

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЧЕРНІГІВСЬКИЙ КОЛЕГІУМ» імені Т.Г.ШЕВЧЕНКА**

М.О. Носко, С.В. Гаркуша

БІОМЕХАНІКА РУХОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

**Навчально-методичні матеріали
до практичних занять**

Чернігів - 2019

УДК 612.76:796.012(072)

ББК Ч510.0я7

Н 84

Рецензенти:

Архипов О.А., доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізичного виховання і спорту НПУ імені М.П.Драгоманова;

Лисенко Л.Л., кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри педагогіки, психології та методики фізичного виховання Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка.

Носко М.О., Гаркуша С.В.

Н 84 Біомеханіка рухової діяльності. Навчально-методичні матеріали до практичних занять. Чернігів: НУЧК імені Т.Г. Шевченка, 2019. 64 с.

Навчально-методичні матеріали «Біомеханіка рухової діяльності» складені відповідно до вимог навчальної програми дисципліни та призначені для студентів ЗВО, які здобувають вищу освіту зі спеціальностей 014.11 Середня освіта (фізична культура), 014.14 Середня освіта (здоров'я людини), 017 Фізична культура і спорт та кваліфікації вчителя фізичної культури, тренера обраного виду спорту.

Матеріали призначені для ознайомлення студентів із біомеханічними основами фізичних вправ, основами спортивної техніки, набуття знань, які необхідні для ефективного застосування фізичних вправ в якості засобу фізичного виховання та підвищення рівня спортивних досягнень.

ББК Ч510.0я7

УДК 612.76:796.012(072)

*Рекомендовано до друку вченою радою
Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка
(Протокол №8 від 27 березня 2019 р.)*

© Носко М.О., Гаркуша С.В., 2019

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Практична робота №1 ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ЦЕНТРА МАСИ (ЗЦМ) ТІЛА ЛЮДИНИ ГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ	6
Практична робота №2 ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗЦМ ТІЛА ЛЮДИНИ АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ	11
Практична робота №3 ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ СТІЙКОСТІ ТІЛА СПОРТСМЕНА, ЯКИЙ ЗНАХОДИТЬСЯ В ПОЛОЖЕННІ РІВНОВАГИ.....	16
Практична робота №4 ПОВУДОВА БІОКІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ ЗА КІНОГРАМОЮ	21
Практична робота №5 ПОВУДОВА ТРАЄКТОРІЙ БІОЛАНОК ЗА БІОКІНЕМАТИЧНОЮ СХЕМОЮ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ.....	26
Практична робота №6 ПОВУДОВА ХРОНОГРАМ ЗА МАТЕРІАЛАМИ КІНОЗЙОМКИ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ	29
Практична робота №7 ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ БІОЛАНОК ЗА БІОКІНЕМАТИЧНОЮ СХЕМОЮ.....	33

Практична робота №8 ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ ПРИСКОРЕНЬ ТОЧОК БІОЛАНОК ЗА БІОКІНЕМАТИЧНОЮ СХЕМОЮ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ	37
Практична робота №9 БІОМЕХАНІЧНИЙ АНАЛІЗ ФАЗИ ВЗАЄМОДІЇ ПРИ УДАРАХ В СПОРТІ	39
Практична робота №10 МЕТОД СЕРЕДНІХ ВЕЛИЧИН	42
Практична робота №11 ВИЗНАЧЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ДОСЛІДЖУЄМИМИ ПОКАЗНИКАМИ.....	48
Практична робота №12 ВИМІРЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІЛА СПОРТСМЕНА З ОПОРОЮ МЕТОДОМ ТЕНЗОДИНАМОМЕТРІЇ.....	54
Практична робота №13 ВИМІРЮВАННЯ УМОВ РІВНОВАГИ ТІЛА СПОРТСМЕНА МЕТОДОМ СТАБІЛОГРАФІЇ.....	58
ДОДАТКИ.....	61
ЛІТЕРАТУРА	63

ВСТУП

Біомеханіка рухової діяльності – наука, яка вивчає рухову систему людини та її рухові акти (вправи) під час фізичного виховання та спортивного тренування з метою забезпечення раціональних методів фізичного виховання населення та побудови міцної наукової основи сучасної системи підготовки спортсменів високої кваліфікації.

Предмет вивчення біомеханіки – спортивні досягнення, рухові (технічні) дії спортсменів і людей, що займаються фізичним вихованням, а також фізичні вправи як основні засоби, за допомогою яких вирішуються всі важливі практичні завдання фізичного виховання і спортивного тренування.

Метою проведення практичних занять є надбання студентами практичних навичок і вмінь з самостійного використання теорії і методів біомеханічних вимірювань і контролю, біомеханічного аналізу і дидактики рухових дій у фізичному вихованні та спортивному тренуванні; надбання студентами практичних навичок та умінь з самостійного використання теорії, методів вимірювань і контролю; оволодіння практичними вміннями проведення наукових досліджень та вимірювань з наступною обробкою експериментальних даних методами математичної статистики; оволодіння знаннями з вимірювальної апаратури, здійснення комплексного аналізу проведених вимірювань

Завдання проведення практичних занять:

– навчитися самостійно виконувати кількісні вимірювання різних параметрів організму, які об'єктивно характеризують стан рухових функцій людини;

– засвоїти практичні методи біомеханічного аналізу рухів і фізичних вправ у різних видах спорту;

– оволодіти навичками та вміннями з самостійної побудови, підбору і вибіркового використанні основних засобів фізичного виховання – фізичних вправ різного спрямування, ТЗН і тренажерів;

– навчити студентів метрологічним основам сучасної теорії і практики контролю у спорті і фізичному вихованні;

– оволодіти вміннями кількісної обробки даних експериментальних досліджень статистичними методами;

– оволодіти навичками самостійної роботи із вимірювальною апаратурою.

Практична робота № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ЦЕНТРА МАСИ (ЗЦМ) ТІЛА ЛЮДИНИ ГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ

Мета: навчитись визначати ЗЦМ тіла спортсмена в різних положеннях графічно.

Матеріали та інвентар: фотографіи досліджуваного положення спортсмена в двох площинах (сагітальній та фронтальній), лінійка, олівці, міліметровий папір.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Визначення характеру рівноваги тіла та окремих його частин, а також місця розташування ЗЦМ тіла людини графічним методом має істотне значення для оцінки раціональності спортивної техніки в різних видах спорту. Рівновага тіла людини, як і інших матеріальних об'єктів, передбачає його нерухомість у просторі відносно визначеної системи координат.

Оскільки тіло спортсмена у рівновазі знаходиться під дією прикладених сил, то воно деформується. Ці деформації можуть бути такими значними, що їх легко помітити при безпосередньому спостереженні (подовження розтягнутого м'яза, яке спричиняє помітну зміну об'єму біоланцюга тощо). Але у більшості випадків деформація мало помітна у порівнянні зі зміною конфігурації всього тіла спортсмена внаслідок переміщення окремих його біоланцюгів. У таких випадках тіло людини для зручності досліджень умовно розглядають як абсолютно тверде, тобто таке, в якому дія сил не викликає ніяких деформацій.

Хоча сучасна теоретична механіка і не визнає абсолютно нерухомого простору, для визначення руху чи його відсутності необхідно завжди зазначати ту систему відліку, до якої належить положення даного тіла (чи його зміну), без чого поняття рівноваги не має змісту. У механіці, при вивченні більшості явищ, а саме умов рівноваги тіла, можна приймати за систему відліку так звану "інерційну систему", тобто систему координат, яка пов'язана з поверхнею Землі.

Відомо, що під дією сили всесвітнього тяжіння кожна матеріальна частка кожного тіла, яке знаходиться на поверхні Землі притягується до неї силою тяжіння, яка спрямована до центру Землі, а лінії їх дії утворюють між собою певні кути. Однак, внаслідок того, що відстань між частками чи частинами тіла людини (а значить, і між точками прикладення цих сил) настільки мала, що ці сили практично можна вважати паралельними.

Рівнодійна паралельних між собою сил тяжіння Землі всіх окремих часток тіла людини є його вага, а центр цих паралельних сил є центр ваги тіла людини.

Із теоретичної механіки відомо, що кожні дві паралельні сили, які спрямовані в один бік, мають рівнодійну, їм паралельну та спрямовану в той самий бік. Модуль цієї рівнодійної завжди дорівнює сумі модулів складових сил, а точка її докладання поділяє відстань між точками докладання складових сил на частини, зворотно пропорційні цим силам. Проекція рівнодійної паралельних сил на будь-яку вісь дорівнює сумі проєкцій складових сил на ту саму вісь.

Теорема Варіньона для системи спрямованих в один бік паралельних сил повідомляє, що загальний момент системи спрямованих в один бік паралельних сил дорівнює моменту їх рівнодійної.

В якості системи двох паралельних сил, спрямованих в один бік, в тілі людини можуть бути розглянуті сили тяжіння будь-яких сусідніх біоланок, наприклад, плеча та передпліччя (рис. 1). Ці паралельні сили прикладені у центрах тяжіння біоланок, а для визначення рівнодійної – їх необхідно додати. Точка докладання рівнодійної знаходиться на лінії, яка з'єднує центри тяжіння плеча та передпліччя. Графічно лінійні розміри її вектора відповідають сумі векторів складових сил тяжіння, і докладена в точці, яка поділяє лінію з'єднання центрів тяжіння плеча та передпліччя. Якщо можливо графічно таким способом визначити загальний центр маси (ЗЦМ) двох сусідніх біоланок, то не важко знайти ЗЦМ всіх біоланок тіла.

ХІД РОБОТИ

1. Спортсмена сфотографувати в досліджуваному положенні в двох площинах одночасно (сагітальній та фронтальній). У кадрі встановити масштабну лінійку. Для спрощення вирішення задач дослідження можна користуватись фотограмою тільки в одній площині.

2. Встановити масштаб для визначення істинних лінійних розмірів об'єктів за фотограмою. Масштаб розраховується за формулою: $M=L/L_1$, де M – масштаб; L – розмір орієнтиру за фотограмою; L_1 – істинний лінійний розмір орієнтиру.

3. Зважуванням визначити вагу досліджуваного в кг.

4. Абсолютну вагу кожної біоланки тіла досліджуваного визначити за таблицею О.Фішера (таблиця 1).

Таблиця 1

Вага біоланок тіла людини та відстань до ЦТ біоланки

<i>№</i>	<i>Біоланки тіла</i>	<i>Відносна вага, %</i>	<i>Абсолютна вага, кг</i>	<i>Довжина біоланки, см</i>	<i>Відстань до ЦТ біоланки, см</i>	
1.	Голова	7	5,6	–	–	22
2.	Тулуб	43	34,4	51	44	22,44
3.	Плече	3	2,4	33	47	15,5
4.	Передпліччя	2	1,6	28	42	11,8
5.	Кисть	1	0,8	–	–	11
6.	Стегно	12	9,6	46	44	20,3
7.	Гомілка	5	4,0	44	42	18,5
8.	Стопа	2	1,6	28	44	12,3

5. Виміряти довжину всіх біоланок тіла досліджуваного (виняток складають біоланки голови та кисті).

6. За таблицею О.Фішера крапкою на фотографії позначити центри тяжіння (ЦТ) кожної біоланки досліджуваного.

7. Провести на фотографії систему плоских декартових координат і визначити координати ЦТ всіх біоланок. Для цього треба перенести координатну систему на міліметровий папір та всі наступні дії виконувати на ній.

8. Знайти почергово ЗЦМ кожних двох сусідніх біоланок тіла, для чого прямою лінією з'єднати ЦМ біоланок, які вивчаються. Потім виміряти відстань між ними. Лінія з'єднання поділяється на частини в співвідношенні зворотно пропорційному величинам сил тяжіння біоланок. Місце розташування точки ЗЦМ кожної пари біоланок вираховується за формулою:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{(L-x)}{x}$$

де P_1 та P_2 – відносна вага біоланок, що вивчаються, L – відстань між ЦТ ланок, x – невідома відстань від ЦТ однієї з біоланок до їх ЗЦМ.

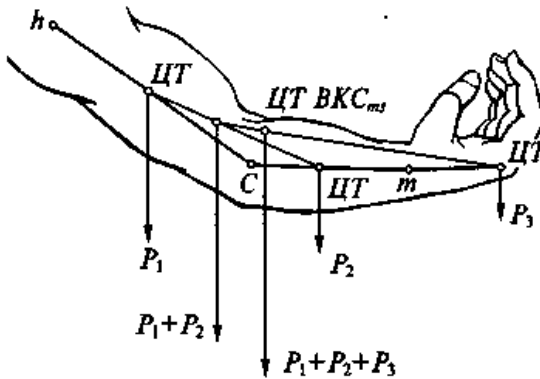


Рис. 1. Визначення ЦТ верхньої кінцівки людини графічно

9. Підсумовуючи таким чином отримані координати ЦТ кожної пари біоланок, знаходять одну загальну для всього тіла рівнодіючу (дорівнюючу його вазі), яка й буде прикладена в точці, яку називають ЗЦМ.

10. Якщо робота виконувалась на міліметровому папері, то за відомими координатами треба перенести точку ЗЦМ на фотограму.

11. Дати біомеханічну оцінку досліджуваного положення тіла спортсмена з урахуванням опису умов його рівноваги й місця розташування ЗЦМ.

12. Описати переваги та недоліки цього методу дослідження.

Контрольні питання

1. Що таке ЗЦМ?
2. Які анатомо-фізіологічні особливості розташування ЗЦМ тіла людини?
3. У чому сутність теореми про рівнодіючу паралельних сил, які спрямовані в один бік?
4. Чому дорівнює проєкція рівнодіючої паралельних сил на визначену вісь?
5. Який зміст теореми Варіньона для системи спрямованих в один бік паралельних сил?
6. Як визначити величину рівнодіючої спрямованих в один бік паралельних сил?
7. Як знайти точку прикладення рівнодіючої двох паралельних сил, спрямованих в один бік?
8. Яка послідовність виконання робіт з визначення ЗЦМ людини графічним методом?

Література

1. *Біомеханіка спорту / Під заг. ред. А.М.Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2005. – С. 186-188.*
2. *Донской Д.Д. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1958. – С. 1158-159.*
3. *Жуков Е.К., Котельникова Е.Г., Семенов Д.А. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1963. – С. 104-105.*
4. *Лапутин А.Н. Практическая биомеханика. – К.: Науковий світ, 2000. – С. 179-181.*

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗЦМ ТІЛА ЛЮДИНИ АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ

Мета: навчитись самостійно визначати ЗЦМ тіла спортсмена розрахунковим способом у різних положеннях при виконанні фізичних вправ.

Матеріали та інвентар: фотографіи досліджуваного положення спортсмена в двох площинах (сагітальній та фронтальній), лінійка, олівці, міліметровий папір.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Для біомеханічної характеристики умов рівноваги спортсмена необхідно визначити місце знаходження ЗЦМ тіла людини.

ЗЦМ людського тіла можна визначити як точку докладання рівнодійної всіх сил тяжіння, які діють на нього. При вивченні умов рівноваги спортсмена необхідно враховувати біологічну специфіку розташування ЗЦМ в тілі людини, зумовлену його анатомо-фізіологічними особливостями, позою, функціонуванням дихальної, серцево-судинної системи, системи травлення та інших, які забезпечують переміщення значних мас речовин в організмі в різні моменти життєдіяльності. Так, відомо, що в положенні стоячи чи лежачи, питома вага грудного відділу тулуба змінюється в залежності від фази дихання (під час вдиху вага менша, після видиху – більша). При переході з горизонтального положення в вертикальне і навпаки кров збільшує чи зменшує на деякий час вагу окремих частин тіла.

Визначення розташування ЗЦМ представляє важливу задачу не тільки для біостатики, але й для біокінематики та біодинаміки. Описання траєкторії руху ЗЦМ при виконанні фізичних вправ дозволяє отримати дані про переміщення тіла спортсмена у просторі. Так, зміна траєкторії руху ЗЦМ відображає дію на тіло зовнішніх сил, що відкриває можливості для визначення багатьох біодинамічних харак-

теристик рухової системи (механічну роботу, потужність тощо) в конкретній руховій дії.

Організм складається з тканин різної щільності та різної ваги, що перешкоджає визначенню місця розташування центра тяжіння кожної частини тіла чи біоланки. Для зручності умовились вважати середню щільність як істинну щільність (тобто, що тіло має однорідну будову). Виходячи з цього, розташування ЗЦМ тіла можна визначити аналітично, використовуючи теорему Варіньона: *момент рівнодійної сили відносно осі дорівнює алгебраїчній сумі моментів складових сил відносно тієї ж осі.*

Виходячи з цього, слід визначити моменти сили тяжіння всіх біоланок тіла відносно умовної осі.

Моментом сили тяжіння кожної біоланки відносно обраної осі, в свою чергу, є добуток його ваги на найкоротшу відстань від центру тяжіння до цієї осі.

Таблиця 1

Вага біоланок тіла людини та відстань до ЦТ біоланки

№	Біоланки тіла	Відносна вага, %	Абсолютна вага, кг	Довжина біоланки, см	Відстань до ЦТ біоланки, см	
1.	Голова	7	5,6	–	–	22
2.	Тулуб	43	34,4	51	44	22,44
3.	Плече	3	2,4	33	47	15,5
4.	Передпліччя	2	1,6	28	42	11,8
5.	Кисть	1	0,8	–	–	11
6.	Стегно	12	9,6	46	44	20,3
7.	Гомілка	5	4,0	44	42	18,5
8.	Стопа	2	1,6	28	44	12,3

Біоланки тіла людини, як правило, мають складну неправильну геометричну форму; крім того, їх маси розташовуються несиметрично по відношенню до центрів тяжіння. Тому положення центрів тяжіння біоланок (таблиця 1) були встановлені експериментально.

ХІД РОБОТИ

1. Спортсмена сфотографувати в досліджуваному положенні в двох площинах одночасно (сагітальній та фронтальній). У кадрі встановити масштабну лінійку.

2. Встановити масштаб для визначення істинних лінійних розмірів об'єктів за фотограмою. Масштаб розраховується за формулою: $M = L / L_1$, де M – масштаб; L – розмір орієнтиру за фотограмою; L_1 – істинний лінійний розмір орієнтиру. Наприклад, якщо масштаб обраний 1:10, а істинний розмір орієнтира $L_1 = 200$ см, то розмір на фотографії $L = L_1 \times M = 200 \times 1/10 = 20$ см.

3. На фотографію нанести систему плоских декартових координат.

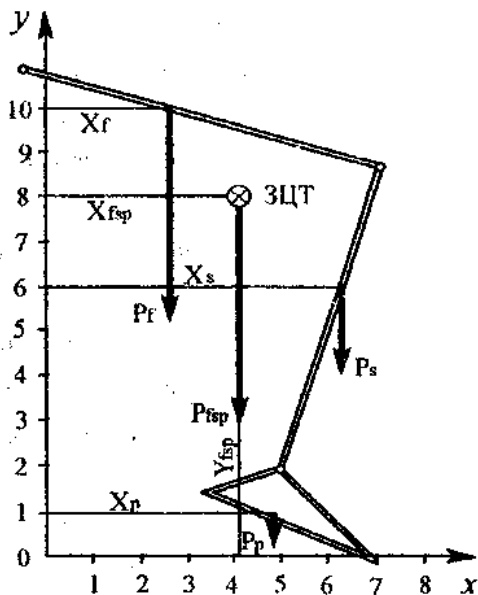


Рис. 1. Визначення ЗЦМ тіла людини аналітичним методом

4. За анатомічними та антропометричними орієнтирами на фотограму нанести точки центрів суглобів та точки центрів тяжіння (ЦТ) голови та кистей.

Таблиця 2

Визначення моментів тяжіння відносно осей x та y

№	Біоланки	P	x	y	Px	Py
1.	Голова	7				
2.	Тулуб	43				
3.	Плече	3				
4.	Передпліччя	2				
5.	Кисть	1				
6.	Стегно	12				
7.	Гомілка	5				
8.	Стопа	2				

5. Визначити центр тяжіння кожної біоланки досліджуваного (довжину біоланки помножити на відносну відстань до її центра тяжіння від проксимального кінця (графа 7 таблиці 1) та нанести на фотограму точки ЦТ біоланок.

6. Виміряти відстань від центрів тяжіння всіх біоланок тіла досліджуваного до проведених раніше осей x та y. Результати занести в таблицю 2. Потім вирахувати значення Px та Py. ($Px = P \cdot x$, де P – вага біоланки; x – координати за x).

7. Вирахувати моменти сил тяжіння кожної біоланки відносно осей x та y.

$$M_x = \frac{Px_1 + Px_2 + \dots + Px_n}{100}; \quad M_y = \frac{Py_1 + Py_2 + \dots + Py_n}{100}$$

8. Нанести на графік координати ЗЦМ тіла.

9. Дати біомеханічну оцінку досліджуваного положення тіла спортсмена з урахуванням опису умов його рівноваги й місця розташування ЗЦМ.

10. Описати переваги та недоліки цього методу дослідження.

Контрольні питання

1. У чому сутність аналітичного методу?
2. Що таке момент сили тяжіння тіла?
3. Який зміст теореми Варіньона?
4. Яке відсоткове співвідношення мають вагові показники найбільших біоланок тіла людини?
5. Яка відносна відстань центра ваги кожної біоланки від проксимального її кінця?
6. Яка послідовність робіт при визначенні ЗЦМ тіла людини аналітичним методом?

Література

1. *Біомеханіка спорту / Під заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2005. – С. 182-186.*
2. *Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – С. 159-161.*
3. *Донской Д.Д. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1958. – С. 163-166.*
4. *Жуков Е.К., Котельникова Е.Г., Семенов Д.А. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1963. – С. 101-107.*
5. *Лапутин А.Н. Практическая биомеханика. – К.: Науковий світ, 2000. – С.175-178.*

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ СТІЙКОСТІ ТІЛА СПОРТСМЕНА, ЯКИЙ ЗНАХОДИТЬСЯ В ПОЛОЖЕННІ РІВНОВАГИ

Мета: навчитись самостійно оцінювати біомеханічні умови рівноваги положень тіла під час виконання фізичних вправ.

Матеріали та інвентар: фотографіи досліджуваного положення спортсмена в двох площинах (сагітальній та фронтальній), лінійка, олівці, міліметровий папір, транспортир.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При вивченні рухової діяльності часто доводиться визначати ступінь стійкості тіла спортсмена, який приймає при виконанні фізичних вправ найрізноманітніші положення в просторі.

Тіло людини може знаходитися в стійкому, нестійкому та в умовно байдужому положенні рівноваги.

Ступінь стійкості тіла людини *залежить* від величини площі опори, місця розташування ЗЦМ, місця проходження лінії ваги через площу опори, кута стійкості, моменту стійкості, ступеня рухливості біологів, функціонування життєво важливих систем організму та інших факторів.

Площа опори при виконанні фізичних вправ може приймати найрізноманітнішу форму. Чим більша площа опори та чим ближче до її центру наближається лінія ваги, тим більш стійке тіло. Стійкість тіла збільшується при більш низькому розташуванні ЗЦМ.

Однак площа опори спортсмена рідко приймає вид фігури правильної форми і, відповідно, лінія ваги майже ніколи не перетинає її по центру. Тому стійкість тіла не у всіх напрямках однакова. Так, наприклад, у важкоатлета, який зафіксував штангу на прямих руках над головою, в передньо-задньому напрямку ступінь стійкості буде меншою, а у фронтальному – більшою.

Для більш точного визначення цього положення вираховують величину *кута стійкості тіла* – кут, який розташований між лінією ваги та нахиленою лінією, яка проведена із ЗЦМ до будь-якої точки кордону площі опори тіла. Чим більше кут, тим більшу стійкість має

тіло. Спортсмен, який виконує фізичні вправи, більш сталий в тому напрямку, в якому його тіло має більший кут стійкості.

Для визначення ступеня стійкості необхідно встановити також величину моменту стійкості. Момент стійкості тіла дорівнює додатку сили ваги тіла (P) на плече її прикладення (l) в області площі опори ($M_{cm.} = P \times l$). Момент стійкості тіла визначається додатком ваги тіла на величину перпендикуляра, що проведений від межі площі опори до лінії ваги. Він залежить від двох величин: ваги тіла та величини площі опори на ділянці, яка вимірюється. Чим більші будуть ці величини, тим більшими будуть момент стійкості та ступінь стійкості тіла.

Момент сили тяжіння відносно осі можливого обертання називають *перекидаючим моментом*. Вираховується за формулою: $M_{пер.} = h \times P$ (h – висота розташування ЗЦМ, P – вага тіла).

Для стійкої рівноваги тіла спортсмена необхідно, щоб момент стійкості був більший, ніж перекидаючий момент. Відношення моменту стійкості до перекидаючого моменту називають *коефіцієнтом стійкості*:

$$k = \frac{M_{cm.}}{M_{пер.}}$$

Якщо коефіцієнт стійкості більше одиниці $k > 1$, то рівнодіюча (R) двох сил *тяжіння та ваги* проходить в межах площі опори. Якщо $k = 1$, то тіло спортсмена приймає крайнє положення рівноваги. При $k < 1$, лінія дії рівнодіючої двох сил проходить за межами площі опори і тіло втрачає рівновагу.

Ступінь стійкості спортсмена, який приймає певні фіксовані положення в рівновазі, залежить також від ступеня відносної рухливості в суглобах основних біоланок його тіла. Чим більше розвинуті м'язова система та фізичні якості цього спортсмена, тим більше умов зв'язку, які обмежують зайву рухливість, він може накласти на відповідні біокінематичні пари та ланцюги свого рухового апарату.

ХІД РОБОТИ

1. Спортсмена сфотографувати в досліджуваному положенні в двох площинах одночасно (сагітальній та фронтальній).
2. Графічним методом визначити ЗЦМ.
3. Провести лінію тяжіння (опускаємо перпендикуляр із ЗЦМ на площу опори тіла). Її довжину вимірюємо та заносимо до таблиці.
4. Виміряти сагітальний та фронтальний розміри площі опори.

Критерії стійкості тіла людини

№	Показники	Значення показників
1.	Висота розташування ЗЦМ	
2.	Сагітальний розмір площі опори	
3.	Фронтальний розмір площі опори	
4.	Величина площі опори	
5.	Передньо-задній кут стійкості (α_1)	
6.	Задньо-передній кут стійкості (α_2)	
7.	Правий кут стійкості (α_3)	
8.	Лівий кут стійкості (α_4)	
9.	Плече прикладання сили ваги в передньо-задньому напрямку (l_1)	
10.	Момент стійкості в передньо-задньому напрямку (M_1) $M_{cm.} = P \times l$	
11.	Плече прикладання сили ваги в задньо-передньому напрямку (l_2)	
12.	Момент стійкості в задньо-передньому напрямку (M_2)	
13.	Плече прикладання сили ваги справа наліво (l_3)	
14.	Момент стійкості правий (M_3)	
15.	Плече прикладання сили ваги зліва направо (l_4)	
16.	Момент стійкості лівий (M_4)	
17.	Перекидаючий момент $M_{пер.} = h \times P$	
18.	Коефіцієнт стійкості у передньо-задньому напрямку (k_1)	
19.	Коефіцієнт стійкості у задньо-передньому напрямку (k_2)	
20.	Коефіцієнт стійкості правий (k_3)	
21.	Коефіцієнт стійкості лівий (k_4)	
22.	Загальний коефіцієнт стійкості $k_{зар.} = k_1 + k_2 + k_3 + k_4$	

5. Виміряти кути стійкості.

6. Виміряти плечі прикладання сили ваги в усіх напрямках.

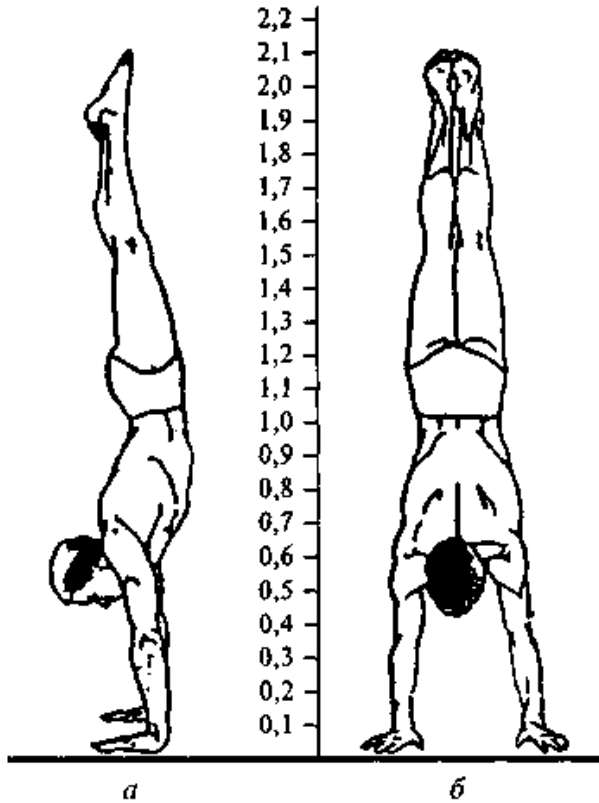


Рис.1. Фотограми для визначення ЗЦМ тіла людини [1, 5]

7. Обчислити моменти стійкості тіла в усіх напрямках.
8. Розрахувати перекидаючий момент.
9. Розрахувати коефіцієнт стійкості тіла в даному положенні.
10. Висновок.

Контрольні питання

1. Від чого залежить ступінь стійкості тіла людини ?
2. Що називається площею опори тіла людини ?
3. Що таке кут стійкості тіла людини ?
4. Що таке момент стійкості тіла людини ?
5. Як визначити перекидаючий момент тіла спортсмена?
6. Що таке коефіцієнт стійкості ?
7. Який зміст та послідовність виконання роботи з визначення ступеня стійкості тіла спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги?

Література

1. *Біомеханіка спорту / Під заг. ред. А.М.Лапутина. – К.: Олімпійська література, 2005. – С. 188-190.*
2. *Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – С. 167-179.*
3. *Донской Д.Д. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1958. – С. 177-207.*
4. *Жуков Е.К., Котельникова Е.Г., Семенов Д.А. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1963. – С. 115-125.*
5. *Лапутин А.Н. Практическая биомеханика. – К.: Науковий світ, 2000. – С.181-183.*

Практична робота № 4

ПОБУДОВА БІОКІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ ЗА КІНОГРАМОЮ

Мета: Навчитись визначати положення тіла спортсмена у просторі та його переміщення у часі відносно визначеної системи відліку.

Матеріали та інвентар: кінограми досліджуваної вправи, лінійка, транспортири, олівці, міліметровий папір.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Рухи тіла людини тільки тоді можна вважати вивченими, коли відомий спосіб, за допомогою якого визначається його положення в будь-який момент часу в просторі, який вивчається.

В якості зручної системи відліку при вивченні біокінематичних характеристик фізичних вправ за кінограмою придатна декартова інерційна система координат на площині. У процесі біокінематичного дослідження нерухома координатна система відліку може бути співвіднесена з бідь-яким відносно нерухомим на кінограмі орієнтиром (лінія старту, фінішу, нерухомі спортивні прилади, видимі деталі будівель, трибун тощо).

При вивченні спортивної техніки перед дослідником часто виникають складні завдання: визначити не стільки положення всього тіла в площині, скільки відносне розташування окремих біоланок або біокінематичних пар чи ланцюгів. Для вирішення цього питання запропонована соматична система, яка дозволяє зв'язувати систему координат не з будь-яким зовнішнім об'єктом, а з тілом людини (somo – тіло).

Для біомеханічного дослідження рухів людини відносно вибраної системи відліку при виконанні фізичних вправ треба насамперед скласти характерну розрахункову схему (чи план) його рухової системи, яка визначає біокінематичну структуру того чи іншого конкретного руху.

Біокінематичною схемою (БКС) називається використовуване в біомеханіці умовне зображення рухової системи людини у встановленому масштабі відносно вибраної системи відліку.

На біокінематичній схемі повинні бути зображені тільки ті особливості рухового апарату, які необхідні для визначення шляху, швидкості та прискорення руху тих чи інших його частин. Тому локомоторний апарат зображується на схемі у вигляді системи біоланок біокінематичних пар.

Біокінематична схема (БКС), як і *промір* — малюнок спортсмена, який рухається і служить основою для вивчення біокінематичних характеристик (або малюнок розпізнавальних точок пунктів відліку чи схематичне зображення поз на аркуші міліметрового паперу в визначеному масштабі у вигляді придатному для вимірів), може виготовлятися безпосередньо за допомогою кіноплівки, яка розглядається через збільшувач. Промір дозволе кількісно визначити розташування точок тіла в просторі та їх зміну через однакові інтервали часу. Для цього після вибору масштабу замальовують зображення поз спортсмена на міліметровому папері. Але цей спосіб менш точний, ніж робота за кінограмою.

При вивченні рухів всього тіла спортсмена в кожному кадрі обов'язково повинен бути орієнтир, за яким визначають масштаб зображення. У лабораторних дослідженнях звичайно для цього використовується масштабна лінійка. Потім на всіх кадрах кінограми проставляється зовнішня система координат, яка пов'язана з орієнтиром. Якщо треба дослідити відносні взаємні рухи біоланок, то на кінограмі позначається ще й соматична система координат. Після цього визначають координати основних точок тіла спортсмена за кінограмою у зовнішній та соматичній системах координат. За отриманими координатами у вибраному масштабі на міліметровому папері будують БКС.

Вибір площини для побудови БКС залежить від того, в якій площині проводилась кінозйомка. Якщо предметом вивчення є рухи, найбільш значні амплітуди котрих реалізуються в одній площині (біг у легкій атлетиці, стрибки у довжину), то застосовується одноплощинна кінозйомка. Для вивчення рухів зі складними просторовими переміщеннями біоланок усього тіла людини використовують триплощинну кінозйомку. На біокінематичній схемі зображуються системи координат, необхідні всі біоланки тіла, кути переміщення біоланок.

ХІД РОБОТИ

1. Проглянути кінограму для вибору орієнтирів, визначення часових інтервалів, фаз тощо.

2. Через орієнтир на всіх кадрах кінограми провести зовнішню систему прямокутних плоских координат. При вивченні відносних взаємних переміщень біолонок в якості орієнтиру вибирають центр соматичної координатної системи. Позначити координатні точки основних суглобів.

3. Побудувати таблицю для координат біолонок тіла.

Таблиця 1

*Координати точок суглобів біолонок тіла спортсмена
за осями x та y*

№ кадрів	ЦМ голови		Плечовий суглоб		Ліктьовий суглоб		Суглоб кисті		Тазостегневий суглоб		Колінний суглоб		Суглоб стопи		ЦМ стопи	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
5 лів пр.	-1	59	-5	51	-18	49	-28	47	-8	29	8	14	4	-9	14	-10
11	15	53	11	42	1	35	-11	28	8	21	24	6	20	-13	28	-13
16	19	65	21	56	34	57	44	64	20	31	27	10	21	-9	29	-14
21	25	86	27	74	13	82	16	91	34	54	31	35	19	14	20	4
24	31	87	34	79	40	95	33	102	37	54	35	35	27	12	34	7
27	31	81	35	73	49	67	61	62	40	53	46	33	38	8	46	4

4. Визначити координати для кожної точки, яка вивчається на кожному кадрі кінограми. Дані занести до таблиці 1.

5. На листі міліметрового паперу у вибраному масштабі накреслити зовнішню систему координат.

6. На систему координат перенести всі точки біолонок, які занесені до таблиці. Точки з'єднати прямими лініями, що утворюють схему біолонок. На схемі латинськими літерами позначаються всі точки біолонок, суглоби, кути обертання біолонок, інтервали часу.

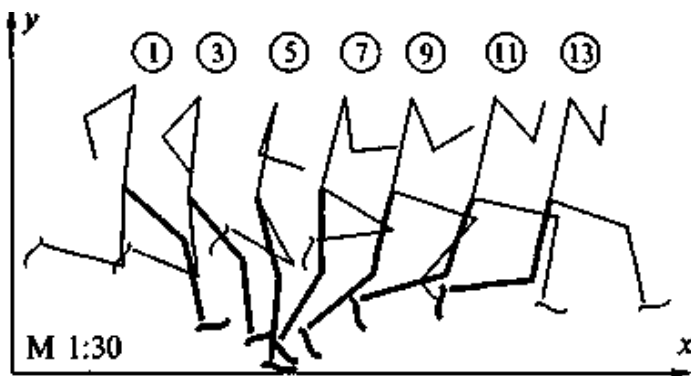


Рис. 1. Біокінематична схема рухів спринтера відносно зовнішньої системи відліку [1, 5].

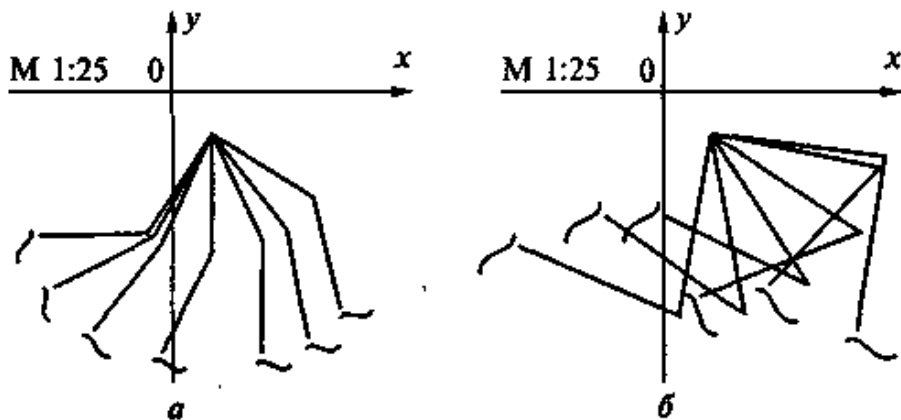


Рис. 2. Біокінематична схема рухів опорної (а) та махової (б) ніг спортсмена у соматичній системі відліку [1, 5].

Контрольні питання

1. Що таке біокінематична схема (БКС)?
2. З якою метою будується БКС?
3. Які основні акценти методики побудови БКС?
4. Які зміст та послідовність роботи при побудові БКС за кіноплівкою, за кінограмою?

Література

1. *Біомеханіка спорту / Під заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2005. – С. 151-156.*
2. *Донской Д.Д. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1958. – С. 158-163.*
3. *Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – С. 148-151.*
4. *Жуков Е.К., Котельникова Е.Г., Семенов Д.А. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1963. – С. 90-93.*
5. *Лапутин А.Н. Практическая биомеханика. – К.: Науковий світ, 2000. – С. 147-151.*

ПОБУДОВА ТРАЄКТОРІЙ БІОЛАНОК ЗА БІОКІНЕМАТИЧНОЮ СХЕМОЮ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ

Мета: навчитись самостійно за біокінематичною схемою визначати найважливіші біокінематичні параметри рухів спортсмена, а саме траєкторії точок його біоланок.

Матеріали та інвентар: біокінематична схема фізичної вправи, лінійка, транспортири, олівці, міліметровий папір.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Кінематичні характеристики вивчають рух тіла без урахування мас і діючих сил. У свою чергу вони поділяються на просторові, часові та просторово-часові характеристики.

Просторові характеристики дозволяють визначати положення, наприклад, вихідні для руху й кінцеві (за координатами), і рухи (за траєкторіями). Рухи людини можна вивчати, розглядаючи тіло як матеріальну точку, як одне тверде тіло або як систему тіл.

Координати точки – це просторова міра місця розташування точки щодо системи відліку. Місце розташування точки визначається, вимірюючи, наприклад, її лінійні координати S_x , S_y , S_z .

Переміщення точки – найкоротша відстань від кінцевого до початкового положення тіла. Переміщення визначається за формулою:

$$\Delta S = S_k - S_n$$

Кривизна траєкторії показує, яка форма руху точки в просторі. Щоб визначити кривизну траєкторії, вимірюють радіус кривизни. Кривизна – величина, зворотна радіусу: $K=1/R$. Чим менше радіус, тим більше кривизна траєкторії.

Серед біокінематичних характеристик фізичних вправ траєкторія рухів тіла спортсмена займає одне з найважливіших місць. Знання траєкторії дозволяє визначити багато інших біокінематичних параметрів цієї вправи.

Траєкторією називається геометричне місце послідовних положень точки, яка рухається відносно даної системи відліку. Тіло людини в русі можна розглядати як матеріальну точку, яка рухається. Але в біомеханіці спортивної техніки воно представлено найчастіше як система матеріальних точок або система біоланок біокінематичних пар. Тому для більш глибокого розкриття техніки вправи необхідно вивчити траєкторії як можна більшої кількості точок спортсмена, який рухається. Дослідження траєкторії дозволить судити про форму рухів.

На біокінематичній схемі достатньо з'єднати лінією точки одного й того ж суглоба по кадрах, щоб отримати у масштабі схеми траєкторію руху цієї точки у нерухомій системі відліку (рис.1) або ж побудувати окремий графік.

ХІД РОБОТИ

1. Побудувати БКС для визначення та вибору точок біоланок, траєкторія яких повинна бути побудована.
2. На міліметровому папері у вибраному масштабі побудувати зовнішню систему координат біокінематичної схеми.
3. Послідовно нанести на зовнішню координатну систему всі положення досліджуваних точок.

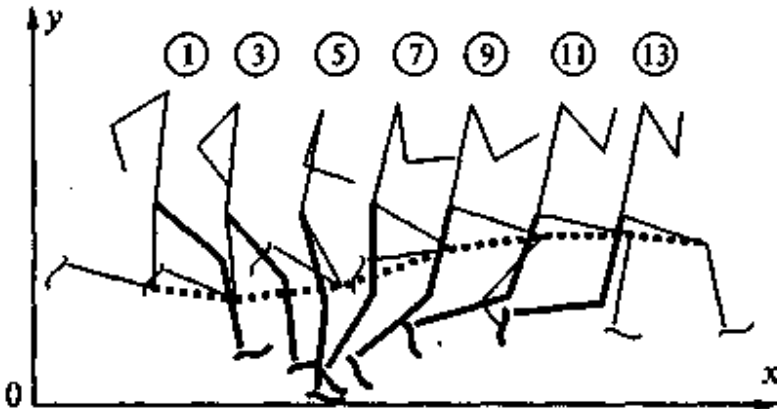


Рис. 1. Траєкторія колінного суглоба махової ноги спринтера у сагітальній площині відносно зовнішньої системи відліку [1, 2]

4. З'єднати прямою лінією послідовно всі положення кожної точки. Від початку і до кінця лінії позначити номери положень точки. Побудована лінія є траєкторією даної точки у зовнішній системі координат.

5. На міліметровому папері у вибраному масштабі побудувати соматичну систему координат.

6. Послідовно нанести на соматичну координатну систему всі положення кожної досліджуваної точки.

7. З'єднати прямою лінією послідовно всі положення кожної точки в цій системі координат. Найменувати початок і кінець лінії латинськими літерами (перші літери назви суглобів) з індексом (номером точки). Побудована лінія є траєкторією руху даної точки у соматичній системі координат.

8. Порівняти траєкторії кожної точки у зовнішній та соматичній системах координат. Для цього на загальній координатній системі в єдиному масштабі накреслити дві траєкторії однієї точки. Потім у раніше вибраному на БКС масштабі виміряти відстань між початковими, проміжними та кінцевими положеннями точки.

9. За проведеними дослідженнями зробити висновок про форму та характер траєкторій рухів біоланок.

Контрольні питання

1. Що таке траєкторія?
2. Для чого вивчаються траєкторії рухів точок тіла спортсмена?
3. Який рух точки можна вважати прямолінійним, криволінійним?
4. Чим відрізняється плоска траєкторія від просторової?
5. Які послідовність та хід роботи з побудови траєкторій точок тіла спортсмена?

Література

1. *Біомеханіка спорту / Під ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2005. – С. 159-165.*
2. *Лапутин А.Н. Практическая биомеханика. – К.: Науковий світ, 2000. – С. 154-159.*

Практична робота № 6

ПОБУДОВА ХРОНОГРАМ ЗА МАТЕРІАЛАМИ КІНОЗЙОМКИ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ

Мета: навчитись самостійно досліджувати часову структуру окремих рухових дій в системі цілісної фізичної вправи.

Матеріали та інвентар: кіноплівка з зображенням фізичної вправи, кінограми фізичної вправи, фотозбільшувачі, лінійки, транспортири, олівці, міліметровий папір.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Фізична вправа являє собою складну багатоструктурну систему цілеспрямованих та залежних одна від одної рухових дій. Однією з найважливіших причин, яка пов'язує окремі рухові елементи в цілісну вправу, є фактор часу. Структура часу в значній мірі визначає не тільки зовнішній кінематичний ефект фізичної вправи, але й загальний спортивний результат.

Вивчення взаємозв'язку часових характеристик у кінематичній структурі фізичної вправи представляє інтерес для вирішення багатьох теоретичних проблем біомеханіки та для обґрунтування методики навчання спортивної техніки у вибраному виді спорту.

Сутність даного методу полягає в реєстрації рухів людини за допомогою кінозйомки з подальшою обробкою матеріалів. Ступінь точності дослідження при цьому залежить не тільки від майстерності оператора, але й від якості кінореєструючої апаратури, яка повинна мати справну систему обліку швидкості (частоти) зйомки.

Якщо відома частота кінозйомки $V_{\text{част}} = \frac{S}{t}$ кадр/с, то тривалість

фізичної вправи можна вирахувати за формулою: $t = \frac{S}{V}$, де t – час кінозйомки; S – тривалість кінозйомки; V – частота кінозйомки.

Час виконання кожного рухового елемента чи фаз досліджуваної вправи можна визначити при перегляді кіноплівки чи виготовленої кінограми шляхом підрахування інтервалів між відбитками поз спортсмена.

Більш детальна і точна характеристика часової структури можлива після побудови *хронограм фізичної вправи*.

Хронограма показує час виконання рухових фаз у загальній кінематичній структурі біокінематичної системи фізичної вправи. Хронограми бувають лінійними та коловими.

У лінійній хронограмі тривалість фаз визначається відрізками прямої, довжина якої пропорційна кількості кадрів, які належать до даної фази руху.

У коловій хронограмі по окружності відкладають довжину дуг, пропорційну часу. Колові хронограми частіше використовують при зображенні тривалості рухових фаз одного закінченого циклу рухів.

При побудові колової хронограми треба розташувати на окружності визначену кількість відрізків дуги, які відповідають числу кадрів (n) кіноплівки знятої фізичної вправи.

Для цього необхідно попередньо визначити радіус окружності за формулою: $r = \frac{L}{2\pi}$, де L – довжина окружності в см.

Наприклад: цикл рухів досліджуваної вправи розміщений на 20 кадрах кіноплівки. Необхідно, щоб довжина окружності дорівнювала 20 см; радіус її в даному випадку складає: $20 : 2 \times 3,14 = 3,1$ см.

При побудові колової хронограми можна використовувати кутовий масштаб. "Одиничний кут" α , який відповідає часу інтервалу між кадрами, визначається за формулою: кут $\alpha = 360 : n$, де n – тривалість циклу фізичної вправи.

У процесі виготовлення як лінійної, так і колової хронограми необхідно дотримуватись єдиних правил оформлення креслень. На діаграмах номери кадрів, наприклад, зручно відмічати цифрами, площі, які зайняті фазами, треба заштрихувати та позначити тривалість, над діаграмами – назви фаз.

Хронограми фізичних вправ можна порівнювати, знаходити помилки в спортивній техніці, об'єктивно встановлювати зразки найкращого виконання та рекомендувати їх у практику.

ХІД РОБОТИ

1. Переглянути кіноплівку чи кінограму, встановити початок та закінчення фізичної вправи.
2. Визначити окремі фази вправи:
 - а) 5 кадр – початок вправи; 27 – закінчення вправи.
 - б) 5-11 – розбіг;
12-16 – амортизація;
17-21 – відштовхування;
22-24 – фаза польоту;
25-27 – приземлення.
3. Побудувати розрахункову таблицю 1.

Таблиця 1

Визначення часових характеристик фаз рухів

<i>№</i>	<i>Назва фази</i>	<i>№ кадрів</i>	<i>Кількість часових інтервалів</i>	<i>Час виконання</i>
1.	Розбіг			
2.	Амортизація			
3.	Відштовхування			
4.	Фаза польоту			
5.	Приземлення			

4. Проглянути кожен кадр кіноплівки чи кінограми через фотозбільшувач. Послідовно пронумерувати всі кадри кіноплівки в тому порядку, в якому вони зняті. Відмітити, які кадри (під яким номером) якій фазі відповідають й одержані дані занести до таблиці (ст. 3).

5. Визначити кількість часових інтервалів у кожній фазі (ст. 4).

6. Вирахувати тривалість кожної фази з урахуванням частоти кінозйомки (ст. 5). ($T = N / V$, де T – час виконання; N – кількість часових інтервалів; V – частота зйомки).

7. Побудувати діаграму часу рухових фаз досліджуваної фізичної вправи – *хронограму*.

8. Після побудови хронограми оцінити розподіл часу та якість виконання різними спортсменами досліджуваної фізичної вправи.

Контрольні питання

1. Яке значення має дослідження часових характеристик рухів для вивчення спортивної техніки?
2. Що таке хронограма фізичної вправи?
3. Яким чином будують хронограми?
4. Яка послідовність побудови лінійних хронограм, колових?

Література

1. *Біомеханіка спорту / Під ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2005. – С. 156-159.*
2. *Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – С. 152-153.*
3. *Донской Д.Д. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1958. – С. 158-161.*
4. *Лапутин А.Н. Практическая биомеханика. – К.: Науковий світ, 2000. – С. 151-154.*

ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ БІОЛАНОК ЗА БІОКІНЕМАТИЧНОЮ СХЕМОЮ

Мета: навчитись самостійно за БКС визначати швидкості руху точок біоланок тіла спортсмена.

Матеріали та інвентар: БКС фізичної вправи, фотозбільшувачі, лінійка, транспортири, олівці, міліметровий папір.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При вивченні спортивної техніки будь-якої фізичної вправи необхідно знати швидкість рухів не тільки всього тіла спортсмена, але й всіх його значущих біоланок, оскільки це є важливим показником величини м'язового навантаження та визначає характер участі окремих груп м'язів у тих чи інших рухових діях.

Рух біоланок тіла спортсмена при виконанні фізичних вправ може бути рівномірним, нерівномірним та рівноперемінним. Якщо біоланка чи досліджувана її точка за рівні проміжки часу проходить відстань однакової довжини, то рух називається *рівномірним*, і швид-

кість визначають за формулою: $V = \frac{S}{t}$, де V – швидкість, S – відстань, t – час, за який був пройдений шлях.

Швидкість є величиною векторною та характеризується, крім свого числового значення, ще й напрямком.

Рух вважається *перемінним*, якщо швидкість переміщення змінюється протягом певного часу. При цьому розрізняють початкову (V_0), кінцеву (V), миттєву (V_m), а також середню швидкість, яка визна-

чається за формулою: $V_{\text{сер.}} = \frac{S}{t}$, де S – весь шлях руху від початку до його кінця; t – повний час руху.

Миттєва швидкість – швидкість біоланки в даній точці її траєкторії в конкретну миттєвість часу. Фактично це теж середня швидкість руху, але за дуже малий проміжок часу.

Початкова та кінцева швидкості являють собою миттєві швидкості руху біоланки, яка вивчається відповідно в момент початку та закінчення руху.

Рівноперемінним рухом біоланки прийнято вважати таке його переміщення, при якому швидкість за будь-які проміжки часу змінюється на рівну величину. Рівноперемінний рух, у свою чергу, може бути рівноприскореним та рівноуповільненим.

Переміщення біоланки, в якому періодично змінюються біокинематичні характеристики (швидкість) називається *коливальним* рухом.

Якщо на схемі виміряти відстань між першим та третім за порядком положенням точки й поділити на час проходження цієї відстані, то можна отримати миттєву швидкість точки в той момент, коли вона знаходилась у другому положенні. Таким чином, для отримання точних даних шлях руху за схемою вимірюється через одну точку, тобто між 1-ю та 3-ю, 2-ю та 4-ю, 3-ю та 5-ю і т.д.

Після цього відстань між точками, яка виміряна за БКС, помножують на величину, зворотну масштабу схеми (α). Масштаб встановлюється за формулою $M = 1 / L$.

Час проходження вимірюваної ділянки шляху прямо пропорційний кількості інтервалів між точками (β) та зворотно пропорційний

частоті зйомки (γ) $t = \frac{\beta}{\lambda}$.

Якщо об'єкт знімався зі швидкістю 24 кадри в секунду, то на переміщення точки з першого положення в третє пройшло $2/24$ с. Щоб представити швидкість в *см/с*, шлях, отриманий за БКС (в *мм*), поділяють на 10. У результаті основна формула для визначення швидкості руху точки чи біоланки може бути представлена:

$$V_{\text{сеп}} = \Delta S \frac{\alpha \gamma}{10 \beta},$$

де K – коефіцієнт для вирахування швидкості, $K = \alpha \gamma : 10 \beta$;

β – кількість часових інтервалів між положенням точки на схемі (від 1-ї до 3-ї – два інтервали, $\beta = 2$).

ХІД РОБОТИ

1. Розглянути графік траєкторій точок біолонок тіла спортсмена. Перевірити нумерацію.
2. Виготовити таблицю.

Таблиця 1

Вимірювання біокінематичних характеристик фізичної вправи

№ точки	Шлях – відстань між точками, мм	Час, t	Швидкість середньої точки, $V_{сер.}$	Різниця швидкостей, ΔV	Прискорення, a

3. За траєкторіями виміряти відстань між всіма точками, які знаходяться одна від одної на два інтервали. Дані записати в графу таблиці навпроти номера пропущеної точки.

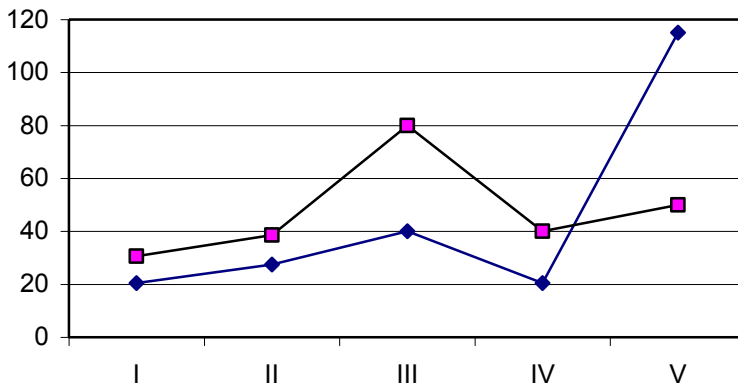


Рис. 1. Графік швидкостей руху біолонок тіла спортсмена

4. Вирахувати коефіцієнт K для вирахування швидкості.
5. Множенням цифрових даних 2-ї графі таблиці на K знайти швидкість точки в кожному середньому проміжному положенні.
6. Результати розрахунків використати для побудови графіка швидкості. По осі y відкладають величини швидкостей точок у послідовних положеннях руху, по осі x – через однакову відстань – номери положень точок.
7. Під графіком для більшої наочності швидкостей точок накреслити побудовану раніше хронограму цієї фізичної вправи.

Контрольні питання

1. Що таке середня, миттєва швидкість?
2. Який рух називається рівноперемінним?
3. Чим характерний коливальний рух?
4. В якій залежності від часу руху досліджуваної точки чи біоланки тіла спортсмена знаходяться частота її кінозйомки та кількість інтервалів між кадрами?
5. Які послідовність та хід роботи з визначення лінійних швидкостей тіла спортсмена?

Література

1. *Біомеханіка спорту / Під ред. А.М.Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2005. – С. 165-170.*
2. *Донской Д.Д. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1958. – С. 168-169.*
3. *Жуков Е.К., Котельникова Е.Г., Семенов Д.А. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1963. – С. 96-97.*
4. *Лапутин А.Н. Практическая биомеханика. – К.: Науковий світ, 2000. – С. 161-165.*

ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ ПРИСКОРЕНЬ ТОЧОК БІОЛАНОК ЗА БІОКІНЕМАТИЧНОЮ СХЕМОЮ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ

Мета: навчитись самостійно визначати прискорення точок біоланок тіла людини.

Матеріали та інвентар: БКС фізичної вправи, лінійка, транспортири, олівці, міліметровий папір.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При нерівномірному та рівноперемінному русі будь-яка зміна швидкості біоланки чи її точки характеризується прискоренням.

Величина, яка чисельно дорівнює зміні швидкості в одиниці часу називається прискоренням рівноперемінного руху. Прискорення такого руху можна виразити формулою:

$$a = \frac{V - V_o}{t}.$$

Прискорення, як і траєкторія, шлях, час, швидкість та інші параметри, є важливою біокінематичною характеристикою досліджуваної фізичної вправи. Однак прискорення пов'язане не тільки з біокінематичними величинами, його показники мають пряме відношення і до біодинаміки рухів людини ($a = F / m$, де F – сила, m – вага тіла).

Якщо врахувати, що при більшості спостережень в біомеханіці вага (тіло людини та його біоланки) постійна, то знання прискорення дозволяє судити про величини зусиль, які прикладає спортсмен, про опорні реакції тощо.

Прискорення визначити порівняно нескладно, якщо відомі швидкості точок, біоланок чи всього тіла. Ці показники були встановлені за БКС у попередній роботі. Саме прискорення можна визначити за формулою:

$a = \frac{\Delta V \gamma}{\beta}$, де ΔV – різниця швидкостей двох положень точки

чи біоланки тіла; γ – частота кінозйомки, за якою була побудована БКС; β – кількість інтервалів між положеннями точки чи біоланки на БКС.

ХІД РОБОТИ

1. За таблицею 1 з попередньої роботи визначити ΔV – різницю швидкостей. Віднімання проводиться через один показник величини. Результат записують з відповідним знаком. Дані занести в графу 5 табл. 1.

2. Прискорення вирахувати поділивши кожен величину в графі 5 (ΔV) на час ($t = \beta : \gamma$). Отримані дані занести в графу 6.

3. За результатами розрахунків побудувати графік прискорень. На осі y відкладають отримані величини прискорень, а на осі x – номери положень кожної точки чи біоланки послідовно в часі. На графіку для більшої наочності накреслити хронограму фізичної вправи.

Контрольні питання

1. Який рух називається перемінним?
2. Що таке прискорення?
3. Який зв'язок прискорення руху біоланок з біодинамічними характеристиками?
4. Як визначити лінійне прискорення точок біоланок?

Література

1. *Біомеханіка спорту / Під ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2004. – С. 165-170.*
2. *Донской Д.Д. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1958. – С. 154-156.*
3. *Жуков Е.К., Котельникова Е.Г., Семенов Д.А. Биомеханика физических упражнений. – М.: Физкультура и спорт, 1963. – С. 96-101.*
4. *Лапутин А.Н. Практическая биомеханика. – К.: Науковий світ, 2000. – С. 161-165.*

БІОМЕХАНІЧНИЙ АНАЛІЗ ФАЗИ ВЗАЄМОДІЇ ПРИ УДАРАХ У СПОРТІ

Мета: засвоїти метод аналізу ударної взаємодії (контакту біоланки з м'ячем).

Матеріали та інвентар: БКС фізичної вправи, лінійка, транспортири, олівці, міліметровий папір.

Завдання роботи:

1. Скласти промір ударної дії за високочастотною кінозйомкою.
2. Визначити за проміром коефіцієнт відновлення для ударної системи та порівняти його з лабораторним.
3. Вирахувати коефіцієнт передачі енергії для реальної ударної системи та порівняти його з подібним показником для механічної системи.
4. Оцінити ефективність ударних дій у фазі контакту.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Результативність більшості спортивних дій залежить від ефективності фази взаємодії спортсмена з середовищем чи з приладом. Багато взаємодій миттєві за часом та супроводжуються проявом значних зусиль, тому їх зручніше розглядати з позицій ударних взаємодій.

Удари в спорті – більш складне явище, ніж співудари абсолютно твердих тіл чи механічних систем. Тіло людини та прилад ліпше розглядати як незамкнену систему з відкритим входом енергії. Тому трактовка удару з позиції ньютонівської теорії буде в даному випадку недостатньо повною. Потрібно внести додаткові енергетичні характеристики ударної дії.

Так, коефіцієнт відновлення – K слід розглядати як відношення імпульса розвантаження – S_2 до імпульсу навантаження – S_1 , при постійності мас тіл, що співударяються.

$$K = \frac{S_2}{S_1} = \frac{u_2 - u_1}{V_2 - V_1},$$

де u – післяударні швидкості тіл;

V – доударні швидкості тіл.

Індексом 1 позначений ударник, тобто рука, нога, ракетка тощо, індексом 2 – тіло, що вдаряють, яким може бути м'яч, шайба, волан тощо.

Таблиця 1

Коефіцієнти відновлення матеріалів

<i>№</i>	<i>Характеристика співударіння</i>	<i>Коефіцієнт відновлення</i>
1.	Слонова кістка по кістці	0,94
2.	Сталь по сталі	0,55
3.	Дерево по гутаперчі	0,26
4.	Футбольний м'яч по полю:	
	сухому	0,5
	мокрому	0,6
	по фіксованій нозі	0,5
5.	Тенісний м'яч:	
	по ракетці зі швидкістю – 30 м/с	0,4
	по ракетці зі швидкістю – 6 м/с	0,7
6.	Волейбольний м'яч по фіксованій руці:	
	в розслабленому стані	0,1
	в напруженому стані	0,2
	по дереву	0,75
	по гравію	0,6
	по траві	0,43
7.	Шарик для настільного тенісу:	
	по дереву	0,6
	по ракетці	0,7

Імпульс навантаження триває від початку удару до моменту, коли сила досягає максимального значення, а імпульс розвантаження – від цього моменту до повного зникнення ударної сили.

Для замкнених механічних систем коефіцієнти відновлення наведено в таблиці 1. Вони залежать від властивостей не тільки матеріалів, які співударяються, але й від розмірів та конфігурації тіл, їх швидкостей і температури, а також від процесу передачі енергії в фазі контакту, тобто від хвильових властивостей системи тіл, які співударяються.

Ефективність спортивних ударів залежить від декількох факторів: жорсткості ударника, величини приєднаної маси, а головним чином – від роботи сил на шляху сумісного переміщення тіл за час контакту.

ХІД РОБОТИ

1. Виконати промір руху в достатньо крупному масштабі.
2. Розрахувати за проміром передударні та післяударні швидкості руху ЦМ тіл.
3. Вирахувати K за формулою та порівняти його з даними таблиці 1, тобто $K_{\text{лаб}}$.
4. Визначити можливу швидкість вильоту м'яча за формулою при $K_{\text{лаб}}$. Знайти виграш у швидкості вильоту м'яча при K та $K_{\text{лаб}}$.
5. Визначити m_1 за формулою.
6. Визначити за формулою η_1 з урахуванням K та K_2 – з урахуванням $K_{\text{лаб}}$.
7. Зробити висновки відносно ефективності ударного руху та механізмів, які його забезпечують.

Контрольні питання

1. Від яких факторів залежить коефіцієнт відновлення?
2. Як розраховується коефіцієнт відновлення?
3. Як змінюється відновлення об'єктів в залежності від матеріалів виготовлення?

Література

1. Біомеханічні основи техніки фізичних вправ / А.М. Лапутін, М.О. Носко, В.О. Кашуба. – К.: Науковий світ, 2001. – 201 с.
2. Біомеханіка спорту / Під ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2005. – 319 с.
3. Лапутин А.Н. Практическая биомеханика. – К.: Науковий світ, 2000. – 298 с.

МЕТОД СЕРЕДНІХ ВЕЛИЧИН

Мета: навчитись будувати ранжируваний та варіаційний ряди, вираховувати основні статистичні характеристики:

M_o – моду;

M_e – медіану;

\bar{x} – середнє арифметичне значення;

σ^2 – дисперсію;

σ – середнє квадратичне відхилення;

V – коефіцієнт варіації;

$S\bar{x}$ – помилку середнього арифметичного.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Статистичні методи обробки результатів вимірів

Предметом математичної статистики є аналіз результатів масових, повторюваних вимірів. Результати таких вимірів завжди більш-менш відрізняються один від одного. Навіть якщо вимірюється той же самий об'єкт у незмінних умовах, не можна одержати однакових даних. Через численні причини, що не піддаються контролю і варіюють від одного виміру до іншого, результати вимірів завжди мають випадкове розсіювання. Аналогічне розсіювання буває при однотипних вимірах у групі однорідних об'єктів (вимірювання висоти стрибка в школярів одного класу). Хоча результат кожного окремого виміру при випадковому розсіюванні заздалегідь передбачити не можна, це не означає, що ми маємо справу з повним хаосом. Масові виміри однорідних об'єктів, що володіють якісною спільністю, виявляють певні закономірності. Математична статистика створює методи виявлення цих закономірностей. Виділяють три основних етапи статистичних досліджень.

I. *Статистичне спостереження*, що являє собою планомірний, науково обґрунтований збір даних, які характеризують досліджуваний об'єкт. Воно повинне задовольняти наступним вимогам:

а) об'єкти спостереження (в окремому випадку випробувані) повинні бути однаковими (однорідними) з погляду їхніх властивостей (кваліфікація, спеціалізація, вік, стаж занять тощо);

б) число об'єктів спостереження повинне бути достатнім, щоб можна було виявити закономірності й узагальнити їх властивості.

II. *Статистичне зведення і групування*. Вони є важливою підготовчою частиною до статистичного аналізу даних. Цей етап передбачає:

- а) систематизацію (групування) даних;
- б) оформлення певних статистичних таблиць.

III. *Аналіз статистичного матеріалу*. Це завершальний етап статистичного підходу. Його здійснюють з використанням відповідних математико-статистичних методів.

Одномірні ряди результатів вимірів. Складання рядів розподілу

У процесі спостереження чи виміру будь-якого показника одержують ряд чисел. Чисельні результати поділяють на дискретні (від англ. discrete – перериваний) і безупинні. До дискретних належать число підтягувань на поперечині, число спроб тощо, тобто результати, що виражаються цілим числом; до безупинних – час проходження дистанції, час реакції, швидкість руху тощо, тобто результати, що можуть виражатися дробовим числом, зокрема нескінченним дробом.

Будемо вважати, що x_1 – результат виміру досліджуваного показника в 1-го спортсмена, x_2 – у 2-го спортсмена тощо. Усього спортсменів – n . Такий ряд результатів вимірів, представлений випадковими числами, називається *вибіркою* чи *вибірковою сукупністю*.

Сукупність усіх значень, які можна було б одержати для досліджуваної вибірки, називається *генеральною сукупністю*. Наприклад, довжина тіла студентів одного інституту фізичної культури – вибіркова сукупність, а довжина тіла студентів усіх інститутів фізичної культури – генеральна; у той же час довжина тіла студентів – вибірка стосовно генеральної сукупності – усіх студентів земної кулі.

Генеральну сукупність умовно можна представити так: це всі об'єкти спостереження (спортсмени, наприклад), які мають ті ж властивості, що й об'єкти вибірки. Однією з основних характеристик вибірки є її об'єм – n , що визначається числом об'єктів спостереження (наприклад спортсменів) у даному дослідженні.

Як здійснюється упорядкування й аналіз вибірки?

Ранжируванням називають розміщення результатів вимірів у порядку збільшення чи зменшення.

Вибірки великого обсягу розбивають на *інтервали*. У найпростішому випадку їх може бути два. Наприклад, коли необхідно відібрати гірших і кращих спортсменів. Однак для одержання досить точних результатів число інтервалів (його позначають буквою k) повинне бути більше.

Варіанта – числа, які являють собою результати вибірки.

Частота – повторюваність значень вибірки в кожному інтервалі. Вона визначається числом результатів вимірів, які попали в даний інтервал. Сума всіх частот інтервалів завжди дорівнює об'єму вибірки.

Частіть – відносна частота, тобто відношення частоти до загального числа спостережень (може виражатися у %).

Накопичена частіть – число варіант із значенням меншим або яке дорівнює даній варіанті.

ХІД РОБОТИ

1. Заносимо показники вимірювань (наприклад, значення вагових показників певної групи досліджуваних):

$x_1 = 70;$	$x_{11} = 72;$	$x_{21} = 84;$
$x_2 = 74;$	$x_{12} = 61;$	$x_{22} = 77;$
$x_3 = 87;$	$x_{13} = 77;$	$x_{23} = 74;$
$x_4 = 77;$	$x_{14} = 90;$	$x_{24} = 66;$
$x_5 = 82;$	$x_{15} = 69;$	$x_{25} = 82;$
$x_6 = 84;$	$x_{16} = 80;$	$x_{26} = 78;$
$x_7 = 63;$	$x_{17} = 78;$	$x_{27} = 82;$
$x_8 = 78;$	$x_{18} = 72;$	$x_{28} = 77;$
$x_9 = 77;$	$x_{19} = 70;$	$x_{29} = 70;$
$x_{10} = 69;$	$x_{20} = 68;$	$x_{30} = 75.$

2. Виконуємо ранжирування і будуємо таблицю 1.

Ранжирувані значення показника (ранжируваний ряд):

3. Знаходимо моду (M_o) і медіану (Me).

Мода – результат вибірки чи сукупності, який найбільш часто зустрічається в цій вибірці ($M_o -$).

Медіана – результат вимірювання, який знаходиться в середині ранжируваного ряду ($M_e -$).

4. Будуємо таблицю 2.

Таблиця 1

$\begin{matrix} № \\ з/n \end{matrix}$	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1			
2			
3			
4			
5			
...			
Σ			

5. Вираховуємо основні статистичні показники:

\bar{x} – середнє арифметичне:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} ;$$

σ^2 – дисперсію (вказує на розсіювання варіантів біля середнього арифметичного):

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} ;$$

σ – середнє квадратичне відхилення (вказує на розсіювання варіантів біля середнього арифметичного у квадраті). Для $\sigma \leq 30, n-1$.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}};$$

V – коефіцієнт варіації (показує, яку частину складає середнє квадратичне відхилення – фактор розсіювання – від середнього арифметичного); у спортивній практиці коливання результатів вимірювань в залежності від величини коефіцієнта варіації вважають невеликою (0-10 %), середньою (11-20 %) та великою ($V > 20\%$):

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\%;$$

$S\bar{x}$ – помилка середнього арифметичного:

$$S\bar{x} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

6. Будуємо таблицю 2.

Таблиця 2

<i>№ інтервалу</i>	<i>Межі інтервалу</i>	<i>Частота</i>	<i>Накопичена частота</i>
1			
2			
3			
4			
5			

3. Будуємо графік розподілу значень показника.

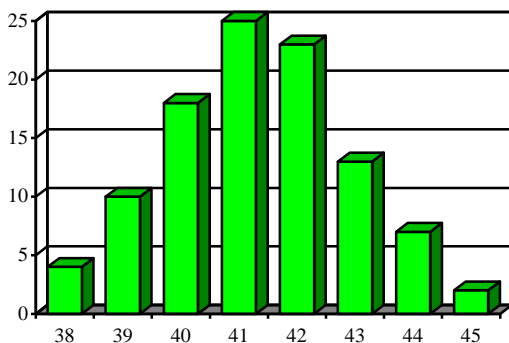


Рис. 1. Гістограма розподілу

Робимо висновки за графіком про однорідність вибірки за заданим показником, враховуючи наступні моменти:

– якщо гістограма за своїм виглядом наближується до графіка нормального розподілу величин, то група, можливо, однорідна;

– якщо графіки низькі та розтягнуті, то група, можливо, однорідна, але не компактна;

– якщо графіки мають 2 та більше вершин, то група неоднорідна за даною ознакою, її необхідно поділити на підгрупи, щоб з кожною з підгруп проводити заняття за індивідуальним планом.

6. Висновок.

Література

1. Носко М.О. *Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті: навчальний посібник для студентів спеціальності «Фізичне виховання»* / Носко М.О., Гаркуша С.В., Бріжата І.А. – К.: «МП Леся», 2012. – 265 с.
2. Иванов В.С. *Основы математической статистики*. – М.: ФиС, 1990. – С. 22-30.
3. *Спортивная метрология* / Под ред. В.М. Зацюрского. – М.: ФиС, 1982. – С. 18-31.

МЕТОД КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Мета: навчитись визначати наявність, форму та ступінь взаємозв'язку між показниками при лінійній залежності.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1. Функціональна й кореляційна залежності

У природі багато явищ і процесів взаємопов'язані між собою. У фізичній культурі й спорті, у спортивній команді та в організмі спортсмена теж існує багато взаємозв'язків між різними показниками. Наприклад, з підвищенням кількості людей, які займаються в будь-якому виді спорту підвищуються результати в цьому виді; ускладнення у взаєминах між гравцями однієї команди погіршує її результативність; з підвищенням інтенсивності навантаження у спортсмена підвищується пульс, збільшується швидкість кровотоку в працюючих м'язах, зменшуються в них енергетичні ресурси; регулярність тренувань, оптимально підібрані навантаження за їх видом, об'ємом й інтенсивністю поліпшують результати спортсмена тощо.

Вплив одних показників на інші може бути позитивним і негативним. Фахівець повинен добре розбиратися в таких взаємозв'язках у своїй галузі, усувати або зменшувати негативний вплив і вміти вчасно та в достатній мірі використовувати корисні взаємозв'язки.

Деякі методи математичної статистики можуть допомогти будь-якому фахівцеві виявити взаємозв'язки, розкрити їх особливості. Одним з таких методів є метод *кореляційного аналізу*. Він спрямований на те, щоб на основі статистичного матеріалу виявити факт впливу однієї ознаки на іншу, установити користь або шкоду цього впливу й оцінити впевненість в отриманих висновках. При цьому розрізняють два види залежності – *функціональну й статистичну* (кореляційну).

Поняття функціональної залежності

Будемо вважати, що між двома показниками X й Y існує функціональна залежність (взаємозв'язок), при якій кожному значенню одного з них відповідає одне строго визначене значення іншого.

Поняття кореляційної залежності і її спрямованості

Будемо вважати, що між двома показниками X і Y існує кореляційна залежність (взаємозв'язок), при якій зі зміною одного показника змінюється й інший, але кожному значенню показника X можуть відповідати різні, заздалегідь непередбачені значення показника Y , і навпаки.

Для виявлення спрямованості впливу одного показника на інший введено поняття позитивного й негативного зв'язку.

Якщо зі збільшенням (зменшенням) одного показника збільшуються (зменшуються) значення іншого, то такий кореляційний зв'язок називається прямий або позитивний.

Якщо зі збільшенням (зменшенням) одного показника зменшуються (збільшуються) значення іншого, то такий кореляційний зв'язок називається зворотним або негативним.

2. Кореляційні поля і їх використання в попередньому аналізі кореляційного зв'язку

При постановці питання про кореляційну залежність між двома статистичними ознаками X і Y проводять експеримент із паралельною реєстрацією їх значень.

Приклад 1: визначити, чи залежить результат стрибка в довжину з розбігу (показник X) від величини кінцевої швидкості розбігу (показник Y). Для відповіді на це питання паралельно з реєстрацією результату X кожного стрибка спортсмена або групи спортсменів реєструють і величину кінцевої швидкості розбігу Y . Припустимо, вони такі:

Таблиця 1

Показники кінцевої швидкості розбігу та довжини стрибка

Показник	1	2	3	4	5	6	7	8
x (см)	890	820	825	790	795	802	702	730
y (м/с)	10,7	10,5	10,1	9,8	10,1	10,5	9,1	9,6

Представимо таблицю 1 у вигляді графіка в прямокутній системі координат, де на горизонтальній осі будемо відкладати довжину стрибка (X), а на вертикальній – величину кінцевої швидкості розбігу в цьому стрибку (Y).

Побудувати графік кореляційного поля.

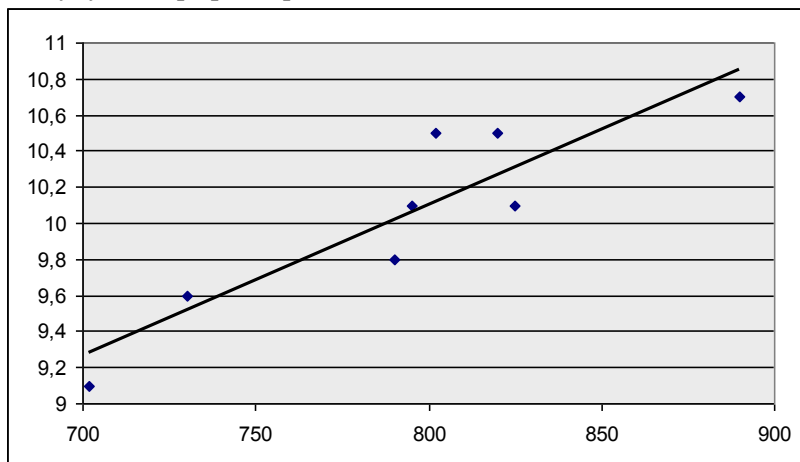


Рис. 1. Графік кореляційного поля

Будемо називати *кореляційним полем* зону розкиду отриманих точок на графіку. Візуально аналізуючи кореляційне поле на рис. 1, можна помітити, що воно немовби витягнуте вздовж уявної прямої лінії. Така картина характерна для так званого *лінійного* кореляційного взаємозв'язку між показниками. При цьому можна припустити, що зі збільшенням кінцевої швидкості розбігу збільшується й довжина стрибка, і навпаки. Тобто, між розглянутими показниками спостерігається *прямий (позитивний)* взаємозв'язок.

Крім цього, за кореляційним полем можна приблизно судити про *тісноту (щільність)* кореляційного зв'язку, якщо цей зв'язок існує. Тут говорять: чим менше точки розкидані біля уявної усередненої лінії, тим тісніше кореляційний зв'язок між розглянутими показниками.

Візуальний аналіз кореляційних полів допомагає розібратися в сутності кореляційного взаємозв'язку, дозволяє висловити припущення про *наявність, спрямованість і тісноту зв'язку*. Але точно сказати, є зв'язок між ознаками чи ні, лінійний зв'язок або криволінійний, тісний зв'язок (достовірний) або слабкий (недостовірний), за допомогою цього методу не можна. Найбільш точним методом виявлення й оцінки лінійного взаємозв'язку між показниками є метод визначення різних *кореляційних показників* за статистичним даними.

3. Коефіцієнти кореляції і їх властивості

Часто для визначення вірогідності взаємозв'язку між двома ознаками (X, Y) використовують *параметричний коефіцієнт кореляції Пірсона* (або *непараметричний (ранговий) коефіцієнт кореляції Спірмена*). Величина показника кореляційного зв'язку визначається за наступною формулою:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n\sigma_x\sigma_y},$$

де: x – статистичні дані показника x ,
 y – статистичні дані показника y .

Коефіцієнт має такі потужні *ознаки*:

1. На підставі коефіцієнтів кореляції можна судити тільки про прямолінійний кореляційний взаємозв'язок між показниками. Про криволінійний зв'язок з їх допомогою нічого сказати не можна.

2. Значення коефіцієнтів кореляції є безрозмірна величина, що не може бути менше -1 і більше +1, тобто $-1 \leq r \leq +1$.

3. Якщо значення коефіцієнтів кореляції дорівнюють нулю, тобто $r_{xy} = 0$, то зв'язок між показниками *відсутній*.

4. Якщо значення коефіцієнтів кореляції негативні, тобто $r_{xy} < 0$, то зв'язок між показниками X і Y *зворотний*.

5. Якщо значення коефіцієнтів кореляції позитивні, тобто $r_{xy} > 0$, то зв'язок між показниками X і Y *прямий* (позитивний).

6. Якщо коефіцієнти кореляції приймають значення +1 або -1, тобто $r_{xy} = \pm 1$, то зв'язок між ознаками X і Y *лінійний (функціональний)*.

Крім перерахованих загальних властивостей, у коефіцієнтів кореляції є й різниця. Головна відмінність полягає в тому, що коефіцієнт Пірсона r_{xy} може бути використаний тільки у випадку нормальності розподілу ознак X і Y, а коефіцієнт Спірмена – для ознак з будь-яким видом розподілу.

Якщо розглянуті ознаки мають нормальний розподіл, то доцільніше визначати наявність кореляційного зв'язку за допомогою коефіцієнта Пірсона, тому що в цьому випадку він буде мати меншу погрішність, ніж коефіцієнт Спірмена.

ХІД РОБОТИ

1. Будуємо таблицю, куди заносимо значення показників x та y .
Показники x :
Показники y :
2. Вираховуємо суму та середнє арифметичне значення показників x та y .
3. Вираховуємо $(x - \bar{x})$, $(y - \bar{y})$.
4. Здійснюємо розрахунки $(x - \bar{x})(y - \bar{y})$ та знаходимо суму 6 ст.
5. Підносимо до квадрату $(x - \bar{x})^2$ і $(y - \bar{y})^2$ та підраховуємо Σ ст. 7, 8.

Таблиця 2

№ з/п	x	y	x - \bar{x}	y - \bar{y}	(x - \bar{x}) (y - \bar{y})	(x - \bar{x}) ²	(y - \bar{y}) ²
1							
2							
3							
...							
Σ							
Сер.							

6. Вираховуємо середнє квадратичне відхилення (σ).

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n}}$$

7. Вирахувати коефіцієнт кореляції Пірсона (r_{xy}):

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n\sigma_x\sigma_y}$$

8. Висновок.

Література

1. Носко М.О. *Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті: навчальний посібник для студентів спеціальності «Фізичне виховання»* / Носко М.О., Гаркуша С.В., Бріжата І.А. – К.: «МП Леся», 2012. – 265 с.
2. Иванов В.С. *Основы математической статистики*. – М.: ФиС, 1990. – С. 22-30.
3. Начинская С.В. *Основы математической статистики*. – К.: Вища школа, 1987. – 190 с.
4. *Спортивная метрология* / Под ред. В.М.Зациорского. – М.: ФиС, 1982. – 256 с.

ВИМІРЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІЛА СПОРТСМЕНА З ОПОРОЮ МЕТОДОМ ТЕНЗОДИНАМОМЕТРІЇ

Мета: ознайомитись з методикою вимірювання реакції спортсмена з опорою при виконанні фізичних вправ в різних видах спорту.

Завдання:

1. Ознайомитись зі складом електротензодинамометричного комплексу.
2. Здобути навички техніки проведення вимірювань та реєстрації опорних характеристик.

Прилади та інвентар:

1. Електротензодинамометричний комплекс “Модуль”, який складається з тензодинамометричної платформи ПД-3А та блоку вторинних перетворювачів БВП-2.
2. Комп’ютер.
3. Спеціальне програмне забезпечення.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Метод електротензодинамографії (від лат. tensor – напружую, розтягую) дозволяє реєструвати та вимірювати зусилля, які розвиває людина під час взаємодії з опорою та іншими об’єктами навколишнього середовища, які мають певну масу.

Усі тіла під дією прикладених до них сил деформуються, а величина деформації кожного такого пружного тіла пропорційна прикладеному зусиллю. Внаслідок виконання руху людина здійснює механічний вплив на ту поверхню опори, відносно якої вона переміщується, наприклад бігові доріжки та різні спортивні снаряди, які під час цієї взаємодії деформуються. Щоб виміряти величини зусиль, що розвиває людина, застосовують спеціальні тензодатчики, які перетворюють величини механічної деформації на електричний сигнал. В основі роботи кожного такого тензодатчика лежить явище

тензоефекту – властивість деяких матеріалів змінювати електричний опір під впливом деформації. Такий датчик – електричний провідник – наклеюється на пружний силовимірювальний елемент, що сприймає зусилля. При деформації пружного силовимірювального елемента відбувається деформація і наклеєного на нього тензодатчика, внаслідок цього на якусь величину і змінюється електричний опір тензодатчика.

Тензодинамометрична апаратура застосовується для визначення силових характеристик рухів і вивчення на їх основі динамічної структури рухових дій та ефективність рухів у цілому. При цьому залежно від завдань розрізняють універсальні та окремі методики електротензодинамографії (ЕТДГ).

Універсальні методики ЕТДГ. В теперішній час найпоширенішими є *тензодинамометричні платформи*. Найбільш відомі з них – *електротензодинамометричний комплекс “Модуль”* площею 0,56 м² виробництва ВІСТІ (Росія) та тензоплатформа фірми KISTLER (Німеччина), що має площу 0,48 м². Такі платформи можуть розташовуватися на доріжках стадіонів, під важкоатлетичними помостами, у місцях відштовхування людини від опори при виконанні різних рухових дій. За допомогою динамографічних платформ, наприклад, вимірюються біомеханічні параметри опорних взаємодій людини у процесі ходьби, бігу, стрибків у довжину та висоту, стрибків на лижах з трампліна, стрибків у воду, а також у гімнастиці, акробатиці.

Доцільним є одночасне використання разом з динамографічною платформою інших методів реєстрації, наприклад вимірювання кінематичних характеристик рухів методами гоніометрії, телекіноциклографії та відео аналізу.

Приватні методики ЕТДГ. Для різноманітних рухів людини передбачається використовувати різні вимірювальні пристрої для запису зусиль, що розвиваються при взаємодії його тіла з опорою. Основною умовою при проектуванні силовимірювальних пристроїв є чітке передавання усього зусилля на балку, до котрої приклеєні тензодатчики. Наприклад, для таких видів спорту, як велосипедний, ковзанярський, силовимірювачі встановлюються на педалі велосипеда, під усю підошву черевика. Для вимірювання взаємодії у плаванні можна сконструювати рукавички з тонким силовимірювачем на долоні й за допомогою такого пристрою фіксувати силу, частоту та інтенсивність гребка. У веслуванні датчики найчастіше наклеюють на весло. Для вивчення ударів у видах спорту, наприклад, таких, як теніс, датчики можна

наклеювати на ракетку (у шийці). Те саме можна робити і у стрибках у воду, наклеюючи датчики на дошку перед середньою опорою. У гімнастиці датчики наклеюють також на кільця, бруси, перекладину, опорний місток. У важкій атлетиці датчик краще розташовувати безпосередньо на штанзі. Тензодатчики укріплюють у підметку бігового взуття легкоатлетів або розташовують їх на біговій доріжці, у стартових колодках. Часто чутливий тензоелемент роблять зйомним, що дає змогу використовувати його на різних спортивних снарядах. Інформативність отриманих результатів набагато зростає у разі синхронного запису тензодинамограми, гоніограми та кіно- і відеозйомки досліджуваного руху.

Конструкція універсального електротензометричного комплексу.

До електротензодинамометричного комплексу входять: тензоплатформа ПД-ЗА; блок вторинного перетворення БВП-2; універсальна плата перетворення електричних сигналів; комп'ютер з програмним забезпеченням; принтер.

Тензодинамограма – крива зміни силових параметрів опорних характеристик рухів.

ХІД РОБОТИ

1. Ознайомитись з інструкцією користувача.
2. Включити автоматизований тензодинамометричний комплекс.
3. Провести перевірку показників комплексу за віссю Z.
4. Виконати реєстрацію данамограми стрибка вгору поштовхом двома ногами на максимальну висоту. Зафіксувати тензодинамометричні показники.
6. Виконати дослідження в реальному масштабі часу біомеханічних характеристик опорних реакцій окремих спортсменів при виконанні різних вправ (старт легкоатлета, нападаючий удар та блокування волейболіста, кидок м'яча у баскетболі, удар м'яча у футболі, штохвання ядра, метання снарядів).
7. Виконати роздрукування індивідуальних тензодинамограм.
8. Виконати порівняння тензодинамограм різних спортсменів.

ВИМІРЮВАННЯ УМОВ РІВНОВАГИ ТІЛА СПОРТСМЕНА МЕТОДОМ СТАБІЛОГРАФІЇ

Мета: ознайомитись з методикою вимірювання здібності до збереження рівноваги спортсменами в різних положеннях.

Завдання:

1. Ознайомитись зі складом стабілографічного комплексу.
2. Здобути навички техніки проведення вимірювань та реєстрації стабілографічних характеристик.

Прилади та інвентар:

1. Стабілографічний комплекс “Модуль”, який складається з тензодинамометричної платформи ПД-3А та блоку вторинних перетворювачів БВП-2.
2. Комп’ютер.
3. Спеціальне програмне забезпечення.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Трудова та спортивна рухова діяльність у багатьох випадках вимагає від людини здатності досить економічно й з високим робочим ефектом утримувати певні робочі пози, видозмінювати їх, зберігаючи рівновагу свого тіла в просторі. Біомеханічні раціональні рухи та пози часто визначають кінцевий результат тієї чи іншої діяльності людини. Ще в минулому столітті угорський лікар Ромберг ввів у клінічну практику спостереження за вертикальним положенням тіла та розробив методики оцінки ступеня коливання тіла й тремору кінцівок. Їм було доведено, що оцінка вертикального положення тіла є важливим індикатором функціонального стану організму людини, її здоров’я.

У практиці спорту часто зустрічаються різні статичні положення та пози. До таких статичних положень належать різні стійки, виси, упори в спортивній гімнастиці, стартові положення в легкій атлетиці, плаванні та інших видах спорту, пози важкоатлетів, стрільців тощо. Роль цих положень та поз як елементів спортивної техніки може бути

зовсім різною, якщо розглядати їх основні три фази – початкову, проміжну та кінцеву. Залежно від того, до якої з цих фаз належить досліджувана статична поза, можна конкретно оцінити її роль в ефективному розв'язанні рухового завдання. Про значну роль статичних положень та поз у спорті свідчить і той факт, що в змаганнях за суддівськими правилами регламентується фіксація статичних поз.

Процес збереження положення та пози тіла – це складний процес управління та регуляції. Для оцінки умов рівноваги тіла людини нині досить широко застосовується методика *стабілографії*. Останнім часом ця методика, окрім дослідження власне біомеханічних основ стійкості, застосовується також для вивчення функціонального стану організму людини, стерпності до навантажень статичного та динамічного характеру, оцінки координаційних можливостей людини. За всієї складності електронного комплексу апаратури, що використовується в методиці стабілографії, людина за час вимірювань не обтяжується прикріпленням датчиків до біоланок її тіла: їй лише необхідно стати на стабілографічну платформу та виконати відповідний контрольний тест.

Методика, що забезпечує можливість кількісного та якісного аналізу стійкості стояння називається *стабілографією*. Крива зміни координат ЗЦМ тіла при збереженні стійкості стояння називається *стабілограмою*.

Основними кількісними критеріями статичних поз є показники амплітудних, частотних коливань в сагітальній і фронтальній площинах.

Оптимальними взаємозв'язками структурних елементів є: довгий час фіксації поз та положень тіла, оптимальні амплітуда, частота і період коливань, малий час стабілізації стійкості, сформований темпоритм у динамічних рівновагах. Співвідношення двох провідних компонентів СДС – амплітуди і чистоти коливань тіла – має свої специфічні особливості для різноманітних спортивних спеціалізацій та спортсменів різної спортивної кваліфікації.

За підсумками стабілографічних досліджень роблять індивідуальні висновки про рівень та динаміку СДС в структурі функціональної і технічної підготовленості спортсменів.

ХІД РОБОТИ

1. Включити автоматизований тензодинамометричний комплекс.
2. Провести перевірку показників комплексу за віссю X та Y.
3. Виконати реєстрацію стабілограми в стандартному тесті на стійкість (проба Ромберга).

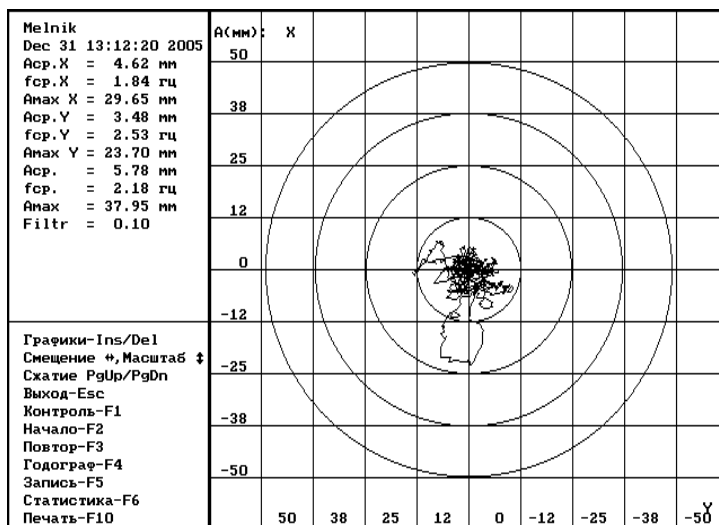


Рис. 2. Приклад стабілограми проби Ромберга

4. Виконати роздрукування індивідуальних стабілограм.
5. Виконати порівняння стабілограм різних спортсменів.
6. Здійснити математичну обробку результатів стабілограм навчальної групи методом середніх величин.
7. Висновок з результатів виконання лабораторної роботи.

Література

1. *Біомеханіка спорту / Під заг. ред. А.М. Лапуніна. – К.: Олімпійська література, 2005. – 319 с.*
2. *Носко М.О. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті: навчальний посібник для студентів спеціальності «Фізичне виховання» / Носко М.О., Гаркуша С.В., Бріжата І.А. – К.: «МП Леся», 2012. – 265 с.*
3. *Лапунин А.Н. Практическая биомеханика. – К.: Науковий світ, 2000. – 298 с.*

ДОДАТКИ

Таблиця 1

ОСНОВНІ ОДИНИЦІ СІ			
Величина	Одиниця	Позначення	
	найменування	російське	міжнародне
Довжина	метр	м	m
Маса	кілограм	кг	kg
Час	секунда	с	s
Сила електричного струму	ампер	А	A
Термодинамічна температура	кельвін	К	K
Сила світла	кандела	кд	cd
Кількість речовини	моль	моль	mol
ДОДАТКОВІ ОДИНИЦІ СІ			
Величина	Одиниця	Позначення	
	найменування	російське	міжнародне
Плоский кут	радіан	рад	rad
Тілесний кут	стерадіан	ср	sr

Таблиця 2

ПОХІДНІ ОДИНИЦІ СІ, ЯКІ МАЮТЬ ВЛАСНІ НАЗВИ				
Величина	Одиниця		Вираження похідної одиниці	
	Найменування	Позначення	через одиниці СІ	через основні і додаткові одиниці СІ
Частота	герц	Гц	–	с^{-1}
Сила	ньютон	Н	–	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Тиск	паскаль	Па	$\text{Н}/\text{м}^2$	$\text{м}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Енергія, робота, кількість теплоти	джоуль	Дж	$\text{Н} \cdot \text{м}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Потужність, потік енергії	ват	Вт	Дж/с	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
К-ть електрики, електричний заряд	кулон	Кл	$\text{А} \cdot \text{с}$	$\text{с} \cdot \text{А}$
Електрична напруга, електричний потенціал	вольт	В	Вт/А	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$
Електрична ємність	фарада	Ф	Кл/В	$\text{м}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{А}^2$
Електричний опір	ом	Ом	В/А	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$
Електрична провідність	сіменс	См	А/В	$\text{м}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^3 \cdot \text{А}^2$
Потік магнітної індукції	вебер	Вб	$\text{В} \cdot \text{с}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Магнітна індукція	тесла	Т, Тл	$\text{Вб}/\text{м}^2$	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Індуктивність	генрі	Г, Гн	Вб/А	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$
Світловий потік	люмен	лм		$\text{кд} \cdot \text{ср}$
Освітленість	люкс	лк		$\text{м}^2 \cdot \text{кд} \cdot \text{ср}$
Активність радіоактивного джерела	бекерель	Бк	с^{-1}	с^{-1}
Поглинена доза випр.	грей	Гр	Дж/кг	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$

ЛІТЕРАТУРА

1. Лапутін А.М., Носко М.О., Кашуба В.О. Біомеханічні основи техніки фізичних вправ. *Підручник*. К.: Наук. світ, 2001. 201 с.
2. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика. *Підручник*. М.: ФиС, 1979. 264 с.
3. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. *Підручник*. М.: Физкультура и спорт, 1971. 288 с.
4. Носко М.О., Гаркуша С.В. Біомеханіка фізичного виховання та спорту. *Лабораторний практикум*. Чернігів, 2015. 44 с.
5. Лапутин А.Н., Кашуба В.А. Формирование массы и динамика гравитационных взаимодействий тела человека. К.: Знання, 1999. 202 с.
6. Лапутин А.Н. Практическая биомеханика. *Підручник*. К.: Науковий світ, 2000. 298 с.
7. Носко М.О., Брижаний О.В., Гаркуша С.В., Брижата І.А. Біомеханіка фізичного виховання і спорту: *навчальний посібник для студентів спеціальності «Фізичне виховання»*. К.: «МП Леся», 2012. 287 с.
8. Практическая биомеханика. Под общей редакцией А.Н.Лапутина К.: Знання, 1999. 250 с.
9. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений. М.: Просвещение, 1989. 210 с.
10. Энока Р.М. Основы кинезиологии. К.: Олимпийская литература, 1998. 408 с.

Навчально-методичне видання

БІОМЕХАНІКА РУХОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Навчально-методичні матеріали до практичних занять

Технічний редактор

О. Клімова

Комп'ютерна верстка та макетування

О. Клімова

*Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
серія КВ № 23743-13583 ПР від 06.02.2019 р.*

Підписано до друку 02.04.2019 р. Формат 60 x 90 1/16.

Папір офсетний. Друк на різнографі.

Ум. друк. арк. 3,72. Обл.-вид. 1,96.

Наклад 100 прим. Зам. № 875.

Редакційно-видавничий відділ НУЧК імені Т.Г. Шевченка.

14013, вул. Гетьмана Полуботка, 53, к. 208.

Тел. 65-17-99, nuchk.tipograf@gmail.com