Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Біомедична механіка» для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 163 – Біомедична інженерія

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Розроблено в рамках проекту “Erasmus+ (CBHE) BioArt “Інноваційна мультидисциплінарна освітня програма зі штучних імплантів для біоінженерії для бакалаврів та магістрів”

Developed in the frame of project “Erasmus+ (CBHE) BioArt“Innovative Multidisciplinary Curriculum in Artificial Implants for Bio-Engineering BSc / MSc Degrees” (586114-EPP- 1-2017- 1-ES- EPPKA2-CBHE-JP).

Вінниця
ВНТУ
2020

Рекомендовано - кафедрою біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол засідання кафедри БМІ № 2 від 10.09.2019 р., оновлено, розглянуто зі змінами на засіданні кафедри БМІ № 2 від 09.09.2020 р)

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Біомедична механіка» для студентів спеціальності 163 - Біомедична інженерія освітня програма Біомедична інженерія / Уклад. Д.Х. Штофель. – Вінниця: ВНТУ, 2020.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт призначений для студентів, які навчаються за рівнем бакалавра зі спеціальності 163 - Біомедична інженерія, освітня програма - Біомедична інженерія.

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 визначати 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 козєлка вуха - 1,5 см вперед від зовнішнього слухового проходу; фас – надпереніссся, 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 виміряти 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 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:

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.

6). 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 тулуби 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 (Р,%) за даними 6 графи 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 Х та У).

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

8) Визначити моменти сил кожної ланки відносно осей Х та У (заповнити 9 та 10 графи таблиці - Рх; Ру) за формулою: M = F x 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 (Р,%), а за плече (L) – відповідну координату даної ланки (Рх ; Ру).

Р ланки % х Х = Рх (М Рх) Р ланки % х У = Ру (М Ру)

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

(Рх голови + Рх тулуба + ... + Рх стопи = $\sum$ Рх (1 – 14) - сума всіх моментів сил відносно осі Х (Ру голови + Ру тулуба + ... + Ру стопи = $\sum$ Ру (1 – 14) – сума всіх моментів сил відносно осі У

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

У результаті одержимо 2 координати (Х та У) 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 %	Х	У	Рх	Ру
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 фотограмі

Лабораторна робота № 4

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

Мета: навчитися за фотограмою 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 фотограмою.

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 x 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	Рх	Ру
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	IУ	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: I фаза II фаза III фаза IУ фаза

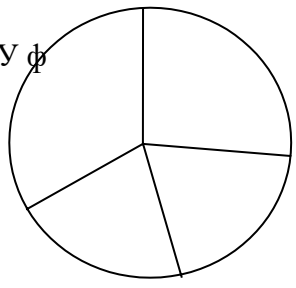
2). Побудова колової діаграми: наприклад, за таблицею спочатку провести розрахунки, скільки градусів відповідає 1 секунді кінограми:

Розрахунок для першого спортсмена

360º : 3,71 = 90,9 º

I фаза = 90,9 º x 1,04 = 94,5 º II фаза = 90,9 º x 0,75 = 68,2 º III фаза = 90,9 º x 0,75 = 68,2 º

IУ фаза = 90,9 º x 1,17 = 106,4 º



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 фотограмах 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:

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

$$\mathbf{V} = \frac{(\mathbf{S1}+S2)}{\mathbf{t}} = \frac{(\mathbf{S1}+\mathbf{S2})\times\gamma}{\beta} \times \propto;$$

тоді коефіцієнт дорівнює:

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

де:

β - кількість часових інтервалів, **β** = 2

γ - швидкість кінозйомки; **γ** = 60 кадрів в секунду

α - масштаб, **α** = 10

Також потрібно перевести міліметри в метри, тоді **k** = 300 : 1000 = **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 Х нанести номер точки на траєкторії, а на осі У – 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:

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

β - кількість часових інтервалів, **β = 2**

γ - швидкість кінозйомки; **γ** = 60 кадрів в секунду, тоді

$$\mathbf{a} = \frac{\Delta \mathbf{v} \times \boldsymbol{\gamma}}{\boldsymbol{\beta}}; \qquad \mathbf{a} = \Delta \mathbf{v} \times \mathbf{30} \;;$$

Одержані дані занести в 5 графу таблиці.

9. За результатами 5 графи накреслити графіки прискорень. Для цього на осі Х нанести номер точки на траєкторії, а на осі У 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)	
1	2			3		4		5	
		ЗЦВТ	ЦВ ланки	ЗЦВТ	ЦВ ланки	ЗЦВТ	ЦВ ланки	ЗЦВТ	ЦВ ланки
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 радіан = 57,3 °).

Тоді, 1° дорівнює 0,0175 радіан, так як 1 : 57,3° = 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:

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

ω - кутова швидкість

φ - кут повороту

β - кількість часових інтервалів, **β** = 2

γ - швидкість кінозйомки; **γ** = 24 кадри в секунду тоді коефіцієнт дорівнює:

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

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 21точку (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.
   є) 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 графи 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:

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

$\Delta\omega$ - різниця кутової швидкості

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

γ - швидкість кінозйомки; $\gamma = 24$ кадри в секунду Тоді $\varepsilon = \Delta\omega \times 12$

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 21точку (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 внутри кола, а позитивні - назовні кола відносно нульової відмітки.

є) 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 биокінематичних пар і ланцюгів.
2. Способи реєстрації рухів у біомеханіці.
3. Складання хронограм за матеріалами кінозйомки фізичних вправ.

Варіант 7.

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

Варіант 8.

1. Режими, 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.:3доров'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.:3доров'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 ультуры. - 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.-.Здоровя, 1980.-336с.

9. Платонов В.Н. Фізична підготовка спортменів. 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.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication / communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsibility for any use which may be made of the information contained therein.