

## БІОМЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ СТРУКТУРИ ТА ФІЗІОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

Багаторівнева структура кісткової тканини (КТ) обумовлює унікальність її механічних параметрів. Для КТ характерні: неізотропія, неоднорідність і анізотропія на мікро- та макрорівнях; нелінійність механічних характеристик навіть у пружної області; виражена залежність її поведінки і властивостей від часу.

На сьогодні існує багато робіт присвячених механічним характеристикам КТ, але дані, що отримані в цих роботах, мають досить великі розбіжності через відсутність єдиних методик випробувань та обробки експериментальних даних.

### Мета роботи

Встановити закономірності зміни механічних характеристик КТ під впливом на них вологості та температури, запропонувати способи описання та прогнозування деформування КТ на основі експериментальних даних.

### Методи випробувань

Випробували зразки кортикальної КТ, вирізаних із стегнових кісток. Вимірювання деформацій КТ проводили при компресійних навантаженнях індикаторами годинникового типу з точністю 1 мкм.

Зразки випробовувались при трьох рівнях зволоженості: при звичайних лабораторних умовах, тобто без впливу інших факторів крім мікроклімату лабораторії; після просушування у абсорбенті; після витримки у фізіологічному розчині протягом однієї доби. Випробування проводили при температурах до 40°C.

### Результати досліджень

Зміна вологості зразків КТ впливає на значення модулів пружності: в напрямку орієнтації остеонів в сухих зразках модуль пружності збільшується від 25 до 44% порівняно з вологою КТ. Мо-

дулі пружності в поперечному напрямі при зволоження та просушування зразків не змінюються. Випробування при температурах 20, 30, та 40°C не показали суттєвих змін характеристик КТ.

Повзучість КТ (розвиток деформацій у часі) вивчали при постійному навантаженні, яке забезпечувалося випробувальною машиною. Зразки випробовували при чотирьох рівнях навантаження протягом 5 хвилин у різних напрямках: в головному, що відповідає орієнтації остеонів, та поперечному. Експеримент повторювали при різних степенях зволоженості зразка.

Аналітичне описання в'язко пружних характеристик матеріалу проводили на основі експериментальних даних та вдосконаленої в'язко пружної моделі Ю.М. Работнова. Застосовані рівняння, що встановлюють залежність між напруженнями, деформаціями та часом для нелінійно в'язко-пружних матеріалів, містять набір матеріальних констант і враховують історію навантаження.

Для використання зазначеної моделі у випадку КТ показано, що матеріал проявляє нелінійні в'язко-пружні властивості. Побудовано експериментальні та теоретичні криві повзучості, розраховані криві піддатливості та статистичні графіки порівняння, що підтверджують адекватність математичної моделі.

### Висновки

Розроблено вдосконалену методику випробувань та отримані нові дані про механічні характеристики кісткової тканини, досліджено вплив умов зберігання на значення характеристик кісткової тканини. Запропоновано спосіб описання в'язко-пружних властивостей кісткової тканини, що дозволяє прогнозувати деформації систем остеосинтезу методами математичного моделювання при довготривалих навантаженнях.