

## АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ВІРТУАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРИ ТІЛА ХРЕБЦЯ ЛЮДИНИ

Філімонов С.О., Авер'янова Л.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків Україна,  
e-mail: serhii.filimonov@nure.ua

**Вступ.** Хвороби хребта посідають стабільне перше місце за поширеністю серед населення земної кулі. Найчастіше спостерігаються дегенеративно-дистрофічні хвороби хребта, які часто призводять до втрати працездатності та інвалідизації. Невід'ємною складовою діагностичних та терапевтичних технологій у сучасній вертебрології є оцінка структурних особливостей кісток хребта людини. Класифікація системних та місцево поширених патоморфологічних змін кісткової тканини базується на поглибленому аналізі етіології та патогенезу порушень у кісткових структурах, оцінці тяжкості захворювання.

**Результати роботи.** Віртуальні моделі кісткових структур створюються з урахуванням специфіки поставлених клінічних задач. Насамперед вони відрізняються за умов квазістатичних та динамічних навантажень на кістку. Одним із перспективних методів комплексного моделювання структури тіла хребця є метод скінченних елементів (FEM). Він дозволяє моделювати процеси у кістках, які неможливо визначити експериментальним шляхом, наприклад, процеси системної дегенерації хребта. У [1] представлені тривимірні (3D) FE-симуляції довгострокових вікових та випадкових процесів дегенерації сегментів L1-L5 хребта людини для аналізу дегенеративних процесів, пов'язаних зі стисканням. Відомо також, що 3D FE-модель застосована для симуляції остеопоротичного процесу у хребцях [2]. Проводилась програмна постобробка даних комп'ютерної томографії (КТ) хребців здорової людини T11-L2, за результатами якої створено моделі вертебральних остеопоротичних переломів. Розраховувались зміни напруги у хребцях за різних умов.

Найбільш розвинені дослідження стосуються гістоморфометрії мікроархітектури кістки з використанням алгоритмів оцінки за 2D-зображеннями характеристик трабекул (товщина та сполучність) [3]. Параметри 3D-моделі трабекулярної мікроархітектури кісток можна верифікувати за даними рентгенівської мікроКТ (воксель  $5 \div 30$  мкм). Для оцінки специфічних для захворювань змін за мікроКТ визначаються об'ємна мінеральна щільність кісткової тканини vBMD, об'ємна частка кістки (об'єм кістки/загальний об'єм BV/TV). Для розрахунку BV/TV у кожному наборі 3D даних за гістограмою визначаються індивідуальні глобальні пороги сірої шкали за мінімумами у розподілі гістограми, що відокремлюють кістку від кісткового мозку та м'яких тканин.

**Висновки.** Перспективи лікування кожної конкретної патології хребців обов'язково мають оцінюватись з точки зору кількісної оцінки мікроархітектури трабекулярної кісткової тканини. Метод кінцевих елементів, верифікований за даними мікроКТ, може бути використаний для точного моделювання структури хребців як у загальному випадку, так і для конкретних патологій. Гістограмний аналіз мікроКТ дозволяє визначити низку клінічно значущих параметрів стану трабекулярної тканини тіл хребців з подальшою класифікацією патологічних порушень.

### Перелік посилань:

1. Agostinho Hernandez B, Gill HS, Gheduzzi S. A Novel Modelling Methodology Which Predicts the Structural Behaviour of Vertebral Bodies under Axial Impact Loading: A Finite Element and DIC Study. *Materials* (Basel). 2020 Sep 24;13(19):4262. doi: 10.3390/ma13194262.
2. Wang D, Li Y, Yin H, Li J, Qu J, Jiang M, Tian J. Three-dimensional finite element analysis of optimal distribution model of vertebroplasty. *Ann Palliat Med*. 2020 May;9(3):1062-1072. doi: 10.21037/apm-20-955. Epub 2020 May 18.
3. D. Chappard, M.-F. Baslé, E. Legrand, M. Audran, Trabecular bone microarchitecture: A review. *Morphologie*, Vol. 92, Issue 299, 2008, pp.162-170. <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2008.10.003>.

