*

**Біомеханічний опис основних елементів рухової діяльності в артистичних видах спорту.** Відомо, що всі види рухової діяльності поділяються на п'ять груп: рівновага, рухи на місці, переміщення, локомоції та рухи навколо осі. Рівновага на перший погляд здається найпростішим видом рухової діяльності. Але таке враження оманливе, бо навіть у збереженні вертикального положення тіла й підтриманні правильної постави одночасно беруть участь понад 300 м'язів. Це складний руховий акт.

Загальноприйняті канони правильної постави обґрунтовані медично й біомеханічно. Це ті пози, які забезпечують найкращі умови для функціонування внутрішніх органів, рівномірного розподілу механічного навантаження на частини скелета, а також мінімальні енерговитрати на підтримання рівноваги.

В артистичних видах спорту витончено і граціозно повинні виконуватися складні вправи, що вимагають високої гнучкості і добре (проте не надмірно) розвиненої мускулатури. Виконання оцінюється тим вище, чим більшою є амплітуда рухів і чим менш помітними є коливальні рухи тіла та зусилля, спрямовані спортсменом на утримання рівноваги.

**Види рухів, що є складовими вправ у техніко-естетичних видах спорту.** *Рухи на місці* в змаганнях з техніко-естетичних видів спорту спостерігаються не часто. Однак вони широко застосовуються в силовій та хореографічній підготовці. Рухові дії на місці є базовими вправами, частиною «школи рухів». Тому техніка їх виконання повинна бути доведена до автоматизму та досконалості. Підвищенню оцінки сприяє все, що свідчить про «алертність» (від франц. *alerfe* – швидкий, легкий у рухах): висока амплітуда рухів (вимагає гнучкості в суглобах і м'язової сили), відтягнуті носки та правильна постава, а також зовнішня легкість і розкутість (але без зайвих рухів, що знижують економічність).

*Переміщення* виконуються у вправах з предметами в художній гімнастиці. На відміну від метань тут не прагнуть до дальності. І вправа не закінчується, коли обруч, булава чи м'яч відокремлюються від руки спортсменки. За періодом метання настає період ловіння предмета, що складається з фази підготовки до ловіння та фази ловіння. Тут потрібна спритність (точність швидких рухів).

*Локомоції* артистичних видів спорту мають свої особливості. Так, ходьба в гімнастиці (наприклад, при виході до снаряда) характеризується легкістю і плавністю, внутріциклові коливання швидкості зведені до мінімуму. Стрункість тіла підкреслюється поставою: спина пряма, лопатки з'єднані, голова піднята.

*Біг* у гімнастиці має два різновиди: гімнастичний біг і розбіг. Мета розбігу – досягнення оптимальної (необов'язково максимальної !) швидкості для виконання подальшого технічного елемента (наприклад, стрибка).

Гімнастичний біг оптимізується за естетичністю. Як і в хореографії, він супроводжується різними рухами рук, голови й тулуба. Тим самим стає можливим передати різноманітні відтінки настрою і почуттів засобами пластики. Хоча, зрозуміло, ще немає чіткого наукового пояснення того емоційного впливу, який справляють на людину рухові дії артистів балету, фігуристів тощо.

*Рухи навколо осей*, що виконуються в техніко-естетичних видах спорту, досить видовищні вже тому, що демонструють можливості людини, які виходять за межі звичних, буденних. Без багаторічного тренування неможливо виконати багатообертовий стрибок у фігурному катанні, складні оберти при стрибках у воду тощо. Засвоїти подібні вправи допомагає усвідомлення та розуміння їх біомеханічних закономірностей.

Головним критерієм оптимальності в техніко-естетичних видах спорту є естетичність. Естетичними вважаються рухові дії, які:1) відзначаються економічністю, точністю, досконалістю, що дозволяє виконувати їх без зайвих витрат енергії; 2) відповідають існуючому на сьогодні уявленню про естетичний ідеал.

Для виконання вказаних умов потрібна різнобічна фізична підготовленість, яка, природно, поєднується з міцним здоров'ям. Отже, здоров'я та рухова майстерність невід’ємні одне від одного.

**Питання для контролю**

1. Як оцінюється ефективність рухової діяльності в артистичних видах спорту?

2. Що таке естетичний ідеал?

3. Як і чому естетичний ідеал змінювався в історії людства?

4. Чому краса рухів і здоров'я людини тісно взаємопов'язані?

5. Які біомеханічні характеристики фізичної вправи можуть бути зареєстровані, якщо врахувати, що спортсменка стоїть на стабілографічній платформі і суглоби її марковані?

6. Що сприяє підвищенню оцінки за виконання рівноваги і рухів на місці і як це пов'язано з сучасними уявленнями про естетичний ідеал?

7. Які біомеханічні особливості переміщень в артистичних видах спорту?

8. Які біомеханічні особливості локомоцій в гімнастиці і інших артистичних видах спорту?

9. Які способи управління обертальними рухами вам відомі?

10. Збільшується або зменшується кутова швидкість при угрупованню?

**Тема 11. Біомеханічні основи туризму**

**Основні поняття. Види туризму.** Туристичні походи поділяються на пішохідні, лижні, водні, велосипедні й кінні. У рамках цієї теми розглядаються лише особливості техніки та тактики рухової діяльності в пішому поході. У пішому поході турист пересувається з вантажем, який несе на собі, як правило, в рюкзаку.

*Визначальним критерієм оптимальності при пересуванні з рюкзаком є економічність.*

**Біомеханічний аналіз рухів людини в різних видах туризму.** При ходьбі з вантажем і ходьбі в гору витрати енергії як за одиницю часу, так і на метр шляху зростають зі збільшенням крутизни підйому.

Ходьба в гору відрізняється від ходьби по горизонтальній поверхні енергетично, кінематично і за топографією працюючих м'язів. Тулуб нахилений, руки винесені вперед. Для збільшення тертя, що перешкоджає ковзанню, нога ставиться на всю ступню.

**Динамічний аналіз рухів у різних видах туризму.** При підйомі в гору зростає активність: розгиначів стопи, що скорочуються після сильного розтягування; чотириголового м'яза стегна, оскільки в періоді задньої опори збільшується розгинання ноги в колінному суглобі; м'язів, що розгинають хребет, у напруженні яких унаслідок нахилу тулуба вперед є істотний статичний компонент. Ці відомості необхідно використовувати при підготовці до походу для підбору тренувальних вправ.

*Зовнішні обтяження* – один з найбільш вивчених ергономічних чинників, що впливають на ефективність рухової діяльності. У туризмі вони мають місце при перенесенні рюкзака й інших вантажів (наприклад, байдарки).

**Способи перенесення вантажу й визначення оптимальних режимів.** На енерговитратах позначається місце розміщення вантажу. Так, 1 кг маси взуття еквівалентний 4-8 кг вантажу, що переноситься в руках або на торсі.

*Чим більш рівномірно розподілений вантаж, тим легше його транспортувати.* Наприклад, перенесення вантажу в одній руці (порівняно з перенесенням вантажу в обох руках) збільшує енерговитрати, як і будь-яке відхилення тіла від вертикальної осі.

Цікаво, що в різних країнах транспортування великих вантажів здійснюється по-різному.

Найменш енергоємні такі прийоми перенесення вантажу, при яких перекидаючий момент сили ваги вантажу є мінімальним. Традиційний (а також і станковий) рюкзак займає в цьому списку лише третє місце. Зрозуміло, це не означає, що туристу можна рекомендувати переносити вантаж на голові. Цей спосіб під силу лише тим, хто його використовує роками й у результаті такого тренування має сильні м'язи шиї та неабияку здатність підтримувати рівновагу.

*Зовнішні обтяження і підйом у гору знижують оптимальну (найбільш економічну), а також і граничну (ту, що відповідає анаеробному порогу) швидкість.*

Так само і фізичне стомлення, що настає через 1,5-2 год ходьби із граничною швидкістю, на 5-10% знижує оптимальну швидкість.

Ще помітніше вплив спеки, що суттєво обтяжує будь-яке фізичне навантаження. Зі збільшенням зовнішньої температури на 25°С оптимальна швидкість ходьби знижується на 30%.

**Оптимізація рухової діяльності.** Як відомо, інтервал швидкостей від оптимальної до граничної називають зоною економічних режимів. У туристичному поході доцільно йти з оптимальною (найбільш економічною) швидкістю.

У людей різного віку та фізичної підготовленості величини оптимальної швидкості різняться, так само як і величини граничної швидкості.

**Питання для контролю**

1. Як впливають умови на економічність пересування в туристичному поході? Приведіть приклади.

2. Як забезпечити найменші енерговитрати при пересуванні з вантажем?

3. Як вибрати швидкість спільного пересування людей з різним станом здоров'я і фізичною працездатністю?

4. Як змінюється оптимальна швидкість ходьби при ускладненні зовнішніх умов?

5. Доведіть, що постановка ноги на всю ступню при підйомі в гору зменшує ймовірність сковзання вниз.

6. Чому підошви туристичного взуття роблять ребристими?

7. Що таке зона економічних режимів?

**Частина ІІ. ПРАКТИЧНИЙ БЛОК**

**Практичне заняття № 1**

**Тема:** Зчитування координат точок відліку по кінограмах фізичної вправи і складання таблиць координат.

**Мета:**  1. Навчитися креслити таблицю координат.

2. Навчитися зчитувати координати точок відліку в кожній позі спортсмена на кожному кадрі кінограми.

3. Скласти таблицю координат.

**Обладнання:** 1. Кінограма фізичної вправи.

2. Вимірювальні прилади: вимірювальна лінійка, косинці, олівець.

**Короткі теоретичні відомості**

Розташування тіла спортсмена (і його біоланок) у просторі є біокінематичною (просторовою) характеристикою. Завданням біокінематики є опис можливих переміщень окремих біоланок або всього тіла спортсмена відносно обраної системи відліку (система координат). Складання таблиці координат є підставою для подальшої побудови проміру (біокінематичної схеми – схематичного зображення досліджуваних поз спортсмена на одному аркуші паперу), а також для розрахунку швидкостей і прискорень обраних точок відліку, тому її треба будувати точно. У таблиці координат кількість рядків по горизонталі повинна дорівнювати кількості поз на промірі, кількість вертикальних стовпчиків має відповідати подвійному числу пунктів відліку: для координат по осях абсцис і ординат. Див. додатки № 1 і 2.

**Порядок виконання практичного завдання**

1. Накреслити таблицю координат (додаток № 2).
2. На кожний знімок кінограми нанести прямокутну плоску систему координат (додаток № 1).
3. Позначити точками: центр ваги голови й місця проекції суглобів спортсмена, що підлягають вивченню.
4. Провести зчитування координат.
5. Заповнити таблицю координат.

**Питання для контролю**

1. Поясніть призначення таблиці координат.
2. Розкрийте послідовність складання таблиці координат.
3. Що описують просторові характеристики?
4. Що таке координати точки, тіла?
5. Що таке переміщення точки, тіла?
6. Назвіть одиниці відліку відстані.
7. Розкрийте сутність поняття «переміщення точки».
8. Розкрийте сутність поняття «траєкторія точки».

**Література**

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: навчальний посібник / Р.Ф. Ахметов. – Житомир : Житомирський державний педагогічний університет ім. Івана Франка, 2004. – С. 60-63.
2. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. – К. : Олімпійська література, 2005. – С. 17-24.
3. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской. – М., 1975. – С.61-64.
4. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979.– С.17-24.
5. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры / В.Л.Уткин. – М. : Просвещение, 1989. – С.36-40.

**Практичне заняття № 2**

**Тема**: Побудова біокінематичної схеми (проміру) фізичної вправи за даними таблиці координат.

**Мета**:  Навчитися знаходити по координатах положення точок відліку  тіла і схематично креслити пози спортсмена на одному аркуші  паперу в прямокутній плоскій системі координат.

**Обладнання:** 1.Таблиця координат досліджуваних точок: центра тяжіння голови і місць проекції суглобів спортсмена, що підлягають вивченню.

2. Міліметровий папір.

3. Вимірювальні прилади: лінійка, косинці, транспортири, олівці, циркуль.

**Короткі теоретичні відомості**

Рухи тіла людини можна вважати вивченими, якщо відомий спосіб, завдяки якому визначається її положення в будь-який момент часу в досліджуваному просторі. При вивченні спортивної техніки перед дослідником постають складні завдання, пов'язані з визначенням взаєморозташування окремих біоланок або біокінематичних пар, а також усього тіла спортсмена в площині.

Біокінематична схема (промір) може бути складена і по кіноплівці, для чого після вибору масштабу замальовують зображення поз спортсмена на міліметровому папері.

Промір дозволяє кількісно визначити розташування точок тіла та зміну їх положення через однакові інтервали часу (при кінозйомці). Див. додаток № 3.

**Порядок виконання практичного завдання**

1. Обрати масштаб.
2. Намалювати на міліметровому аркуші паперу прямокутну систему координат (додаток № 4).
3. Нанести точки місць проекції (їх координати) центра ваги голови й досліджуваних суглобів на міліметровий папір по кожному кадру кінограми.
4. З'єднати отримані точки й позначити номери кадрів.

**Питання для контролю**

1. Що таке біокінематична схема?
2. Поясніть, з якою метою будується біокінематична схема фізичної вправи.
3. Назвіть основні принципи побудови біокінематичної схеми.
4. Розкрийте послідовність складання біокінематичної схеми.
5. Перелічіть види реєстрації кінематичних характеристик.
6. Поясніть, з якою метою проводиться аналіз структури руху.

**Література**

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: навчальний посібник / Р.Ф. Ахметов. – Житомир : Житомирський державний педагогічний університет ім. Івана Франка, 2004. – С.53-58, 66-69.
2. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. – К. : Олімпійська література, 2005. – С. 151-156.
3. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры/ Д.Д. Донской. – М., 1975. – С.19-23.
4. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский. – М., 1979. – С.57-58.
5. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры / В.Л. Уткин. – М. : Просвещение, 1989. – С.68-74.

**Практичне заняття № 3**

**Тема:** Складання хронограм руху тіла спортсмена за матеріалами кінозйомки фізичної вправи.

**Мета:** Навчитися самостійно досліджувати часову структуру окремих рухових дій у системі цілісної фізичної вправи.

**Обладнання:** 1. Біокінематична схема фізичної вправи або кінограми.

2. Вимірювальні прилади: лінійка, транспортири, косинці, кольорові олівці, міліметровий папір.

**Короткі теоретичні відомості**

Хронограма необхідна для точної характеристики часової структури фізичної вправи. Вона показує час виконання рухових фаз у загальній кінематичній структурі біокінематичної системи фізичної вправи. Хронограми бувають лінійними та круговими.

У лінійній хронограмі тривалість фази визначається відрізком прямої, довжина якої пропорційна кількості кадрів, що відносяться до даної фази руху. У круговій хронограмі тривалість фази визначається довжиною дуги кола, пропорційною кількості кадрів даної фази руху.

Вивчення взаємозв'язку часових характеристик кінематичної структури фізичної вправи становить інтерес для вирішення багатьох теоретичних проблем біомеханіки та для обґрунтування методики навчання спортивної техніки в обраному виді спорту. Хронограми фізичних вправ можна порівнювати зі зразковим виконанням, знаходити помилки в спортивній техніці та вдосконалювати процес навчання спортсменів.

**Порядок виконання практичного завдання**

1. Переглянути кіноплівку, кінограму чи кінематичну схему фізичної вправи (див. додаток № 1).
2. Розподілити вправи на рухові фази.
3. Скласти таблицю спостережень. Позначити назви фаз (див. додаток № 5).
4. Внести в третю графу таблиці номери кадрів, що відповідають кожній фазі окремо.
5. Записати кількість часових інтервалів у кожній фазі (Н).
6. Вирахувати тривалість кожної фази за формулою:

Н

Т = — ,

12

де Н ‑ кількість часових інтервалів у кожній фазі.

1. Побудувати лінійну хронограму рухових фаз досліджуваної фізичної вправи, у якій відрізки прямої повинні відповідати кількості часових інтервалів (Н), тобто тривалості виконання рухових фаз (додаток № 6).
2. Побудувати кругову хронограму (додаток № 6), у якій довжина кола С повинна відповідати довжині лінійної хронограми, тобто кількості часових інтервалів (Н). Невідомим тут є радіус кола, який можна визначити за формулою: С = 2πR, звідки: R = С/2π

При побудові кругової хронограми можна використовувати кутовий масштаб, де «одиничний кут» розраховується за формулою:

360

∠ϕ = —— ,

N

N – загальна кількість часових інтервалів

**Питання для контролю**

1. Що таке хронограма фізичної вправи?
2. Поясніть, як побудувати лінійну хронограму.
3. Поясніть, як побудувати кругову хронограму.
4. Яке значення має дослідження часових характеристик руху для вивчення спортивної техніки?
5. Охарактеризуйте системи відліку часу.
6. Часові характеристики.
7. Дайте визначення поняття «момент часу».
8. Як визначається тривалість руху?
9. Що називається руховою фазою?
10. Що характеризують темп і ритм руху?

**Література**

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: навчальний посібник / Р.Ф. Ахметов. – Житомир : Житомирський державний педагогічний університет ім. Івана Франка, 2004. – С. 21-22.
2. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. – К. : Олімпійська література, 2005. – С. 24-25; 156-158.
3. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры/ Д.Д. Донской. – М., 1975. – С.64-67.
4. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский. – М., 1979. – С.24-26.
5. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры / В.Л. Уткин. – М. : Просвещение, 1989. – С.41.

**Практичне заняття № 4**

**Тема:**  Визначення лінійних швидкостей руху біоланок тіла спортсмена за біокінематичною схемою фізичної вправи.

**Мета:**   Навчитися самостійно визначати швидкості точок біоланок тіла спортсмена за біокінематичною схемою.

**Обладнання:** 1. Біокінематична схема фізичної вправи.

2. Вимірювальні прилади: лінійка, косинці, олівці та міліметровий папір.

**Короткі теоретичні відомості**

Швидкість руху великих біоланок тіла спортсмена є важливим показником, оскільки вказує на обсяг м'язового навантаження і може визначати характер участі окремих м'язових груп у досліджуваних рухових діях. У досліджуваному змінному русі розрізняють початкову (Vо), кінцеву (Vк) і миттєву (Vм) швидкості, а також середню, що визначається за формулою:

S

V = —— ,

Δt

де S – весь шлях руху від початкового положення до кінцевого, Δt – тривалість руху.

Якщо на схемі виміряти відстань між першим і третім положенням шуканої точки й розділити на час проходження цієї відстані, то можна одержати миттєву швидкість точки в той момент, коли вона знаходилася в другому положенні. Отже, для одержання точних даних шляху рух за схемою вимірюється через одну точку, тобто між 1 і 3, 2 і 4 положеннями тощо. Після цього відстань між точками, виміряну за біокінематичною схемою, множать на розмір, зворотний масштабу схеми М). Масштаб визначають за формулою:

*ℓ*

М = —— , де *ℓ* – розмір на фотографії,

L L – справжній розмір об'єкта.

Час проходження ділянки, що вимірюється, прямо пропорційний кількості інтервалів між точками (А) і обернено пропорційний частоті кінозйомки (В), тобто Δt = А/В.

Якщо об’єкт знімався зі швидкістю 12 кадрів за секунду, то на переміщення шуканої точки з першого положення в третє знадобилося 2/12 с. У результаті основна формула для визначення швидкості руху шуканої точки чи біоланки може мати такий вигляд:

В

Vм = ΔS —— або Vм = ΔS·K, де ΔS – відстань між точками,

M·А

В

К – коефіцієнт для розрахунку швидкості, K = ——

M·А

**Порядок виконання практичного завдання**

1. Переглянути біокінематичну схему (промір) фізичної вправи (додаток № 4).
2. Визначити траєкторії точок біоланок.
3. Підготувати таблиці для внесення даних (див. табл. 4.1, додатки № 7 і 8).

Таблиця 4.1

**Результати виміру біомеханічних характеристик фізичної вправи**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Шлях-відстань між точками ΔS, м | М | А | В | Швидкість точки, Vм, м/с |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

1. За траєкторіями виміряти відстань між усіма точками, розташованими одна від одної на відстані 2 інтервалів (додаток № 4). Дані записати в графу таблиці навпроти номера пропущеної точки (додаток № 7,8).
2. Вирахувати коефіцієнт К для розрахунку швидкості.
3. Знайти швидкість шуканої точки в кожному проміжному положенні, помноживши цифрові дані графи 2 таблиці на К.
4. Результати розрахунків використати для креслення графіка швидкостей (додаток № 7,8).
5. Розрахувати середню швидкість двома способами:

а) знайти середнє арифметичне миттєвих швидкостей;

б) виміряти довжину всієї траєкторії та розділити на проміжок часу, що дорівнює тривалості руху.

**Питання для контролю**

1. Розкрийте сутність таких понять, як «середня швидкість», «миттєва швидкість».
2. Який рух називають рівнозмінним?
3. Яка послідовність і хід роботи при визначенні лінійних швидкостей?
4. Просторово-часові характеристики.
5. Що таке швидкість точки і тіла?
6. Як визначити миттєву та середню швидкість точки за біокінематичною схемою?

**Література**

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: навчальний посібник / Р.Ф. Ахметов. – Житомир : Житомирський державний педагогічний університет ім. Івана Франка, 2004. – С. 22.
2. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. – К. : Олімпійська література, 2005. – С. 24-27; 159-170; 173-182.
3. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской. – М. : 1975. – С.67-68.
4. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский. – М., 1979. – С.26-27.
5. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений / А.Н. Лапутин, В.Е. Хапко. – К. : Радянська школа, 1976. – С.67-70.
6. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры / В.Л. Уткин. – М. : Просвещение, 1989. – С.40.

**Практичне заняття № 5**

**Тема:** Визначення лінійних прискорень точок біоланок тіла спортсмена за біокінематичною схемою фізичної вправи.

**Мета:** Навчитися визначати прискорення точок біоланок тіла спортсмена.

**Обладнання:** 1. Біокінематична схема фізичної вправи.

2. Вимірювальні прилади: лінійка, косинець, олівці та міліметровий папір.

**Короткі теоретичні відомості**

При будь-якому виді руху всяка зміна швидкості біоланки чи його точки характеризується прискоренням. Величина, яка чисельно дорівнює зміні швидкості за одиницю часу, називається *прискоренням руху*. Прискорення руху можна визначити формулою:

Vк - Vо

a = ———

Δt

Як і шлях, час, швидкість і прискорення є важливою біокінематичною характеристикою досліджуваної фізичної вправи. Водночас прискорення пов'язане не тільки з біокінематичними характеристиками, але і з динамікою руху людини

F

а = —–, де F – прикладена сила,

m   m – маса тіла

Враховуючи те, що в біомеханіці маса постійна, то за прискоренням можна зробити висновок про величину зусилля, яке прикладає спортсмен. Прискорення можна визначити, якщо відома швидкість точок біоланок або всього тіла за формулою:

ΔV·В

а = —— ,

А

де ΔV – різниця швидкостей двох положень точки чи біоланки тіла;

В – частота кінозйомки;

*А* – кількість інтервалів між положенням шуканої точки чи біоланки на біокінематичній схемі.

**Порядок виконання практичного завдання**

1. Переглянути результати вимірів у таблиці до практичного заняття № 4 (див. додатки № 7 і 8).
2. Скласти таблиці для внесення результатів вимірів і подальшого визначення прискорення (див. табл. 5.1, додаток № 9).

Таблиця 5.1

**Результати виміру біомеханічних характеристик фізичної вправи**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № точок | Швидкість точки  Vм, м/с | Різниця  ΔV, м/с | Прискорення точки  а, м/с2 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |

1. У графу 2 таблиці 5.1 (додаток № 9) перенести результати практичної роботи № 4.
2. За даними попередньої роботи визначити різницю швидкостей.
3. Дані записати у відповідну графу таблиці (додаток № 9).
4. Обчислити прискорення, поділивши кожне значення у графі 3 (ΔV) на тривалість проміжку часу, за який відбувається зміна швидкості (Δt = А/В).
5. За отриманими даними побудувати графік прискорень: на осі У в довільному масштабі відкласти значення прискорення, на осі Х – номери положення кожної точки чи біоланки на траєкторії послідовно в часі (додаток № 10).

**Питання для контролю**

1. Дайте визначення поняття «прискорення».
2. Поясніть, як визначити лінійне прискорення точок біоланок.
3. Яке прискорення точки називається позитивним, а яке негативним?
4. Охарактеризуйте біокінематичні пари й ланки.
5. Назвіть та охарактеризуйте ступені волі руху в біокінематичних ланцюгах.
6. Перелічіть види роботи м'язів.

**Література**

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: навчальний посібник / Р.Ф. Ахметов. – Житомир : Житомирський державний педагогічний університет ім. Івана Франка, 2004. – С. 14-16, 23.
2. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. – К. : Олімпійська література, 2005. – С. 24-27; 159-170; 173-182.
3. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской. – М., 1975. – С.32-36.
4. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский. – М., 1979. – С.28-29.
5. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений / А.Н. Лапутин, В.Е. Хапко. – К. : Радянська школа, 1976. – С.70-72.
6. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры/ В.Л. Уткин. – М. : Просвещение, 1989. – С.17, 30.

**Практичне заняття № 6**

**Тема:** Визначення кутової швидкості руху біоланок за біокінематичною схемою фізичної вправи.

**Мета:** Навчитися визначати кутову швидкість окремих біоланок і всього тіла спортсмена при обертальних рухах.

**Обладнання:** 1.  Біокінематична схема фізичної вправи.

  2.  Вимірювальні прилади: лінійка, циркулі, косинці,   транспортири, олівці.

**Короткі теоретичні відомості**

Рух, при якому всі точки тіла описують коло відносно нерухомої осі (прямої, яка проходить через дві нерухомі точки тіла), називають *обертальним*. Кут, на який повертається біоланка чи тіло спортсмена при обертальному русі називають кутом повороту, або кутовим переміщенням Δϕ. Одиницею кутового переміщення є радіан – центральний кут, довжина дуги якого дорівнює радіусу цієї дуги (1 рад. = 53,7°; ; 1° = 0,0175 рад.).

Кутова швидкість характеризується розміром кута, на який повертається тіло за одиницю часу. Модуль кутової швидкості в обертальному русі дорівнює відношенню кутового переміщення до тривалості переміщення.

Δϕ

W = ——

Δt

В оцінці деяких гімнастичних вправ, як і в деяких інших видах спорту, швидкість обертання тіла спортсмена визначають кількістю обертів на перекладині за 1 хв. Залежність між кутовою швидкістю та частотою обертів виражається формулою W = 2πν, де ν – частота обертів.

Кутова швидкість визначається шляхом ділення кута повороту між двома сусідніми положеннями (Δϕ) на часовий інтервал, за який змінилося положення.

Δϕ

W = —— ,

Δt

А

Δt = —–, де А – кількість часових інтервалів між точками;

В В – частота кінозйомки.

В\* 0,0175

W = Δϕ ———— = Δϕ⋅К (рад/с), (1)

*А*

В\*0,0175

де К= —————

А

Розмір лінійної швидкості прямо пропорційний відстані точки від осі обертання. Лінійну швидкість біоланок при відомій кутовій швидкості визначають за формулою:

V = W· *r*, де *r* – радіус обертання

При вивченні великого обертання на перекладині до уваги береться обертання всього тіла.

**Порядок виконання практичного завдання**

1. Переглянути біокінематичну схему фізичної вправи. Див. додаток № 11.
2. Скласти таблицю виміру кутових швидкостей (табл. 6.1, додаток № 12).

Таблиця 6.1

**Результати виміру біомеханічних характеристик фізичної вправи**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № точок | Кут відхилення,  ∠ϕ, град | Кутове переміщення  Δϕ, град | Кутова швидкість  W, рад/с |
| 1 | 2 | 3 | 4 |

1. Визначити на біокінематичній схемі центр обертання біоланки чи всього тіла спортсмена (додаток № 11).
2. Через центр обертання біоланки чи тіла спортсмена провести систему прямокутних декартових координат.
3. Транспортиром виміряти кути відхилення шуканої біоланки від координатної осі та записати дані в графу 2 таблиці (додаток № 12).
4. Кут, описаний шуканою точкою біоланки чи всього тіла спортсмена, визначити шляхом віднімання обмірюваних кутів. Дані записати в графу 3 таблиці.
5. За формулою (1) визначити кутову швидкість. Результати записати в графу 4 таблиці.
6. За даними графи 4 таблиці 6.1 (додаток № 12) через центр обертання в обраному масштабі на міліметровому папері накреслити систему полярних координат на площині. Для визначення полярних координат будь-якої точки досліджуваної біоланки чи тіла спортсмена встановлюють довільну числову вісь. На початку координат цієї осі вибирають точку О (полюс). Для визначення положення шуканої точки досить вказати два числа: R – полярний радіус (дорівнює відстані від цієї точки до полюса) і ϕ – кут повороту біоланки від полярної осі (полярний кут) (додаток № 13).
7. За даними графи 4 таблиці 6.1 на систему координат навпроти кожного номера положення шуканої точки на радіусі нанести значення кутових швидкостей в обраному масштабі (додаток № 13). Отримані точки з'єднати лінією, у результаті чого має утворитися полярна діаграма. Див. додаток № 11.

**Питання для контролю**

1. Який рух називається обертальним?
2. Що таке кутова швидкість?
3. У яких одиницях вимірюється кутова швидкість?
4. Поясніть залежність між лінійною і кутовою швидкостями обертового тіла.
5. Як визначити кутову швидкість на біокінематичній схемі фізичної вправи?
6. Як побудувати полярну діаграму кутових швидкостей?

**Література**

1. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. – К. : Олімпійська література, 2005. – С. 24-27; 170-182.
2. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры/ Д.Д. Донской. – М., 1975. – С.137-148.
3. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский. – М., 1979. – С.142-146.
4. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений / А.Н. Лапутин, В.Е. Хапко. – К. : Радянська школа, 1976. – С.75-77.
5. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры / В.Л. Уткин. – М. : Просвещение, 1989. – С.36-40.

**Практичне заняття № 7**

**Тема:** Визначення кутового прискорення біоланок за біокінематичною схемою фізичної вправи.

**Мета:**Навчитися визначати кутове прискорення біоланок і всього тіла при обертальних рухах.

**Обладнання:** 1. Біокінематична схема фізичної вправи.

2. Вимірювальні прилади: лінійка, олівці, косинці,  транспортири.

 3. Міліметровий папір.

**Короткі теоретичні відомості**

Однією з найважливіших біокінематичних характеристик обертального руху окремих ланок і всього тіла спортсмена є кутове прискорення. При змінному обертанні відношення збільшення кутової швидкості за визначений проміжок часу до його тривалості називається *кутовим прискоренням*, що визначається відношенням різниці кутових швидкостей у початковий і кінцевий моменти до проміжку часу між цими моментами:

W-Wо

ε= ——— рад/с2

Δt

d W

Дійсне прискорення ε= ———,

dt

де d – збільшення (відповідно до швидкості та часу)

Коли біоланка чи тіло спортсмена обертаються рівномірно й лінійні швидкості його точок постійні, вектори даних швидкостей, що відповідають дотичним до окружностей, змінюють напрямок. Характерним показником зміни цього напрямку швидкості є доцентрове прискорення (*а*дц), що прямо пропорційне квадрату кутової швидкості даної точки тіла спортсмена та її радіуса обертання *а*дц = WR.

При обертанні тіла спортсмена зі змінною швидкістю змінюється не тільки її напрямок, але і модуль. При вивченні обертального руху показники кутового прискорення дозволяють виконати ряд завдань біодинаміки даної фізичної вправи, оскільки кутове прискорення входить в один із множників, що визначають момент обертання тіла. Мобр, що дорівнює моменту інерції j, помноженому на кутове прискорення Мобр= j⋅ε

З урахуванням того, що кутові швидкості біоланок і точок тіла спортсмена були визначені за біокінематичною схемою раніше у попередній практичній роботі, формула для кутових прискорень має такий вигляд:

ΔW ΔW⋅В

*ε*= —— = ——— , де А – кількість часових інтервалів між точками

Δt *А* В – частота кінозйомки

**Порядок виконання практичного завдання**

1. У графу 2 таблиці 7.1 (додаток № 14) перенести результати практичної роботи № 6 (додаток № 12). Визначити різниці кутових швидкостей біоланок за даними графи 2 (додаток № 14). Із зазначеного нижче числа в таблиці (через один інтервал) розраховується вказана вище величина. Дані записати в графу 3 таблиці виміру кутових прискорень (табл. 7.1, додаток № 14).

Таблиця 7.1

**Результати виміру біомеханічних характеристик фізичної вправи**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № точок | Кутова швидкість  W, рад/с | Різниця кутових швидкостей  ΔW, рад/с | Кутове прискорення  ε, рад/с |
| 1 | 2 | 3 | 4 |

1. Знайти прискорення шуканих біоланок або всього тіла спортсмена, для чого необхідно різниці кутових швидкостей, записані в графі 3, поділити на час:

А

Δt = —

В

  Дані записати в графу 4 (додаток № 14).

1. Накреслити радіальний графік кутового прискорення (додаток № 15). За нуль береться місце перетину радіуса з окружністю. На відповідних положеннях точки шуканої біоланки вказують значення кутових прискорень: негативні – поза колом, позитивні – всередині. Після того як точки будуть з'єднані плавною лінією, на графіку утвориться радіальна діаграма кутового прискорення. Див. додаток № 11.

**Питання для контролю**

1. Що таке кутове прискорення?
2. Поясніть, чому дорівнює сумарне лінійне прискорення обертового тіла.
3. Що таке момент обертання тіла?
4. Як виконується робота з визначення кутового прискорення?

**Література**

1. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. – К. : Олімпійська література, 2005. – С. 24-27; 170-182.
2. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской. – М., 1975. – С.142-146.
3. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский. – М., 1979. – С.144-146.
4. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений / А.Н. Лапутин, В.Е. Хапко. – К. : Радянська школа, 1976. – С.78-80.
5. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры / В.Л. Уткин. – М. : Просвещение, 1989. – С.41.

**Практичне заняття № 8**

**Тема:** Визначення положення загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ) графічним методом (додаванням сил ваги).

**Мета:** 1.  Навчитися визначати центри тяжіння (ЦТ) біоланок тіла людини та загальні центри тяжіння (ЗЦТ) окремих біокінематичних пар.

2. На основі цього визначити положення загального центра тяжіння всього тіла (ЗЦТТ) спортсмена в обраній для вивчення позі.

**Обладнання:** 1.  Фотограми пози спортсмена.

2.  Вимірювальні прилади: лінійка, олівці, косинці,а також зошит.

**Короткі теоретичні відомості**

Для біокінематичного вивчення раціональності спортивної техніки (в інерційній системі) велике значення має визначення загального центра тяжіння (ЗЦТТ) спортсмена. Поняття ЗЦТТ необхідне для визначення умов рівноваги в статичному положенні та при вивченні дії застосованих зовнішніх сил. Щоб визначити зв’язок сил з рухами, необхідно знати маси ланок та їх взаємне розташування. На досліджуваних фотограмах це можна визначити, знаючи відносну вагу ланок і положення їх центрів тяжіння.

Відносна вага ланки визначається у відсотках до ваги всього тіла.

*Центр тяжіння ланки* – це уявна точка, до якої докладена рівнодіюча сила тяжіння всіх частин ланки. ЦТ ланки визначається за анатомічними орієнтирами (голова, кисть) або за відстанню її від осі проксимального суглоба (за радіусом центра тяжіння), або за пропорцією (тулуб, стопа). Ці дані були визначені в дослідженнях О. Фішера і Н. Бернштейна (див. табл. 8.1).

Таблиця 8.1

**Відносна вага та розташування центрів тяжіння біоланок тіла**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назва ланки | Відносна вага (Р) у % | Розташування ЦТ біоланки |
| Голова | 7 | Над верхнім краєм зовнішнього слухового отвору |
| Тулуб | 43 | На лінії між серединами осей плечових і тазостегнових суглобів на відстані 0,44 від плечової осі |
| Плече | 3 | На відстані 0,47 від осі плечового суглоба |
| Передпліччя | 2 | На відстані 0,42 від осі ліктьового суглоба |
| Кисть | 1 | П'ястково-фаланговий суглоб 3-го пальця |
| Стегно | 12 | На відстані 0,44 від осі тазостегнового суглоба |
| Гомілка | 5 | На відстані 0,42 від осі колінного суглоба |
| Стопа | 2 | На лінії між п'ятковим бугром і 2-м пальцем на відстані 0,44 від п’яти |

Отже, ЦТ окремої ланки на фотограмі буде на лінії, що з'єднує проекції суглобів, у точці, визначеній шляхом множення довжини всієї ланки на вказаний у таблиці індекс (від проксимального суглоба) або в зазначених орієнтирах.

Рівнодіюча сили тяжіння біокінематичних пар, тобто загальний центр тяжіння, знаходиться на лінії, що з’єднує їх ЦТ і дорівнює сумі сил тяжіння ланок. ЦТ двох ланок буде розташований ближче до важчої ланки. Наприклад, ЗЦТ стегна й гомілки (див. рис. 8.1) розташований на лінії, що з'єднує їх ЦТ. Цю лінію варто розподілити на 17 частин, оскільки 12% ‑відносна вага стегна й 5% ‑відносна вага гомілки.

Точка ЗЦТ знаходиться біля 5-ї частини, починаючи від ЦТ стегна. За цим же принципом знаходять ЦТ інших біоланок у вказаній послідовності. Див. додаток № 16.

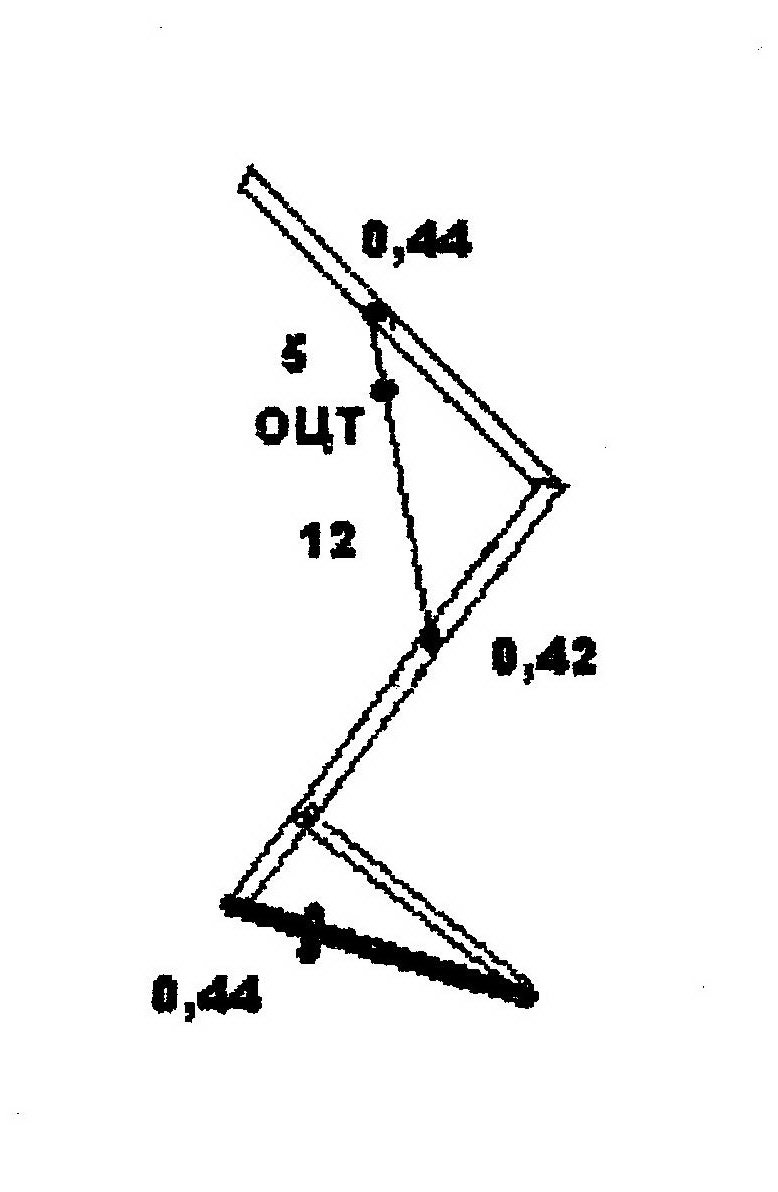


Рис. 8.1 – Визначення ЗЦТ стегна й гомілки графічним методом (додаванням сил ваги)

**Порядок виконання практичного завдання**

1.  Зробити фотографування й виконати в збільшеному масштабі фотограми пози спортсмена одночасно (двома апаратами) в сагітальній і фронтальній площинах або ж дослідити наявну фотограму (додаток № 1). Ознайомитися з таблицю відносної ваги й розташування центрів тяжіння ланок тіла.

2.  Позначити на фотограмах положення проекцій осей великих суглобів. Виміряти довжину кожної ланки, помножити на відповідне відносне значення радіуса центра тяжіння й нанести точки, що відповідають центрам тяжіння всіх ланок (відраховуючи від проекції проксимального суглоба).

3.  Знайти рівнодіючі сили тяжіння біокінематичних пар: спочатку ЗЦТ плеча й передпліччя, потім – ЗЦТ отриманого значення та кисті (ЗЦТ усієї руки). В аналогічній послідовності визначити ЗЦТ усієї ноги. Якщо положення спортсмена не симетричне, то необхідно визначити ЗЦТ для всіх кінцівок окремо. При симетричному положенні в подальших розрахунках вага кінцівок подвоюється. Визначення ЦТ тулуба робиться на прямій лінії, що з'єднує плечовий і тазостегновий суглоби. Потім досліджується ЗЦТ голови й тулуба (50% ваги тіла), так само ЗЦТ усіх кінцівок – рук і ніг. Отримані дві точки необхідно з'єднати відрізками й розділити пополам (вага всіх кінцівок дорівнює половині ваги тіла). Це і є ЗЦТТ досліджуваного спортсмена (додаток № 17).

**Питання для контролю**

1. Що таке момент інерції?
2. Чим визначаються інерційні властивості біоланок і всього тіла?
3. Поясніть, як визначити масу біоланки.
4. Де знаходиться і як визначити ЦТ біоланки?
5. Як визначити ЗЦТ двох біоланок?
6. Де знаходиться ЗЦТТ при основній стійці?
7. Де знаходиться ЗЦТТ при стійці «міст»?

**Література**

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: навчальний посібник / Р.Ф. Ахметов. – Житомир : Житомирський державний педагогічний університет ім. Івана Франка, 2004. – С. 23-24, 71-86.
2. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. – К. : Олімпійська література, 2005. – С. 122-140; 186-188.
3. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской. – М., 1975. – С.93-96, 227-229.
4. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский. – М., 1979. – С.61-84.
5. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека. – М. : Физкультура и спорт, 1985. – С.113-125, 407-416.
6. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений / А.Н. Лапутин, В.Е. Хапко. – К . : Радянська школа, 1976. – С.47-49.
7. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры / В.Л. Уткин. – М. : Просвещение, 1989. – С.17-31.
8. Элементарный учебник физики / под ред. академ. Г.С. Ландсберга. – М.,1973.- Т 1. – С.179-186.

**Практичне заняття № 9**

**Тема:**  Визначення положення загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ) аналітичним методом (додаванням моментів сил тяжіння за теоремою Варіньона).

**Мета:**  Визначити положення загального центра тяжіння (ЗЦТТ) тіла спортсмена способом додавання моменту сил тяжіння.

**Обладнання:** 1. Фотограми пози спортсмена.

2. Вимірювальні прилади: лінійка, олівці, косинці,  міліметровий папір.

**Короткі теоретичні відомості**

Загальний центр тяжіння тіла знаходиться в точці прикладених рівнодіючих усіх сил тяжіння, що діють на нього. Положення ЗЦТТ визначає умови рівноваги спортсмена або траєкторію його переміщення при виконанні динамічних фізичних вправ.

Визначення положення загального центра тяжіння тіла способом додавання моментів сил тяжіння базується на теоремі Варіньона: сума моментів сил відносно будь-якого центра дорівнює моменту суми цих сил (їх рівнодіючої) відносно того ж центра. Іншими словами, момент рівнодіючої сили відносно будь-якої довільно обраної осі дорівнює сумі моментів відповідних сил відносно тієї ж осі.

Як відомо, момент сили – це ступінь обертаючої дії сили на тіло. Він визначається шляхом множення сили на її плече. Виходячи з цього, можна визначити моменти сили всіх біоланок, оскільки з даних О. Фішера і Н. Бернштейна відома відносна вага (сила тяжіння) кожної біоланки й можна обчислити розташування ЦТ окремих ланок (див. табл. 9.1).

Плече сили буде дорівнювати відстані від ЦТ до будь-якої осі в довільно нанесеній на фотограму досліджуваного об'єкта системі координат. Усі розрахунки можна провести на фотограмі, але для зручності обчислення та контролю отримані дані можна подати у вигляді таблиці.

Загальний центр тяжіння тіла по осі – Х розраховується за формулою Варіньона РТІЛАХЗЦТТ = РіХ, звідки:

РіХ

ХЗЦТТ = ───

Ртіла

Таблиця 9.1

**Визначення положення загального центра тяжіння (ЗЦТТ) тіла аналітичним методом (додаванням моментів сил тяжіння за теоремою Варіньона)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№ п/п | Частини тіла  (біоланка) | Віднос. вага біоланки в % (Р) | Абсциса ЦТ біоланки  (Х), мм | Ордината ЦТ біоланки (Y), мм | Момент сил | |
| РіХ | РіY |
| 1 | Голова | 7 |  |  |  |  |
| 2 | Тулуб | 43 |  |  |  |  |
| 3 | Плече праве | 3 |  |  |  |  |
| 4 | Плече ліве | 3 |  |  |  |  |
| 5 | Передпліччя праве | 2 |  |  |  |  |
| 6 | Передпліччя ліве | 2 |  |  |  |  |
| 7 | Кисть права | 1 |  |  |  |  |
| 8 | Кисть ліва | 1 |  |  |  |  |
| 9 | Стегно праве | 12 |  |  |  |  |
| 10 | Стегно ліве | 12 |  |  |  |  |
| 11 | Гомілка права | 5 |  |  |  |  |
| 12 | Гомілка ліва | 5 |  |  |  |  |
| 13 | Стопа права | 2 |  |  |  |  |
| 14 | Стопа ліва | 2 |  |  |  |  |
| Все тіло (Р) | | 100 |  |  | Σ РіХ= | Σ РіY= |

Так само визначається YзЦТТ. Якщо відносну вагу подати не у відсотках, а в сотих частках одиниці, то після складання моментів сил ділити їх на вагу не потрібно.

Прикладом для обчислення ЗЦТТ можуть стати розрахунки з визначення загального центра тяжіння верхньої кінцівки (див. табл. 9.2 і рис. 9.1).

Осі ОХ і ОY обрані довільно, як і масштаб. Центри тяжіння окремих біоланок проставлені за принципом, описаним у попередньому занятті.

Для визначення ЗЦТ усієї руки аналітичним методом усі необхідні виміри представимо в таблиці:

Таблиця 9.2

**Визначення положення загального центра тяжіння руки**

**аналітичним методом (додаванням моментів сил тяжіння за теоремою Варіньона)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Частини тіла | Відносна вага в % (Р1) | Абсциса ЦВ ланки (Х) | Ордината ЦВ ланки (Y) | Момент сили | |
| Р1Х | Р1Y |
| 1 | Плече | 3 | 2 | 6 | 6 | 18 |
| 2 | Передпліччя | 2 | 5 | 3 | 10 | 6 |
| 3 | Кисть | 1 | 9 | 3 | 9 | 3 |
| Уся рука (Р) = 6 | |  |  |  | Σ Р1Х=25 | Σ Р1Y=2 |

На основі теореми Варіньона можна записати таке рівняння:

Р ХЗЦТ = Р1Х, звідки:

Р1Х

ХЗЦТ = ───

Р

Таке ж рівняння необхідно скласти і для значення YЗЦТ.

Підставимо значення вимірів:

25 27

ХЗЦТ = ─── = 4,1 мм YЗЦТ = ─── = 4,5 мм

6 6

У точці перетину цих координат і знаходиться потрібне розташування загального центра тяжіння всієї руки, позначеного на рисунку 9.1.

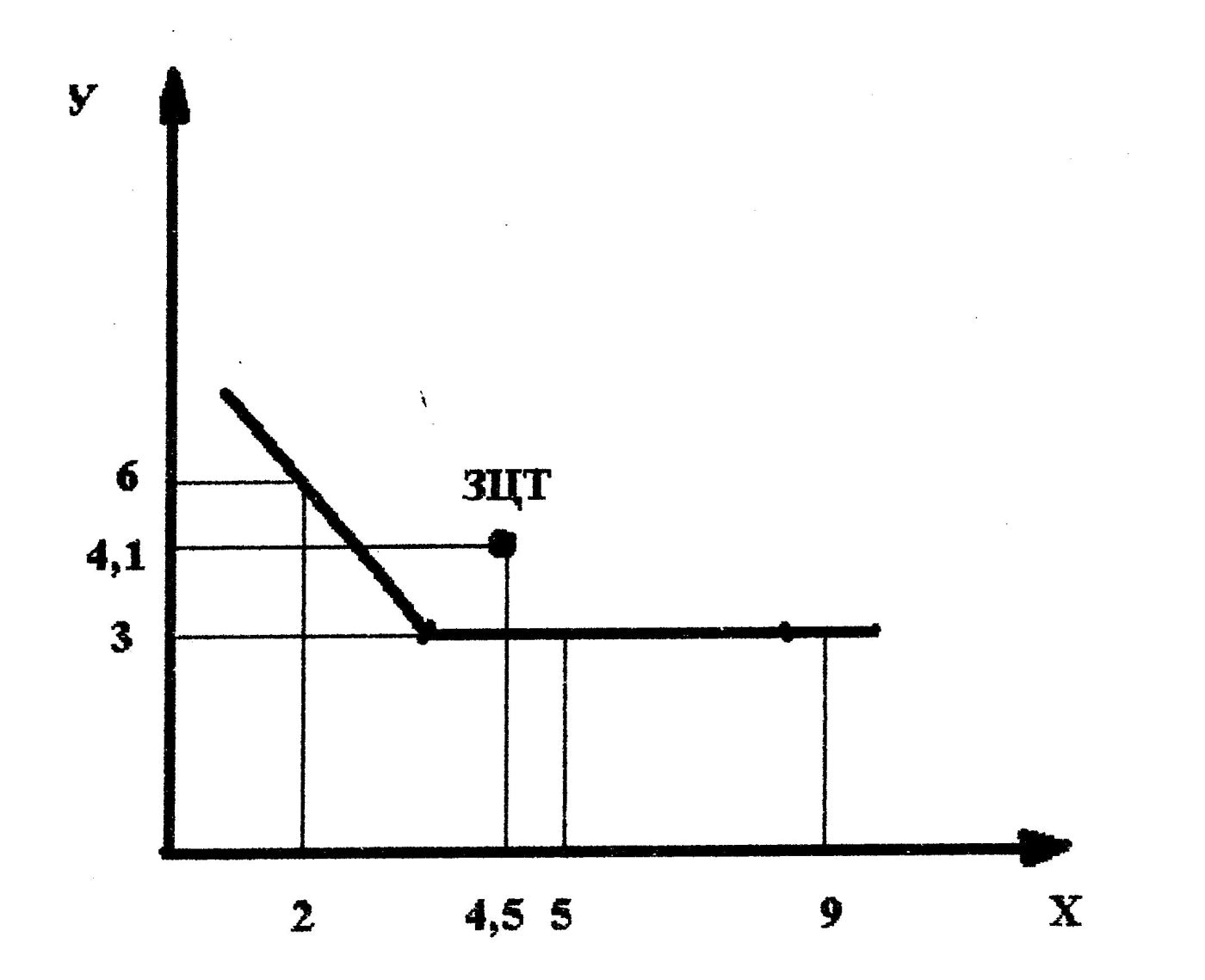


Рис. 9.1 – Визначення загального центра тяжіння руки аналітичним методом (додаванням моментів сил тяжіння за теоремою Варіньона)

**Порядок виконання практичного завдання**

1. На фотограмі пози спортсмена: а) відмітити положення проекцій осей великих суглобів і знайти положення ЦТ усіх ланок; б) із довільного центра провести осі координат Х і Y (див. додаток № 18).
2. Скласти таблицю розрахунку координат ЗЦТТ спортсмена в досліджуваній позі. Внести в неї значення відносних ваг окремих ланок. Обчислити координати ЦТ ланок і внести їх в таблицю. Розрахувати моменти сил тяжіння кожної ланки, додати моменти сил тяжіння (окремо по осі Х і Y) і поділити на відносну вагу тіла. Див. додаток № 19.
3. Нанести на фотограму положення ЗЦТТ за знайденими координатами. Законспектувати в зошитах для практичних занять § 22.1. Сила і момент сили (Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской. – М., 1975. – С.74-75).

**Питання для контролю**

1. Дайте визначення поняття «сила».
2. Розкрийте сутність поняття «момент сили».
3. Дайте визначення теореми Варіньона.
4. Який порядок визначення загального центра тяжіння тіла аналітичним методом?
5. Назвіть сили, прикладені до ланок людини.
6. Які ви знаєте сили дії середовища?
7. Поясніть роль сил в рухах людини.

**Література**

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: навчальний посібник / Р.Ф. Ахметов. – Житомир : Житомирський державний педагогічний університет ім. Івана Франка, 2004. – С. 25-27, 87-91.
2. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. – К. : Олімпійська література, 2005. – С. 122-140; 182-186.
3. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской. – М., 1975. – С.74-9.
4. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский. – М., 1979. – С.61-84.
5. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека. – М. : Физкультура и спорт, 1985. – С.113-125, 407-416.
6. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений / А.Н. Лапутин, В.Е. Хапко. –К. : Радянська школа, 1976. – С.47-49.
7. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры/ В.Л. Уткин. –М.: Просвещение, 1989. – С.17-31.
8. Элементарный учебник физики / под ред. академ. Г.С. Ландсберга. – М.,1973. – Т 1. – С.174.

**Контрольні питання з дисципліни «Біомеханіка»**

1. Структура аналізу рухової діяльності людини.
2. Тестування в біомеханіці.
3. Режими скорочення м’язів. Крива Хілла.
4. Стійкість. Біомеханіка стійкості.
5. Часові характеристики, взаємозв’язок тривалості та темпу рухів.
6. Біомеханічні якості м’язів.
7. Біомеханіка силових і швидкісних якостей. Взаємозв’язок цих рухових якостей.
8. Просторово-часові характеристики руху людини.
9. Взаємозв’язок біомеханіки з іншими науками.
10. Педагогічне оцінювання в біомеханіці. Форми шкал у педагогічному оцінюванні.
11. Просторові характеристики руху людини.
12. Групові взаємодії м’язів. Роль м’язів антагоністів у руховій діяльності.
13. Залежність рухових можливостей від тіло будови.
14. Кругова хронограма фізичної вправи.
15. Різновиди роботи м’язів.
16. Біомеханічні тренажери.
17. Ланки тіла як важелі. Різновиди важелів. Умови рівноваги важелів.
18. Кінематичні характеристики рухової діяльності людини.
19. Прогностична інформативність показників моторики. Ювенільний та дефінітивний вік.
20. Визначення кутової швидкості та кутового прискорення біоланок тіла людини за кінограмою фізичної вправи.
21. Геометрія мас тіла людини. Її кількісне відображення.
22. Методи реєстрації біомеханічних характеристик.
23. Функціональний та системно-структурний підходи до аналізу рухової діяльності.
24. Тестування рухових якостей.
25. Особливості біомеханічних характеристик поступового й обертового рухів.
26. Біомеханічні характеристики та їх класифікація.
27. Руховий вік. Акселерати й ретарданти.
28. Визначення лінійних швидкостей біоланок спортсмена за матеріалами кінозйомки.
29. Динамічні характеристики рухів людини.
30. Рухові переваги. Коефіцієнт латеральної переваги.
31. Кінематичні особливості рухів людини.
32. Зовнішні та внутрішні умови рухової діяльності людини.
33. Відносність механічного руху. Системи підрахунку відстані.
34. Момент інерції. Мас-інерційні характеристики.
35. Ланки тіла як важелі 1-го та 2-го роду. Умови рівноваги важелів.
36. Біомеханіка витривалості. Засоби підвищення витривалості.
37. Визначення загального центру тяжіння тіла графічним методом.
38. Просторово-часові характеристики.
39. Біокінематична схема (промір) Принцип її побудови.
40. Оптимізація рухової діяльності. Оптимальний варіант. Критерії оптимальності.
41. Автоматизація біомеханічного контролю.
42. Просторово-часові характеристики. Середня й миттєва швидкості.
43. Мета проведення аналізу часової структури фізичних вправ. Хронограма фізичної вправи.
44. Біомеханічний контроль як елемент системи комплексного контролю у фізичному вихованні та спортивно-оздоровчій діяльності.
45. Типи похибок при проведенні біомеханічного контролю.
46. Геометрія мас тіла людини. Мас-інерційні характеристики. Центр тяжіння та центр мас тіла людини.
47. Руховий апарат людини. Біокінематичні ланки й пари. Біомеханічна система.
48. Повна механічна робота при руховій діяльності людини.
49. Принцип визначення лінійної швидкості та прискорення ланок тіла людини за матеріалами кінозйомки.
50. Біокінематичні пари й ланцюги. Особливості закритих і відкритих ланцюгів.
51. Вікові зміни рухових можливостей.
52. Зовнішні та внутрішні сили, що впливають на напрямки та швидкість рухів людини.
53. Поняття про біомеханіку. Предмет і завдання біомеханіки.
54. Поступові та обертові рухи. Особливості біомеханічних характеристик поступового й обертового руху.
55. Метод аналітичного визначення загального центру тяжіння тіла (ЗЦТ) тіла (додаванням моментів сил тяжіння за теоремою Варіньона).
56. Основні напрями біомеханіки: загальна, диференціальна, прикладна.
57. Точність вимірювання. Різновиди помилок.
58. Відносність механічного руху.
59. Динамічні характеристики руху людини.
60. Руховий апарат людини. Біокінематичні ланки й пари. Біомеханічна система.
61. Енергетичні характеристики.
62. Біокінематична схема (промір) та її використання в біомеханіці.
63. Шкали вимірювань та одиниці вимірювань.
64. Динамічні характеристики руху людини.
65. Поступові та обертові рухи. Рівномірний, прискорений та рівноприскорений рух.
66. Просторові характеристики рухів людини.
67. Оптимізація рухової діяльності людини. Критерії оптимальності.
68. Хронограма фізичної вправи. Лінійна та кругова хронограма.
69. Часові характеристики.
70. Чинники, які визначають рухові можливості людини.
71. Сенситивні періоди розвитку рухових якостей і рухових навичок.
72. Особливості взаємодії процесів дозрівання та навчання.

**Рекомендована література**

**Основна:**

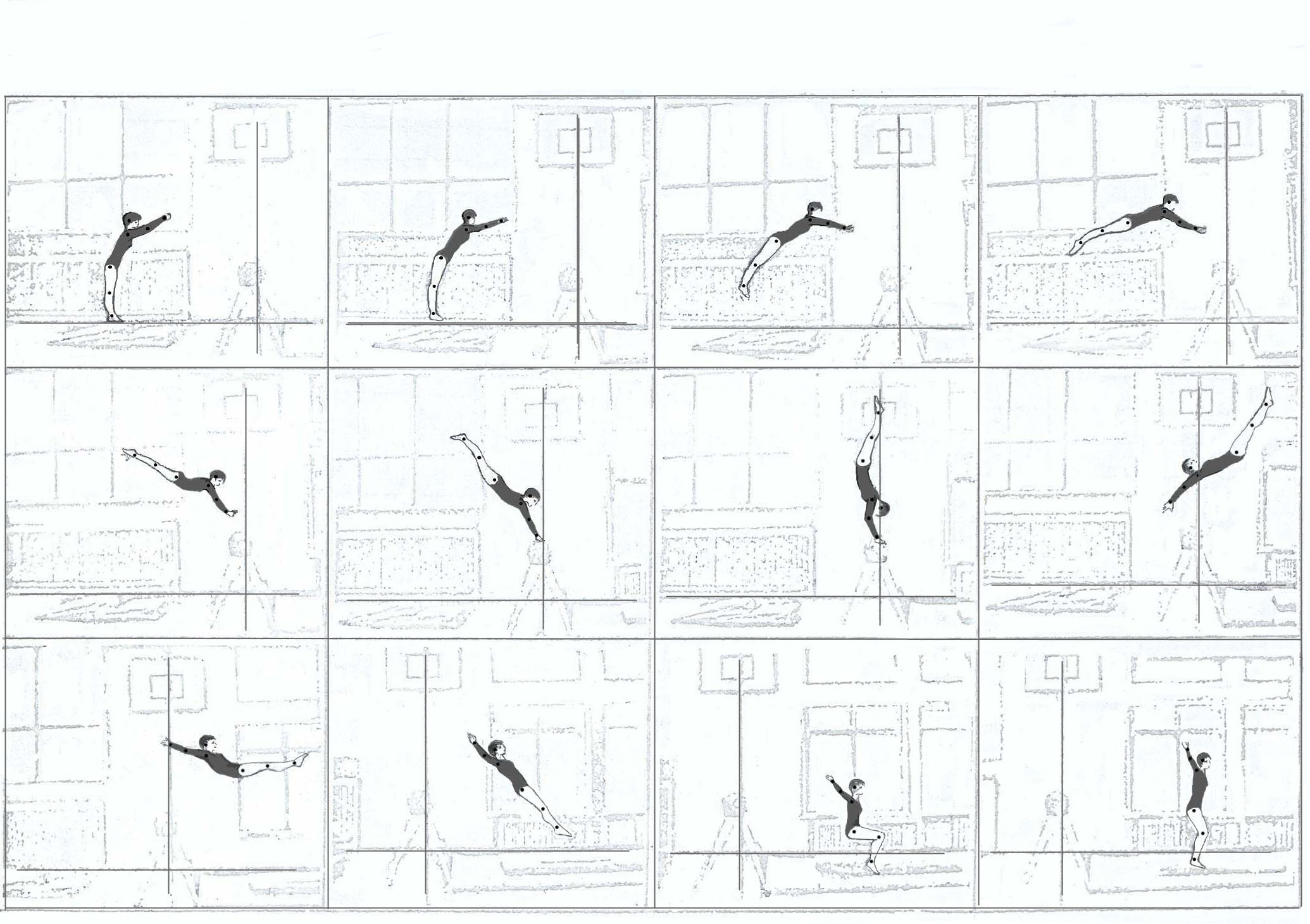
1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: навчальний посібник / Р.Ф. Ахметов. – Житомир : Житомирський державний педагогічний університет ім. Івана Франка, 2004. – 124 с.
2. Берштейн Н.А. Избранные труды по биомеханике и кибернетике / Н.А. Берштейн. – М. : СпортАкадемПресс, 2001. – 295 с.
3. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. – К. : Олімпійська література, 2005. – 320 с.
4. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – 264 с.
5. Дубровский В.И. Биомеханика: учеб. для сред. и высш. учеб. завед. / В.И. Дубровский, В.Н.Федорова. – М. : ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 672 с.
6. Жуков Е.К. Биомеханика физических упражнений / Е.К.Жуков, Е.Г. Котельников, Д.А.Семёнов. – М. : Финансы, 2003. – 120 с.
7. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии): учебник для ИФК / М.Ф. Иваницкий. – М. : Физкультура и спорт, 1985. – 544 с.
8. Иванов В.В. Комплексный контроль в подготовке спортсменов / В.В. Иванов. – М. : Физкультура и спорт, 1987. – 256 с.
9. Костюкевич В.М. Спортивна метрологія: навчальний посібник для студентів факультетів фізичного виховання пед. університетів / В.М. Костюкевич. – Вінниця : ДОВ ”Вінниця” ВДПУ, 2001. – 183 с.
10. Лапутин А.Н. Технические средства обучения / А.Н.Лапутин, В.Л. Уткин. – М. : Физкультура и спорт, 1990. – 80 с.
11. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учебное пособие для студентов факультетов физического воспитания пед. институтов и для институтов физической культуры / В.Л.Уткин. – М. : Просвещение, 1989. – 210 с.
12. Хмельницька І.В. Біомеханічний відеокомп’ютерний аналіз спортивних рухів: метод. посібник / І.В. Хмельницька. – К. : Наук. світ, 2002. – 56 с.
13. Язловецький В.С. Біомеханіка фізичних вправ: навчальний посібник для студентів факультетів фізичного виховання пед. університетів / В.С. Язловецький, О.В. Бріжатий. – Кіровоград : КДПУ, 2002. – 191 с.

**Додаткова:**

1. Антонов В.Ф. Биофизика / В.Ф.Антонов, А.М.Черныш. – М. : Наука, 2000. – 198 с.
2. Бальсевич В.К. Обучение спортивным движениям / В.К.Бальсевич, В.А. Запорожанов. – К. : Физкультура и спорт, 1986. – 123 с.
3. Берштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н.А. Берштейн. – М. : Просвещение, 1996.
4. Зациорский В.М. Биомеханика двигательного аппарата / В.М. Зациорский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – 234 с.
5. Клиническая биомеханика / под ред. В.И. Филатова. – Л. : Медицина, 1980. – 96 с.
6. Миненков Б.В. Техника и методика тензометрических исследований в биологии и медицине / Б.В.Миненков. – М. : Физкультура и спорт, 1976. – 246 с.
7. Лапутин А.Н. Обучение спортивным движениям / А.Н.Лапутин. – К. : Вища школа, 1986. – 142 с.
8. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений / А.Н. Лапутин, В.Е. Хапко. – К. : Радянська школа, 1976. – С.47-49.
9. Практикум по биомеханике / под общ. ред. Козлова И.М. – М. : Просвещение, 1980. – 120 с.
10. Смирнов Ю.И. Спортивная метрология: учеб. для студ. пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М.Полевщиков. – М. : Академия, 2002. – 232 с.
11. Спортивная метрология: учебник для ин-тов физ. культ. / под ред. В.И. Зациорского. – М. : Физкультура и спорт, 1982. – 256 с.
12. Тутевич В.Н. Теория спортивных метаний / В.Н.Тутевич. – М. : Физкультура и спорт, 1969. – 196 с.
13. Уткин В.Л. Биомеханические аспекты спортивной тактики / В.Л.Уткин. – М. : Просвещение, 1984. – 156 с.
14. Уткин В.Л. Измерения в спорте (введение в спортивную метрологию) / В.Л. Уткин. – М. : Физкультура и спорт, 1978. – 137 с.
15. Физиология человека / под ред. Н.В. Зимкина. – М. : Физкультура и спорт, 1975. – 216 с.

16. Элементарный учебник по физике / под ред. Г.С Ландсберга. – М.,1973. – Т 1. – 672 с.

ДОДАТОК № 1

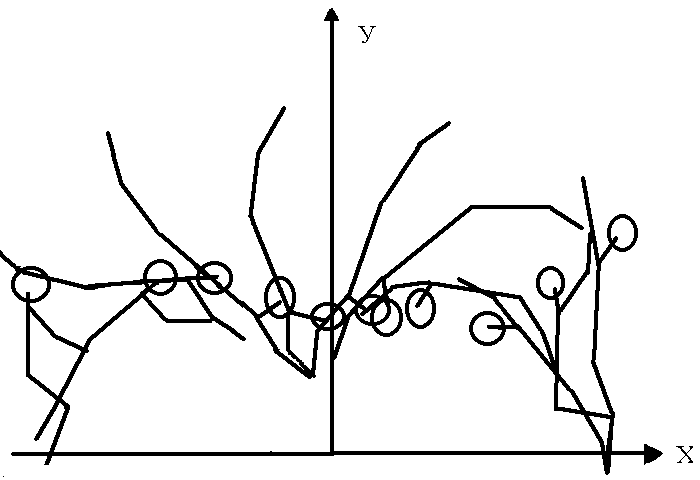


ДОДАТОК № 2

**ТАБЛИЦЯ**

**координат точок даної фігури (системи на кінограмі)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п-п | Номери кадрів | ЦВ  голови | | Плечовий суглоб | | Ліктьовий суглоб | | Променевозап’ястний суглоб | | Тазостегновий суглоб | | Колінний суглоб | | Гомілковостопний суглоб | | ЦТ  стопи | |
| х | у | х | у | х | у | х | у | х | у | х | у | х | у | х | у |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



ДОДАТОК № 3

ДОДАТОК № 4

**Біокінематична схема (промір) фізичної вправи за даними таблиці координат**

ДОДАТОК № 5

**ТАБЛИЦЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Назви фаз | Номери кадрів | Кількість часових інтервалів | Тривалість фаз  у секундах |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

ДОДАТОК № 6

**Лінійна Та КРУГОВА хронограми рухових фаз досліджуваної фізичної вправи**

ДОДАТОК № 7

**Результати виміру лінійних швидкостей руху**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Шлях-відстань між точками ΔS, м | М | А | В | Швидкість точки, Vм, м/с |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**Графік лінійних швидкостей руху**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

ДОДАТОК № 8

**Результати виміру лінійних швидкостей руху**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Шлях-відстань між точками ΔS, м | М | А | В | Швидкість точки, Vм, м/с |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**Графік лінійних швидкостей руху**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

ДОДАТОК № 9

**Результати виміру лінійних прискорень руху**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № точок | Швидкість точки  Vм, м/с | Різниця  ΔV, м/с | Прискорення точки  а, м/с2 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**Результати виміру лінійних прискорень руху**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № точок | Швидкість точки  Vм, м/с | Різниця  ΔV, м/с | Прискорення точки  а, м/с2 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

ДОДАТОК № 10

**Графік**

**лінійних прискорень руху**

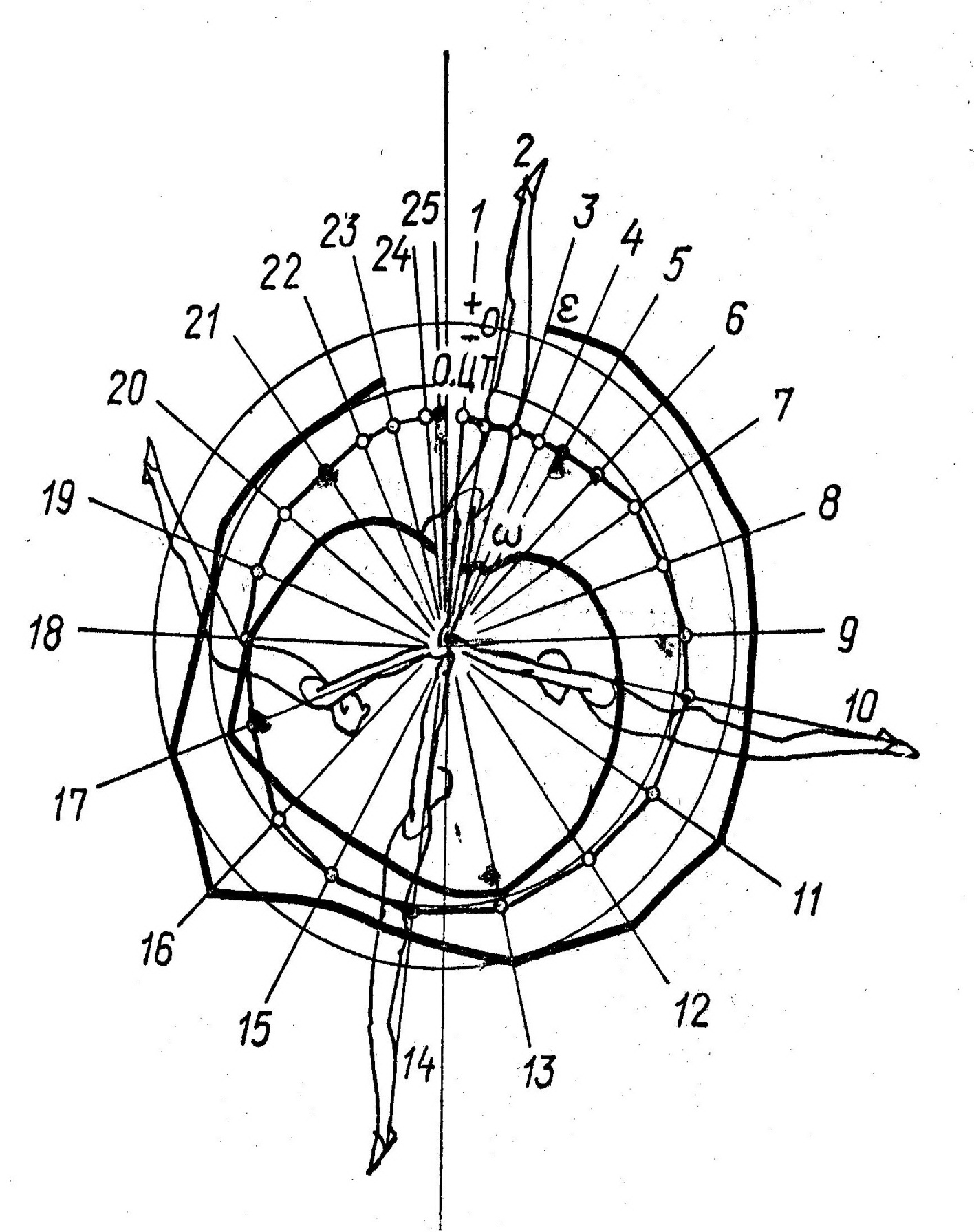
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ДОДАТОК № 11

**Кутові графіки:**

**ЗЦТ ‑ положень загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ), W‑ кутової швидкості, ∑ ‑ кутового прискорення**



ДОДАТОК № 12

**Результати виміру**

**кутової швидкості положень загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № точок | Кут відхилення,  ∠ϕ, град | Кутове переміщення  Δϕ, град | Кутова швидкість  W, рад/с |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

ДОДАТОК № 13

**графік**

**кутової швидкості положень загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ)**

ДОДАТОК № 14

**Результати виміру**

**кутового прискорення положень загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № точок | Кутова швидкість  W, рад/с | Різниця кутових швидкостей  ΔW, рад/с | Кутове прискорення  ε, рад/с |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

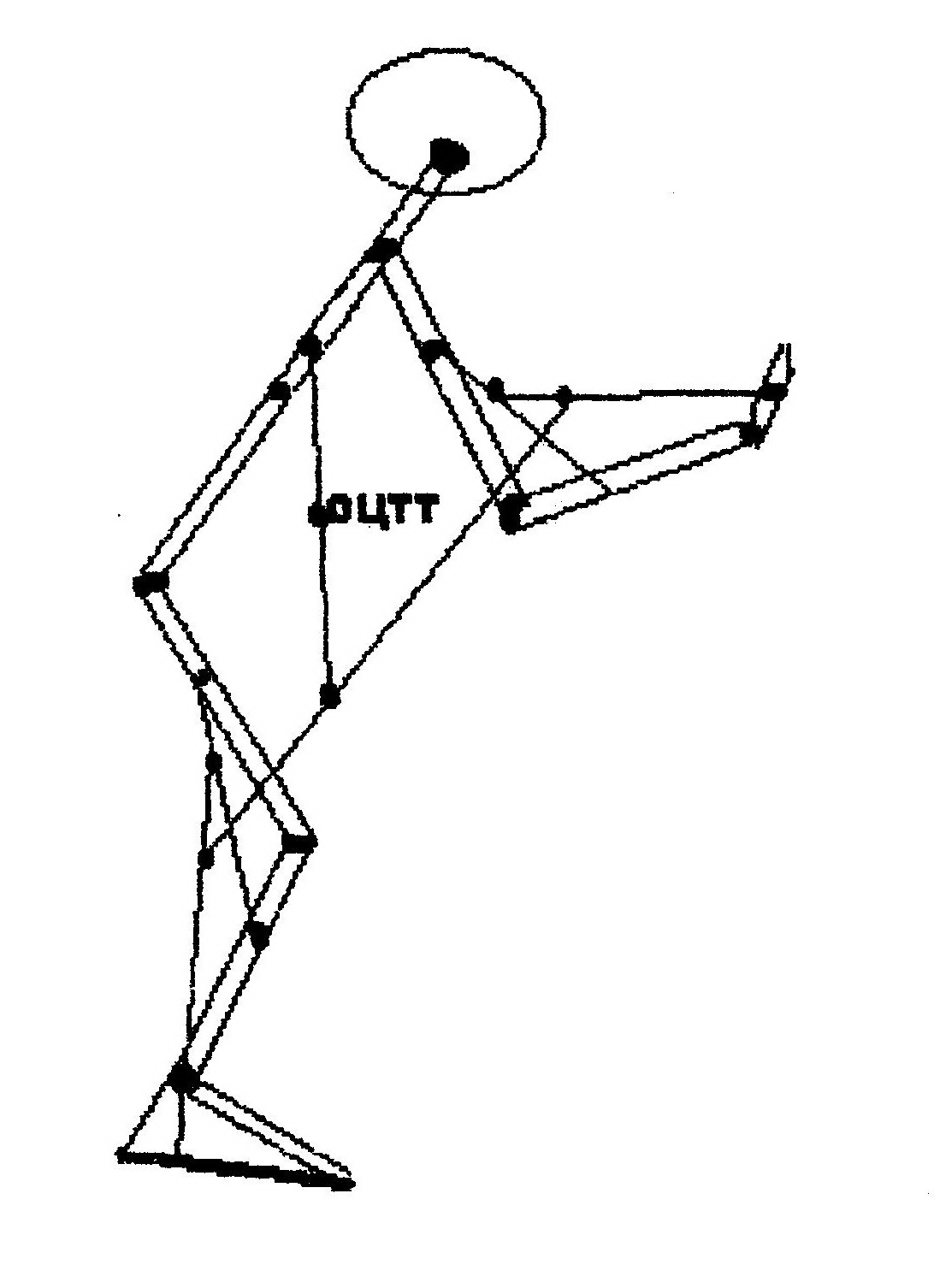
ДОДАТОК № 15

**графік**

**кутового прискорення положень загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ)**

ДОДАТОК №16

**Приклад визначення положення загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ) графічним методом (додаванням сил ваги)**



ДОДАТОК № 17

**Визначення положення загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ) графічним методом (додаванням сил ваги)**

ДОДАТОК № 18

**Визначення положення загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ) аналітичним методом(додаванням моментів сил тяжіння за теоремою Варіньона)**

У

Х

ДОДАТОК № 19

**Таблиця для визначення загального центра тяжіння тіла аналітичним методом**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п-п | Частини тіла  (біоланки) | Відносна вага біоланки у % | Абсолютна вага біоланки (Р), кг | Довжина біоланки, мм | Відстань від проксимального кінця до центра тяжіння біоланки, мм | Абсциса центра тяжіння біоланки (х), мм | Рj × xj,  кг\*  мм | Ордината центра тяжіння ланки (у), мм | Pj × yj,  кг\*  мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | Голова | 7 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Тулуб | 43 |  |  | (0,44) |  |  |  |  |
| 3 | Плече праве | 3 |  |  | (0,47) |  |  |  |  |
| 4 | Плече ліве | 3 |  |  | (0,47) |  |  |  |  |
| 5 | Передпліччя праве | 2 |  |  | (0,42) |  |  |  |  |
| 6 | Передпліччя ліве | 2 |  |  | (0,42) |  |  |  |  |
| 7 | Кисть права | 1 |  |  | (0,5) |  |  |  |  |
| 8 | Кисть ліва | 1 |  |  | (0,5) |  |  |  |  |
| 9 | Стегно праве | 12 |  |  | (0,44) |  |  |  |  |
| 10 | Стегно ліве | 12 |  |  | (0,44) |  |  |  |  |
| 11 | Гомілка права | 5 |  |  | (0,42) |  |  |  |  |
| 12 | Гомілка ліва | 5 |  |  | (0,42) |  |  |  |  |
| 13 | Стопа права | 2 |  |  | (0,44) |  |  |  |  |
| 14 | Стопа ліва | 2 |  |  | (0,44) |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Х зцтт = ---------- У зцтт = ----------

Навчально-методичне видання

(*українською мовою*)

Соколова Ольга Валентинівна

Омельяненко Галина Анатоліївна

Тищенко Валерія Олексіївна

БІОМЕХАНІКА

Навчально-методичний посібник

для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Фізична культура і спорт» освітньо-професійних програм «Фізичне виховання»

і «Спорт»

Рецензент  *М.В. Маліков*

Відповідальний за випуск  *А.П. Конох*

Коректор *О.Г. Омельяненко*