

**ВИЗНАЧЕННЯ РЕФЕРЕНТНИХ ВЕЛИЧИН МІНЕРАЛЬНОЇ ЩІЛЬНОСТІ
СТРУКТУР СТЕГНОВОЇ КІСТКИ ДЛЯ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ
ОСТЕОДЕНСИТОМЕТРІЇ**

¹Уданович Д.Г., ²Арсенідзе Т.О.

¹Харківський національний університет радіоелектроніки,
пр. Науки, 14, м. Харків, 61166, Україна,

²Харківська медична академія післядипломної освіти,
вул.Амосова,58, м.Харків, 6100, Україна
diana.udanovych@nure.ua

The report describes a methodology that allows to objectivize the definition of mineral density of the bone tissue by x-ray images, obtained by photodensitometry, which is based on measurements of the optical density of bone radiographs. The dose of irradiation is the same as with conventional X-ray that X-rays are performed on the diagnosis of any other pathology, including dysplasia of the hip joint, and the results are expressed as an equivalent of the thickness of the test object. Changing the shape of the densitogram of the x-ray bone image is primarily due to changes in the density or thickness of the bone tissue layer, which may obviously occur with many pathological disorders.

Оцінка стану кісткової тканини на сучасному етапі базується на лабораторно-інструментальних та променевих методах. Методом, що дозволяє об'єктивізувати визначення мінеральної щільності кісткової тканини за звичайними рентгенівськими знімками, є рентгенівська фотоденситометрія, яка базується на вимірюванні оптичної щільності рентгенограм кісток. Виконується в порівнянні з зображенням алюмінієвого тест-об'єкту. Рентгенограми можуть виконуватись з приводу діагностики будь-якої кісткової патології, в тому числі і дисплазії кульшового суглоба (ДКС), а результати виражаються у вигляді еквівалента товщини тест-об'єкта та мінеральної щільності за гідроксиапатитом – основним мінеральним компонентом кістки. Програмних засобів для впровадження методики розроблено недостатньо, що вимагає подальших досліджень і розробок для вдосконалення діагностики структурно-функціонального стану кісткової тканини.

Зміна форми денситограми рентгенівського зображення (РЗ) кістки обумовлена насамперед відповідними змінами щільності або товщини шару кісткової тканини, що вочевидь може траплятись при багатьох патологічних порушеннях. Для розрахунку мінеральної щільності кісткової тканини застосовується алюмінієвий ступінчастий тест-об'єкт з висотою сходинки 1 мм (рис.1). На кожній сходинці показано зону для визначення усередненої яскравості сходинки, що необхідно для отримання більш точних значень.

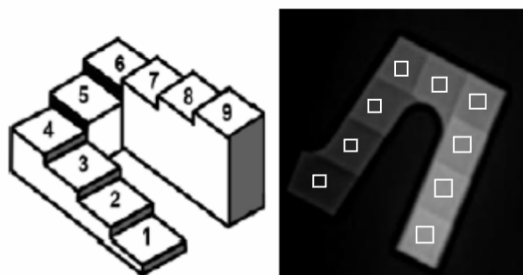


Рис. 1. Схема та рентгенівський знімок тест-об'єкту

Важливим етапом є побудування по точках кривої зміни яскравості тест-об'єкту від товщини, тобто денситограму тест-об'єкту з урахуванням доступних значень товщини, апроксимованих з окремих вимірювань.

Розрахунок мінеральної щільності кісткових структур базується на законі Бугера, який визначає ступінь ослаблення рентгенівського випромінювання речовиною:

$$I = I_0 e^{-\mu y}, \quad (1)$$

де I – інтенсивність випромінювання, яке пройшло крізь речовину;
 I_0 – початкова інтенсивність випромінювання;
 μ – лінійний коефіцієнт ослаблення випромінювання;
 y – товщина шару опроміненої речовини.

Лінійний коефіцієнт ослаблення випромінювання μ у формулі (1) характеризує відносну зміну інтенсивності спрямованого випромінювання на одиницю товщини речовини.

Основною задачею є необхідність побудувати денситограму РЗ та визначити товщину кільця кортикального шару у діафізі. За денситограмою провести розрахунок зовнішнього та внутрішнього діаметрів кортикального шару (рис. 2). В центрі денситограми кортикальний шар має товщину, що дорівнює подвійній товщині кільця. Тому якщо кістка циліндрична трубчаста – можна обчислити товщину кортикального шару в центрі по денситограмі як різницю діаметрів.. Потім обчислити яскравість власне кортикальної кістки, що знаходиться на тлі м'яких тканин. По денситограмі виміряти яскравість м'якої тканини прямо біля кістки, а далі – відняти від яскравості в центрі денситограми яскравість м'яких тканин. Різницю ми будемо вважати яскравістю тільки кортикальної кістки.



Рис. 2. Рентгенограма кульшових суглобів дитини раннього віку та денситограма стегнової кістки у діафізі

Завершальним етапом є пошук на денситограмі тест-об'єкту точки, що відповідає яскравості зображення кістки в зоні інтересу. Яскравості РЗ кістки в центрі денситограми відповідає така ж яскравість шару алюмінію певної товщини, далі визначається ця товщина алюмінію y_{Al} за ознакою однакового ослаблення рентгенівського випромінювання. Розрахунок мінеральної щільності кортикальної кістки за параметрами гідроксиапатиту $\rho_{ккНА}$ здійснюється за формулою

$$\rho_{ккНА} = \frac{0,54 \rho_{Al} y_{Al}}{y_{кк}}$$

Було здійснено розрахунок мінеральної щільності кортикального шару дорослої людини ($1,2 \text{ г/см}^3$) та дітей до 3 років (від $0,45$ до $0,75 \text{ г/см}^3$).

Такий алгоритм розрахунків мінеральної щільності в відповідності до тестового зразку кістки знаходить своє застосування за допомогою відповідного програмного середовища, розробка якого проводиться. Цей метод діагностики мінеральної щільності стегнової кістки можливо використовувати в будь-якому рентгенівському кабінеті за наявності відповідного програмного забезпечення.