

ДО ПИТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КУЛЬШОВОГО СУГЛОБУ

Кузнецов О., студент, e-mail: oleksandr.kuznetsov1@nure.ua,Носова Т. В., кт.н., доц., e-mail: tatyana.nosova@nure.ua,

Харківський національний університет радіоелектроніки

Актуальність дослідження. Актуальність теми комп'ютерного моделювання кульшового суглоба є надзвичайно високою в сучасній ортопедичній і травматологічній практиці. Поширеність захворювань кульшового суглоба, таких як остеоартрит, дисплазія та травматичні ушкодження, постійно зростає, особливо серед літнього населення [1]. Це стимулює потребу в ефективних підходах до діагностики та плануванню хірургічного лікування, включно із заміною суглоба [2]. Використання комп'ютерного моделювання значно підвищує точність передопераційної підготовки, знижує ризики та оптимізує реабілітаційний період пацієнта.

Сучасні методи візуалізації, такі як комп'ютерна томографія (КТ) і магнітно-резонансна томографія (МРТ), дають можливість створення високоточних тривимірних моделей, які відображають анатомічні особливості кульшового суглоба. Це особливо важливо для пацієнтів зі складними анатомічними деформаціями або аномаліями, що вимагають індивідуального підходу до планування операцій [3]. Додатково, комп'ютерне моделювання з використанням 3D-технологій дозволяє проводити передопераційні симуляції, зокрема, віртуальну репетицію хірургічного втручання, що зменшує ймовірність помилок і скорочує тривалість операції. Технології моделювання також активно використовуються для виготовлення індивідуальних імплантатів та інструментів, що значно покращує кінцеві результати лікування [4]. Критично важливим аспектом є точність побудованих моделей, оскільки найменші відхилення можуть призвести до хірургічних ускладнень і непередбачених результатів у постопераційний період [5].

Мета досліджень. У цій статті розглядаються математичні методи оцінки точності моделей, створених на основі КТ-даних, а також методи верифікації цих моделей із використанням програмного забезпечення Slicer 5.6.1.

Основні матеріали досліджень. Для створення та оцінки точності моделей кісткових структур, зокрема кульшового суглобу, використовуються такі математичні методи: коефіцієнт схожості Дайса (Dice Similarity Coefficient, DSC) для оцінки збігу об'ємів, відстань Гаусдорфа (Hausdorff Distance, HD) для вимірювання максимальних відхилень між поверхнями вихідної та змодельованої структури, а також топологічна оцінка за допомогою числа Ейлера (Euler Number), що дозволяє оцінити структурні характеристики моделі. Програмне забезпечення, що використовується для сегментації та аналізу даних, — Slicer 5.6.1 (рис.1).

Створення моделі включає сегментацію КТ-даних та оцінку точності. Розраховується коефіцієнт схожості Дайса (DSC), відстань Гаусдорфа (HD) та число Ейлера (Euler Number).

Отримані метрики, такі як коефіцієнт Дайса, відстань Гаусдорфа та число Ейлера, демонструють високу ступінь відповідності між вихідною структурою кульшового суглобу та його змодельованою версією. Коефіцієнт Дайса, що дорівнює 0.936, вказує на майже повний збіг об'ємів, а відстань Гаусдорфа, рівна 1.5 мм, показує, що максимальні відхилення між моделями знаходяться в межах допустимого. Число Ейлера, рівне 0, свідчить про правильну топологічну структуру моделі.

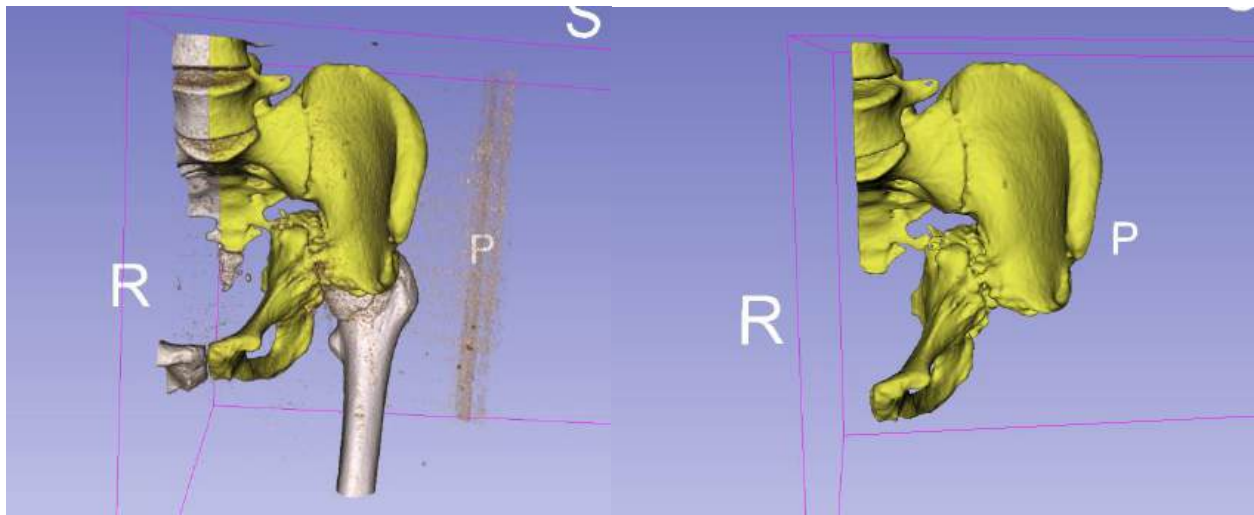


Рисунок 1 – Результат моделювання кульшового суглоба

Висновок. Математичні методи оцінки точності моделей, такі як коефіцієнт Дайса, відстань Гаусдорфа та число Ейлера, дозволяють кількісно оцінити якість побудованих 3D-моделей на основі КТ-даних. Ці методи забезпечують точну верифікацію моделей, що є критичним для їх клінічного застосування у хірургічній навігації та плануванні операцій. Використання програмного забезпечення, такого як Slicer 5.6.1 та плагіна SlicerMorph, дозволяє не лише сегментувати дані, а й проводити детальний морфометричний і топологічний аналіз. Таким чином, розвиток комп'ютерного моделювання кульшового суглоба має потенціал значно покращити якість надання медичної допомоги пацієнтам з патологіями суглобів, скоротити відсоток післяопераційних ускладнень і підвищити точність виконання оперативних втручань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Куценко В. О. Вивчення дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта у військових ЗСУ / В. О. Куценко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 17-20 травня 2023 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків : НТУ «ХПІ». – С. 1122
2. Біомеханічні основи протезування та ортезування: навчальний посібник / А. Д. Салєєва, В. В. Семенець, Т. В. Носова, І. М. Василенко, П. О. Басв, С. В. Корнеєв, О. М. Литвиненко, І. В. Карпенко, І. М. Чернишова, І. В. Кабаненко. - Харків: ХНУРЕ, 2022. - 352 с.
3. Конструювання та технології виготовлення ортезів на хребет: навч. посібник / А. Д. Салєєва, О. Г. Аврунін, В. Г. Петров, Т. В. Носова, П. О. Басв, В. В. Півоваров, І. В. Карпенко, С. В. Корнеєв. — Харків: ХНУРЕ, 2022. — 176 с.
4. Чечель Т. О. Аналіз метода ендпротезування суглобів кисті / Т. О. Чечель, Т. В. Носова // «Наукова весна» 2023 : матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 1–3 березня 2023 року / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП». - 2023. - С.401-403.
5. Чечель Т. О. Особливості моделювання елементів ендпротезу кисті руки / Т. О. Чечель, Т. В. Носова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 17-20 травня 2023 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків : НТУ «ХПІ». – С.1145