

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди

Без'язична О. В., Коваленко Л. П.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до лабораторних занять з курсу

«БІОМЕХАНІКА»

Харків - 2014

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди

Без'язична О. В., Коваленко Л. П.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до лабораторних занять з курсу

«БІОМЕХАНІКА»

Харків - 2014

Укладачі: Без'язична О. В., Коваленко Л. П.

Рецензенти:

Друзь В. А., доктор біологічних наук, професор кафедри біологічних основ фізичного виховання та спорту Харківської державної академії фізичної культури.

Шаповалов С. О., доктор біологічних наук, професор кафедри анатомії та фізіології Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди

Затверджено редакційно-видавничою радою Харківського
Національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди
Протокол № 2 від 26.02.2014 р.

Без'язична О. В. Методичні рекомендації до лабораторних занять з курсу «Біомеханіка» /
О. В. Без'язична, Л. П. Коваленко. – 2-е вид. – Харків:ХНПУ ім.. Г. С. Сковороди, 2014. – 49 с.

Методичні рекомендації розроблені відповідно до навчальної програми з курсу «Біомеханіка». В посібнику наведені стислі теоретичні відомості, завдання до лабораторних робіт і самостійної роботи студентів, питання до самоконтролю, список рекомендованої літератури. Розраховано на студентів і викладачів вищих навчальних закладів.

Видано за рахунок укладачів

©Харківський національний педагогічний

Університет імені Г. С. Сковороди

©Без'язична О. В., Коваленко Л. П., 2014

ВСТУП

Біомеханіка в циклі наук освітньо-професійної програми напрямку вищої освіти за професійним спрямуванням "Фізичне виховання і спорт", відноситься до блоку спеціально-теоретичних дисциплін і базується на знаннях анатомії людини, фізіології, спортивної морфології і спортивної метрології.

Як наука, біомеханіка має бути основою для опанування студентами дисциплін професійно-орієнтованого циклу і повинна забезпечити природно-наукову підготовку, необхідну для формування професійних умінь та навичок.

Її головна мета полягає у наданні майбутнім фахівцям з фізичного виховання і спорту комплексу теоретичних і науково-практичних знань, що дають змогу кваліфіковано забезпечити навчально-виховну, навчально-тренувальну та фізкультурно-оздоровчу роботу з різним контингентом населення.

Біомеханіка займає особливе положення серед наук про фізичне виховання і спорт. Вона базується на знаннях законів фізики (механіки), математики і теорії керування (кібернетики). Взаємодія біомеханіки з біохімією, психологією й естетикою дало життя новим науковим напрямкам, що приносять велику практичну користь. У їхньому числі «психобіомеханіка», енергетичні і естетичні аспекти біомеханіки. Більш ніж інші медико-біологічні і педагогічні дисципліни біомеханіка використовує досягнення електронно-обчислювальної техніки.

Біомеханіка поділяється на загальну, диференціальну і приватну, і служить сполучною ланкою між теорією і практикою фізичного виховання, спорту і масової фізичної культури. Спираючись на знання біомеханіки, педагогу легше учити своїх вихованців.

Курс «Біомеханіка» складається з 8 годин лекційних занять, 20 годин лабораторних робіт, 18 годин самостійної роботи, закінчується екзаменом в II семестрі.

Дані методичні рекомендації мають допомогти студентам вивчити теоретичні і практичні основи даної наукової дисципліни. Вони містять коротку теоретичну частину і блок лабораторних робіт з контрольними завданнями і питаннями до кожної роботи, виконання яких допоможе студентам підготуватися до екзаменів, а також варіанти контрольних питань до підсумкової контрольної роботи з курсу і рекомендовану до вивчення літературу, як основну, так і допоміжну.

Програмні питання з курсу «Біомеханіка»

1. Предмет біомеханіки як науки про рухи людини. Зв'язок біомеханіки з іншими науками
2. Завдання біомеханіки фізичних вправ. Її значення для теорії і практики фізичного виховання.
3. Складові біомеханіки фізичних вправ.
4. Етапи біомеханічного аналізу фізичних вправ.
5. Поняття оптимізації рухової діяльності. Критерії оптимальності в біомеханіці.
6. Поняття про біомеханічну систему людини, її структуру і склад.
7. Біомеханічні особливості скелету людини.
8. Види зовнішніх і внутрішніх впливів на скелет при рухах людини.
9. Класифікація біокінематичних пар і ланцюгів.
10. Біоланки як важелі, умови їхньої рівноваги і руху.
11. Осі, площини і напрямки рухів у з'єднаннях кісток.
12. Ступені свободи руху й умови зв'язків біоланок. Рухливість в суглобах.
13. Розподіл мас тіла. Поняття про загальний центр ваги, центри об'єму і поверхні тіла.
14. Види рівноваги, умови рівноваги.
15. Фактори, що сприяють збереженню рівноваги. Кути і моменти стійкості.
16. Біомеханічні властивості м'язової системи.
17. Режими, види і різновиди роботи м'язів.
18. Основні закони, що характеризують роботу м'язів.
19. Дія одно- і багатосуглобових м'язів в умовах відкритого і замкненого біокінематичного ланцюга.
20. Умови проявлення сили м'язів.
21. Груповий вплив м'язів. М'язи антагоністи і синергісти.
22. Поняття про основні види характеристики рухів.
23. Способи реєстрації рухів у біомеханіці.
24. Кінематичні характеристики рухів. Поняття відносності рухів.
25. Реєстрація кінематичних характеристик рухів і обробка даних реєстрації.
26. Динамічні характеристики рухів.
27. Реєстрація динамічних характеристик рухів.
28. Характеристика зовнішніх і внутрішніх сил як причин, що викликають і змінюють рухи.
29. Сили рушійні, гальмуючі, нейтральні.
30. Робота м'язів: переборююча, уступаюча, утримуюча з точки зору діючих сил.
31. Компенсаторний рух, амортизація, балансування.
32. Біомеханічна характеристика стартових рухів.

33. Рушійні і гальмівні сили і їх взаємодія в бігу.
34. Реактивна сила маху на прикладі бігу, стрибка у висоту та інших рухів.
35. Взаємодія робочих і підготовчих рухів в різних видах спорту.
36. Енергетичні характеристики рухів.
37. Методи підвищення ефективності руху у фізичних вправах. Рекуперація енергії.
38. Вибір раціональних способів виконання руху й оцінка якості виконання.
39. Обґрунтування відбору допоміжних вправ у залежності від вікових особливостей і задачі фізичного виховання.
40. Підготовчі, підводячі та імітаційні вправи і їхнє місце у фізичному вихованні
41. Підводячі вправи і шляхи оволодіння складною дією (аналітико-синтетичний, цілісний).
42. Визначення розташування центрів ваги окремих ланок тіла.
43. Визначення розташування загального центра ваги тіла (ЗЦВТ) аналітичним методом.
44. Визначення розташування ЗЦВТ графічним методом.
45. Визначення ступеня стійкості тіла спортсмена, що знаходиться в положенні рівноваги.
46. Складання хронограм за матеріалами кінозйомки фізичних вправ.
47. Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи і траєкторії руху ЗЦВТ і ЦВ ланок тіла.
48. Визначення лінійних швидкостей і прискорень у поступальних рухах.
49. Визначення кутових швидкостей і прискорень в обертальних рухах.
50. Взаємодія зовнішніх і внутрішніх сил на прикладі будь-якого руху (за самостійним вибором з виду спорту, у якому Ви спеціалізуєтесь).

Розділ 1. Теоретична частина

Предмет біомеханіки як науки про рухи людини

Біомеханіка - це наука про рухи тіла людини і тварин. Вона вивчає особливості пересування організму в просторі і в часі, визначає причини, що обумовлюють ці рухи, а також визначає рухові можливості організму.

Термін «біомеханіка» перекладається з грецької, як “біос” – життя + “механе” – знаряддя (механіка життя).

Закони механіки, щодо руху тіл, були виведені по відношенню до абсолютно твердого тіла. Але вони враховуються в практиці фізкультури і спорту. Тому біомеханіка вивчає рухи людини з точки зору законів механіки, але з урахуванням анатомо-фізіологічних особливостей живого організму.

Для того, щоб керувати машиною слід знати, як вона побудована. Але машина організму людини набагато складніша та вибагливіша, ніж будь-яка інша. Тому в знаннях з біомеханіки багато невирішених проблем, більше ніж в машинобудуванні. Крім того, якщо

штучну машину можна побудувати, то машину людського організму не можна удосконалити, переробити, підкорити конструкцію власній меті. Нам доводиться використовувати її такою, якою вона є, з усіма перевагами і недоліками. Ми лише маємо можливість в повній мірі використовувати її переваги і обминати недоліки.

Є різні види біомеханіки

- біомеханіка праці (ергономіка – оптимізація рухів при роботі на конвеєрі тощо),
- інженерна біомеханіка (створення роботів),
- біомеханіка протезування (як зробити протез, який найкраще відповідає розмірам і будові, в хірургії, в стоматології (медична біомеханіка).

Але центральними розділом залишається біомеханіка фізичних вправ, яка вивчає рухову діяльність людини під час спортивних тренувань і змагань, в процесі занять оздоровчими формами фізкультури, в тому числі і на уроках у школі.

Біомеханіка розташована на стику різних наук і співпрацює з медициною, динамічною анатомією, фізіологією, біофізикою, математикою, кібернетикою тощо. В сфері біомеханіки сьогодні працюють інженери, конструктори, технологи, програмісти. Біомеханіка для вирішення своїх завдань широко використовує обчислювальну техніку.

В.П.Уткін приводить схему, згідно якої біомеханіка складається з 3 поверхів і 3 секцій:

3 секції – 1) загальна біомеханіка, 2) диференціальна, 3) приватна;

3 поверхи – 1) окремі рухи, 2) рухові дії, 3) рухова діяльність.

Загальна біомеханіка вирішує теоретичні проблеми і допомагає довідатися, як і чому людина рухається (вивчає загальні закони руху з точки зору механіки). Цей розділ біомеханіки дуже важливий для практики фізичного виховання і спорту, тому що «немає нічого практичнішого гарної теорії».

Диференціальна біомеханіка вивчає індивідуальні і групові особливості рухових можливостей і рухової діяльності. Вивчаються особливості, що залежать від віку, статі, стану здоров'я, рівня фізичної підготовленості, спортивної кваліфікації і т.п.

Приватна біомеханіка розглядає конкретні питання технічної і тактичної підготовки в окремих видах спорту і різновидах масової фізкультури. У тому числі в оздоровчому бігу і ходьбі, загально-розвиваючих гімнастичних вправах, ритмічній гімнастиці і т.п.

На трьох «поверхах» (рівнях) біомеханіки вивчають: рухи, рухові дії, рухову діяльність.

На першому рівні фактичні дані для дослідження рухів добуваються найчастіше в експериментах з ізольованими м'язами й іншими частинами тіла тварин. Рухи – це найдрібніший елемент – наприклад, рух ноги вниз, або відштовхування. Сукупність рухів складають рухові дії.

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

Третій рівень біомеханіки розглядає тактику рухової діяльності. При виконанні фізичних вправ рухова діяльність складається з рухових дій, як ланцюг з ланок. Наприклад, біг складається з окремих кроків; стрільба - із приготування, прицілювання і пострілу; штрафний удар - з розбігу й удару ногою по м'ячу. Рухові дії в такому ланцюзі взаємозалежні і взаємообумовлені. Тому рухова діяльність — це система рухових дій.

Тим самим біомеханіка досліджує техніку і тактику фізичних вправ, є сполучною ланкою між теорією і практикою фізичного виховання.

Основним завданням біомеханіки є аналіз рухової діяльності людини.

Тренеру, вчителю фізичного виховання слід вміти аналізувати рухову діяльність, «читати рухи». Наприклад, вчитель фізичної культури сприймає рухову діяльність як цілий комплекс взаємопов'язаних елементів.

Аналіз рухової діяльності складається з наступних етапів:

1 етап. Вивчення зовнішньої картини рухової діяльності (послідовність рухових дій).

Насамперед з'ясовують, з яких рухових дій вона складається й у якому порядку відбуваються дії, як вони впливають одна на одну. Наприклад, шкільний урок фізичної культури складається з ряду вправ. Потрібно враховувати, що характер, тривалість та інтенсивність попередніх вправ впливають на якість виконання наступних.

Вивчаючи зовнішню картину рухової діяльності, реєструють кінематичні характеристики. Особливо важливо знати тривалість окремих частин руху (фаз), графічним відображенням цього є хронограма. Хронограма рухових дій характеризує техніку, а це перше, на що звертають увагу при аналізі спортивної тактики.

2 етап. З'ясування причин (сил), що викликають і змінюють рухи. Вони не доступні візуальному контролю, і для їхнього аналізу необхідно реєструвати динамічні характеристики. Найважливіше значення тут мають величини сил, що діють на людину ззовні і створюються його власними м'язами.

3 етап. Визначення топографії працюючих м'язів. На цьому етапі вивчається, які м'язи беруть участь у виконанні даної вправи. Знаючи, які м'язи переважно забезпечують рухову діяльність, до якої готує себе людина, можна з безлічі фізичних вправ відібрати сприятливі розвитку саме цих м'язів і їхньої координації.

Залежно від того, яка частина всієї м'язової маси тіла задіяна, розрізняють: глобальну м'язову роботу, регіонарну і локальну. Так, бігуни, плавці, лижники виконують глобальну м'язову роботу. До регіонарної відноситься, наприклад, м'язова робота, що виконується при деяких загально розвиваючих гімнастичних вправах (підтягуванні на поперечині, підніманні ніг і верхньої частини тулуба з положення лежачи на спині і т.п.). Локальна – скорочення окремих м'язів, або м'язових груп.

4 етап. Визначення енергетичних витрат і того, як доцільно витрачається енергія працюючих м'язів. Наприклад, в бігу притискання рук до тулуба збільшує енерговитрати, і

може призвести до погіршення спортивного результату. Для відповіді на ці питання реєструють енергетичні характеристики. Поряд з величинами енерговитрат важлива економічність, що показує частку корисних енерговитрат відносно усїєї витраченої енергїї. Підраховано, наприклад, що в стаєрів вищої квалїфікації підвищення економічності бігу на 20% переміщує бігуна в списку кращих з 10-го на 1-е місце.

5 етап. Виявлення оптимальних рухових режимів (найкращої техніки рухових дій і найкращої тактики рухової діяльності) здійснюється на заключному етапі біомеханічного аналізу. Також оцінюється ступінь відповідності реального та оптимального варіанту техніки і тактики.

Таким чином, основною метою біомеханічного аналізу є визначення оптимального варіанту виконання рухів, рухових дій.

У спорті (а останнім часом і в оздоровчій фізкультурі) постійно йде пошук оптимальних варіантів техніки і тактики. Тим самим вирішується задача оптимізації рухової діяльності та її раціоналізації (якщо не вдається досягти ідеалу, можна до нього наблизитися).

Найкращий спосіб відповідає критеріям оптимальності: (це показники, що використовуються для оцінювання ступеня досягнення поставленої мети).

Оптимізацією називають вибір найкращого варіанта з усіх можливих.

Але що таке найкращий варіант рухової діяльності? Загальної відповіді на це питання не існує, оскільки все залежить від конкретної ситуації і поставленої мети. І тому неоднакові критерії оптимальності, тобто показники, що використовуються для оцінки ступеня досягнення поставленої мети в різних видах спорту.

Показниками оптимальності є :

- 1) економічність – менші витрати метаболічної енергїї при виконанні одної дії, або досягненні одного результату;
- 2) механічна продуктивність - витривалість або збільшення коефіцієнту корисної дії;
- 3) естетичність - оцінюється наближенням кінематики (зовнішньої картини руху) до естетичного ідеалу, прийнятого у даному виді спорту (фігурному катанні, художній гімнастиці, синхронному плаванні і т.п.);
- 4) безпечність – передбачає рухи, що попереджають травматизм. Чим краща безпека тим менша ймовірність травми;
- 5) комфортабельність – відображає переміщення і струси ЗЦВТ (по відношенню до опори, снарядів).
- б) точність – має 2 спрямування: а) відтворення зовнішньої картини руху (робити так, як найкращі чемпіони, “школа” в фігурному катанні); б) цільова точність (має місце в стрільбі (попадання в центр), в баскетболі, волейболі, боксі (відношення всіх успішних рухових дій до їх загальної кількості) тощо.

Для аналізу рухової діяльності використовують два підходи – функціональний і системно-структурний.

Функціональний підхід дозволяє констатувати зовнішню недосконалість техніки і тактики. Наприклад, на уроці фізкультури можна побачити, що техніка підтягування у багатьох відрізняється від еталонної, рекомендованої в комплексі ГТО. Але як її виправити? Функціональний підхід не дає відповіді на це питання.

Системно-структурний підхід дає більш конкретні рекомендації. Педагог, що застосовує при навчанні своїх учнів системно-структурний підхід, прагне до пізнання структури рухової діяльності, тобто до відповіді на питання, з яких елементів вона складається і як вони пов'язані між собою. Крім того, з'ясовують внутрішні механізми, тобто прагнуть відповісти на запитання, чому рухові дії виконані саме так, а не інакше. Найрозповсюдженішим прийомом системно-структурного підходу є виконання рухової дії окремими частинами (фазами) за визначеними правилами.

Функціональний і системно-структурний підходи до аналізу й удосконалення рухової діяльності доповнюють один одного. Рівень, на якому системно-структурний підхід переходить у функціональний, залежить від задач рухової діяльності.

Біомеханічна характеристика зовнішніх і внутрішніх сил, що впливають на тіло спортсмена

Рухи людини представляють собою складний комплекс взаємодії простих рухів в різних суглобах і координованої дії скелетних м'язів. Рухи людини відбуваються у взаємозалежності з зовнішнім середовищем, і визначаються силами, які впливають на організм. Зовнішнім силам протидіють сили м'язових тяг, які виникають при скороченні м'язів.

Аналізуючи ці сили, можна надати анатомічну характеристику роботи рухового апарату людини при виконанні рухів або при збереженні окремих положень тіла. Положення тіла в просторі – це тимчасова фаза відносного спокою тіла, при якій зовнішній рух відсутній (але опорно-руховий апарат при цьому продовжує працювати).

Аналіз будови скелету показує, що він складається з окремих кісткових ланок, які рухомо з'єднані між собою. Тому збереження положення однієї кісткової ланки відносно іншої потребує напруження певної групи м'язів. При рухах зростає значимість внутрішніх сил, які протидіють зовнішнім силам, або їх використовують.

Без впливу зовнішніх сил рухи можуть відбуватися лише за рахунок внутрішніх сил, наприклад, космонавти ніби «плавають» в умовах, де немає сили тяжіння, і вони можуть пересуватися лише опираючись на закріплені предмети.

Всі види спорту тісно пов'язані з рухом тіл. Спринтерський біг і стрибки у висоту, наприклад, є тими видами спорту, у яких спортсменові необхідно якнайшвидше переміщатися або якнайвище стрибнути. Однак у наведеному прикладі ми зустрічаємося й з переміщенням інших предметів, таких як взуття спортсмена або його одяг.

У деяких видах спорту головним є змусити переміщатися з максимальною швидкістю на найбільшу відстань або ж з максимальною швидкістю переміщати не тіло спортсмена, а інші предмети (снаряди - диск, ядро, м'яч). У спорті використовується велика різноманітність таких предметів, для кожного з яких характерні свої типові, кількісні й конструкторські характеристики. У різних видах спорту зустрічається багато типів м'ячів.

В одних видах предмети переміщуються не безпосередньо, а за допомогою різних пристосувань, наприклад за допомогою бейсбольній біти, тенісної ракетки або гвинтівки. В інших же видах спорту спортсменові самому потрібно надавати руху й управляти предметами, що є спеціальними атрибутами в конкретному виді спорту (наприклад, велосипед або яхта).

Сила здатна викликати або зупинити рух. Енергетичні системи забезпечують перетворення хімічної енергії в механічну, що проявляється в розвитку м'язами скорочувальної активності й, як наслідок, - прояві сили. У всіх видах спорту хтось (або щось) може перешкоджати поставленій меті.

Спорт не може існувати без змагань, у зв'язку із чим завжди присутні фактори, які вимагають їх подолання. У деяких видах спорту ці фактори не пов'язані з безпосереднім контактом із суперником. Однак в інших видах, таких як силові єдиноборства, такий контакт має пряме відношення до взаємодії сил.

У багатьох видах спорту показники спеціальної працездатності спортсмена залежать від здатності м'язових напруг, що допомагає їм переборювати зовнішні природні сили, які перешкоджають виконанню рухів.

Найважливішими з таких сил є гравітація, сили тертя й сили фізичного опору руху тіл у воді й у повітрі. У деяких видах спорту раціональне використання цих сил може сприяти поліпшенню спортивної працездатності. Наприклад, під час спуску велосипедиста після подолання гірського підйому гравітація служить йому помічником.

Навколишнє середовище (вода, повітря) може сприяти підвищенню показників спортивної працездатності (при сприятливому потоці повітря або води). Тому, наприклад, рекордні результати в бігу на короткі дистанції або в стрибках у довжину фіксуються тільки при швидкості попутного вітру не більше 2 м/с. У деяких видах спорту такі потоки служать основним фактором, на якому базується тренувальна й змагальна діяльність. Стрибуни на лижах і гірськолижники залежні від гравітаційних сил і потоків повітря, а яхтсмени - від течії води, від вітру й хвиль.

Як правило, зовнішні сили опору перешкоджають досягненню успіху в спорті. Так стрибун у висоту із жердиною, власне кажучи, змагаються із гравітацією. Гірськолижник

випробовує значний опір зустрічному потоку повітря, тоді як плавець-спринтер повинен перебороти значний опір води. Істотно вплинути на спортивний результат можуть і сили тертя, як у випадку погіршення ковзання лиж при таненні снігу.

Тому у видах спорту, де результат багато в чому залежить від впливу зовнішніх сил на рух, як, наприклад, у вітрильному спорті, деякі дослідники акцентують свою увагу на шляхах підвищення ефективності використання цих сил (наприклад, шляхом поліпшення конструкції яхти). Однак частіше вивчаються можливості зниження опору води, повітря, сил гравітації й тертя.

Найбільш значна сила, що діє на нас, це сила земного тяжіння. Величина цієї сили залежить, в основному, від двох факторів.

Перший - це відстань від тіла до центра Землі. Чим ближче до центра, тим сила тяжіння більша. Отже, на значній висоті над рівнем моря й на певних географічних широтах спортивні результати в окремих видах спорту можуть бути поліпшені просто через меншу силу тяжіння.

Другий фактор - маса тіла, включаючи одяг. Зі збільшенням маси зростає й гравітаційна сила, тому для її подолання необхідно розвивати більші зусилля.

Від маси тіла залежить сила інерції. Сила інерції відіграє важливу роль в руховій діяльності людини, надає рухам плавності, уповільнює рухи, зменшує струси організму.

Опір рідкого й газоподібного середовища залежить від багатьох факторів. Одним з них є природа рідини або газу. Всі спортивні вправи виконуються в повітряному або водному середовищі, і оскільки щільність повітря менша від щільності води, то опір повітря також менший. Однак деякі зовнішні фактори можуть вплинути на щільність цих середовищ. На значних висотах над рівнем моря щільність повітря набагато менша, а значить його опір також менший. Оскільки з висотою знижується й сила тяжіння, то таке сполучення сприяє поліпшенню спортивних результатів. Наочний приклад - рекорд Боба Бімона в стрибках у довжину на Олімпійських іграх 1968 року в Мехіко. Мехіко розташований на висоті 2 300 метрів над рівнем моря.

Таким чином, для встановлення особистого рекорду спортсмен може брати участь у змаганнях, які проводяться в сприятливих для цього умовах навколишнього середовища. Правда для перемоги цього може виявитися недостатньо, тому що суперники будуть перебувати в аналогічних умовах.

Опір навколишнього середовища набуває особливого значення для спортсменів, які переміщуються з високою швидкістю. Опір повітря й води зростає не прямо пропорційно збільшенню швидкості руху спортсмена, а пропорційно квадрату швидкості.

Таким чином, при збільшенні швидкості бігу у два рази з 5 м/с до 10 м/с опір повітря зросте в 4 рази. Це не означає, що спортсменові необхідно збільшити загальну енергопродукцію в 4 рази, а варто мати на увазі, що більша частина енергії організму буде витрачатися на подолання зростаючого опору повітря. Хоча кількість цієї енергії й незначна

при помірній швидкості бігу, однак при високих спринтерських швидкостях, як, наприклад, у велосипедному спорті або швидкісному бігу на ковзанах, цей фактор набуває надзвичайно важливе значення.

Опір рідини або повітря часто називають гальмуванням. Два види гальмування, взаємозалежних зі швидкістю, мають важливе значення в спорті.

Перший вид - гальмування, обумовлене площею перетинання предмета, перпендикулярній силі опору. Якщо висунути руку з вікна автомобіля, що рухається, і поставити її ребром до зустрічного потоку, то рух повітря не доставить великого занепокоєння. Якщо ж долоня розгорнути на всю поверхню перпендикулярно руху потоку повітря, то сила опору змусить забрати руку з вікна. Цей простий приклад демонструє, як форма об'єкта може вплинути на опір повітря.

Поверхнєве гальмування - це другий вид опору, багато в чому залежного від розмірів і структури поверхні тіл. Як правило, чим більша й грубіша поверхня, тим сильніший гальмівний ефект. Цей опір можна знизити, зменшуючи площу поверхні тіл, що рухаються, або конструктивно зменшуючи поверхнєве гальмування. Для цього створювалися, наприклад, спеціальні костюми для спринтерів бігунів і плавців.

Ще одна сила опору, що виникає між твердими тілами, - це сила тертя. Разом з тим, обидва види сил опору мають місце в різних видах спорту. Так, наприклад, велосипедистові доводиться переборювати не тільки опір повітря, що перешкоджає руху спортсмена й велосипеда, але й опір сил тертя між деталями самого велосипеда й між колесом і поверхнею дороги.

Сила тертя залежить, головним чином, від двох факторів. Одним з них є маса одного предмета, прикладеного до поверхні іншого. При цьому, чим більша маса (а точніше фізично - вага), тим вища сила тертя. Другим фактором, що впливає на силу тертя, є якість двох дотичних поверхонь: чим грубіші поверхні, тим сила тертя більша.

У спорті тертя несе подвійне навантаження. В одних випадках воно повинне бути найбільшим, а в інших, навпаки, - найменшим.

Так, наприклад, для спринтера важливо, щоб між підошвою взуття й поверхнею бігової доріжки існувало певне тертя, що дозволяє спортсменові ефективно переміщатися вперед. Якщо це тертя дуже низьке, наприклад, через зношування шипів або через покриття доріжки піском чи водою, то нога може прослизати, і ефективність просування вперед знижується. У той же час, якщо шипи кросівок будуть занадто довгими, те це приведе до значного збільшення сил тертя, що також негативно відіб'ється на швидкості бігу.

Тепер розглянемо внутрішні сили, що впливають на рухи спортсмена.

Внутрішні сили поділяються на пасивні і активні. До пасивних сил відносять: опір кісток, хрящів, зв'язок, суглобових сумок тощо. До активних відносять силу тяги м'язів. Щоб вивести тіло із стану спокою, необхідно прикласти внутрішні сили. Щоб відірватися від землі

– необхідно прикласти силу більшу по відношенню до опори (відповідно збільшиться сила реакції опори, яка і допоможе відірватися від опори)

Внутрішні сили є керованими, їх можна розвивати тренуванням.

Теоретично, існують два основних способи підвищення спортивної працездатності за рахунок модифікації біомеханічних характеристик організму спортсмена.

По-перше, цього можна домогтися за рахунок ефективного використання сили раціональнішим способом. Спортсмен може мати високорозвинені фізіологічні системи, але якщо в його організмі енергія використовується малоефективно, то й рівень прояву спортивної працездатності також виявиться невисоким.

Можна мати високу потужність енергетичної системи, що дозволяє досягти чудових результатів у плаванні, однак якщо людина не вміє плавати, то вся ця його енергія буде витрачена тільки на те, щоб не потонути.

Другий спосіб поліпшення спортивної працездатності полягає в наданні тілу спортсмена такого положення, яке б максимально сприяло зниженню опору повітря або води, що перешкоджають руху.

Удосконалення положення тіла плавця у воді в різні фази гребка може зменшити опір води. Зменшення маси тіла знижує вплив гравітації, що може сприятливо відбитися на показниках спортивної працездатності в такому виді спорту, як спортивна гімнастика, де спортсменові доводиться постійно утримувати або переборювати свою вагу. Збільшення ж маси тіла сприяє зростанню сил тертя й гравітації, а це важливо в такому виді спорту як боротьба сумо.

Одним з головних напрямків у сучасних біомеханічних дослідженнях є розробка особливої спортивної техніки для того, щоб вироблена організмом спортсмена енергія найефективніше трансформувалася в його рухову функцію.

Прості приклади такого розвитку: перехід від високого до низького старту при спринтерському бігу, зміна двохударного кролю на шестиударний, стрибок у висоту «флоп» замість «перекидного».

Аналіз механічних зусиль рук плавця й весляра, взаємозв'язку рухів ніг і рук у лижника-гонщика, старту легкоатлета-спринтера, послідовності рухів ніг і рук у стрибуну у висоту під час виконання стрибка - це кілька прикладів досліджень, які можуть сприяти становленню більше ефективною техніки спортивних вправ.

Так, наприклад, положення кисті й передпліччя в плавця в різні фази гребка аналізується для того, щоб забезпечити найбільш ефективну площу поверхні й кута під час гребка. Це дозволяє максимально використати прикладену силу й забезпечити оптимальний піднімальний ефект.

Залежно від виду спорту результати досліджень, проведених з використанням аеродинамічної труби, що моделює рух у заданому потоці повітря, свідчать про те, що

положення або площа поверхні тіла може сприяти зниженню опору руху. У високошвидкісних видах спорту, таких як велосипедний спорт, швидкісний біг на ковзанах, швидкісний спуск на лижах і бобслей, вибір обтічного потоком повітря оптимального положення спортсмена може значно зменшити опір. У деяких видах спорту спортсмени намагаються додати своєму тілу вигнуту форму, аналогічну падаючій краплі. Така конфігурація зводить до мінімуму площу поверхні, підставлену вітру, внаслідок чого потік повітря плавно огинає поверхню тіла спортсмена й зустрічний опір повітря при цьому знижується.

У високошвидкісних видах спорту використання такої техніки набуває надзвичайно важливого значення, оскільки близько 90% загального опору руху може припадати на опір повітряному потоку.

Експерименти показують, що опір повітря можна знизити й іншими способами, застосування яких у деяких видах спорту може виявитися досить ефективним.

При їзді на високій швидкості велосипедист, що їде за спиною провідного спортсмена, може розвивати на 30% менше потужності, ніж спортсмен попереду, який приймає головний удар повітряного потоку на себе.

Результати досліджень свідчать про те, що тактика бігу за спиною ведучого може створювати певну перевагу, зокрема при бігу по шосе проти вітру. У середньому при такому бігу для подолання опору повітря потрібно близько 6-7% загальних енерговитрат, однак сильний зустрічний вітер може значно їх збільшити. У такому випадку спортсмен, що перебуває за або в середині численної групи бігунів, перебуває в сприятливіших умовах, оскільки буде випробовувати менший опір повітря.

Крім технічних аспектів, чималу роль грає маса і будова тіла. Організм людини складається з різних тканин, але з точки зору біомеханіки розглядаються тільки два основних компоненти - жирова й знежирена маса. Більша частина знежиреного компонента представлена м'язовою масою, що приблизно на 70% складається з води. Таким чином, воду можна розглядати як третій компонент, що визначає масу тіла.

Хоча результати наукових досліджень і не виявили якоїсь особливої специфічності процентного співвідношення жиру й знежиреної маси, ідеального для конкретного виду спорту, все-таки накопичено достатню кількість даних для того, щоб можна було зробити деякі узагальнені висновки.

Наукові дослідження говорять про те, що надлишок жирового компонента тіла негативно впливає на показники спортивної працездатності в тих видах спорту, де потрібно робити рухи швидко й ефективно, як, наприклад, у стрибках у висоту або в бігу на довгі дистанції. Масові обстеження виявили низький відсоток жирового компонента в таких спортсменів як бігуни на довгі дистанції, стрибунки у висоту, гімнасти, спринтери й інші, для яких надлишок жиру може виявитися перешкодою.

Хоча певна кількість жиру й необхідна для підтримки оптимального рівня здоров'я й нормального протікання фізіологічних процесів, все-таки його надлишок в організмі є, у найкращому разі, просто зайвим багажем. Так, наприклад, у проведеному дослідженні було встановлено, що для марафонця, що має масу тіла 72 кг, щоб поліпшити результат у марафоні на 6 хвилин, необхідно схуднути на 5%, що еквівалентно втраті 3,6 кг жиру.

Однак, різка втрата ваги може привести до вираженого зниження спортивної працездатності, особливо у видах, що вимагають витривалості. При цьому зменшується маса жирового компонента й помітно знижується м'язова маса. Отже, і в тих видах спорту, у яких провідними руховими якостями є сила й анаеробна витривалість, швидке зниження спортсменом маси свого тіла може негативно відбитися на показниках спортивної працездатності.

У той же час у спортивних вправах вибухового характеру, у яких потужність, що розвиває спортсмен, спрямована на переміщення його тіла в просторі, як, наприклад, у стрибках у висоту, різке зниження вмісту води в організмі може вплинути на спортивний результат.

Таким чином, спортивна біомеханіка є досить багатогранною наукою, що охоплює різні області тренувальної й змагальної підготовки спортсмена.

Біомеханічна характеристика рухового апарату людини

Механічні властивості кісток

Кістки виконують рухову, захисну і опорну функцію.

При виконанні фізичних вправ виникають 4 види впливів на кістку : розтягнення, стискання, вигини і скручування.

1. При розтягненні (виси на перекладині) трубчаста кістка витримує 150 Н/мм^2 . Це в 30 разів більше, ніж тиск, що руйнує цеглину. Міцність кісток більша ніж міцність дуба, майже дорівнює міцності чавуна.
2. При стисканні міцність кісток ще більша. Найсильнішою є великогомілкова кістка, вона витримує вагу в $16000 - 18000 \text{ Н}$ (1,6 – 1,8 тон), або вагу 27 людей. Стегнова кістка – витримує 1,2 тони.
3. При вигинанні кістки також витримують значні навантаження. Стегнова кістка не ламається при навантаженні в 1200 кг. Але з віком зменшується вміст органічних речовин (осеїну) і кістки стають ламкими.
4. При скручуванні (в обертальних рухах) кістки витримують від 30 – до 140 Н/м. Так, при ходьбі момент сил скручування досягає 15 Н/м.

Постійне навантаження на кістку значно впливає на її будову – збільшується число остеонів, збільшується вапнування кістки, змінюється розташування кісткових перекладин в

кістках. Наприклад, у штангістів стовщуються кістки ніг, хребта, у футболістів – зовнішня частина плесна, у тенісистів – кістки передпліччя.

Кістки, як тверда основа тіла, виконують функцію важелів і маятників.

Кістки як важелі 1 і 2 роду. Приводячи в рух скелет, м'яз діє на нього як на важіль. У механіці важелем називають тверде тіло, що має точку опори, відносно якого воно може рухатися (обертатися) під впливом протидіючих сил.

Важелі поділяють на одноплечі і двоплечі. Двоплечим є важіль рівноваги – коли дві сили прикладені з протилежних боків від точки опори важеля, і діють в одному напрямку. Тому цей важіль називають важелем рівноваги.

Важіль другого роду – є одноплечим. В ньому сила ваги і сила тяги м'язів розташовані по одну сторону від точки опори, і спрямовані в різні сторони.

Коли плече сили ваги довше, ніж плече сили м'язової тяги, утворюється важіль швидкості. Прикладом такого важеля може служити передпліччя. Напругою двоголового м'яза, що прикріплюється поблизу точки опори, досягається подолання сили ваги, і робота відбувається з великою швидкістю, тому важіль другого роду називають важелем швидкості.

Інший вид важеля II роду – це важіль сили. Він утворюється, коли плече сили ваги менше плеча сили м'язової тяги. Прикладом може бути рух стопи в гомілковостопному суглобі. За принципом важеля другого роду в тілі працює більшість м'язів.

Механічні властивості суглобів залежать від будови суглобів. На суглоби впливають значні сили. Синовіальна рідина зменшує тертя в суглобах в приблизно в 20 разів. Міцність суглобових хрящів не безмежна. Тиск не повинен перевищувати 350 Н/см^2 . При більшому тиску виділення синовіальної рідини припиняється. Це повинні враховувати тренери при роботі з дітьми. При надмірному навантаженні відбувається стирання суглобових хрящів.

Рухливість в суглобах залежить від співпадання суглобових поверхонь (при повному співпаданні рухи неможливі); форми внутрішньо- і навколо суглобових хрящів, розташування і довжини зв'язок (вільні зв'язки, або сухожилки м'язів, що натягують суглобову сумку), і, особливо, від опору тяги м'язів (це надає рухам плавність).

Рухливість в суглобах буває скелетна, активна і пасивна. Скелетна рухливість визначається різницею суглобових поверхонь кісток. В практиці деяких видів спорту досягають рухливості, максимально наближеної до скелетної (наприклад, в гімнастиці). Активна рухливість здійснюється за рахунок скорочення м'язів. Пасивна рухливість здійснюється за рахунок використання зовнішніх сил (гриф штанги, мішок з піском, партнер).

В усіх видах спорту рухи тіла (техніка) розглядаються відносно 3-х взаємно перпендикулярних площин, або осей, які умовно проходять крізь тіло людини:

1. Фронтальна площина – поділяє тіло на передню і задню частину, а вісь, перпендикулярна цій площині – сагітальна вісь, проходить спереду назад;

2. Сагітальна площина проходить спереду назад, поділяє тіло на ліву і праву частину, а вісь, перпендикулярна цій площині – поперечна вісь (проходить зліва направо);
3. Горизонтальна площина поділяє тіло на верхню і нижню частину, а вісь, перпендикулярна цій площині має назву вертикальна, або поздовжня вісь.

Напрямок рухів в суглобах залежать від їх форми.

Біомеханічні властивості м'язів. До них відносять скоротливість, пружність, твердість, міцність і релаксація. Скоротливість - це здатність м'яза скорочуватися при збудженні. У результаті скорочення відбувається рух м'яза й виникає сила тяги.

Для пояснення механічних властивостей м'яза скористаємося моделлю, в якій м'яз складається з трьох компонентів:

- 1) паралельний пружний компонент (сполучнотканинні утворення), має механічний аналог у вигляді пружини. До сполучнотканинних утворень відносять оболонку м'язових волокон і їхніх пучків, саркомеру й фасції м'язів;
- 2) скоротливий компонент. При скороченні м'яза утворюються поперечні актино-міозинові містки, від числа яких залежить сила скорочення м'яза; на моделі має вигляд циліндра, у якому рухається поршень;
- 3) послідовний пружний компонент, аналогом якого є пружина, послідовно з'єднана із циліндром. Вона моделює сухожилля й ті міофібрили, які в цей момент не беруть участь у скороченні м'яза.

Модель відображає пружні властивості м'яза, тобто здатність відновлювати початкову довжину після усунення деформуючої сили. Існування пружних властивостей пояснюється тим, що при розтягуванні в м'язі виникає енергія пружної деформації. Тоді м'яз можна порівняти із пружиною або з гумовим джгутом: чим сильніше розтягнута пружина, тим більша енергія в ній запасється. Це явище широко використовується в спортивній практиці.

Твердість і міцність м'яза - це здатність протидіяти прикладеним силам, що впливають на м'яз. Величина, зворотна твердості, називається піддатливістю м'яза.

Міцність м'яза оцінюється величиною сили, що розтягує, при якій відбувається розрив м'яза. Сила, при якій відбувається розрив м'яза (у перерахуванні на 1 мм^2 її поперечного перерізу), становить від 0,1 до 0,3 Н/мм^2 . Для порівняння: межа міцності сухожилля близько 50 Н/мм^2 , а фасцій близько 14 Н/мм^2 . Виникає питання: чому іноді рветься сухожилля, а м'яз залишається цілим? Очевидно, це може відбуватися при дуже швидких рухах: м'яз встигає амортизувати, а сухожилля - ні.

Релаксація — властивість м'яза, що проявляється в поступовому зменшенні сили тяги при постійній довжині м'яза. Релаксація проявляється, наприклад, в фазі відштовхування в стрибках в довжину з місця, якщо під час глибокого підсідання спортсмен робить паузу. Чим довша пауза, тим сила відштовхування й довжина стрибка менші.

Режими скорочення й різновиди роботи м'язів. М'язи, прикріплені сухожиллями до кісток, функціонують в ізометричному та анізометричному режимах .

При ізометричному (утримуючому) режимі довжина м'яза не змінюється (статичні положення). Наприклад, у режимі ізометричного скорочення працюють м'язи людини, що утримують тіло в певному положенні (приклад: «хрест Азаряна» на кільцях, утримання штанги, тощо).

При анізометричному скороченні м'яз стає коротшим або довшим (динамічний режим). В такому режимі функціонують м'язи бігуна, плавця, велосипедиста, тощо. В анізометричному режимі є два різновиди – переборююча робота (м'яз переборює зовнішні сили) і уступаюча (м'яз уступає зовнішнім силам). Наприклад, литковий м'яз спринтера при взаємодії ноги з опорою у фазі амортизації функціонує в уступаючому режимі, а у фазі відштовхування - в переборюючому режимі.

Розрізняють також балістичну роботу м'язів — різке, швидке, переборююче скорочення після попереднього розтягування м'язів (наприклад, на верхній кінцівці при метанні снарядів). При цьому м'яз дає поштовх ланці й розслаблюється, наступний рух даної ланки триває по інерції.

Групова взаємодія м'язів. Існують два випадки групової взаємодії м'язів: синергізм і антагонізм. М'язи-синергісти переміщують ланки тіла в одному напрямку. Наприклад, у згинанні руки в ліктьовому суглобі беруть участь двоголовий м'яз плеча, плечовий й плечопроменевий м'язи. Результатом синергічної взаємодії м'язів є збільшення результуючої сили дії. При наявності травми, а також при локальному стомленні одного м'яза його синергісти забезпечують виконання рухової дії. Окремий різновид синергізму – агонізм, коли сили скорочення м'язів паралельні (прямий м'яз живота).

М'язи-антагоністи (на противагу синергістам) мають різноспрямовану дію. Так, наприклад, якщо одна група м'язів виконує роботу, що переборює, то інша - що уступає. Існуванням м'язів-антагоністів забезпечується: 1) висока точність і плавність рухових дій; 2) зниження травматизму.

Сила м'язів залежить від:

а) фізіологічного поперечника м'яза (форми м'яза, розташування волокон). В кожному м'язі сили тяги всіх м'язових волокон підсумовуються і утворюють рівнодіючу силу тяги м'яза. Ця рівнодіюча сила має певний напрямок, величину сили і точку її прикладання;

б) кута прикладання к важелю (найбільшу силу має м'яз, якщо між ним і кісткою утворюється кут в 90 градусів);

в) довжини м'яза (момент сили тим більший, чим довший м'яз, наприклад - м'язи передпліччя);

г) стану м'язів (втомлений або відпочивший м'яз). Після легкої зарядки, масажу сила м'язів збільшується;

д) стану нервової системи (сила нервових імпульсів, що поступають до м'язів).

Класифікація біокінематичних пар і ланцюгів

Руховий апарат людини складається з окремих ланок. Ланка - це частина тіла, розташована між сусідніми суглобами або між суглобом і дистальним кінцем ланки. (ланками є кисть, голова, плече, передпліччя, тощо).

В практиці біомеханіки часто користуються 14 або 15-ти ланковою системою. Якщо вагу тіла прийняти за 100%, то по відношенню до ваги тіла голова буде важити близько 7 %, тулуб - 42 – 43 % та ін. (ці дані були одержані на анатомічному матеріалі). Центри ваги ланок тіла визначають за допомогою важеля першого роду (рівноваги) або за допомогою розрахунків.

2 ланки, що рухливо з'єднані між собою, утворюють біокінематичну пару. Три і більше ланок – утворюють біокінематичний ланцюг. Розрізняють ланцюги відкриті і закриті. У відкритому біокінематичному ланцюгу кінцева ланка є вільною. В замкненому ланцюгу – кінцева ланка замкнена на опорі або на себе.

Також розрізняють поняття ступені свободи руху. Є 3 вісі і 3 площини, відносно яких може здійснюватися рух. 6 ступенів свободи має вільно падаюче тіло, яке може виконувати будь які обертання і переміщення (абсолютно вільне тіло). Якщо одна частина ланцюга закріплена – залишаються лише 3 ступеня свободи. Так, в плечовому суглобі рука здійснює рух відносно 3-х осей. Якщо ланка закріплена в 2-х точках – вона має лише 1 ступінь свободи. Так, променева кістка може рухатися лише відносно ліктьової кістки.

При рухах в кінематичних ланцюгах велике значення має форма суглобових поверхонь.

У відкритих біокінематичних ланцюгах ступені свободи підсумовуються. Наприклад, кисть має 2 ступені свободи – згинання розгинання, приведення, відведення; 2 ступені свободи має передпліччя, 3 ступені свободи має плечова кістка. Таким чином, $2+2+3=7$, кисть має 7 ступенів свободи. (Але це означає лише те, що при закріпленні кисті залишається лише 1 ступінь свободи $7 - 6 = 1$).

Знаючи ці закономірності, можна цілеспрямовано створювати вправи для свого виду спорту, або лікувальної фізкультури.

У відкритих біокінематичних ланцюгах рухи в одній парі ланок не викликають рухи в інших ланках цього ланцюга.

В замкнених біокінематичних ланцюгах рух в одній парі ланок викликає рух в інших ланках цього ланцюга. Наприклад, якщо рукою опертися об стіл і згинати руку в ліктьовому

суглобі, це буде викликати рух в усіх інших суглобах всього ланцюга. Ця особливість наших рухів широко використовується в лікувальній фізкультурі.

В умовах відкритого ланцюга скорочення односуглобових і багатосуглобових м'язів будуть викликати рух лише в одній парі ланок. В умовах замкненого ланцюга скорочення одно- і багатосуглобових м'язів викликають рух в усіх ланках ланцюга (навіть, якщо вони не мають відношення до цих ланок).

Поняття про загальний центр ваги тіла (ЗЦВТ) людини

Загальний центр ваги тіла (ЗЦВТ) – це точка прикладання рівнодіючої сил ваги всіх ланок тіла. ЗЦВТ – це нематеріальна точка, її розташування залежить від взаємного розташування всіх ланок тіла, від дихання, ступеня наповнення шлунку та інших фізіологічних факторів, а також від статі, віку і конституції людини.

Для визначення проєкції ЗЦВТ необхідно визначити його розташування в 3-х взаємно перпендикулярних площинах. Вважають, що ЗЦВТ людини в положенні стоячи розташований в серединній площині приблизно на 2,5 см нижче основи крижа і на 4 – 5 см вище поперечної осі тазостегнових суглобів.

У більшості чоловіків ЗЦВТ розташований на рівні 5 поперекового хребця (індивідуально - в межах від 3 поперекового до 5 крижового хребця). У більшості жінок – ЗЦВТ розташований на рівні 1 крижового хребця (індивідуально - від 5 поперекового до 1 куприкового хребця). У новонароджених ЗЦВТ розташований на рівні 6 грудного хребця (за рахунок великої голови). У дітей 2 –х років – на рівні 1 поперекового хребця. До 16 – 18 років – точка ЗЦВТ переміщається в поперековому відділі.

При біомеханічному аналізі пересування тіл у воді використовують поняття центру об'єму тіла (ЦОТ). ЦОТ - це точка прикладання рівнодіючої сил тиску води на поверхню тіла. У більшості людей ЦОТ вище ЗЦВТ в межах 2 – 7 см.

Під час руху людини в повітряному середовищі, сили опору повітря залежать від лобової поверхні тіла. Рівнодіюча всіх сил опору повітря прикладена до центра поверхні тіла (ЦП). У випрямленому положенні центр поверхні розташований вище ЗЦВТ. Поняття про центр поверхні використовується в лижному спорті, особливо в стрибках з трампліна, фрістайлі.

Види рівноваги та їх умови. Площа опори, кут стійкості

Рівновага і стійкість тіла визначаються розташуванням точки ЗЦВТ відносно площі (або точки) опори. Площею опори називають площу, обмежену крайніми точками опорної поверхні тіла (включає площу простору між ними).

При виведенні тіла із стану рівноваги, на нього діють зовнішні і внутрішні сили, які в залежності від виду рівноваги будуть мати різний напрямок і результат.

Розрізняють 3 види рівноваги: стійка, нестійка і байдужа.

1. До стійкої рівноваги відносять положення тіла, при яких ЗЦВТ розташований нижче площі опори (це всі різновиди висів – брусся, кільця, перекладаина). Це як маятник, виведений із стану рівноваги, повертається в вихідне положення.
2. До нестійкої рівноваги відносять положення тіла, при яких ЗЦВТ розташований вище площі опори. При виведені з положення рівноваги, тіло падає, якщо на нього не впливають внутрішні сили. Це – всі положення стоячи, стойка на кистях, тощо.
3. Байдужа рівновага в спорті зустрічається рідко (положення лежачи). В ідеальному випадку – це шар, який рухається по поверхні стола.

Умовою збереження рівноваги тіла при нестійкому виді рівноваги є проходження проекції ЗЦВТ через площу опори. Ступінь стійкості тіла залежить від величини площі опори (чим більша, тим стійкіше положення); від величини кута стійкості (чим більший, тим стійкіше). Кутом стійкості називають кут, обмежений між лінією проекції ЗЦВТ на площу опори і лінією, яка з'єднує ЗЦВТ з краєм площі опори; та від висоти розташування ЗЦВТ по відношенню до площі опори (чим нижча, тим стійкіше положення тіла).

Момент стійкості дорівнює добутку ваги тіла на плече прикладання сили ваги (від проекції ЗЦВТ на площу опори до краю площі опори): $M = P \times L$

Знаючи величину зовнішніх сил, що діють на тіло спортсмена, можна визначити момент перекидання $M = F \times H$ (F – зовнішня сила, H – висота прикладання сили). Момент перекидання дорівнює добутку зовнішньої сили на висоту її прикладання. Чим вище прикладена зовнішня сила, тим легше перекинути тіло спортсмена.

Характеристики рухів і методи їх реєстрації

Характеристики рухів поділяють на три групи:

1. Кінематичні – відображають зовнішню картину рухів.
2. Динамічні - з'ясовують причини виникнення руху.
3. Енергетичні – враховують витрати енергії.

Кінематичні характеристики рухів

До кінематичних характеристик відносять: просторові (шлях, траєкторія руху); часові, швидкість і прискорення тіла.

Види переміщення тіла в просторі поділяють на три групи: а) поступальний рух, б) обертальний рух, в) складний рух (включає обидва види).

Поступальним є рух, при якому всі точки тіла мають однакові траєкторії – тобто проходять однакові шляхи. При цьому рухи можуть бути постійними (прямолінійний рух) або змінними (криволінійний рух). Величину шляху вимірюють в лінійних одиницях – метрах, кілометрах, тощо.

При переміщенні частини тіла обертаються навколо суглобів. При цьому виникає обертальний рух. Величина переміщення в таких рухах (кутове переміщення) визначається в

кутових одиницях (кут повороту). Шлях кожної точки тіла може бути виміряний як в кутових одиницях (градусах), так і в лінійних – сантиметрах, метрах. Будь-який рух завжди є рухом відносним, тобто є переміщенням відносно певного тіла (тіла відліку). Щоб вивчити траєкторію тіла слід визначити (задати) 4 параметри: тіло відліку, напрямок руху, початок відліку, одиниці відліку.

Просторові характеристики дають уявлення про форму рухів. Їх значно доповнюють часові характеристики (витрачений час). Цей показник широко використовується в практиці спорту.

Загальна тривалість рухів – це, як правило, неточна характеристика. Для більш детального аналізу рухів використовують аналіз конкретних фаз, окремих елементів виконуваної вправи. Велике значення мають темп і частота рухів. Темп рухів - кількість однакових рухів за одиницю часу. Темп більш характерний для циклічних рухів.

Ритм рухів відображає співвідношення тривалості частин рухів (окремих фаз) в цілому руховому акті. Наприклад, вправи гімнастики зі стрічкою – це цілий ансамбль рухів, але він складається з окремих елементів. З точки зору біомеханіки всі рухові дії мають власний ритм. Ритм може бути постійним (ритмічні рухи) і непостійним, змінним (неритмічні рухи).

Швидкість, як відношення шляху до часу, який затрачений на рух, характеризує зміни положення точки в просторі за одиницю часу. Найбільш загальна характеристика пересування тіла – середня швидкість. Але цей показник не враховує всі приватні особливості рухів. Для більш детального аналізу рухів враховують моментальну швидкість, яка виникає в кожному момент руху.

В прямолінійних поступальних рухах моментальна швидкість дорівнює середній. Але таких рухів майже не буває. Вивчення того, коли й як змінюється швидкість, дозволяє знайти причини, які визначають характер рухів.

В поступальних рухах швидкість визначається лінійними одиницями (лінійна швидкість), в обертальних - відношенням кутових одиниць до часу (кутова швидкість). Лінійна і кутова швидкість взаємопов'язані.

До швидкісних характеристик відносять і прискорення – швидкість зміни швидкості за одиницю часу. Швидкість в рухах людини може змінюватись - збільшуватись, зменшуватись, змінювати напрямок. Прискорення – це векторна величина. Відповідно розрізняють позитивні прискорення (при збільшенні швидкості), негативні прискорення (при зменшенні швидкості), нормальні прискорення (доцентрові) – виникає при зміні напрямку швидкості.

Якщо напрямок руху і швидкість завжди співпадають, то швидкість має однакове спрямування лише з позитивними прискореннями. Негативне прискорення завжди спрямоване протилежно швидкості. Нормальне прискорення – завжди перпендикулярно по відношенню до швидкості.

В поступальних рухах обчислюють лінійне прискорення, а в обертальних рухах – кутове. В кожний момент руху можна визначати моментальне прискорення.

Прискорення тіла завжди свідчать про те, що до тіла прикладені певні сили, що викликають зміни швидкості рухів. За прискореннями, наряду з іншими характеристиками (маса тіла, момент інерції) можна визначати величину прикладених сил (кінематичні характеристики тісно взаємопов'язані з динамічними характеристиками).

Динамічні характеристики рухів вивчають причини руху і взаємодію сил. До них відносять поняття сили, маси, ваги тіла, момент сили.

Сила – це міра взаємодії тіл. Результат взаємодії залежить від маси тіла, сил і кінематичних характеристик тіла. Маса – кількість речовини (в кг), яка міститься в тілі, або окремій ланці. Разом з тим, маса – це кількісна міра інертності тіла по відношенню до сили, яка впливає на тіло. Чим більша маса, тим більш інертне тіло і тим важче вивести його із стану спокою, або змінити його рух. Масою визначаються гравітаційні властивості тіла. Маса характеризує інертність тіла при поступальних рухах. При обертальних рухах інертність залежить не лише від маси, а й від того, як вона розподілена відносно осі обертання. Розподіл мас вивчає геометрія мас тіла.

Сили бувають:

- Рушійні - сприяють руху, спрямовані в бік руху (викликають позитивні прискорення);
- Гальмівні - спрямовані протилежно руху (викликають негативні прискорення);
- Нейтральні - діють під кутом до осі руху, змінюють напрям руху.

Наприклад, сила ваги при рухах тіла вниз буде рушійною, при рухах вверх – гальмівною, при горизонтальних рухах – нейтральною.

Всі сили, прикладені до частин тіла як до важелів, мають плече сили, і тому мають моменти сил. Моментом сил називають добуток сили на плече її прикладання. Кожна сила діє в певний проміжок часу. Дія сили за час її прикладання має назву імпульс сили.

Кожна сила на шляху свого прикладання переборює сили інерції, тертя, тощо. Це переборювання називають роботою сили. Вона дорівнює добутку сили на шлях її прикладання.

Коли сила виконує роботу, при цьому змінюються енерговитрати організму, як рівень його працездатності. Мірою працездатності сили є потужність роботи сили – яка дорівнює кількості виконаної роботи за одиницю часу.

Енергетичні характеристики рухів. Здатність системи виконувати роботу називають енергією. В нашому організмі є різні види енергії – хімічна, електрична, механічна, теплова та ін. Механічна енергія має два види: потенційна і кінетична.

Потенційна енергія (енергія тіла, що підняте над землею) пропорційна вазі тіла і висоті підйому. У живих організмів потенційна енергія утворюється при деформації щільних тканин

– хрящів, зв'язок, м'язів (наприклад, при балістичній роботі м'язів). Кінетична енергія – це енергія руху. Вона пропорційна швидкості.

Перехід одного виду енергії в інший називають рекуперацією енергії. Наприклад, в стрибках у висоту кінетична енергія переходить у потенційну. При обертанні на перекладині енергія потенційна переходить в кінетичну, і навпаки.

Повна механічна робота дорівнює сумі потенційної і кінетичної енергії.

Способи реєстрації рухів в біомеханіці

Закономірності рухів у біомеханіці вивчаються за допомогою спеціальних методів дослідження. Вивчення рухів може проводитися в природних умовах і при організації спеціальних експериментів. Це проводиться з метою обґрунтування розробки нових методів навчання техніки, а також удосконалення самої техніки і розкриття шляхів удосконалення. Розуміння закономірностей рухів дозволяє розкрити основний механізм руху, оцінити якість виконання рухів.

Біомеханічне дослідження розкриває тільки одну із сторін руху – причини й умови механічного переміщення. Воно дозволяє давати лише приватні рекомендації з окремих питань техніки і методики навчання, підбору вправ, оцінки помилок і аналізу їх причин, а також допомагає виявити раціональні методи навчання й удосконалення техніки.

Основними етапами біомеханічного дослідження рухів є:

- 1) реєстрація характеристик руху;
- 2) обробка отриманих даних;
- 3) біодинамічний аналіз.

Універсальних способів реєстрації рухів, що могли б фіксувати всі характеристики рухів, не існує. Кожний із способів реєстрації охоплює лише окремі характеристики рухів у більшому чи меншому об'ємі. Цим і визначається необхідність застосування різних способів реєстрації, що доповнюють один одного.

Способи реєстрації можна умовно розділити на три групи:

- 1) зорове спостереження рухів;
- 2) безпосередній вимір і запис характеристик рухів;
- 3) світлова реєстрація рухів.

Результати реєстрації рухів вивчають з метою оптимізації рухової діяльності.

Розділ 2

Лабораторні роботи

Лабораторні роботи з біомеханіки носять характер учбово-дослідницької роботи студентів. Спрямовані вони на те, щоб студенти, будучи викладачами і тренерами, навчилися визначати найкращі способи виконання фізичних вправ. Досвідчені тренери самі створюють вправи, що найбільш наближені до їх видів спорту. Для цього їм необхідні знання звичайної механіки, застосовуваної до тіла людини.

Закони механіки були виведені відносно твердого тіла, а ми застосовуємо їх до тіла людини з урахуванням особливостей будови, сполучень кісток та інших факторів. В циклі лабораторних робіт вивчаються сили, що впливають на тіло спортсмена, кінематичні характеристики рухів.

Одна з зовнішніх сил – сила ваги, прикладена до загального центра ваги тіла (ЗЦВТ) і спрямована до центра Землі. При біомеханічному аналізі сил, що діють на тіло спортсмена в будь-яких положеннях, насамперед визначають розташування ЗЦВТ. Необхідно пам'ятати, що ЗЦВТ - нематеріальна точка. Вона змінює своє місце розташування в залежності від розташування частин тіла в просторі. Тому, перед тим, як визначити розташування загального центру ваги тіла, спочатку визначають розташування центрів ваги всіх ланок тіла.

Лабораторна робота № 1

Тема: Визначення розташування центра ваги ланок тіла (ЦВ) за фотограмою (кадру з кінограми)

Мета роботи: Навчитися самостійно визначати ЦВ ланок тіла.

Хід роботи:

1. Прикласти фотографію з кінограми (фотограму) до листа міліметрового паперу. Визначити центри великих суглобів, дистальний край кисті, п'ятку і носок, а також ЦВ голови (*розташований в області турецького сідла, проектується збоку на рівні козелка вуха - 1,5 см вперед від зовнішнього слухового проходу; фас – надперенісся, між надбрівними дугами; позаду – на рівні потиличного горба*) і проколоти (перенести) їх на лист.
2. Відкласти фотограму і, орієнтуючись на неї, з'єднати центри суглобів прямими (п'ятку – з носком, променезап'ясткові суглоби – з дистальним краєм кисті, середину осі пліч із серединою осі таза). У результаті одержимо схему положення тіла на фотограмі.
3. Скласти таблицю для розрахунків (див. таблицю 1).
4. На схемі вимірити довжину ланок тіла в міліметрах (крім голови) і дані занести в 3 графу таблиці.
5. Визначити розташування ЦВ кожної ланки; для цього довжину ланки (у мм за даними 3 графи таблиці) помножити на коефіцієнт радіуса ЦВ (центра ваги) даної ланки (за даними

4 графи таблиці) і отриману величину занести в 5 графу таблиці, а потім відкласти на схемі від проксимального кінця ланки (на тулубі – від осі пліч, а на стопі – від п'ятки).

Таблиця 1.

1	2	3	4	5	6
№	Ланки тіла	Довжина ланки в мм	Коефіцієнт радіуса ЦВ ланки	Відстань від ЦВ ланки до її проксимального кінця	Відносна вага ланки в %
1	Голова	-	-	- турецьке сидло	7%
2	Тулуб		0,44 від осі пліч		43
3	Плече ліве		0,47		3
4	Передпліччя ліве		0,42		2
5	Кисть ліва		0,5		1
6	Стегно ліве		0,44		12
7	Гомілка ліва		0,42		5
8	Стопа ліва		0,44		2
9	Плече праве		0,47		3
10	Передпліччя праве		0,42		2
11	Кисть права		0,5		1
12	Стегно праве		0,44		12
13	Гомілка права		0,42		5
14	Стопа права		0,44 від п'ятки		2

Контрольні питання:

1. Дати визначення термінам:

Біомеханіка _____

Загальний центр ваги тіла _____

Центр об'єму тіла _____

Центр поверхні тіла _____

2. Як визначити центр ваги ланок тіла за фотограмою?

Лабораторна робота № 2

Тема: Визначення розташування загального центра ваги тіла (ЗЦВТ) графічним методом за фотограмою (кадру з кінограми)

Мета роботи: Навчитися визначати ЗЦВТ графічним методом у кожний момент руху.

Хід роботи:

Перші п'ять пунктів ходу роботи виконуються аналогічно лабораторній роботі № 1.

б). Використовуючи правило додавання паралельних сил, спрямованих в одну сторону (якщо дві паралельні сили, спрямовані в одну сторону, мають загальне плече (L), то меншій силі відповідає більше плече, а більшій силі - менше плече), визначити розташування ЗЦВТ, дотримуючись наступної послідовності:

- 1) визначити ЦВ плеча і передпліччя;
- 2) визначити ЦВ усієї верхньої кінцівки;
- 3) і 4) виконати те ж саме для іншої верхньої кінцівки;
- 5) визначити ЦВ двох верхніх кінцівок;
- 6) визначити ЦВ стегна і гомілки;
- 7) визначити ЦВ усієї нижньої кінцівки;
- 8) і 9) виконати те ж саме для іншої нижньої кінцівки
- 10) визначити ЦВ двох нижніх кінцівок
- 11) визначити ЦВ двох верхніх і двох нижніх кінцівок
- 12) визначити ЦВ тулуба і голови
- 13) визначити точку ЗЦВТ

(Примітка: довжина тулуба – визначається від середини осі пліч до середини осі таза.)

Для розрахунків центрів ваги використовують формули:

$$l_1 = \frac{L}{F_1 + F_2} \times F_2 \quad \text{або} \quad l_2 = \frac{L}{F_1 + F_2} \times F_1, \quad \text{де}$$

L - загальне плече між центрами ваги;

F - величина сил ваги ланок тіла

l - відстань від точки прикладання сили ваги до центра ваги даної ланки або групи ланок

Примітка: При визначенні центрів ваги на схемі положення тіла за силу (F) приймають відносну вагу ланки у відсотках (P,%) за даними 6 графі таблиці, а за загальне плече (L) – відстань між центрами ваги (ЦВ) цих ланок або їх рівнодіючими.

Розрахунки:

1. загальне плече L =

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

2. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

3. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

4. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

5. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

6. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

7. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

8. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

9. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

10. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

11. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

12. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

13. загальне плече $L =$

сила ваги $F_1 =$

сила ваги $F_2 =$

Контрольні питання:

Які є основні види біомеханіки?

Назвіть основні етапи біомеханічного аналізу

Як визначити загальний центр ваги тіла графічним методом?

Лабораторна робота № 3

**Тема: Визначення загального центру ваги тіла (ЗЦВТ)
аналітичним методом за фотограмою.**

Мета роботи: Навчитися визначати розташування ЗЦВТ у кожний момент руху аналітичним методом.

Хід роботи:

Перші п'ять пунктів ходу роботи виконуються аналогічно лабораторній роботі № 1.

6) До схеми положення тіла накреслити систему Декартових координат (осі X та Y).

7) Визначити координати центрів ваги (ЦВ) кожної ланки і дані занести у відповідні графи таблиці 7 та 8 (X та Y).

8) Визначити моменти сил кожної ланки відносно осей X та Y (заповнити 9 та 10 графи таблиці - P_x ; P_y) за формулою: $M = F \times L$

Момент сили дорівнює добутку даної сили на плече її прикладання (на який діє ця сила). За силу (F) приймають відносну ваги ланки у відсотках (P,%), а за плече (L) – відповідну координату даної ланки (P_x ; P_y).

$$P \text{ ланки } \% \times X = P_x (M P_x)$$

$$P \text{ ланки } \% \times Y = P_y (M P_y)$$

9) Використовуючи теорему Вариньона (сума моментів сил відносно будь-якої осі (X або Y) дорівнює моменту суми сил відносно цієї ж осі), одержати суму моментів сил відносно осей X та Y за формулою:

$$(P_x \text{ голови} + P_x \text{ тулуба} + \dots + P_x \text{ стопи} = \sum P_x (1 - 14) - \text{сума всіх моментів сил відносно осі X}$$

$$(P_y \text{ голови} + P_y \text{ тулуба} + \dots + P_y \text{ стопи} = \sum P_y (1 - 14) - \text{сума всіх моментів сил відносно осі Y}$$

10) Визначити координати ЗЦВТ, для цього суму моментів сил відносно осей X та Y розділити на 100 (загальну вагу тіла приймали за 100 %).

У результаті одержимо 2 координати (X та Y) розташування точки ЗЦВТ.

Таблиця 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№	Ланки тіла	Довжина ланки в мм	Коефіцієнт радіуса ЦВ ланки	Відстань від ЦВ ланки до проксимального кінця	Відносна вага ланки в %	X	Y	Px	Py
1	Голова	-	-	- турецьке сідло	7%				
2	Тулуб		0,44 від осі пліч		43				
3	Плече ліве		0,47		3				
4	Передпліччя ліве		0,42		2				
5	Кисть ліва		0,5		1				
6	Стегно ліве		0,44		12				
7	Гомілка ліва		0,42		5				
8	Стопа ліва		0,44		2				
9	Плече праве		0,47		3				
10	Передпліччя праве		0,42		2				
11	Кисть права		0,5		1				
12	Стегно праве		0,44		12				
13	Гомілка права		0,42		5				
14	Стопа права		0,44 від п'ятки		2				

Контрольні питання:

Критерії оптимальності – це _____

Які є підходи до аналізу рухових дій? _____

Як визначити загальний центр ваги тіла аналітичним методом?

Порівняйте ефективність графічного та аналітичного методу визначення точки ЗЦВТ на фотографії _____

Лабораторна робота № 4

Тема : Визначення ступеня стійкості тіла спортсмена, що знаходиться в статичному положенні (при нестійкому виді рівноваги).

Мета: навчитися за фотографією визначати фактори, що сприяють збереженню рівноваги і, виходячи з отриманих даних, робити висновки для практики.

Теоретичні відомості:

Визначення ступеня стійкості використовується для оцінки стартових положень, а також для таких положень тіла, при яких бажано мати оптимальні умови для збереження рівноваги (вправи на рівновагу в гімнастиці, положення (стойки) в боротьбі).

Нестійкою називають рівновагу, при якій загальний центр ваги тіла розташований вище площі опори. Умовою збереження рівноваги в таких положеннях є проходження проекції ЗЦВТ через площу опори.

Фактори, що сприяють збереженню рівноваги: величина площі опори; висота розташування ЗЦВТ відносно опори; величина кута стійкості; величина моменту стійкості.

Площею опори називають площу, розташовану між крайніми точками опори.

Кут стійкості – це кут, розташований між лінією проекції ЗЦВТ на площу опори і лінією, що з'єднує ЗЦВТ з краєм площі опори. Момент стійкості дорівнює добутку ваги тіла на плече прикладання сили ваги (від проекції ЗЦВТ на площу опори до краю площі опори).
 $M = P \times L$

Знаючи величину зовнішніх сил, що діють на тіло спортсмена, можна визначити момент перекидання $M_{пер} = F \times H$ (F – зовнішня сила, H – висота прикладання). Момент перекидання дорівнює добутку зовнішньої сили на висоту її прикладання. Чим вище прикладена зовнішня сила, тим легше перекинути тіло спортсмена.

Хід роботи:

1. Сфотографувати спортсмена, що виконує вправу на рівновагу в 2-х площинах (фронтальній і сагітальній).
2. Накреслити схему положення тіла за фотографією.
3. Використовуючи графічний або аналітичний метод, визначити розташування точки ЗЦВТ.

4. Із точки ЗЦВТ опустити перпендикуляр на площу опори, визначити параметри стійкості:

- а) величину площі опори (в мм)
- б) висоту розташування ЗЦВТ відносно опори (в мм)
- в) кути стійкості (виміряють транспортиром)
- г) моменти стійкості: $M = P \times L$, де P – вага тіла; L – плече прикладання сили.

5. Виходячи з завдання виконуваної вправи, зробити висновки для практики

Наприклад, у гімнастиці при виконанні вправ на рівновагу, оптимальним буде положення, коли проекція ЗЦВТ проходить через центр площі опори. В стартових положеннях, навпаки, варто приймати обмежено стійке положення, коли проекція ЗЦВТ проходить через передній край площі опори.

Таблиця 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№	Ланки тіла	Довжина ланки в мм	Коефіцієнт радіуса ЦВ ланки	Відстань від ЦВ ланки до проксимального кінця	Відносна вага ланки в %	X	У	Px	Pу
1	Голова	-	-	- турецьке сідло	7%				
2	Тулуб		0,44	від осі пліч	43				
3	Плече ліве		0,47		3				
4	Передпліччя ліве		0,42		2				
5	Кисть ліва		0,5		1				
6	Стегно ліве		0,44		12				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Гомілка ліва		0,42		5				
8	Стопа ліва		0,44		2				
9	Плече праве		0,47		3				
10	Передпліччя праве		0,42		2				
11	Кисть права		0,5		1				
12	Стегно праве		0,44		12				
13	Гомілка права		0,42		5				
14	Стопа права		0,44	від п'ятки	2				

Контрольні питання:

Які є види рівноваги? _____

Які є фактори збереження рівноваги? _____

Кут стійкості – це _____

Момент стійкості – це _____

Як визначити стійкість тіла спортсмена за фотограмою?

Лабораторна робота № 5

Тема: Складання хронограми за матеріалами кінозйомки фізичної вправи

Мета: Навчитися досліджувати структуру часу окремих рухових дій (фаз) в системі цілісної фізичної вправи.

Теоретичні відомості:

Зовнішня картина руху спортсмена (техніка) повинна бути наближена до найкращого виконання (порівняно з технікою найкращих спортсменів). Для цього знімають кінограму і порівнюють техніку в обох випадках. В першу чергу порівнюють час виконання рухових дій, для чого використовують хронограми. Хронограма – це графік (діаграма) часу виконання рухових дій певної фізичної вправи, що вивчається.

Хронограми використовуються для порівняльної характеристики фізичних вправ, що виконуються різними спортсменами, з метою визначення оптимального варіанту виконання вправ. Наприклад: в бігу, стрибках у довжину – найкращий результат буде у спортсмена, який має найменший час відштовхування і найбільшу фазу польоту. Фаза – це найменший часовий інтервал, протягом якого вирішується певна задача.

Хронограми бувають лінійні і колові. В лінійних хронограмах довжина фази визначається відрізком прямої, довжина якої пропорційна часу виконання даної фази руху.

В коловій хронограмі по колу відкладають довжину дуг, пропорційно часу виконання кожної фази.

Хід роботи:

1. Переглянути кінограму, встановити початок і кінець фізичної вправи. Визначити час виконання вправи (виходячи з часу, що зазначений на плівці відеокамери)
2. Розділити вправу на окремі рухові фази. Визначити тривалість кожної фази.
3. Скласти розрахункову таблицю.

4. Побудувати хронограму рухових фаз фізичної вправи, що вивчається.
5. Оцінити розподіл часу і якість виконання різними спортсменами фізичної вправи, що вивчається .

Приклад таблиці для розрахунків:

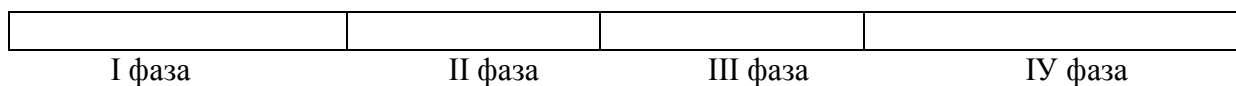
Таблиця 4

Назва фази	Порядковий № фази	Час виконання фази в секундах		
		1-й спортсмен	2-й спортсмен	3-й спортсмен
Підготування до відштовхування	I	1,04	1,2	1,15
Відштовхування	II	0,75	1,15	0,9
Польоту	III	0,75	0,6	0,65
Приземлення	IV	1,17	1,24	1,25
Загальний час		3,71	4,19	3,95

1). Побудова лінійної хронограми: спочатку слід вибрати масштаб.

Наприклад, приймаємо, що 1 секунда дорівнює 2 см, тоді тривалість кожної фази можна виразити у сантиметрах.

Накреслити лінійну хронограму для кожного спортсмена у вигляді діаграми:



2). Побудова колової діаграми: наприклад, за таблицею спочатку провести розрахунки, скільки градусів відповідає 1 секунді кінограми:

Розрахунок для першого спортсмена

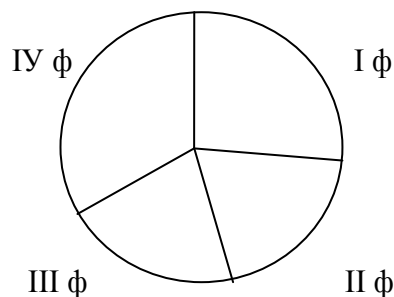
$$360^{\circ} : 3,71 = 90,9^{\circ}$$

$$\text{I фаза} = 90,9^{\circ} \times 1,04 = 94,5^{\circ}$$

$$\text{II фаза} = 90,9^{\circ} \times 0,75 = 68,2^{\circ}$$

$$\text{III фаза} = 90,9^{\circ} \times 0,75 = 68,2^{\circ}$$

$$\text{IV фаза} = 90,9^{\circ} \times 1,17 = 106,4^{\circ}$$



Після побудови хронограм, порівняти їх між собою, порівняти хронограми з хронограмою виступу найкращого спортсмена і зробити висновки для практики.

Висновки: _____

Контрольні питання:

Які є види характеристик руху? _____

Які параметри вивчають динамічні характеристики рухів? _____

Які параметри вивчають кінематичні характеристики рухів? _____

Хронограма – це _____

Фаза – це _____

Лабораторна робота № 6

**Тема: Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи
і траєкторії ЦВ ланки та ЗЦВТ за кінограмою**

Мета: Навчитися визначати положення тіла спортсмена в просторі та пересування його в часі відносно певної системи відліку (побудова траєкторії руху).

Теоретичні відомості:

Траєкторія – це геометричне місце послідовних положень точки, що рухається, відносно певної (заданої) системи відліку. Для більш глибокого вивчення техніки фізичної вправи необхідно вивчити траєкторії якомога більшої кількості точок руху тіла спортсмена. Вивчення траєкторії дозволяє робити висновки про форму і характер руху.

Існує поняття відносності руху. Ми розглядаємо рухи тіл лише відносно нерухомих тіл – орієнтирів. В бігу для цього використовують лінії старту і фінішу, в стрибках у довжину, висоту – планку.

В багатьох видах спорту вивчають кіно-фотозйомку, щоб поліпшити дрібні рухи, деталі виконання вправи і пересування тіла в просторі й часі. Для цього накреслюють біокінематичні схеми.

Хід роботи:

1. Роздрукувати окремі фотограми виконання фізичної вправи через однакові часові інтервали. Підписати номер кадру на звороті фотограми.
2. На фотографіях визначити точки центра ваги (ЦВ) махової ноги та точки загального центру ваги тіла (ЗЦВТ).
3. Переглянути кінограму фізичної вправи та визначити на всіх кадрах загальні орієнтири (як мінімум – 2), по відношенню до яких відбувається пересування тіла спортсмена.
4. Нанести вибрані орієнтири на лист міліметрового паперу, з'єднати їх прямою лінією (провести лінію через увесь лист).
5. При співпаданні орієнтирів на кадрах кінограми з орієнтирами на листі паперу, одночасно перенести точки центрів ваги (ЦВ) ланок тіла та точки ЗЦВТ. Поруч з перенесеними точками проставити номер кадру кінограми.
6. З'єднати отримані точки відрізками. В результаті ми одержимо 2 траєкторії - траєкторію пересування ЗЦВТ (верхня траєкторія) і траєкторію пересування ЦВ махової ноги (нижня траєкторія).

Контрольні питання :

Які є види реєстрації рухів? _____

Що таке біокінематичні схеми руху і для чого їх використовують? _____

Які сили діють на тіло спортсмена у момент виконання рухів? _____

Лабораторна робота № 7

Тема: Визначення лінійних швидкостей і прискорень руху біоланок тіла спортсмена за траєкторією

Мета: Навчитися визначати за біокінематичною схемою швидкість й прискорення точок біоланок тіла спортсмена

Хід роботи :

1. За даними лабораторної роботи № 6 переглянути траєкторії точок ЦВ махової ноги та ЗЦВТ, перевірити їх нумерацію.
2. За траєкторіями виміряти відстань між точками, що розташовані одна від одної на два часових інтервали. Дані занести в графу 2 таблиці навпроти номера пропущеної точки.
3. Знайти коефіцієнт для розрахунку швидкості за формулою:

$$V = \frac{S}{t}; \quad S = (S1 + S2); \quad t = \frac{\beta}{\gamma};$$
$$V = \frac{(S1+S2)}{t} = \frac{(S1+S2) \times \gamma}{\beta} \times \alpha;$$

тоді коефіцієнт дорівнює:

$$k = \frac{\gamma \times \alpha}{\beta}; \quad k = 300$$

де:

β - кількість часових інтервалів, $\beta = 2$

γ - швидкість кінозйомки; $\gamma = 60$ кадрів в секунду

α - масштаб, $\alpha = 10$

Також потрібно перевести міліметри в метри, тоді $k = 300 : 1000 = \underline{0,3}$

4. Помножити дані 2 графи таблиці на коефіцієнт (0,3), знайти швидкість точки в кожному середньому положенні і результат занести в графу 3 таблиці.
5. За результатами 3 графи накреслити графіки швидкості точок ЗЦВТ та ЦВ махової ноги. Для цього на осі X нанести номер точки на траєкторії, а на осі Y – величину швидкості у відповідному положенні. З'єднати точки відрізками.
6. Порівняти отримані графіки з траєкторіями руху точок ЦВ ланки та ЗЦВТ і зробити висновки, в які моменти швидкість зростає, а в які – зменшується.

Висновок 1 _____

7. Визначити різницю швидкості. Для цього за даними 3 графи таблиці з нижче розташованої величини через 1 показник відняти вище розташовану величину. Одержаний результат (із знаком + або -) занести навпроти номера пропущеної точки в 4 графу таблиці.
8. Визначити прискорення за формулою:

$$\Delta v = (v1 - v0); \quad a = \frac{v1 - v0}{t}; \quad t = \frac{\beta}{\gamma}; \quad \text{де}$$

β - кількість часових інтервалів, $\beta = 2$

γ - швидкість кінозйомки; $\gamma = 60$ кадрів в секунду, тоді

$$a = \frac{\Delta v \times \gamma}{\beta}; \quad a = \Delta v \times 30;$$

Одержані дані занести в 5 графу таблиці.

9. За результатами 5 графи накреслити графіки прискорень. Для цього на осі X нанести номер точки на траєкторії, а на осі Y відкласти відповідні величини прискорень.
10. Порівняти отримані графіки з траєкторіями руху точок ЦВ ланки та ЗЦВТ і визначити, як змінюється прискорення тіла (в яких точках позитивне, а в яких негативне)

Висновок 2. _____

11. Зробити висновки про взаємодію рушійних та гальмівних сил в бігу:

Висновок 3. _____

Таблиця № 5

№ точки	Відстань між точками в мм (S1 + S2)		Середня швидкість точки (м/сек.)		Різниця швидкості (в м/сек)		Прискорення (в м/сек ²)	
	ЗЦВТ	ЦВ ланки	ЗЦВТ	ЦВ ланки	ЗЦВТ	ЦВ ланки	ЗЦВТ	ЦВ ланки
1	2		3		4		5	
2	(S1+S2)				-	-	-	-
3	(S2+S3)							
4	(S3+S4)							
5	(S4+S5)							
6	(S5+S6)							
7	(S6+S7)							
8	(S7+S8)							
9	(S8+S9)				-	-	-	-

Контрольні питання:

Які фази виділяють в бігу? _____

Які сили впливають на тіло спортсмена в кожній фазі бігу? _____

Які є види і режими скорочення м'язів? _____

В якому режимі працюють м'язи спортсмена в фазах бігу? _____

Лабораторна робота № 8

Тема: Визначення кутових швидкостей і прискорень точки ЗЦВТ в обертальних рухах за біокінематичною схемою фізичної вправи.

Мета: Навчитися визначати швидкість і прискорення окремих ланок і ЗЦВТ тіла спортсмена при обертальних рухах.

Теоретичні відомості.

Обертанням називають рух, при якому всі точки тіла рухаються по колу відносно нерухомої осі. Кут, на який обертається ланка, або все тіло спортсмена при обертальних рухах, називають кутом повороту, або кутовим переміщенням.

Одиницею кутового переміщення є радіан. Радіан – це центральний кут, довжина дуги якого дорівнює радіусу цієї дуги ($1 \text{ радіан} = 57,3^\circ$).

Тоді, 1° дорівнює $0,0175$ радіан, так як $1 : 57,3^\circ = 0,0175$

Кутова швидкість характеризується величиною кута, на який обертається тіло за одиницю часу. Кутова швидкість дорівнює відношенню величини кута повороту (в радіанах) до часу, протягом якого відбувалося переміщення тіла.

Кутове прискорення характеризує зміну кутової швидкості в часі.

Хід роботи:

1. Скласти біокінематичну схему обертального руху (наприклад, обертання на поперечині, вправа «сонечко»). Визначити розташування точок загального центру ваги тіла (ЗЦВТ).
2. Перенести схему на лист міліметрового паперу. Нанести номер точки на траєкторії (в даній роботі - 21 точка положення ЗЦВТ тіла спортсмена, див. таблицю 6).

3. Визначити на схемі центр обертання. З центру обертання через кожне положення точки ЗЦВТ провести довгий радіус. Визначити напрямок руху.
4. Визначити загальний кут повороту в кожному положенні точки ЗЦВТ від початку руху. Для цього транспортиром виміряти кути відхилення точки ЗЦВТ від першого положення тіла. Дані занести в 2 графу таблиці.
5. Визначити приватний кут повороту. Для цього від величини нижче розташованого кута через один інтервал відняти величину вище розташованого кута і дані занести в 3 графу таблиці навпроти номера пропущеної точки.
6. Визначити коефіцієнт для розрахунку кутової швидкості:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}; \quad t = \frac{\beta}{\gamma}; \quad \omega = \frac{\varphi \times \gamma}{\beta}; \quad \text{де:}$$

ω - кутова швидкість

φ - кут повороту

β - кількість часових інтервалів, $\beta = 2$

γ - швидкість кінозйомки; $\gamma = 24$ кадри в секунду

тоді коефіцієнт дорівнює:

$$k = \frac{\gamma}{\beta} \times 0,0175 \text{ (переводимо в радіан/сек)} \text{ тоді } k = 0,21$$

7. Помножити величину приватного кута повороту на коефіцієнт (0,21), знайти кутову швидкість обертання ЗЦВТ тіла спортсмена і отримані дані занести в 4 графу таблиці.
8. Накреслити полярний графік кутових швидкостей (колову діаграму). Для цього:
 - а) накреслити коло довільного діаметру,
 - б) довжину кола поділити на 21 точку (за кількістю положень тіла).
 - в) з центру кола до кожного положення точки провести радіус
 - г) за 0 (нуль) приймають місце пересікання радіусів (центр кола).
 - д) на радіусах у вибраному масштабі проставити величину кутової швидкості, відповідну положенню тіла.
 - е) з'єднати між собою отримані точки відрізками.
9. Порівняти діаграму і біокінематичну схему даної фізичної вправи і визначити, в які моменти швидкість зростає, а в які - зменшується.

Висновок 1. _____

- 10 За даними 4 графу таблиці визначити різницю кутових швидкостей точок ЗЦВТ. Для цього з нижче розташованої величини кутової швидкості через один інтервал відняти вище

розташовану величину і результат занести в 5 графу таблиці навпроти номера пропущеної точки.

11. Знайти прискорення ϵ точок ЗЦВТ за формулою:

$$\epsilon = \frac{\Delta\omega}{t} ; t = \frac{\beta}{\gamma} ; \text{тоді } \epsilon = \frac{\Delta\omega \times \gamma}{\beta} \text{ де:}$$

$\Delta\omega$ - різниця кутової швидкості

β - кількість часових інтервалів, $\beta = 2$

γ - швидкість кінозйомки; $\gamma = 24$ кадри в секунду

Тоді $\epsilon = \Delta\omega \times 12$

Отриманий результат кутового прискорення занести в 6 графу таблиці.

Таблиця 6.

№ точки	Загальний кут повороту тіла	Приватний кут повороту між положеннями тіла	Кутова швидкість (в рад/сек.)	Різниця швидкості	Кутове прискорення (в рад/сек ²)
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					

12. Накреслити полярний графік кутових прискорень. Для цього:
- а) накреслити коло довільного діаметру (більше, ніж для графіку швидкості)
 - б) довжину кола поділити на 21 точку (за кількістю положень тіла).
 - в) з центру кола до кожного положення точки провести радіус
 - г) за 0 (нуль) приймають точку на середині радіуса
 - д) на радіусах у вибраному масштабі (відповідно найбільшим і найменшим значенням кутового прискорення) проставити відповідну величину кутової швидкості. Але, враховуючи те, що кутове прискорення може мати знак + або -, негативні прискорення відкладають всередині кола, а позитивні - назовні кола відносно нульової відмітки.
 - е) з'єднати отримані точки між собою відрізками.
13. Порівняти біокінематичну схему вправи з полярним графіком і зробити висновки, як змінюється прискорення тіла, які сили впливають на тіло спортсмена. Зробити висновки щодо рекуперації енергії. Рекуперація енергії – це взаємний перехід одного виду енергії в інший. В обертанні на поперечині відбувається перехід потенційної енергії в кінетичну і навпаки, що сприяє виконанню даної вправи.

Висновок 2. _____

Контрольні питання:

Який рух називають обертальним? _____

Як можна визначити кутову швидкість? _____

Що показує кутове прискорення? _____

Які є енергетичні характеристики рухів? _____

Які методи підвищення ефективності руху у фізичних вправах ви знаєте? _____

Варіанти контрольних робіт з курсу «Біомеханіка»

Варіант 1.

1. Предмет біомеханіки як науки про рухи людини. Зв'язок біомеханіки з іншими науками у вивченні фізичних вправ.
2. Ступені свободи руху й умови зв'язків біоланок. Дія одно - і багатосуглобових м'язів в умовах відкритого і замкненого біокінематичного ланцюга.
3. Визначення загального центра ваги тіла (ЗЦВТ) аналітичним методом.

Варіант 2.

1. Завдання біомеханіки фізичних вправ. Значення біомеханіки для теорії і практики фізичного виховання.
2. Біомеханічні особливості м'язової системи. Умови проявлення сили м'язів.
3. Визначення ЗЦВТ графічним методом.

Варіант 3

1. Етапи біомеханічного аналізу фізичних вправ.
2. Робота м'язів: переборююча, уступаюча, утримуюча. Груповий вплив м'язів. М'язи антагоністи і синергісти.
3. Визначення кутових швидкостей і прискорень в обертальних рухах.

Варіант 4.

1. Поняття оптимізації рухової діяльності. Критерії оптимальності в біомеханіці.
2. Кінематичні характеристики рухів. Реєстрація кінематичних характеристик рухів і обробка даних реєстрації.
3. Визначення ступеня стійкості тіла спортсмена в статичному положенні.

Варіант 5.

1. Складові біомеханіки фізичних вправ. Рухові дії як система рухів.
2. Біомеханічні особливості скелету людини. Види зовнішніх і внутрішніх впливів на скелет при рухах людини.
3. Визначення лінійних швидкостей і прискорень у поступальних рухах.

Варіант 6.

1. Поняття про біомеханічну систему людини, її структуру і склад. Класифікація біокінематичних пар і ланцюгів.
2. Способи реєстрації рухів у біомеханіці.
3. Складання хронограм за матеріалами кінозйомки фізичних вправ.

Варіант 7.

1. Осі, площини, напрямки і розмах рухів у з'єднаннях кісток.
2. Динамічні характеристики рухів. Реєстрація динамічних характеристик рухів.
3. Види рівноваги і їхні умови. Фактори, що сприяють утримуванию рівноваги.

Варіант 8.

1. Режимы, види і різновиди роботи м'язів.
2. Енергетичні характеристики рухової діяльності.
3. Вибір раціональних способів виконання руху й оцінка якості виконання.

Варіант 9.

1. Світлова реєстрація рухів і обробка отриманих даних. Поняття відносності рухів.
2. Поняття про центр ваги і центр об'єму людського тіла.
3. Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи і траєкторії руху ЗЦВТ і ЦВ ланок тіла.

Варіант 10.

1. Етапи біомеханічного аналізу фізичних вправ.
2. Біомеханічні особливості м'язової системи. Умови проявлення сили м'язів.
3. Визначення ЗЦВТ графічним методом.

Література з курсу

Базова основна:

1. Бернштейн Н.А. О ловкости и ее развитии. -М.:ФиС, 1991.-288с.
2. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. -М.:ФиС, 1971. -288с. 3-

- Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика. – Учебник для ИФК. -М.:ФиС, 1979. -264с.
4. Запорожанов В.А. Контроль в спортивной тренировке. -К.:Здоров'я, 1988. -144с.
 5. Зациорский В.М. Кибернетика, математика, спорт. -М.:ФиС, 1969. -200с.
 6. Зациорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.Н. Биомеханика двигательного аппарата человека.-М.:ФиС,1981.-143с:
 7. Зациорский В.М., Алешинский С.Ю., Якунин Н.А. Биомеханические основы выносливости.-М.:ФиС, 1982. –207
 8. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии): Учебник для ИФК. -М.:ФиС 1985. - 544с.
 9. Иванов В. В. Комплексный контроль в подготовке спортсменов. -М8:ФиС,1987. -256с.
 10. Коренберг В.Б. Основы качественного биомеханического анализа. -М.: ФиС, 1979.-208с.
 11. Лапутин А.Н. Обучение спортивным движениям. К.:Здоров'я, 1986.-216с.
 12. Лапутин А.Н., Уткин В.Л. Технические средства обучения.: Учебное пособие для ИФК.- М.:ФиС, 1990. -80с.
 13. Назаров В.Т. Движения спортсменов. Мн.:Полымя,1984. -176с.
 14. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений. -М.-Просв., 1986.
 15. Теория и практика физической культуры. - Ежемесячный научно-теоретический журнал.- М.:ФиС, ММ1-12,-вып.1974-1996г.г.

Базова допоміжна:

1. Алешинский С.Ю., Зациорский В.М. Определение межзвеньевых моментов и внутренних сил, возникающих при движении человека,- //Теория и практика физической культуры. - 1974, N11. -с. 5-9.
2. Баландин В. И., Блудов Ю.М., Плахтиенко В.А. Прогнозирование в спорте. -М.'- ФиС, 1986. -192с.
3. Верхошанский Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов. -М.: ФиС, 1988. -331с.
4. Гросс Х.Х., Донской Д. Д. Рационализация спортивной техники на основе моделирования систем движения. //Теория и практика физической культуры. - 1974, N11. -с. 9-11.
5. Петров В.А., Гагин Ю.А. Механика спортивных движений. -М.: ФиС, 1974.-232с.
6. Матвеев Л.П. Основы спортивной тренировки,- К.:Вища школа, 1984.-336с.
7. Платонов В.Н. Теория и методика спортивной тренировки.-К.: Вища школа, 1984. -336с.
8. Платонов В.Н. Современная спортивная тренировка. -К.-Здоровья, 1980.-336с.
9. Платонов В.Н. Фізична підготовка спортсменів. К.: Олімп, літ-ра, 1996-
10. Практикум по биомеханике. :пособие для ИФК/Под редакцией И.М. Козлова.-М.:ФиС, 1980. -120с.
11. Программированное обучение и технические средства в спортивной тренировке-/Под редакцией Н.А. Нельга. -148с.

12. Теория спорта. /Под редакцией В.Н.Платонова.-К.: Вища школа, 1987 -424с.

Тематична:

Акробатика (гімнастика):

1. Болобан В.Н. Спортивная акробатика. -К.-'Здоров'я, 1988, -168с.
2. Дранч В.Я. Королевство акробатики. -М.:ФиС, 1986.
3. Менхин Ю.В-, Волков А.В. Начала гимнастики. К.:Здоров'я, 1980.-270с.
4. Менхин Ю.В. Физическая подготовка в гимнастике.-М.:ФиС,1989.-224с.

Баскетбол:

5. Бабушкін В.З. Баскетбол у вузі. -Харк.: Основа, 1992.
6. Баскетбол /В.И.Корагин, В.Н.Мухин и др. -К.;Вища школа, 1989. -232с.
7. Леонов А.Д., Малый А.А. Баскетбол. -К.:Рад-шк., 1989. -104с.
8. Баскетбол: Учебник для ин-тов физ. культ. /Под редакцией Ю.М.Порнова.-Изд.3-е перераб.- М.:ФиС, 1988. -288с.
9. Портных Ю.И. Спортивные игры с методикой преподавания. -М.:ФиС,1986-

Гандбол:

10. Игнатьев В.Я. Гандбол: Учебное пособие для ин-тов физ. культ.-М.:ФиС, 1983.
11. Бабушкин В.З. Специализация в спортивных играх.-К.:Здоров'я, 1991.
12. Полиевский С.А., Латышкевич А.А., Романов В.А.Технические средства обучения в спортивных играх. -К.: Здоров'я, 1986.
13. Клусов Н.П. Тренировка гандболиста. -М.:ФиС, 1987.

Єдиноборства:

14. Бокс.-Ежегодный научно-теоретический журнал. -М.:ФиС, вып. за 1980-1990Г.Г.
15. Дахновский В.С., Лещенко С.С. Подготовка борцов высокого класса.-К.:Здоров'я, 1989. - 192с.

Волейбол:

16. Железняк Ю.Д., Ивойлов А.В." Учебник для ин-тов физ. культуры.-М.:ФиС, 1991.
17. Железняк Ю.Д. Учебное пособие для тренеров.-М.:ФиС,1988.
18. Ивойлов А.В. Волейбол. Очерки по биомеханике и методике тренировки.-М.:ФиС, 1981.

Легка атлетика:

19. Озолин Н.Г. Легкая атлетика.-М.:ФиС,1972.
20. КривоносовМ.П., Юшкевич Т.П. Методика обучения легкоатлетическим упражнениям. - Мн.:Высш. шк., 1986.
21. Ломан В. Бег, прыжки, метания. -М.:ФиС, 1985.
22. Максименко Г.Н., Табачник Б.Н. Тренировка бегунов на короткие дистанции. -К.:Здоровье,

1985.

Лыжный спорт:

23. Лыжный спорт: Учебник для ин-тов физ.культуры./ Под ред. М.А.Аграновского. -М.:ФиС, 1980. -368с.
24. Бутин И.М. Лыжный спорт- -Учебник для студентов пед. ин-тов. -М.:Прос., 1974.
25. Фомин С.К., Портнов А.Б. Применение лыжных мазей.-М.:ФиС, 1979. -112с.
26. Лыжный спорт /сб. статей.Сост. В.Н.Манжосов, выпуски 1985-1988г.г.

Футбол:

27. Лисенчук Г.А. и др. Тактика футбола.-К.:Минмолспорт 1991.
28. Козаков П.Н. футбол: Учебник для ин-тов физкультуры.-М.:ФиС, 1978.
29. Чанади А. Футбол. Техника, пер. с венг.М.:ФиС, 1978.
30. ГриндлерК., Пальке Х., Хеммо Х. Техническая и тактическая подготовка футболистов. Пер. с нем -М.:ФиС, 1976.

Додаткова:

1. Благуш П. К. К теории тестирования двигательных возможностей.-М.:ФиС, 1982. -165с.
2. Волков В.М., филин В.П. Спортивный отбор.-М.:ФиС, 1983.-176с.
3. Гурфинкель В.С., Левик Ю.С. Скелетная мышца: структура и функция. -М.:Наука, 1985. - 143с.
4. Довгань В.И., Темкин И.Б. Механотерапия. -М.:Мед., "" 1981.-128с.
5. Зотов В.П. Восстановление работоспособности в спорте. -К.-Здоров'я, 1990. -200с.
6. Карпман В.Л. и др. Тестирование в спортивной медицине. -М.:ФиС, 1988. -208с.
7. Миронова З.С. и др. Перенапряжение опорно-двигательного аппарата у спортсменов. - М.:ФиС, 1982. -95с.
8. Моногаров В. Д. Утомление в спорте. -К.:Здоров'я, 1986. - 120с.
12. Фомин Н.А., Вавилов Ю.Н. Физиологические основы двигательной активности. -М.:ФиС, 1991.-224с.
13. Биомеханика плавания (зарубежн-исслед.); Пер. с англ.-/ Под.ред. В.М.Зациорского. - М.:ФиС, 1981. -135с.
14. Техническа подготовка спортсменов в циклических видах спорта. /Братковский В.К., Лысенко Г.И. К.:Здоров'я, 1991. -135с.

ЗМІСТ

Вступ	3
Програмні питання з курсу «Біомеханіка».....	4
Розділ 1. Теоретична частина. Предмет біомеханіки як науки про рухи людини.....	5
Біомеханічна характеристика зовнішніх і внутрішніх сил.....	9
Біомеханічна характеристика рухового апарату людини.....	16
Класифікація біокінематичних пар і ланцюгів.....	19
Поняття про загальний центр ваги тіла (ЗЦВТ) людини.....	21
Види рівноваги та їх умови. Площа опори, кут стійкості	21
Характеристики рухів і методи їх реєстрації	22
Способи реєстрації рухів в біомеханіці	25
Розділ 2 Лабораторні роботи	26
Лабораторна робота № 1. Визначення розташування центра ваги ланок тіла (ЦВ)	26
Лабораторна робота № 2. Визначення розташування загального центру ваги тіла (ЗЦВТ) графічним методом за фотограмою.....	28
Лабораторна робота № 3. Визначення загального центру ваги тіла (ЗЦВТ) аналітичним методом за фотограмою.....	30
Лабораторна робота № 4. Визначення ступеня стійкості тіла спортсмена, що знаходиться в статичному положенні (при нестійкому виді рівноваги).....	32
Лабораторна робота № 5. Складання хронограми за матеріалами кінозйомки	34
Лабораторна робота № 6. Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи і траєкторії ЦВ ланки та ЗЦВТ за кінограмою	37
Лабораторна робота № 7. Визначення лінійних швидкостей і прискорень руху біоланок тіла спортсмена за траєкторією	38
Лабораторна робота № 8. Визначення кутових швидкостей і прискорень точки ЗЦВТ в обертальних рухах за біокінематичною схемою фізичної вправи.....	41
Варіанти контрольних робіт з курсу «Біомеханіка».....	45
Список рекомендованої літератури	46