

Моделювання та формоутворення засобами прикладної та дискретної геометрії як основа побудови інтерпретаційної фізико-математичної моделі опорно-рухового апарату людини

Ольга Кучерява, аспірант, викладач¹ (ORCID: 0009-0003-3260-2903)

¹ Національний університет фізичного виховання та спорту України, вулиця Фізкультури, 1, Київ, Україна

АНОТАЦІЯ

Представлено результати моделювання та формоутворення засобами прикладної дискретної геометрії. Дано початок дослідженням інтерпретаційної фізико-математичної моделі опорно-рухового апарату людини, що буде сприяти покращенню розуміння навантаження надмірної ваги на нижні кінцівки, що у свою чергу буде допомагати наочності та оцінці впливу надмірної ваги тіла на суглоби, та частково стане передумовою для вдосконалення програм фізичної терапії.

Ключові слова: біотенсегріті, інтерпретаційна фізико-математична модель, опорно-руховий апарат людини, надмірна вага, фізична терапія.

1. ВСТУП

Надлишкова маса тіла та ожиріння є важливим фактором ризику утворення болей у суглобах нижніх кінцівок, внаслідок надмірного механічного навантаження та гіподинамію людини, що призводить до слабкості м'язово-зв'язкового апарату та порушення конгруентності суглобових поверхонь.

Робота містить огляд того, як за допомогою методів геометричного формоутворення та чисельного моделювання можна вдосконалити тенсегріті-модель, що дасть змогу змодельовати інтерпретаційну фізико-математичну модель. Очікуємо, що дані дослідження будуть сприяти покращенню розуміння навантаження надмірної ваги на нижні кінцівки опорно-рухового апарату людини, що у свою чергу буде допомагати наочності та оцінці впливу надмірної ваги тіла на нижні кінцівки людини.

2. МЕТА

Інтерпретаційна фізико-математична модель відкриє можливість порівняння характеру розподілу зусиль у нижній частині тіла людини, що у перспективі удосконалив процес складання програми фізичної терапії, що буде спрямована на зниження маси тіла та покращення функціонального складу тіла людини.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРО ТЕНСЕГРІТІ-МОДЕЛЬ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ МОДЕЛЮВАННЯМ

Тенсегріті-модель застосовують для опису безперервного розтягу та переривчастого стиснення структур, її застосовують до архітектурних конструкцій. Прикладами таких структур є ікосаедр Фуллера з двадцятьма сторонами (Рис. 1), скульптура Снелсона «Голка» в Музеї Хіршхорна, Вашингтон.

Ортопед Стівен Леві, який ввів поняття «біотенсегріті» більше 30 років, розглядає тіло людини як цілісну конструкцію, яка представляє собою ієрархічну систему, компоненти якої на всіх рівнях побудовані по принципу тенсегріті [4].

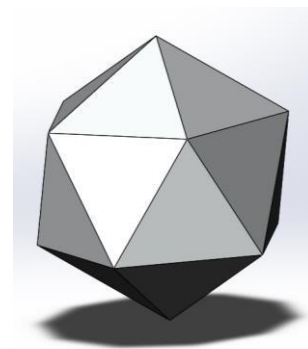


Рис. 1. Ікосаедр Фуллера з двадцятьма сторонами

За принципом тенсегріті влаштований каркас людського тіла, згідно з загальноприйнятою думкою, що людський хребет поводить як архітектурна колона або опора і переносить свою вагу, через тазостегновий суглоб, колінний суглоб та стопи [3].

У моделі тенсегріті (Рис. 3) у застосуванні до біологічних структур кістки скелета вважаються не опорною колоною, а елементами стиснення, заплетеними в проміжки високоорганізованої мережі натягу. Таким чином, модель при ретельному дослідженні та доопрацюванні може стати основою для моделювання опорно-рухового апарату людини.

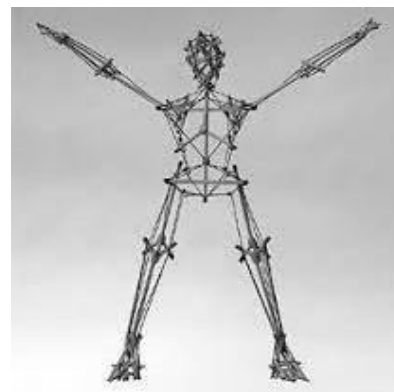


Рис. 3 Модель біотенсегріті [5]

4. МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРУ РОБОТИ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ ЛЮДИНИ

Вивчаючи існуючі дослідження у галузі теоретичної механіки та прикладної дискретної геометрії, ми виокремили широку варіативність застосування інтерпретаційних моделей зрівноважених статичних чи динамічних сітчастих структур, якими в тому числі являються конструкції типу «тенсегріті», по відношенню до широкого спектру задач.

Слід зазначити, що застосовуючи інтерпретаційні моделі сітчастих структур можна успішно моделювати роботу та елементи напружено-деформованого стану стрижневих, вантових та комбінованих конструкцій із шарнірним сполученням ланок (зв'язків) [2, 5]. Саме на засадах механіки та інструментів чисельного моделювання внутрішніх зусиль у вузлах і ланках моделей кісток та м'язів будуються сучасні підходи до моделювання, так як ці моделі повністю відповідають характеру роботи опорно-рухового апарату людини.

Розглянувши можливості удосконалення біотенсегріті-моделі, використовуючи методи чисельного моделювання та формоутворення засобами прикладної дискретної геометрії, а також спираючись на оцінку складу тіла людини за допомогою вимірювання опору різних тканин організму слабким електричним сигналам, планується створення інтерпретованої фізико-математичної моделі нижньої опорно-рухового апарату людини.

В процесі побудови планується застосовувати інструментальну базу дискретного геометричного формоутворення, необхідно зазначити, що кістки будуть інтерпретуватимуться, як жорсткі стрижні, що працюють в межах пружних деформацій без втрати стійкості, а м'язи – як гнучкі нерозтяжні ланки, які після зникнення зусиль, що зумовлюватимуть розтягнення та будуть намагатися повернутися у початковий стан [1]. На початковому етапі дослідження фізико-інтерпретаційна модель виглядає наступним чином, рис. 4 та рис. 5.



Рис. 4. Схематичне зображення інтерпретаційної фізико-математичної моделі нижньої частини опорно-рухового апарату людини.

Варто відзначити, що моделювання характеру роботи дозволяє визначити величини опорних реакцій модельованих конструкцій та впливати на перерозподіл цих реакцій з метою розвантаження окремих опор [2].

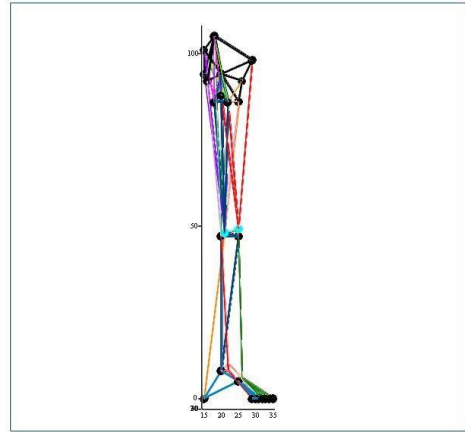


Рис. 4. Схематичне зображення інтерпретаційної фізико-математичної моделі нижньої частини опорно-рухового апарату людини (вигляд збоку).

Тому якщо дана модель буде інтерпретованою версією опорно-рухового апарату ми зможемо вивчати вплив надмірної ваги на опорно-руховий апарат людини. Таким чином, ми матимемо змогу на основі аналізу розподілу внутрішніх зусиль у кістках і м'язах оцінити вплив надмірної ваги на людину, її функціональний стан та рухову активність

5. ВИСНОВКИ

Отже, шляхом розробки та аналізу інтерпретаційної фізико-математичної моделі нижньої частини опорно-рухового апарату, ми будемо сприяти більш реалістичному дослідженню специфіки роботи суглобів, що у свою чергу відкриє можливості для прикладних досліджень впливу надмірної ваги на колінні та суміжні суглоби та вдосконаленню програм фізичної терапії.

Список літератури

- [1] Жарова І, Скочко В, Кучерява О. Моделювання функцій опорно-рухового апарату як інструмент вибору та використання засобів фізичної терапії в осіб із надлишковою масою тіла та гоналгіями. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2023. № 1. 102–107. DOI: 10.32652/spmed.2023.1.102-107.
- [2] Скочко В. І. Методи інтерпретаційного геометричного моделювання сітчастих структур та їх застосування: дис. ... доктора техн. наук : 05.01.01. К. : КНУБА, 2021. 277 с.
- [3] Levin S. A suspensory system for the sacrum in pelvic mechanics: biotensegrity. *Movement, Stability & Lumbopelvic Pain*. 1975. P. 229–237. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-044310178-6.50017-7>
- [4] Skochko V. I., Ploskyi V. O. Morphogenesis and adjustment of flat rod structures. *USEFUL Online Scientific Journal*. 2018. Vol.2, No 2. P. 8–26. DOI: <https://doi.org/10.32557/useful-2-2-2018-0002>.