

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Л. Д. Тарасова

БІОМЕДИЧНА МЕХАНІКА

ЗБІРНИК ЗАВДАНЬ ДО ДОМАШНІХ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Медична інженерія»
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2020

Рецензенти: *Настенко Є.А. д-р. біол. наук, канд. техн. наук*
Ружинська Л.І., канд. техн. наук, доцент

Відповідальний
редактор *Максименко В.Б., д-р мед. наук, професор*

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 30.04.2020 р.)
за поданням Вченої ради Факультету біомедичної інженерії (протокол № 8 від 30.03.2020 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

Тарасова Лариса Дмитрівна

БІОМЕДИЧНА МЕХАНІКА

ЗБІРНИК ЗАВДАНЬ ДО

ДОМАШНІХ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Біомедична механіка: Збірник завдань до домашніх контрольних робіт [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Медична інженерія» спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / Л. Д. Тарасова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1365 Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 45 с.

До збірника включено 108 завдань до домашніх контрольних робіт (ДКР) з дисципліни «Біомедична механіка», в тому числі 36 задач за тематикою «Статика частин тіла». Детально розглянуто типові приклади та проаналізовано отримані результати. Приділено увагу структурі та вимогам до оформлення ДКР.

© Л.Д. Тарасова, 2020
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАВДАННЯ ДО ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ	5
1.1 Завдання 1 «Статика частин тіла».....	5
1.2 Завдання 2 «Механічні властивості біологічних тканин»	17
1.3 Завдання 3 «Біомеханіка опорно-рухового апарату. Інструментальні методи дослідження».....	22
2 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ.....	27
2.1 Вимоги щодо структури ДКР	27
2.2 Основні вимоги до оформлення тексту ДКР	28
2.3 Оформлення рисунків	29
2.4 Оформлення таблиць	30
2.5 Виконання формул та рівнянь.....	30
2.6 Оформлення переліку посилань	31
2.7 Порядок захисту ДКР	32
3 ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ ТИПОВИХ ЗАВДАНЬ	33
3.1 Приклад виконання завдання 1	33
3.2 Приклад виконання завдання 2	37
3.3 Приклад виконання завдання 3	40
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	42
ДОДАТОК А	43
ДОДАТОК Б	44
ДОДАТОК В.....	45

ВСТУП

Біомедична механіка відноситься до обов'язкових навчальної дисципліни циклу професійної підготовки першого (бакалаврського) рівня освіти, яка закладає фундамент якісної підготовки фахівців за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія», спеціалізації «Медична інженерія».

Процес навчання реалізується у таких організаційних формах як лекції, практичні заняття, контрольні заходи та самостійна робота, на яку виділено 56 годин, в тому числі на виконання індивідуального завдання – 10 годин. В якості індивідуального завдання, згідно з робочим навчальним планом, заплановано Домашню контрольну роботу (ДКР).

Метою ДКР є самостійне виконання студентом певної практичної роботи на основі засвоєного теоретичного матеріалу.

Виконання ДКР сприяє поглибленню і розширенню теоретичних знань студентів з окремих тем дисципліни, розвиває навички самостійної роботи з навчальною та науковою літературою.

У збірнику наведено 108 завдань для індивідуальної самостійної роботи студентів за наступною тематикою:

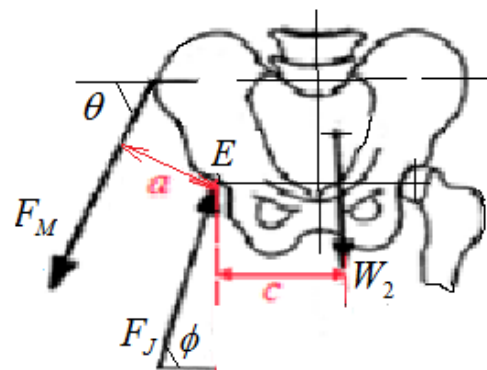
- Статика частин тіла.
- Механічні властивості біологічних тканин.
- Біомеханіка опорно-рухового апарату. Інструментальні методи дослідження.

До збірника також включено приклади виконання типових завдань, вимоги щодо написання, оформлення та захисту ДКР. Представлений ілюстративний матеріал розкриває, пояснює і доповнює інформацію, що міститься у завданнях..

1 ЗАВДАННЯ ДО ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

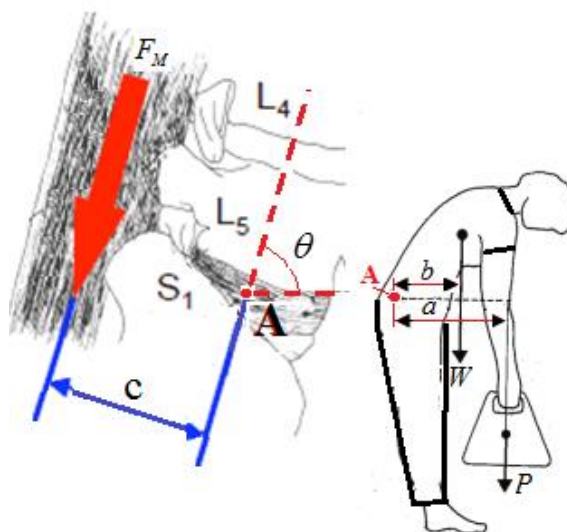
1.1 Завдання 1 «Статика частин тіла»

1. По представленій діаграмі вільного тіла визначити реакції кульшового суглоба F_J та відповідних м'язів F_M , що виникають при повільній ходьбі в період опори на одну кінцівку, як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_2 – вага тіла без ваги



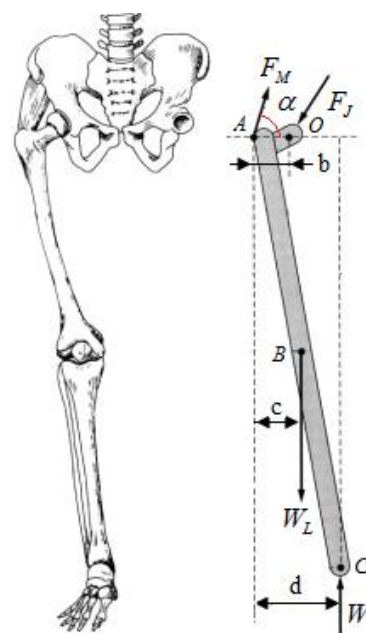
опорної кінцівки, $a=5$ см, $c=13$ см, $\theta=70^\circ$. Проаналізувати отриманий результат.

2. Визначити силу випрямляючих м'язів спини F_M та сили стиску і зсуву, що виникають на ділянці L5/S1 хребта в точці A за наступних умов: вага верхньої частини тулубу $W=450$ Н, вага вантажу $P=200$ Н, $a=0,4$ м, $b=0,25$ м, $c=0,05$ м, кут нахилу хребта $\theta=55^\circ$. Проаналізувати отриманий результат.

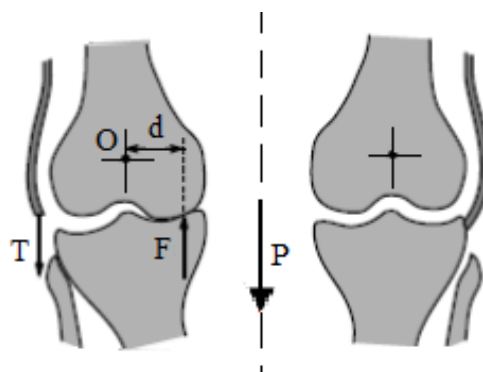


3. По представленій діаграмі вільного тіла визначити реакції кульшового суглоба F_J та відповідних м'язів F_M , що виникають при повільній ходьбі в період опори на одну кінцівку, як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_L – вага нижньої кінцівки (сукупна вага стегна, гомілки і стоп), $\alpha = 71^\circ$, $b = 7\text{ см}$, $c = 10\text{ см}$, $d = 18\text{ см}$.

Проаналізувати отриманий результат.

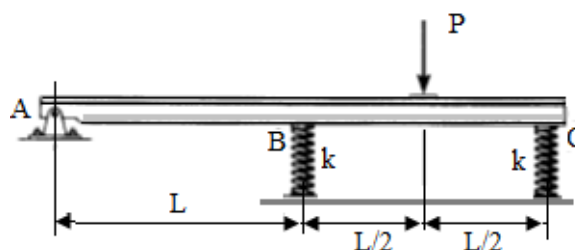


4. Визначити силу F , що виникає у колінному суглобі, та натягнення T малогомілкової колатеральної в'язки при опорі на одну ногу в положенні, що вказано на діаграмі вільного тіла. Плечі сили F , натягнення в'язки T і ваги тіла $P = 540\text{ Н}$ відносно центру обертання колінного суглоба (т. О) відповідно дорівнюють: $d = 2,4\text{ см}$; $a = 8,1\text{ см}$; $b = 14\text{ см}$.

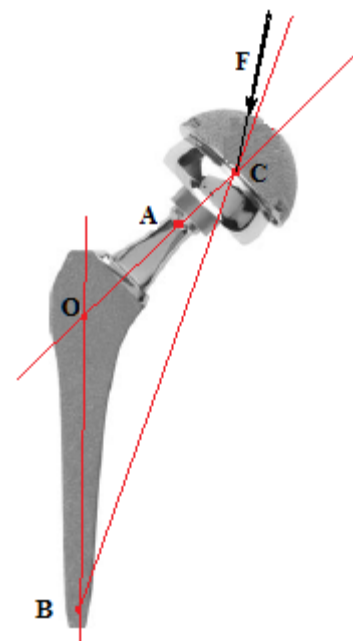


5. Жорсткий стержень, вагою якого можна знехтувати, підтримується у горизонтальному положенні шарніром А та двома пружинами з коефіцієнтом жорсткості k .

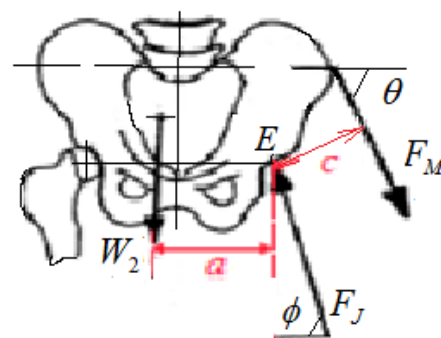
Визначити сили, що виникають у шарнірі та пружинах під дією сили P та переміщення точок В і С. Вважати, що пружини деформуються тільки при прикладанні сили P .



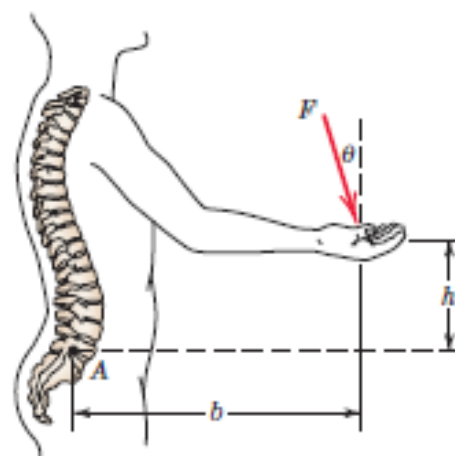
6. На голівку ендопротеза при повільній ходьбі в період опори на одну кінцівку діє сила $F=2000$ Н. Лінія дії сили F проходить через центр сферичної частини голівки (т. С) і утворює з віссю шийки (ОС) кут $\phi = 60^\circ$, а з лінією ВС – кут $\gamma = 5^\circ$. Визначити моменти сили F відносно точок А, В і О за наступних умов: стегново-шийний кут $\theta = 110^\circ$ (кут СОВ - між осями шийки і ніжки), $OA=24$ мм, $AC=20$ мм. Проаналізувати отриманий результат.



7. По представленій діаграмі вільного тіла визначити реакції кульшового суглоба F_J та відповідних м'язів F_M , що виникають при повільній ходьбі в період опори на одну кінцівку, як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_2 – вага тіла без ваги опорної кінцівки $a=15$ см, $c=7$ см, $\theta = 71^\circ$. Проаналізувати отриманий результат.

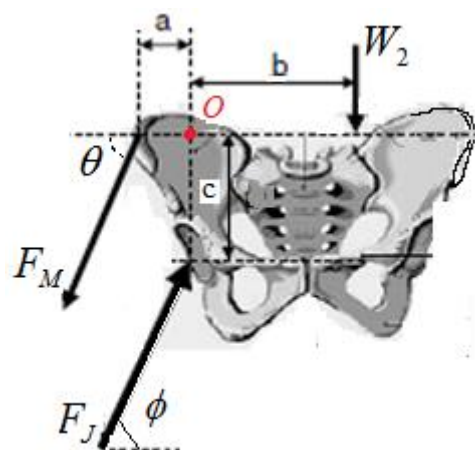


8. Нижній поперековий відділ хребта в точці А піддається вигину, викликаному силою F , що діє на кисть під кутом Θ , при цьому $h=10$ см, $b=25$ см. Визначити значення кута Θ , при якому в точці А виникатиме максимальний згинаючий момент. Проаналізувати отриманий результат.

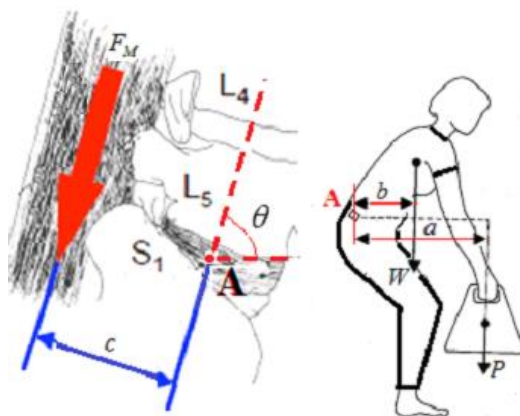


9. По представленій діаграмі вільного тіла визначити силу реакції кульшового суглоба F_J та відповідних м'язів F_M , що виникають при опорі на одну кінцівку, як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_2 – вага тіла без ваги опорної кінцівки, $\theta = 80^\circ$, $a = 4\text{ см}$, $c = 14\text{ см}$, $b = 22\text{ см}$.

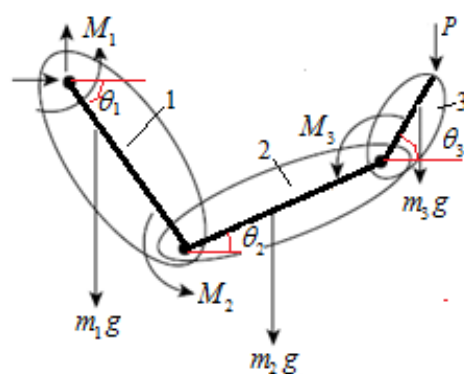
Проаналізувати отриманий результат.



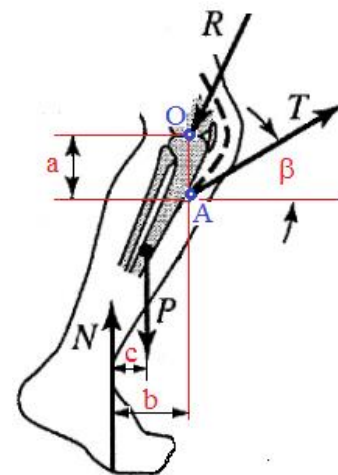
10. Визначити силу випрямляючих м'язів спини F_M та сили стиску і зсуву, що виникають на ділянці L5/S1 хребта в точці А при куті нахилу хребта $\theta = 65^\circ$. Прийняти вагу верхньої частини тулубу $W = 450\text{ Н}$, вагу вантажу $P = 200\text{ Н}$, $a = 0,5\text{ м}$, $b = 0,25\text{ м}$, $c = 0,05\text{ м}$. Проаналізувати отриманий результат.



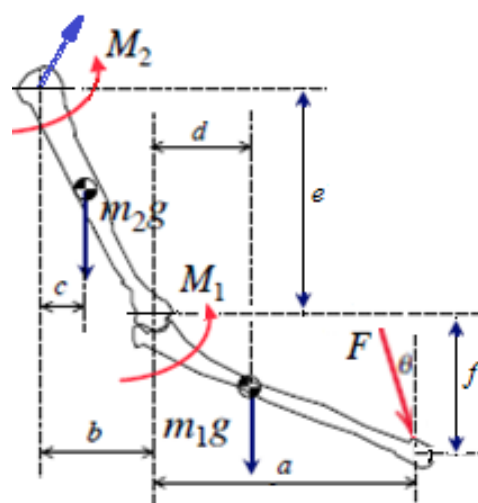
11. Визначити моменти M_1, M_2, M_3 , що виникають у суглобах верхньої кінцівки під дією прикладеної сили P і ваги сегментів кінцівки. Довжина плеча 1, передпліччя 2 і кисті 3 відповідно дорівнюють l_1, l_2, l_3 ; відстань від плечового, ліктьового і зап'ястного суглоба до центру мас плеча, передпліччя і кисті відповідно складають r_1, r_2, r_3 .



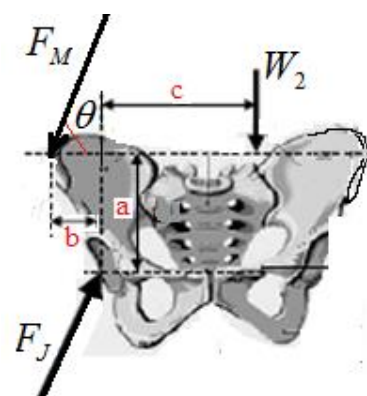
12. При присідання на обидві ноги на гомілку діють наступні сили: реакція опори N , вага гомілки P , реакція колінного суглоба R , сила натягнення надколінної зв'язки T . Визначити сили T і R , як функцію ваги тіла W . Вказані на схемі розміри дорівнюють: $a = 4$ см, $b = 36$ см, $c = 18$ см, $\beta = 40^\circ$. Проаналізувати отриманий результат.



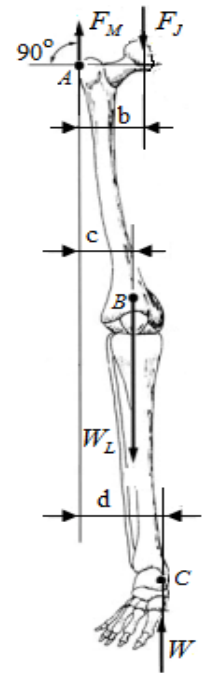
13. Визначити силу реакції плечового суглоба і моменти M_1, M_2 , що виникають у ліктьовому і плечовому суглобах двосегментної моделі верхньої кінцівки під дією прикладеної сили F , ваги передпліччя m_1g і плеча m_2g . Необхідні для розрахунку розміри вказані на діаграмі вільного тіла. Проаналізувати отриманий результат.



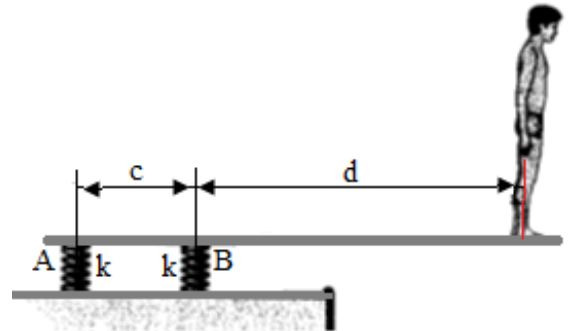
14. По представленій діаграмі вільного тіла визначити реакції кульшового суглоба F_J та відвідних м'язів F_M , що виникають при опорі на одну кінцівку, як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_2 – вага тіла без ваги опорної кінцівки, $\theta = 60^\circ$, $a = 15$ см, $b = 5$ см, $c = 20$ см. Проаналізувати отриманий результат.



15. Особа з фізіологічно нормальним колінним суглобом, у якій травмовані м'язи кульшового суглоба, при ходьбі нахилиє тулуб в уражену сторону. В результаті, загальний центр мас зміщується до травмованої зони. Визначити реакції кульшового суглоба F_J та відповідних м'язів F_M , що виникають у вказаному положенні, як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_L – вага нижньої кінцівки, $b = 7$ см, $c = 6$ см, $d = 10$ см. Проаналізувати отриманий результат.

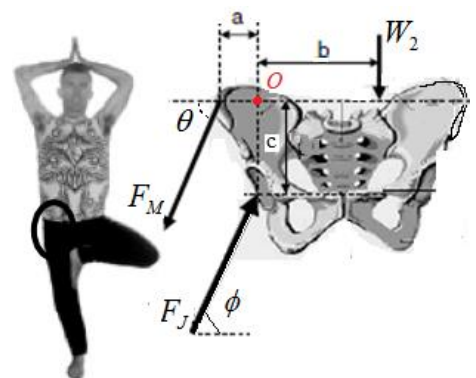


16. Юнак масою 40 кг стоїть на дошці трампліну для стрибків у воду, що підтримується двома однаковими пружинами A і B, при цьому дошка знаходиться в горизонтальному положенні. Визначити кут, який

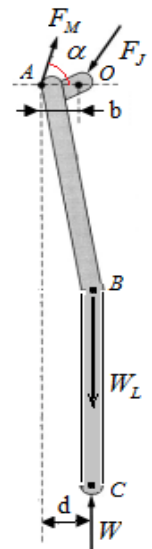


утворює дошка з горизонтом при відсутності юнака за наступних умов: жорсткість кожної пружини 15 кН/м, $c=1$ м, $d=3$ м. Знехтувати вагою дошки та вважати її негнучкою.

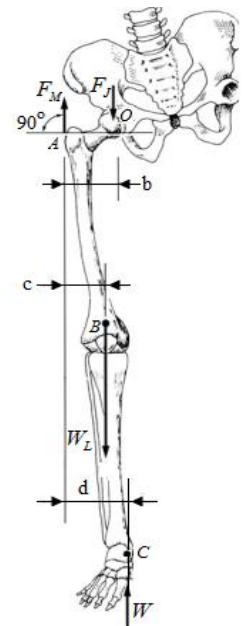
17. Для особи, яка стоїть на одній нозі, визначити реакції відповідних м'язів F_M та кульшового суглоба F_J , як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_2 – вага тіла без ваги опорної кінцівки, $a = 4$ см, $c = 14$ см, $b = 20$ см, $\theta = 80^\circ$. Проаналізувати отриманий результат.



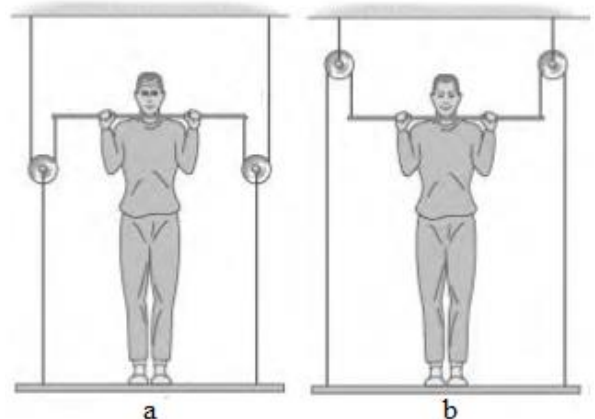
18. По наведеній діаграмі вільного тіла визначити реакції кульшового суглоба F_J та відвідних м'язів F_M , що виникають при опорі на одну кінцівку при вальгусній деформації колінного суглоба, як функцію ваги тіла W . Розрахунки провести за наступних умов: $\alpha = 71^\circ$, $b = 7\text{ см}$, $d = 10\text{ см}$. Вважати, що вага нижньої кінцівки W_L зосереджена в т. В.



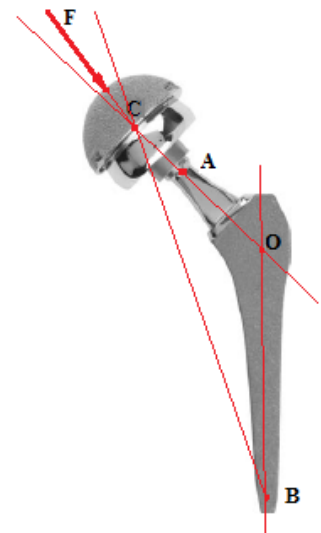
19. Особа з травмованими м'язами кульшового суглоба при ходьбі нахиляє тулуб в уражену сторону. Визначити реакції кульшового суглоба F_J та відвідних м'язів F_M , що виникають у заданому положенні, як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_L – вага нижньої кінцівки, $b = 7\text{ см}$, $c = 6\text{ см}$, $d = 10\text{ см}$. Проаналізувати отриманий результат.



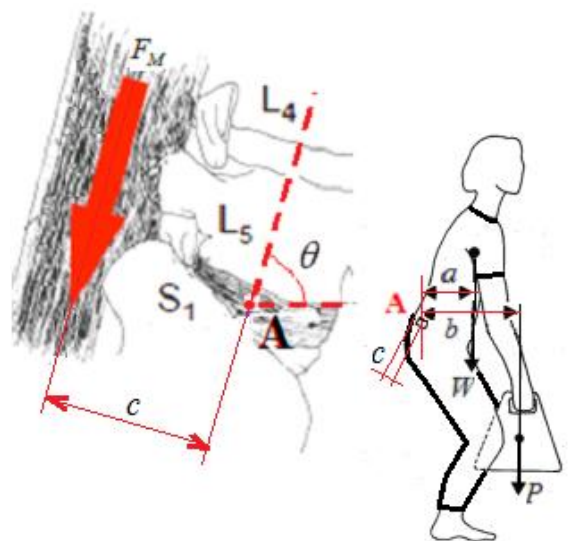
20. Особа вагою $W=700\text{ Н}$ утримає себе в підвішеному стані, використовуючи два пристрої. Визначити, яку силу особа має прикласти до перекладини і реакцію платформи в кожному випадку. Вагою перекладини, платформи, блоків і тросів знехтувати.



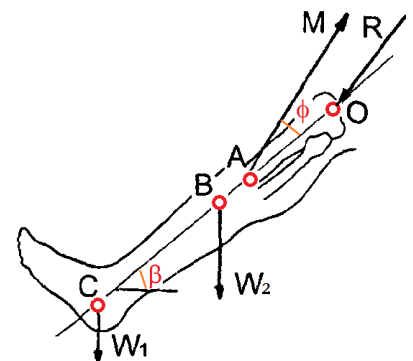
21. Ендопротез кульшового суглоба складається з голівки, шийки та ніжки. На голівку ендопротеза при повільній ходьбі в період опори на одну кінцівку діє сила $F=2000$ Н. Лінія дії сили F проходить через центр сферичної частини голівки (т. С) і утворює з віссю шийки (СО) кут $\phi=5^\circ$, а з лінією СВ – кут $\gamma=15^\circ$. Визначити моменти сили F відносно точок А і В за наступних умов: стегново-шийний кут $\theta=150^\circ$ (кут СОВ - між осями шийки і ніжки), $OA=35$ мм, $AC=20$ мм. Проаналізувати отриманий результат.



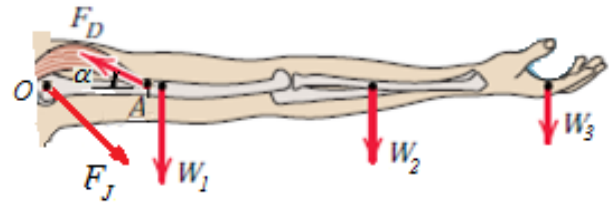
22. Визначити силу випрямляючих м'язів спини F_M та сили стиску і зсуву, що виникають на ділянці L5/S1 хребта в точці А при куті нахилу хребта $\theta=80^\circ$. Прийняти вагу верхньої частини тулубу $W=450$ Н, вагу вантажу $P=200$ Н, $a=0,18$ м, $b=0,35$ м, $c=0,05$ м. Проаналізувати отриманий результат.



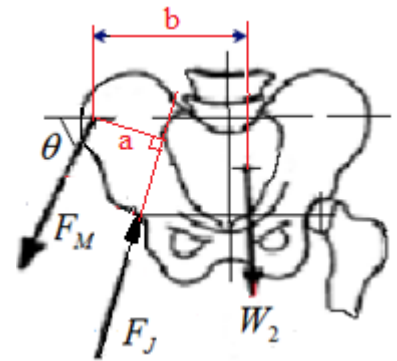
23. Визначити силу чотириглавого м'яза M і реакцію у колінному суглобі R . На діаграмі вільного тіла: W_1 - вага стопи; W_2 – вага гомілки; OA – відстань від колінного суглоба до точки прикладання м'язової сили; OB - відстань від колінного суглоба до центру мас гомілки; $OA=(2/3) OB$; OC - довжина гомілки; $\beta=45^\circ$ - кут між віссю гомілки і горизонталлю; $\phi=10^\circ$ - кут між віссю гомілки і м'язовою силою M . При розрахунках використовувати власну масу і зріст.



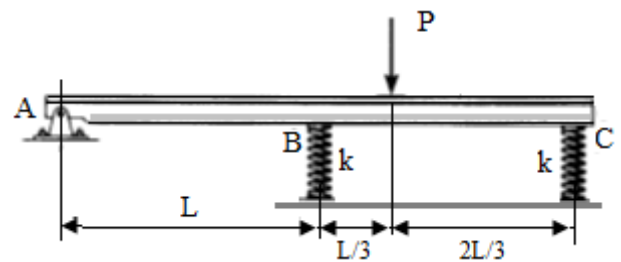
24. Визначити реакції F_J плечового суглоба та силу F_D , що розвиває дельтоподібний м'яз при утриманні верхньої кінцівки у витягнутому горизонтальному положенні. На діаграмі вільного тіла: W_1 – вага плеча; W_2 – вага передпліччя; W_3 – вага кисті. Сила F_D прикладена на відстані $OA=5$ см від плечового суглоба під кутом $\alpha=10^\circ$. При розрахунках використовувати власну масу і зріст.



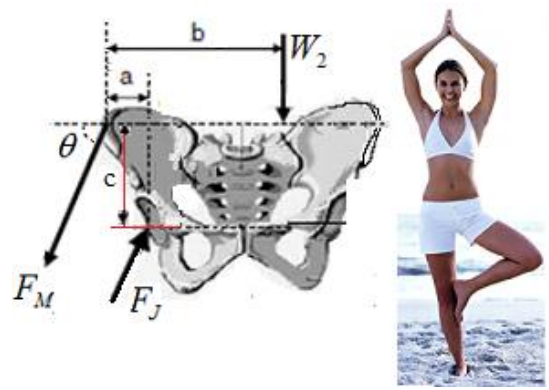
25. По представленій діаграмі вільного тіла визначити реакції кульшового суглоба F_J та відвідних м'язів F_M , що виникають при повільній ходьбі в період опори на одну кінцівку, як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_2 – вага тіла без ваги опорної кінцівки, $a=5$ см, $b=16$ см, $\theta=71^\circ$. Проаналізувати отриманий результат.



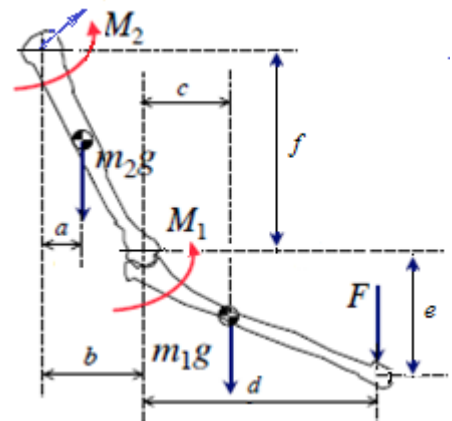
26. Жорсткий стержень, вагою якого можна знехтувати, підтримується у горизонтальному положенні шарніром А та двома пружинами з коефіцієнтом жорсткості k . Визначити сили, що виникають у шарнірі та пружинах під дією сили P та переміщення точок В і С. Вважати, що пружини деформуються тільки при прикладанні сили P .



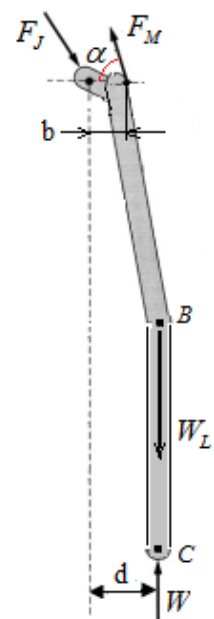
27. Для особи, яка стоїть на одній нозі, визначити реакції відвідних м'язів F_M та кульшового суглоба F_J , як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_2 – вага тіла без ваги опорної кінцівки, $a=4$ см, $c=14$ см, $b=26$ см, $\theta = 80^\circ$. Проаналізувати отриманий результат.



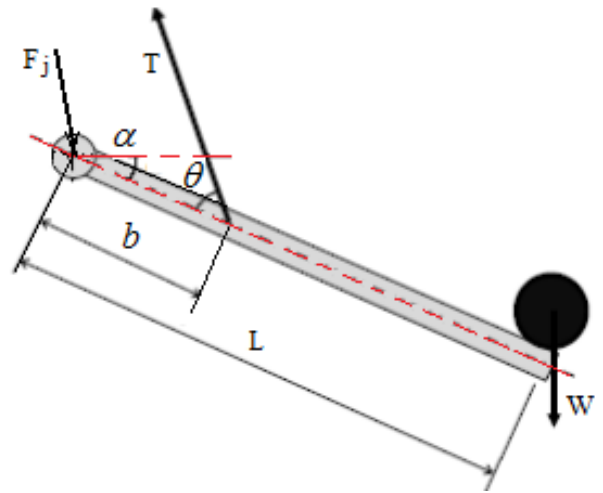
28. Визначити силу реакції плечового суглоба та моменти M_1, M_2 , що виникають у ліктьовому і плечовому суглобах двосегментної моделі верхньої кінцівки під дією прикладеної сили F , ваги передпліччя m_1g і плеча m_2g . Необхідні для розрахунку розміри вказані на діаграмі вільного тіла. Проаналізувати отриманий результат.



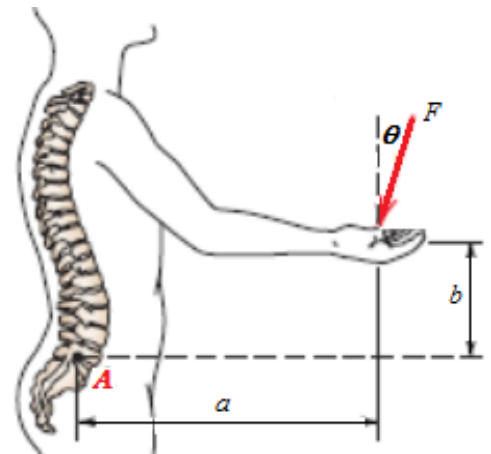
29. По представленій діаграмі вільного тіла визначити реакції кульшового суглоба F_J та відвідних м'язів F_M , що виникають при опорі на одну кінцівку при варусній деформації колінного суглоба, як функцію ваги тіла W . Розрахунки провести за наступних умов: $\alpha = 75^\circ$, $b = 8$ см, $d = 16$ см. Вважати, що вага нижньої кінцівки W_L зосереджена в т. В. Проаналізувати отриманий результат.



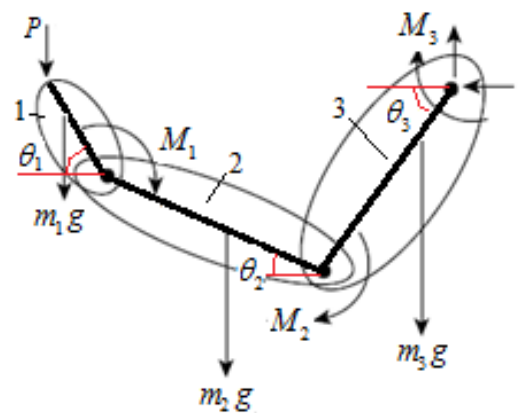
30. На діаграмі вільного тіла, у вигляді стержня довжиною L , представлено спрощену модель ліктьового суглоба, передпліччя та кисті. Визначити реакції F_j ліктьового суглоба та силу тяги біцепсу T , що виникають при утриманні вантажу W у заданому положенні при кутах α і θ . Сила T прикладена на відстані b від ліктьового суглоба. Вагою передпліччя та кисті нехтувати. Проаналізувати отриманий результат при $\theta = \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$.



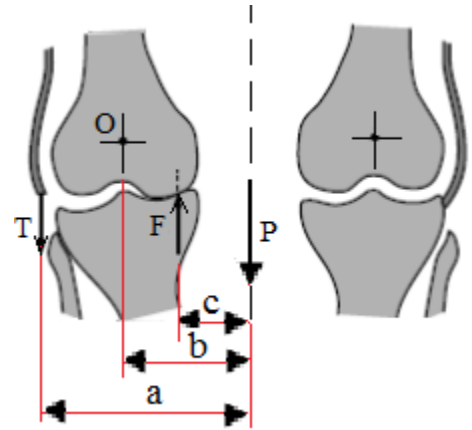
31. Нижній поперековий відділ хребта в точці А піддається вигину, викликаному силою F , що діє на кисть під кутом Θ . Визначити значення кута Θ , при якому в точці А виникатиме максимальний згинаючий момент.



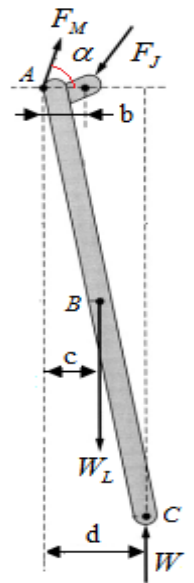
32. Визначити моменти M_1, M_2, M_3 , що виникають у суглобах верхньої кінцівки під дією прикладеної сили P та ваги сегментів кінцівки. Довжина кисті 1, передпліччя 2 і плеча 3 відповідно дорівнюють l_1, l_2, l_3 ; відстань від зап'ястного, ліктьового і плечового суглоба до центру мас кисті, передпліччя і плеча відповідно складають r_1, r_2, r_3 .



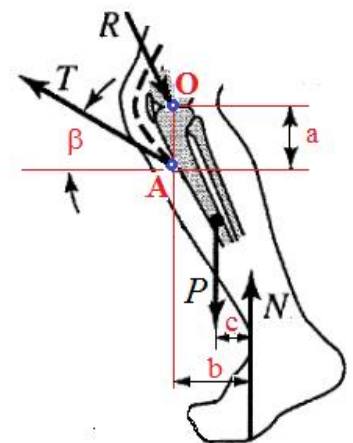
33. Визначити силу F , що виникає у колінному суглобі, та натягнення T малогомілкової колатеральної в'язки при опорі на одну ногу в положенні, що вказано на діаграмі вільного тіла за наступних умов: вага тіла $P=700$ Н, $a=26$ см, $b=16$ см, $c=13$ см.



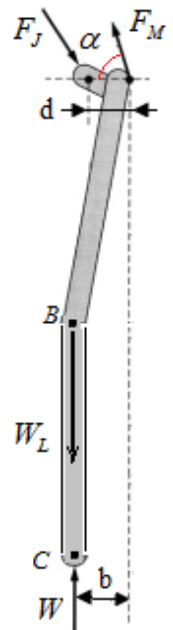
34. По представленій діаграмі вільного тіла визначити реакції кульшового суглоба F_J та відвідних м'язів F_M , що виникають при повільній ходьбі в період опори на одну кінцівку, як функцію ваги тіла W , за наступних умов: W_L – вага нижньої кінцівки (сукупна вага стегна, гомілки і стоп), $\alpha = 65^\circ$, $b = 8$ см, $c = 11$ см, $d = 20$ см. Проаналізувати отриманий результат.



35. На гомілку, при присідання на одну ногу, діють наступні сили: реакція опори N , вага гомілки P , реакція колінного суглоба R , сила натягнення надколінної зв'язки T . Визначити сили T і R , як функцію ваги тіла W . Вказані на схемі розміри дорівнюють: $a = 5$ см, $b = 40$ см, $c = 20$ см, $\beta = 45^\circ$. Проаналізувати отриманий результат.



36. По представленій діаграмі вільного тіла визначити реакції кульшового суглоба F_J та відвідних м'язів F_M , що виникають при опорі на одну кінцівку при вальгусній деформації колінного суглоба, як функцію ваги тіла W . Розрахунки провести за наступних умов: $\alpha = 75^\circ$, $b = 11 \text{ см}$, $d = 8 \text{ см}$. Вважати, що вага нижньої кінцівки W_L зосереджена в т. В. Проаналізувати отриманий результат.



1.2 Завдання 2 «Механічні властивості біологічних тканин»

1. Проаналізувати рівняння Лапласа. Вивести залежність між напруженням у стінці оболонки та внутрішнім тиском для сферичних і циліндричних тонкостінних оболонок.
2. Довести, що залежність загальної потужності м'язового скорочення від навантаження є лінійною. Проаналізувати залежність корисної потужності м'яза від навантаження.
3. Роль і функції фасцій, їх механічні властивості: межа міцності, модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона тощо. В'язко-пружна модель фасції.
4. Пояснити енергетичну суть рівняння Бернуллі, вказати розмірності всіх величин. Записати рівняння Бернуллі в розмірностях питомої енергії та назвати складові напору.

5. Проаналізувати поведінку моделі Максвелла в ізотонічному та ізометричному режимах. Дати оцінку відмінностям.
6. Дати оцінку механічним властивостям кровоносних судин. Проаналізувати співвідношення трьох основних компонентів судинної тканини у різних ділянках системи кровообігу.
7. Класифікація кісткової тканини. Біомеханічні характеристики гідроксиапатиту та полікапролактону, як складових штучної кісткової тканини.
8. Проаналізувати криву Хілла, вказати на ній ділянки, які відповідають переборювальному, уступальному та ізометричному режимам м'язового скорочення.
9. Дати оцінку вкладу колагену та еластину в механічні властивості кісткової тканини. Підібрати механічну модель, яка найбільш наближено описує поведінку кістки в напруженому стані.
10. Біомеханічні властивості м'язів: скоротливість, жорсткість, в'язкість, міцність, релаксація. Моделі скелетних м'язів та їх компоненти.
11. Механічні характеристики оболонки ока, як пружної тонкостінної сферичної оболонки. Методи вимірювання внутрішньоочного тиску.
12. Проаналізувати умовну діаграму розтягу твердого біологічного матеріалу. Охарактеризувати основні ділянки і пояснити метод визначення по умовній діаграмі пружних властивостей матеріалу.
13. Проаналізувати криві течії для ньютонівських і неньютонівських рідин. Пояснити, як по графікам визначається коефіцієнт в'язкості рідини?

14. Довести, що градієнт швидкості рідини при ламінарній течії з середньою швидкістю ν по трубці з внутрішнім діаметром D може бути визначений за формулою $\dot{\gamma} = 8\nu / D$.
15. Наведіть приклади визначення швидкості потоку крові та її витрати з використанням одновимірного закону збереження енергії потоку, що виражається рівнянням Бернуллі.
16. Проаналізувати поведінку моделі Фойгта в ізотонічному та ізометричному режимах. Дати оцінку відмінностям.
17. Довести твердження «Число Рейнольдса зменшується зі збільшенням відстані від серця». Пояснити, де в кровоносній системі в нормі виникають турбуленції та що впливає на стійкість ламінарної течії у кровоносній системі.
18. Класифікація реологічних тіл за кривими течії, які узагальнюються рівнянням Гершеля-Балклі. Навести значення межі текучості та індексу течії для цих тіл.
19. Методика дослідження біомеханічних властивостей кісток на поперечний згин. Види випробування на згин, переваги і недоліки, вплив температури та гідратації кісток.
20. Проаналізувати вплив зовнішніх, клітинних і гемодинамічних факторів на в'язкість крові. Як впливає в'язкість крові на об'ємну швидкість кровотоку. Наведіть формулу, що встановлює цю залежність.
21. Дати оцінку гідродинамічній моделі кровоносної системи Франка, перерахувати недоліки. Пояснити механізм виникнення пульсової хвилі. Як вона змінюється при віддаленні від серця?

22. Дати оцінку профілю швидкості рідини при ламінарній сталій течії у прямій циліндричній трубці. Пояснити фізичний сенс вхідних величин. Навести залежність між максимальною і середньою швидкістю потоку.
23. Пояснити механічні процеси, що лежать в основі вимірювання артеріального тиску по Короткову. Пояснити відмінність між трансмуральним і гідростатичним тиском крові?
24. Пояснити методику визначення коефіцієнта в'язкості та модуля пружності біологічних матеріалів по кривим релаксації та повзучості.
25. Вивести залежність між об'ємною витратою рідини і напруженням внутрішнього тертя на стінці трубки. Яким чином ця залежність дозволяє визначити, до якого виду відноситься біологічна рідина.
26. Навести рівняння кривої течії для бінгамовської рідини, проаналізувати її, дати характеристику моделі Шведова-Бінгама.
27. Навести модель пружно-в'язкого тіла, пояснити призначення кожного елементу моделі, вивести відповідне реологічне рівняння, пояснити фізичний сенс вхідних величин і назвати одиниці виміру.
28. Навести модель в'язко-пластичного тіла, пояснити призначення кожного елементу моделі, вивести відповідне реологічне рівняння, пояснити фізичний сенс вхідних величин і назвати одиниці виміру.
29. Дати оцінку ламінарному і турбулентному режимам течії. Навести критерій Рейнольдса, пояснити фізичний сенс вхідних величин, назвати одиниці виміру.

30. Надати характеристику течії крові у криволінійних судинах на прикладі дуги аорти. Пояснити ефект виникнення додаткового тиску на стінку судини з більшим радіусом кривизни.
31. Пояснити основи теорії ротаційної віскозиметрії. Вивести залежність в'язкості рідини від сили опору обертанню та геометричних параметрів ротаційного віскозиметра.
32. Навести рівняння Кессона, пояснити фізичний сенс вхідних величин, назвати одиниці виміру. Розкрити поняття «Кессонівська в'язкість».
33. Проаналізувати залежність між розтяжністю судин, їх просвітом і трансмуральним тиском. Вивести формулу для визначення ефективного модуля пружності судинної стінки.
34. Основні положення безмоментної теорії тонкостінних оболонок. Алгоритм визначення напружень в оболонках обертання. Рівняння Лапласа та його аналіз.
35. Охарактеризувати основні ділянки умовної діаграми розтягу твердого біологічного матеріалу, пояснити метод визначення відносного видовження, відносного звуження та залишкової деформації матеріалу при розриві.
36. Основні реологічні моделі, що використовуються при механічному моделюванні біологічних тканин. Умови, при яких реалізується повзучість і релаксація напруження.

1.3 Завдання 3 «Біомеханіка опорно-рухового апарату. Інструментальні методи дослідження»

1. Пояснити, від чого залежить рухомість тієї чи іншої ланки тіла людини. Скільки ступенів вільності мають суглоби: плечовий, колінний, ліктьовий, зап'ястно-п'ясний?
2. Пояснити теоретичні основи електротензодинамометрії. Навести приклад вимірювання силових характеристик із використанням динамометричних і тензометричних систем.
3. Загальні параметри, що характеризують ходьбу Функціональний аналіз ходьби: період опори і період перенесення
4. Гідродинамічна кавітація та умови її виникнення. Застосування в біомедичній інженерії. Соплові пристрої для реалізації кавітації.
5. Дати характеристику методам визначення координат загального центру мас (метод Селуянова, теорема Вариньона, метод відносних мас). Вказати на їх переваги та недоліки.
6. Функції стопи. Методи обстеження опорно-рухового апарату людини по відбиткам стоп в статиці і динаміці. Схема балансу стопи - біомеханічні аспекти.
7. Геометричні параметри сколіотичних деформацій. Технічні засоби для корекції деформації хребта. Класифікація пристроїв внутрішньої та зовнішньої фіксації хребта.
8. Методи біомеханічних досліджень хребта людини. Методика визначення навантаження, що виникає в перерізах хребта, від його геометричних параметрів.

9. Застосування ефекту Вентурі в біомедичних приладах для вимірювання швидкості та витрати потоку газів і рідин. Навести схеми, пояснити принцип роботи.
10. Характеристика розподіленого навантаження (РН), що діє на біологічний об'єкт. Методика визначення рівнодійної РН і координати точки її прикладання.
11. Прилади для вимірювання температури в техніці та експериментальних дослідженнях біомедичної механіки. Їх принцип дії, позитивні якості, недоліки.
12. Прилади для вимірювання абсолютного і надлишкового тиску в техніці та експериментальних дослідженнях біомедичної механіки. Їх принцип дії.
13. Пояснити суть методики оцінки ступеня коливання тіла і тремора кінцівок як індикатора функціонального стану організму людини та її здоров'я.
14. Методи реєстрації біоелектричної активності та аналізу біомеханічних якостей скелетних м'язів. Апаратура для реалізації цих методів.
15. Методи оцінки ступеня порушення локомоторних функцій людини: зменшення асиметрії лівого і правого кроку, поліпшення здатності підтримувати тіло в зоні рівноваги тощо.
16. Визначення амплітуди рухливості у суглобах верхніх і нижніх кінцівок. Розробка методів і засобів корекції рухових порушень.

- 17.Методи визначення в'язкості біологічних рідин при протіканні середовища через канали та при русі твердого тіла в середовищі. Особливості кожного методу.
- 18.Методи та обладнання для дослідження тертя в суглобах. Умови, що впливають на тертя. Використанням симуляторів для визначення коефіцієнта тертя в суглобах.
- 19.Технічне обладнання для визначення механічних характеристик сухожильних трансплантатів, в тому числі для вимірювання коефіцієнта тертя.
- 20.Метод електротензодинамографії та його можливості. Теоретичні основи методу. Принцип дії тензоплатформи. Основні конструктивні елементи та шляхи вдосконалення
- 21.Статичні та динамічні методи вимірювання сили. Принцип роботи динамометричних пристроїв (механічних, гідравлічних, електронних) для оцінювання м'язової сили.
- 22.Характеристика методів визначення координат загального центру мас: метод Селуянова, теорема Вариньона, метод відносних мас тощо. Вказати переваги та недоліки.
- 23.Класифікація тренажерів за призначенням: для вдосконалення технічної майстерності, розвитку рухових здібностей, реабілітації, розвитку динамічної рівноваги.
- 24.Використання хронометричних систем у спортивних змаганнях. Принцип дії приладів для вимірювання швидкості спортсмена, окремих точок на його тілі та спортивних снарядів.

- 25.Методика оцінки ступеня коливання тіла і тремора кінцівок як індикатора функціонального стану організму людини та її здоров'я.
- 26.Вимоги до спортивного обладнання та інвентарю. Біомеханічні принципи конструювання спортивного інвентаря на прикладі м'ячей для футболу, волейболу, гольфу.
- 27.Методика вимірювання прискорення загального центру мас тіла людини та окремих його біоланок при виконанні рухів. Принцип дії механічних і сучасних акселерометрів
- 28.Дати визначення поняттям: біокінематичний ланцюг, біокінематична ланка, біокінематична пара. Навести приклади ланок тіла людини, як важелів I, II, III роду.
- 29.Пояснити маятниковий принцип рухів окремих ланок тіла людини та обґрунтувати високу економічність рухів, які виконуються з резонансною частотою.
- 30.Пояснити взаємозв'язок між осанкою і геометрією мас. Які характеристики ходьби підлягають реєстрації при обстеженні пацієнтів.
- 31.Теоретичні основи електротензодинамометрії. Навести приклад вимірювання силових характеристик із використанням динамометричних і тензометричних систем.
- 32.Метод реєстрації кутових переміщень у суглобах. Пристрої для визначення кутових переміщень при виконанні фізичних вправ. Принцип дії, конструктивні особливості.

33. Умови виникнення кавітації. Корисне застосування кавітації в технологічних процесах біомедичної інженерії. Пристрої для реалізації процесу кавітації.
34. Обґрунтувати необхідність оцінювати момент інерції тіла людини при аналізі роботи опорно-рухового апарату. Як впливає величина радіусу інерції на рух людини, наприклад, при бігу.
35. Теоретичні основи ефекту Вентурі. Застосування ефекту Вентурі в кисневій терапії. Навести схеми пристроїв, пояснити принцип роботи.
36. Методи дослідження рівноваги тіла на прикладі постурографії. Статичні та динамічні дослідження. Структурна схема динамічної постурографічної платформи. Галузі застосування постурографії.

2 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Оформлення ДКР проводиться згідно ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання».

2.1 Вимоги щодо структури ДКР

ДКР складається з таких структурних елементів: титульний аркуш, зміст, вступ, основна частина, висновки, перелік посилань, додатки.

Титульний аркуш оформлюється у відповідності з прикладом, наведеним у додатку А.

Зміст містить повний перелік розділів, підрозділів та пунктів ДКР, включаючи перелік додатків.

Вступ містить коротку характеристику змісту роботи, актуальність виконання та мету ДКР.

Основна частина повинна містити розділи та підрозділи, в яких наведено умови завдань ДКР, необхідні рисунки, формули з розшифровкою позначень, розрахунки, відповіді, пояснення щодо отриманих результатів.

Висновки повинні містити оцінку отриманих результатів, що одержані при виконанні кожного завдання і ДКР в цілому.

Перелік посилань повинен містити всі джерела інформації, що використовувалися при виконанні ДКР у порядку їх першого згадування в тексті.

Додатки – у цьому розділі розміщується інформація довідкового значення у вигляді тексту, таблиць або графічного матеріалу; комп'ютерні програми для розрахунків та інше.

Сторінки нумерують наскрізно арабськими цифрами, охоплюючи додатки. Номер сторінки проставляють праворуч у верхньому куті сторінки

без крапки в кінці. Першою сторінкою є титульна, на ній номер сторінки не проставляється.

Вимоги до обсягу ДКР не висуваються. Обсяг повинен бути таким, щоб містити всі необхідні структурні елементи та повністю розкрити суть завдань. Рекомендовано не менше 10 та не більше 20 сторінок.

2.2 Основні вимоги до оформлення тексту ДКР

ДКР оформлюється на аркушах А4 (210x297 мм) з наступними полями: верхнє, нижнє та праве поле – 2 см, ліве – 3 см. Шрифт Times New Roman 14 пт. Абзацний відступ 1,25 см, міжрядковий інтервал – 1,5. Вирівнювання основного тексту по ширині без перенесення слів.

Структурні елементи: зміст, вступ, висновки, перелік посилань, додатки не нумеруються, а назви оформлюються як розділи [1].

Розділ повинен починатися з нової сторінки. Назва розділу розміщується посередині рядка без абзацного відступу, виконується напівжирним шрифтом, великими літерами.

Розділи мають просту арабську нумерацію без крапки після номеру та без крапки в кінці назви розділу. Скорочення та перенесення слів в назвах розділів не допускається.

Підрозділи нумеруються в межах розділу із зазначенням номеру розділу: 1.1, 1.2 і т. д. Назва підрозділу починається з абзацного відступу та виконується шрифтом розміром 14 пт напівжирним, всі літери крім першої малі. Вирівнювання тексту по лівому краю. Відступ до та після назви підрозділу 14 пт.

2.3 Оформлення рисунків

Рисунки нумерують наскрізно арабськими цифрами, крім рисунків у додатках. Дозволено рисунки нумерувати в межах кожного розділу. У цьому разі номер рисунка складається з номера розділу та порядкового номера рисунка в цьому розділі, які відокремлюють крапкою, наприклад, «Рисунок 3.2 – Назва рисунку...» [1].

Назва рисунка має відображати його зміст, бути конкретно та стислою. Якщо з тексту звіту зрозуміло зміст рисунка, його назву можна не наводити. Назву рисунка друкують з великої літери та розміщують під ним посередині рядка [1].

Рисунки розміщуються безпосередньо після першого згадування в тексті або на наступній сторінці. Умовні скорочення та позначення, що наведені на рисунку, потрібно розшифрувати в тексті або в підписі. Великі рисунки розміщуються по центру рядка без абзацного відступу, відстань до та після рисунку 14 пт.

Невеликі за розмірами рисунки (ширина менше половини ширини сторінки) повинні розміщуватися з правого краю в тексті з обтіканням. Прив'язка рисунку виконується виключно до тексту, тобто рисунок повинен переміщуватися разом з текстом. Не допускається рознесення рисунку та його підпису на різні сторінки.

Не допускається починати чи завершувати структурні елементи ДКР (розділи, підрозділи, тощо) рисунками. Рисунки, що займають повну сторінку документу, повинні розміщуватися в додатках.

Товщина ліній на рисунку повинна бути не менше 1 пт (рекомендована товщина 1,2 пт). Всі написи виконані шрифтом з розміром не менше 12 пт.

2.4 Оформлення таблиць

Наведені в ДКР таблиці повинні мати нумерацію в межах розділу та назву, розміщену зверху таблиці (текст вирівнюється по лівому краю з абзацним відступом), відстань до та після таблиці 10 пт. Назва таблиці повинна мати вигляд: «Таблиця 3.2 – Назва таблиці... »

Текст в таблиці розміщується без абзацного відступу з центруванням по вертикалі. При великій кількості тексту допускається зменшення шрифту до 12 пт.

Таблиця повинна містити назву стовпчиків (граф), яку рекомендовано виконувати напівжирним шрифтом. При розбитті таблиці на декілька сторінок назва таблиці повинна дублюватися на початку кожної сторінки та мати вигляд: «Продовження таблиці 3.2 – Назва таблиці». Назва стовпчиків також дублюється на кожній сторінці (допускається заміна назви стовпчиків на номери) [1].

Таблиці, більші за одну сторінку, рекомендовано виносити до додатків.

2.5 Виконання формул та рівнянь

Формули та рівняння виконують в редакторі формул Mathtype або Microsoft Equation. Не допускається використання формул у вигляді зображень.

Формули та рівняння розміщують посередині сторінки симетрично тексту окремим рядком безпосередньо після тексту, у якому їх згадано.

Вище і нижче кожної формули або рівняння має бути не менше одного вільного рядка.

Нумерують лише ті формули та рівняння, на які є посилання в тексті. Нумерацію здійснюють наскрізно арабськими цифрами. Дозволяється їх нумерувати в межах кожного розділу [1].

Номер формули чи рівняння друкують на їх рівні праворуч у крайньому положенні в круглих дужках

Використовувати номери формул необхідно тільки з визначальними словами. Потрібно писати: «За формулою (2.1) знаходимо ...».

Одразу після формули наводиться пояснення всіх вперше наведених символів з обов'язковим записом одиниці виміру відповідної фізичної величини. Пояснення починається з нового рядка без абзацного відступу зі слова «де» без двокрапки, окремі складові відокремлюються крапкою з комою і вирівнюються у вертикальному напрямку [1].

Приклад

Корисну потужність м'язового скорочення обчислюють за формулою:

$$N_{\text{КОР}} = P\nu, \quad (2.1)$$

де P – м'язова сила або прикладене до м'яза навантаження, Н;

ν – швидкість скорочення м'яза, м/с.

2.6 Оформлення переліку посилань

Перелік джерел, на які є посилання, наводять у кінці ДКР, починаючи з нової сторінки. У відповідних місцях тексту мають бути посилання на джерела в прямокутних дужках.

Бібліографічні описи в переліку посилань подають у порядку, за яким вони вперше згадуються в тексті. Порядкові номери описів у переліку є посиланнями в тексті (номерні посилання). Перелік посилань оформлюється за ДСТУ 8302:2015 [2].

2.7 Порядок захисту ДКР

1. ДКР здається на перевірку в термін, вказаний викладачем. Аркуші не зшиваються, а вкладаються у файл.
2. За кожний тиждень запізнення з поданням ДКР на перевірку нараховується 1 штрафний бал. Загальна кількість штрафних балів не перевищує 5.
3. До захисту допускаються ДКР, які набрали не менше 40% від максимальної кількості балів, яку можна отримати за ДКР.
4. ДКР оцінюється згідно з рейтинговою системою оцінювання.
5. Істотне значення має правильне подання матеріалу ДКР. Відповіді при захисті повинні бути чіткими, конкретними, супроводжуватися необхідними поясненнями з посиланням на літературу та/або електронні джерела Інтернету.
6. Критерії оцінювання при захисті роботи:
 - повне володіння матеріалом, викладеним в ДКР, та розуміння суті висвітлених питань (не менше 90% від максимальної кількості балів, яку можна отримати за ДКР);
 - часткове володіння матеріалом або неповне розуміння висвітлених питань (більше 75%);
 - погане володіння матеріалом або не розуміння суті висвітлених питань (більше 60%);
 - незадовільне володіння матеріалом та не розуміння суті висвітлених питань (менше 60%).
7. ДКР вважається зарахованою, якщо набрано не менше 60% від максимальної кількості балів, яку можна отримати за ДКР.

3 ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ ТИПОВИХ ЗАВДАНЬ

3.1 Приклад виконання завдання 1

Визначити реакції кульшового суглоба F_J та відвідних м'язів F_M , що виникають при повільній ходьбі в період опори на одну кінцівку [3], як функцію ваги тіла W за наступних умов:

W_2 – вага тіла без ваги опорної кінцівки;

a , b – найкоротші відстані від точки прикладання реакції кульшового суглоба F_J (т. J) до напрямків дії сил F_M і W_2 ;

$a = 5$ см;

$b = 13$ см;

θ – кут між горизонтом і напрямком дії сили F_M ,

$\theta = 70^\circ$.

Проаналізувати отриманий результат.

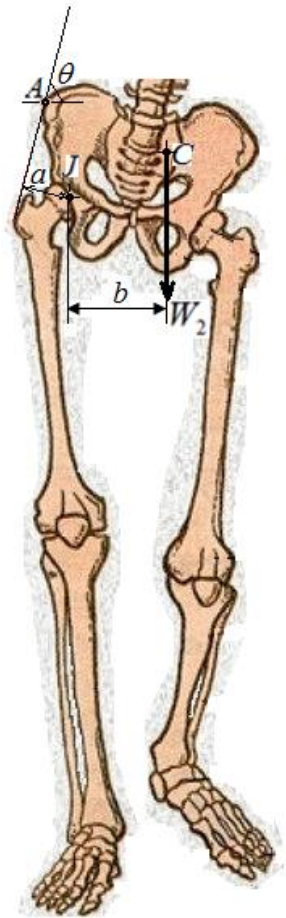


Рисунок 1

Розв'язування

Об'єктом дослідження є біомеханічна система – верхній пояс нижньої кінцівки. Для визначення реакції кульшового суглоба та відвідних м'язів, що виникають при повільній ходьбі в період опори на одну кінцівку, будемо діаграму вільного тіла біомеханічної системи. Для цього застосовуємо принцип звільнення від в'язей [4]: відкидаємо в'язь – опорну кінцівку, а її дію на систему замінюємо відповідними реакціями кульшового суглоба F_J та відвідних м'язів F_M .

Тіло знаходиться у стані рівноваги під дією трьох сил: активної сили W_2 (вага тіла без ваги опорної кінцівки) та реакцій F_M і F_J , що прикладені відповідно в точках A і J . Всі сили лежать в одній площині, тобто маємо плоску систему сил (рис. 2).

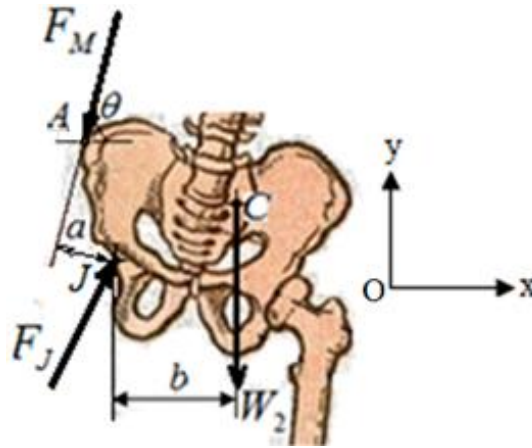


Рисунок 2 – Діаграма вільного тіла верхнього поясу нижньої кінцівки

Для рівноваги плоскої системи сил, що діють на тверде тіло, необхідно і достатньо виконання наступних умов [4]:

- Сума проекцій сил на кожну з двох прямокутних осей координат, що розташовані в площині дії сил, має дорівнювати нулю.
- Алгебраїчна сума моментів сил відносно будь-якої точки, що знаходиться у площині дії сил, має дорівнювати нулю.

Складемо рівняння рівноваги при обраних осях координат, замінюючи реакції F_M і F_J їх проекціями на осі координат Ox і Oy . Суму моментів усіх сил будемо визначати відносно точки J :

$$\sum_{k=1}^n F_{kX} = 0: \quad F_{JX} - F_M \cos \theta = 0 \quad (1.1)$$

$$\sum_{k=1}^n F_{kY} = 0: \quad F_{JY} - F_M \sin \theta - W_2 = 0 \quad (1.2)$$

$$\sum_{k=1}^n M_J(F_k) = 0: \quad aF_M - bW_2 = 0 \quad (1.3)$$

Знайдемо реакцію відвідних м'язів F_M з рівняння рівноваги (1.3):

$$F_M = \frac{b}{a} W_2 \quad (1.4)$$

Вага тіла без ваги опорної кінцівки W_2 обчислюється за формулою:

$$W_2 = W - W_1, \quad (1.5)$$

де W – вага тіла;

W_1 – вага опорної кінцівки.

Для розрахунку W_1 скористаємося таблицею Б.1 додатку Б [5], згідно з якою, відносна вага сегментів нижньої кінцівки від загальної ваги тіла W відповідно становить:

- стегно – 10 %,
- гомілка – 4,7 %,
- стопа – 1,5 %.

Тоді вага опорної кінцівки:

$$W_1 = \frac{(10 + 4,7 + 1,5)\%}{100\%} W = 0,162 W$$

Підставляємо отримане значення W_1 у формулу (1.5) і одержуємо:

$$W_2 = W - 0,162 W = 0,838 W$$

За формулою (1.4) знайдемо реакцію відвідних м'язів F_M , як функцію ваги тіла:

$$F_M = \frac{b}{a} W_2 = \frac{13}{5} \cdot 0,838 W = 2,179 W$$

З рівняння (1.1) знайдемо F_{JX} – горизонтальну проекцію реакції F_J :

$$F_{JX} = F_M \cos \theta = 2,179W \cos 70^\circ = 0,745W$$

З рівняння (1.2) знайдемо F_{JY} – вертикальну проекцію реакції F_J :

$$F_{JY} = F_M \sin \theta + W_2 = 2,179W \sin 70^\circ + 0,838W = 2,886W$$

Повну реакцію кульшового суглоба F_J визначимо за формулою:

$$F_J = \sqrt{(F_{JX})^2 + (F_{JY})^2} = \sqrt{(0,745W)^2 + (2,886W)^2} = 2,981W$$

Визначимо кут ϕ , що утворює вектор реакції кульшового суглоба $\vec{F_J}$ з віссю Ох:

$$\cos \phi = \frac{F_{JX}}{F_J} = \frac{0,745W}{2,981W} = 0,250; \quad \phi = \arccos 0,250 = 75,53^\circ$$

Відповідь: $F_M = 2,179W$, $F_J = 2,981W$.

Аналіз отриманого результату

1. При повільній ходьбі, в період опори на одну кінцівку, реакція відвідних м'язів F_M перевищує вагу тіла W більше ніж у 2 рази, а реакція кульшового суглоба F_J перевищує вагу тіла майже в 3 рази. При середній вазі особи 700 Н:

$$F_M = 2,179W = 2,179 \cdot 700 \approx 1525 \text{ H}$$

$$F_J = 2,981W = 2,981 \cdot 700 \approx 2087 \text{ H}$$

2. При вертикальному направленні реакції F_M , тобто при куті $\theta = 90^\circ$, реакція кульшового суглоба F_J буде максимальною. В цьому випадку:

$$F_{JX} = 0$$

$$F_J = F_{JY} = F_M \sin \theta + W_2 = 2,179W \sin 90^\circ + 0,838W = 3,017W$$

3. Момент сил відносно центру кульшового суглоба, що створюють сили тяги відвідних м'язів при середній вазі особи 700 Н, складатиме:

$$M_J = F_M a = 2,179W a = 2,179 \cdot 700 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 76,265 \text{ Нм}.$$

4. При ходьбі в середньому та швидкому темпі, а тим паче при бігу, реакції F_M, F_J суттєво зростають.

3.2 Приклад виконання завдання 2

Довести, що залежність загальної потужності м'язового скорочення від навантаження є лінійною. Проаналізувати залежність корисної потужності м'яза від навантаження.

Доведення

Основним характеристичним рівнянням механіки м'язового скорочення є рівняння Хілла [6]:

$$(P + a)(v + b) = (P_0 + a)b = a(v_{MAX} + b), \quad (2.1)$$

де v – швидкість скорочення м'яза, м/с;

v_{MAX} – максимальна швидкість скорочення м'яза, м/с;

P – м'язова сила або прикладене до м'яза навантаження, Н;

P_0 – максимальна сила, що розвивається м'язом в ізометричному режимі, Н;

a – константи м'яза, Н;

b – константи м'яза, м/с.

Корисна робота, що здійснюється м'язом при поодинокому скороченні на довжину dx :

$$dA = Pdx \quad (2.2)$$

Корисна потужності м'язового скорочення:

$$N_{KOP} = \frac{dA}{dt} = \frac{Pdx}{dt} = Pv \quad (2.3)$$

Кількість теплоти, що виділяється під час м'язового скорочення

$$Q = ax \quad (2.4)$$

Загальна потужності м'язового скорочення:

$$N_{ЗАГ} = N_{KOP} + \frac{dQ}{dt} = Pv + \frac{d(ax)}{dt} = Pv + a v = (P + a) v. \quad (2.5)$$

З рівняння (2.1) визначимо швидкість скорочення м'яза:

$$v = \frac{(P_0 + a)b}{P + a} - b = \frac{(P_0 + a)b - (P + a)b}{P + a} = \frac{b(P_0 - P)}{P + a} \quad (2.6)$$

Підставивши у формули (2.3) і (2.5) значення швидкості скорочення м'яза (2.6), отримаємо наступні рівняння для визначення корисної і загальної потужності м'язового скорочення:

$$N_{KOP} = \frac{Pb(P_0 - P)}{P + a} \quad (2.7)$$

$$N_{3AG} = (P + a) \frac{b(P_0 - P)}{P + a} = b(P_0 - P), \quad (2.8)$$

З формули (2.7) видно, що корисна потужність приймає нульове значення при $P=0$ або $P=P_0$.

Аналіз отриманого результату

1. Отримане рівняння (2.8) є лінійною залежністю загальної потужності м'язового скорочення від навантаження;
2. Загальна потужність приймає максимальне значення $N_{3AG} = bP_0$ при $P=0$;
3. Загальна потужність приймає нульове значення при $P=P_0$.

3.3 Приклад виконання завдання 3

Дати відповідь стосовно наступного питання:

Методи дослідження рівноваги тіла на прикладі постурографії. Статичні та динамічні дослідження. Структурна схема динамічної постурографічної платформи. Галузі застосування постурографії.

Відповідь

Постурографія – це метод визначення можливості людини контролювати поставу та рівновагу в умовах руху опори (силової платформи) або при дії зовнішніх подразників. Прилад, на якому проводиться дослідження, називається постурограф [7].

В основі методу постурографії лежать дослідження коливань координат загального центру ваги (ЗЦВ) пацієнта на опорі. Тиск на опору перетворюється в цифровий сигнал, який з платформи надходить до комп'ютера, де спеціальне програмне забезпечення аналізує змінення координат ЗЦВ за певний проміжок часу.

Дослідження проводяться у стані спокою (статистичні) та в динаміці (динамічна постурографія).

Статистичні дослідження (постуральні тести) проводяться на фіксованій силовій платформі. Людина стоїть вертикально і датчики платформи (перетворювачі сили і руху) визначають незначні коливання тіла.

При динамічній постурографії використовується пристрій з рухомою платформою. Комп'ютер управляє електродвигунами, що зміщують платформу в горизонтальній площині та нахиляють її.

Структурна схема динамічної постурографічної платформи представлена на рисунку 3.

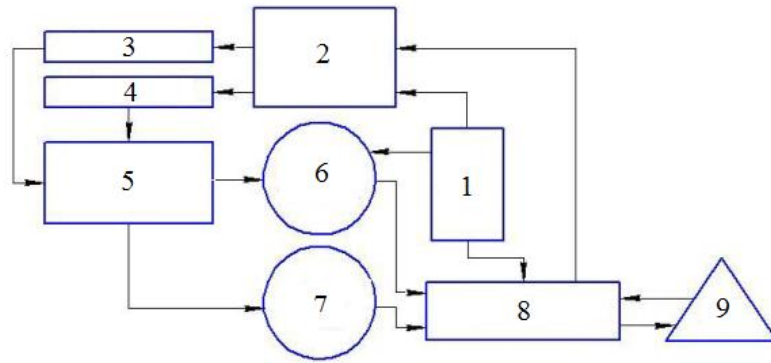


Рисунок 3 – Структурна схема динамічної постурографічної платформи: 1 – блок живлення; 2 – блок управління електродвигунами; 3, 4 – електродвигуни; 5 – опорна плита; 6 – датчик тиску; 7 – датчик нахилу; 8 – мікроконтролер; 9 – ноутбук із відповідним програмним забезпеченням.

Під час дослідження пацієнт зберігає вертикальне положення з відкритими або закритими очима. Протоколи дослідження включають певну послідовність стандартних рухів платформи, при яких поза пацієнта може бути розбалансована. Робиться декілька послідовних тестів при різних умовах, що змінюють ступінь участі різних систем організму в підтримці пози. Як правило, проби проводять з використанням декількох рівней складності.

Комп'ютерна динамічна постурографія дозволяє вивчати взаємодію зорової, вестибулярної та м'язової систем при забезпеченні функцій рівноваги.

Постурографія застосовується для оцінки ризику падіння, в судово-медичній практиці, при проходженні військово-медичної та лікарсько-льотної комісій, у спортивній медицині тощо.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Київ, 2016. – 26 с.
2. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ, 2016. – 16 с.
3. Герман И. Физика организма человека. Пер. с англ.: Научное издание. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 992 с.
4. Павловський М.А. Теоретична механіка. – К.: Техніка, 2002. – 510 с.
5. Лапутін А.М. та ін. За загальною редакцією А.М. Лапутіна. Біомеханіка спорту: Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2005. – 320.
6. Григор'єва Л. І., Томілін Ю.А. Основи біофізики і біомеханіки: навч. посіб. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 300 с.
7. Постурограф. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://otolar-centre.ru/tematicheskie-stati/1743-posturograf-posturografiya.html>.

ДОДАТОК А

Зразок оформлення титульного аркуша домашньої контрольної роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Факультет біомедичної інженерії

БІОМЕДИЧНА МЕХАНІКА
ДОМАШНЯ КОНТРОЛЬНА РОБОТА

рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
спеціальність	163 Біомедична інженерія
освітня програма	Біомедична інженерія
форма навчання	Денна

Варіант ДКР № _____

Виконав студент 3-го курсу гр.
БМ-ХХ _____

Перевірив доцент кафедри БМІ _____

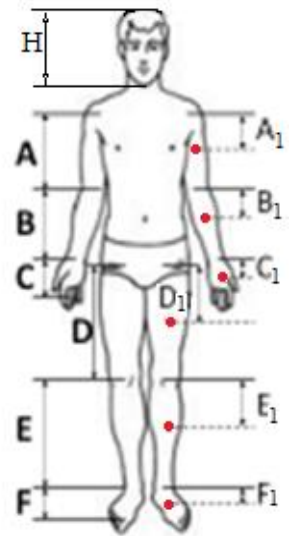
Бали за ДКР відповідно до РСО _____

Підпис перевіряючого _____

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Відносна маса сегмента тіла, відносна довжина сегмента та відносна відстань центру мас від проксимального суглоба

Сегмент тіла		Відносна маса сегмента від загальної маси тіла, %	Відносна довжина сегмента від зросту особи, %		Відносна відстань центру мас сегмента від проксимального суглоба, %	
A	Плече	2,8	A	18,6	A ₁	43,6
B	Передпліччя	1,6	B	14,6	B ₁	43,0
C	Кисть	0,6	C	10,8	C ₁	50,6
D	Стегно	10,0	D	24,5	D ₁	43,3
E	Гомілка	4,7	E	24,6	E ₁	43,3
F	Стопа	1,5	F	15,2	F ₁	50,0
G	Тулуб	49,7	G	33,3	G ₁	50,0
H	Голова і шия	8,1	H	18.2		



ДОДАТОК В

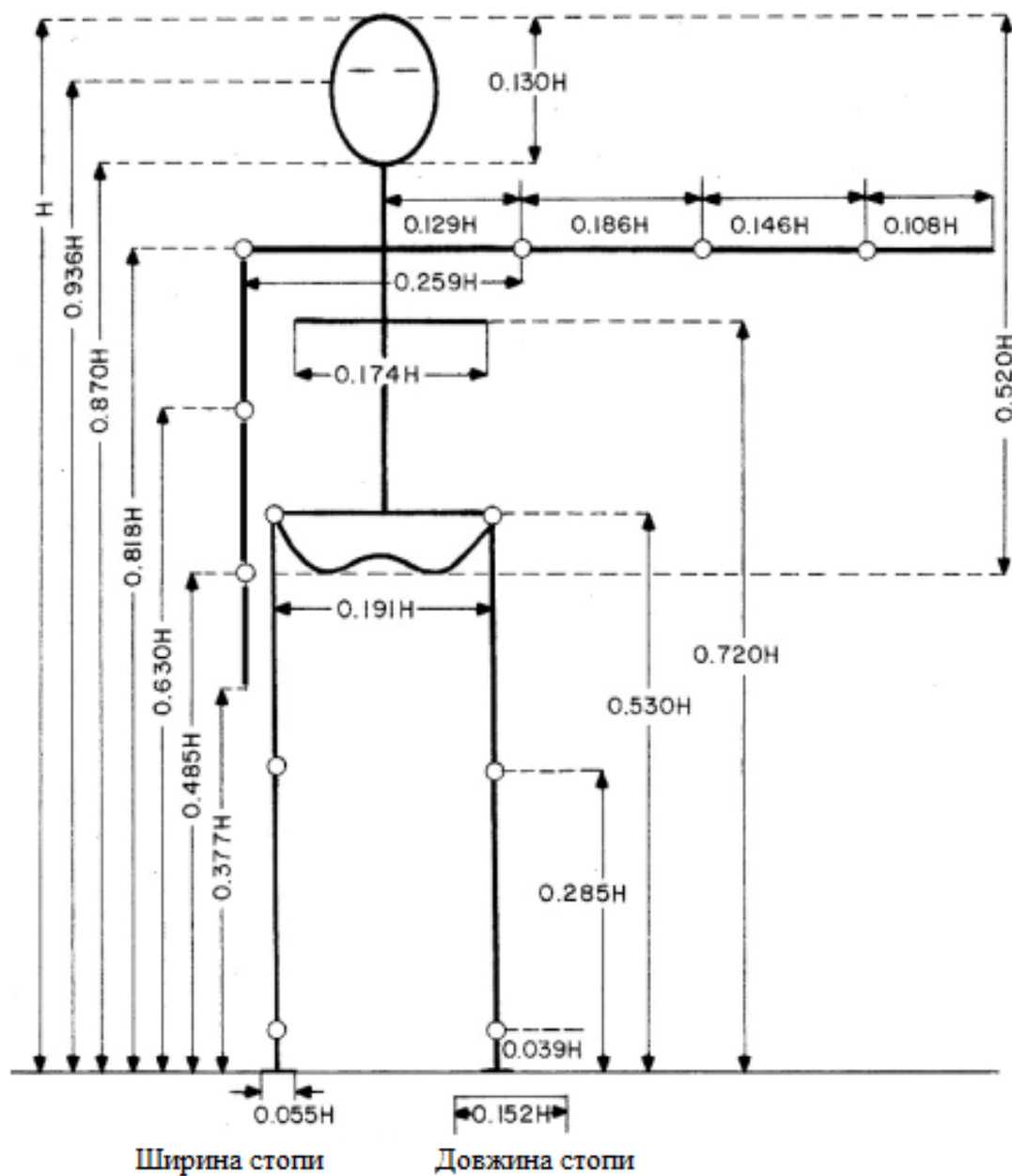


Рисунок В.1 – Відносна довжина сегментів і частин тіла в одиницях зросту H