

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЛАСТИКИ КІСТКОВИХ ПОРОЖНИН ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗНОВИДІВ КАЛЬЦІЙ-ФОСФАТНИХ КЕРАМІК

Вступ

Можливості методу кінцевих елементів (МКЕ) є логічним вибором для розуміння напружено-деформованого стану (НДС) кістки за рахунок унікальної здатності оцінювати розподіл НДС у структурах нерегулярної форми і “поведінки” матеріалу в умовах складного навантаження.

Мета дослідження

Розробка відносно простої та інформативної тривимірної кінцево-елементної (КЕ) моделі проксимального відділу стегнової кістки та кульшового суглоба для прогнозування результатів пластики кісткових порожнин за допомогою різновидів кальцій-фосфатних керамік та клінічне підтвердження отриманих даних.

Матеріали та методи

При побудові моделі використано програми “BioCad” (програма автоматичної генерації КЕ сітки) та “Looker” (програма візуалізації інженерних розрахунків). Після одержання базових даних щодо величини та розподілу напружень у проксимальному відділі стегнової кістки та кульшовому суглобі в нормі, а також при формуванні дефектів, було проведено моделювання реконструкції порожнин із застосуванням замісних матеріалів (пористий гідроксилапатит (ГА) та біфазна (БФ) кераміка на його основі). Механічні характеристики керамік (у тому числі модуль Юнга) були досліджені в лабораторії “Фізика міцності й пластичності” ННЦ ХФТІ. Аналіз виконували на зразках однофазного мікропористого ГА (діаметр пор до 10 мкм) з пористістю 25-32% та мікро-макропористих (діаметр макропор 300-500 мкм) зразках ГА і біфазної кераміки на основі гідроксилапатиту (пористість 40-70%). Співвідношення ГА/трикальційфосфат (ТКФ) в біфазних зразках складало 60:40%. Всі зразки було виготовлено за допомогою модифікованого методу “мокрого синтезу” в ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Зміною модуля Юнга елементів, що відповідають розташуванню

кісткової порожнини або керамічних імплантатів, імітували заповнення дефектів у різних за навантаженням зонах стегнової кістки — головці, шийці та великому вертлюзі, а також порожнинних кісткових дефектів кульшової западини в умовах первинного та ревізійного ендопротезування кульшового суглоба. При первинному ендопротезуванні з приводу протрузійного кокситу моделювалася пластика порожнинного дефекту медіальної стінки, при реендопротезуванні — дефект кульшової западини типу ІІВ (за класифікацією Bradford-Paprosky), який виникає внаслідок нестабільності чашки ендопротеза кульшового суглоба.

Результати

Біомеханічно обґрунтовано доцільність диференційованого застосування ГА та БФ кераміки залежно від навантаження у зоні імплантації. Так, при заповненні дефектів головки стегна в умовах збереження субхондрального шару, доцільніше використовувати БФ кераміку. При зменшенні товщини субхондрального шару необхідно застосовувати більш міцну ГА кераміку. Для реконструкції порожнин шийки стегнової кістки пріоритет також має ГА кераміка. При пластиці дефектів великого вертлюга, де немає великих навантажень, можна використовувати БФ кераміку. Для пластики дефектів медіальної стінки кульшової западини в умовах первинного ендопротезування оптимальним є комбінація з БФ кераміки та спонгіозної аутокістки. При реендопротезуванні (дефект кульшової западини типу ІІВ) — можливим є поєднання ГА та БФ кераміки у співвідношенні 1:1. Теоретичні дослідження підтверджено клінічними прикладами.

Висновки

Результати досліджень свідчать щодо високої інформативності застосування МКЕ для моделювання пластики кісткових порожнинних дефектів у різних за навантаженням зонах скелета.