

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра фізичної реабілітації, спортивної медицини,
фізичного виховання і здоров'я

Біомеханіка і клінічна кінезіологія

Тема 8-9. ГЕОМЕТРІЯ МАС ТІЛА ЛЮДИНИ

Методичні рекомендації для практичних занять
студентів III курсу медичних факультетів
спеціальності «Фізична терапія, ерготерапія»

Запоріжжя

2020

Затверджено:

на засіданні кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ протокол № 1 від 27.08.2020 р.

на ЦМР ЗДМУ протокол № 1 від 28.08.2020 р.

Автори:

Дорошенко Е.Ю., доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ;

Гурсьва А.М., кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ;

Черненко О.Є., кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ

Методичні рекомендації призначені для студентів, які навчаються за спеціальністю 227 «Фізична терапія, ерготерапія» ЗВО МОЗ України. Містять базові питання з біомеханіки та клінічної кінезіології, вивчення яких передбачено навчальною програмою з дисципліни «Біомеханіка і клінічна кінезіологія».

Тема 8-9. Геометрія мас тіла людини

Обсяг аудиторних годин – 4

Мета: навчитись розраховувати масу та положення центрів мас окремих ланок та сегментів тіла людини; виконувати обчислення за формулами; заповнювати звітну таблицю.

Матеріали та обладнання:

- кінограма або відеозапис досліджуваної фізичної вправи, біокінематична схема;
- міліметровий папір;
- вимірювальні лінійки, олівці, ЕОМ.

Студент повинен знати:

- відомості про центр тяжіння тіла людини;
- мати уяву про масу та положення центрів мас окремих ланок та сегментів тіла людини;
- методи розрахунку мас окремих ланок та сегментів тіла людини та загальної маси.

Студент повинен вміти:

- розраховувати масу та положення центрів мас окремих ланок та сегментів тіла людини;
- виконувати обчислення за формулами;
- заповнювати звітну таблицю.

Теоретичні відомості

Руховий апарат людини як біомеханічна система, її склад та структура.

Руховий апарат людини – це саморушійний механізм, що складається з 600 м'язів, 200 кісток, декількох сотень сухожиль.

Ці цифри приблизні, оскільки деякі кістки (наприклад, кістки хребетного стовпа, грудної клітки) зрослися, а багато м'язів мають декілька голівок (наприклад, двоголовий м'яз плеча, чотириголовий м'яз стегна) або поділяються на безліч пучків (дельтоподібний, великий грудний, прямий м'яз живота, найширший м'яз спини і багато інших).

Вважається, що рухову діяльність людини за складністю можна порівняти з людським мозком – найбільш довершеним утворенням природи. І подібно до того, як вивчення мозку починають з дослідження його елементів (нейронів), так і в біомеханіці насамперед вивчають властивості елементів рухового апарата.

Руховий апарат складається з ланок.

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

У людському тілі близько 70 ланок. Для вирішення більшості практичних завдань достатньо 15-ланкової моделі людського тіла. Зрозуміло, що в 15-

ланковій моделі деякі ланки складаються з декількох елементарних ланок. Тому такі укрупнені ланки доцільно називати **сегментами**.

Знаючи, які маси й моменти інерції ланок тіла і де розташовані їх центри мас, можна вирішити багато важливих практичних завдань, зокрема:

- визначити кількість руху;
- визначити кінетичний момент;
- оцінити, наскільки легко/важко керувати швидкістю тіла або окремої ланки;
- визначити ступінь стійкості тіла тощо.

Геометрія мас тіла людини.

Геометрією мас називається розподіл мас між ланками тіла та всередині них.

Геометрія мас тіла людини описується *мас-інерційними характеристиками*.

Найважливіші з них:

- ✓ маса,
- ✓ радіус інерції,
- ✓ момент інерції
- ✓ координати центру мас.

Маса (m) – це кількість речовини (в кілограмах), що міститься в тілі або окремій ланці. Маса є кількісною мірою *інертності тіла* відносно до діючої на нього сили. Чим більша маса, тим більш інертне тіло і тим важче вивести його зі стану спокою або змінити його рух.

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

$$\mathbf{g} = \mathbf{mg}$$

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

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

Кількісною мірою інертності тіла відносно осі обертання служить *момент інерції*:

Момент інерції (J) – це кількісна міра інертності тіла при обертальному русі, що визначається множенням маси тіла й квадрата радіуса інерції:

$$\mathbf{J} = \mathbf{mR}^2$$

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

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

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

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

Положення загального центра мас (ЗЦМ) тіла або загального центра ваги тіла (ЗЦТТ) визначається тим, де знаходяться центри мас окремих ланок. А це залежить від пози, тобто від того, як частини тіла розташовані один відносно одного в просторі.

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

На геометрію маси впливають індивідуальні особливості людини, насамперед, маса й довжина тіла.

Маса та положення ЦМ окремих ланок і сегментів тіла людини, які отримані шляхом усереднення результатів дослідження багатьох людей, показані на рис. 1 і подані у табл. 1.

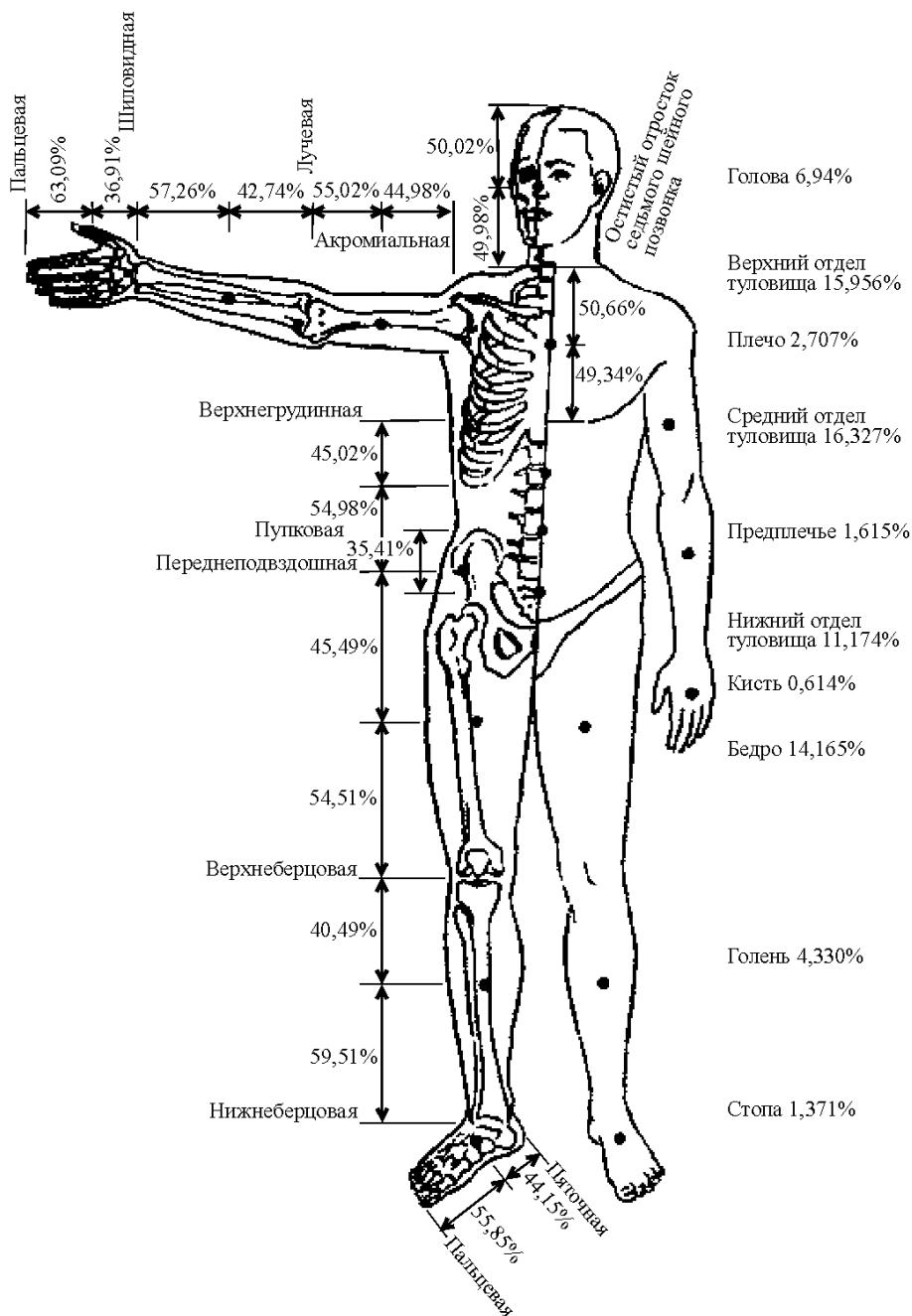


Рис. 1. Відносна маса й положення ЦМ сегментів тіла людини (В.М. Заціорский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов, 1981).

На рисунку приведені координати положень центрів мас сегментів на їх подовжніх осях: зліва – у % до довжини сегментів;
праворуч – відносні маси сегментів.

Таблиця 1

Відносна маса й положення ЦМ ланок і сегментів тіла людини

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

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

Якщо прийняти масу тіла за 100%, то масу кожної ланки або сегмента можна виразити у відносних одиницях.

При виконанні розрахунків використовують представлення маси як в абсолютних (кг), так і у відносних (%) одиницях.

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

$$m_x = B_0 + B_1m + B_2H$$

де m_x – маса сегмента тіла (кг);

m – маса всього тіла (кг);

H – довжина тіла (см);

B_0 , B_1 , B_2 – коефіцієнти рівняння регресії (табл.2 і 3).

Таблиця 2

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

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

Таблиця 3

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

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

Завдання 2 (для ПЗ №9). Розрахувати власну масу ланок і сегментів.

1. Знати власну масу тіла та довжину тіла.
2. Розрахувати *власну масу ланок і сегментів*, за даними для «середньої людини» (табл. 1).
Масу (m) прийняти рівною власної маси тіла в кг.
3. Визначити абсолютну (у кг) масу цих ланок і сегментів за рівнянням регресії. При розрахунках довжину тіла (H) прийняти рівною значенню зросту випробовуваного в см. Значення коефіцієнтів рівняння регресії B0, B1, B2 взяти з табл. 2 (чоловіки) або 3 (жінки).
4. Розрахувати відносну (у %) масу кожної ланки чи сегмента через їх абсолютну масу (скласти пропорцію).
5. Результати обчислень занести до звітної таблиці 2.

ЗВІТНА ТАБЛИЦЯ 2

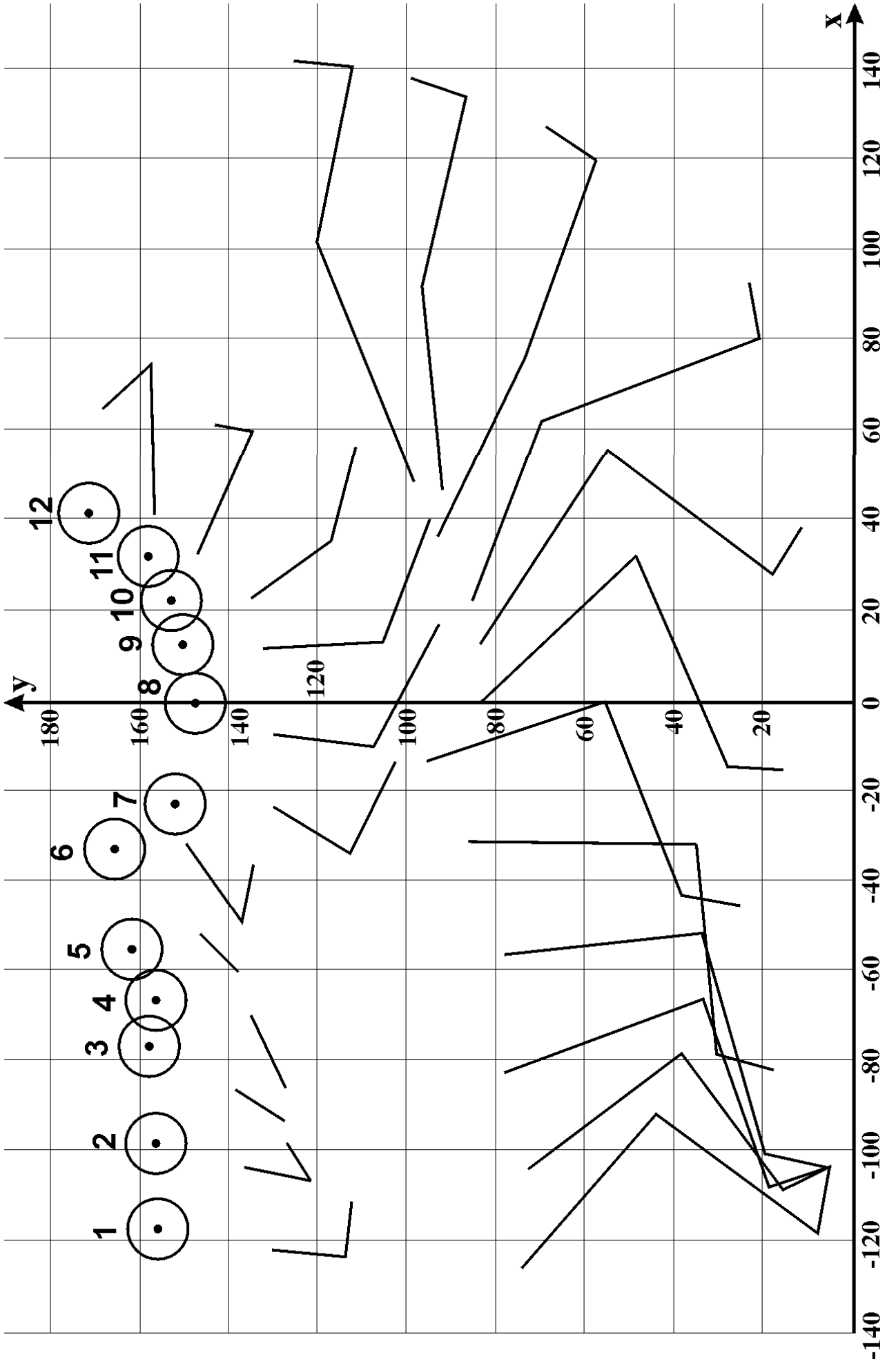
Сегменти	Маса ланок і сегментів тіла випробуваного (m =..... кг; H =..... см)			
	За середніми даними		За рівняннями регресії	
	%	кг	%	кг
Стопа				
Гомілка				
Стегно				
Кисть				
Передпліччя				
Плече				
Голова				
Верхня частина тулуба				
Середня частина тулуба				
Нижня частина тулуба				

6. Скласти масу ланок і сегментів для перевірки підрахунків (отримати власну вагу).
7. Проаналізувати проведені розрахунки та зробити висновки.
8. Відповісти на контрольні запитання.
9. Захистити практичну роботу.

Контрольні питання

1. Розкрийте сутність поняття «руховий апарат людини».
2. З яких основних елементів складається руховий апарат людини?
3. Що таке біокінематичні ланцюги?
4. Що таке геометрія мас тіла людини?
5. Поясніть, яке практичне значення має визначення особливостей біоланок людини.
6. Розкрийте сутність поняття «ступінь свободи рухів».

7. Яким чином розглядають ланки тіла людини як важелі та маятники?
8. Що називається важелем першого роду?
9. Що називається важелем другого роду?
- 10.Що означає геометрія мас тіла людини?
- 11.Якими показниками характеризують геометрію мас тіла людини?
- 12.Що служить мірою інертності тіла при поступальному русі?
- 13.Що служить мірою інертності тіла при обертальному русі?
- 14.Розкрити зміст поняття центр маси тіла.
- 15.Як визначається положення ЦМ?
- 16.Якими підходами користуються при оцінці маси окремих ланок та сегментів тіла людини?



Список рекомендованої літератури

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.:Олімпійська література, 2001. – С. 122-140.
2. Визначення положення загального центру тяжіння тіла людини графічним методом (складання сил тяжіння) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lib.chmnu.edu.ua/pdf/posibnuku/309/11.pdf>
3. Загальний центр мас тіла людини [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://helpiks.org/6-81971.html>