

УДК 616-77.91.01

Є. І. Овчаренко¹, М. Г. Крищук¹, О. М. Сулима²

¹ – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

² – Інститут травматології та ортопедії НАМН України, м. Київ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ РЕВІЗІЙНИХ ПРОТЕЗІВ

Хвороби кістково-м'язової систем наразі є однією з найбільш поширених захворювань сучасності. Точної статистики немає, але за інформацією з більшості джерел на долю колінних суглобів припадає від 50% до 80% випадків в залежності від виду ураження кісткової тканини, а протезування колінного суглоба зазвичай є кінцевою ланкою лікування проблем пов'язаних з ним. Причому близько в 30% випадків після терміну в 10-15 років пацієнт потребує повторного хірургічного втручання для ревізійного протезування [3, 4].

Ревізійне протезування (РП) зазвичай є складнішою операцією, ніж первинне протезування, оскільки воно вимагає видалення та заміни вже існуючого протезу, а також вирішення будь-яких проблем, які могли виникнути внаслідок попередньої хірургічної процедури. Також, в більшості випадків РП вимагає створення індивідуальних конструкцій металоостеосинтезу, оскільки необхідно враховувати такі анатомічні параметри пацієнту, як його вага, вік та геометричні та біологічні характеристики кістки.



Рис. 1. Приклад ревізійного протезу колінного суглобу виробництва Smith&Nephew

Ринок наявних стандартизованих ревізійних протезів в Україні малий. Такі закордонні бренди, як Smith&Nephew або Zimmer Biomet пропонують широкий спектр структурних елементів ревізійних ендопротезів, проте є дорогими та пропрістарними. Для деяких видів ушкоджень необхідно створення індивідуальних протезів, причому виготовлення яких можливе лише за допомогою адитивних технологій [1, 2].

Збір статистичних даних типів ушкоджених кісток за біомеханічними характеристиками рентгенівської щільності, габаритних розмірів кістки, товщин кортикального та спангіозного шарів та їх жорсткісних характеристик використовували для створення ряду імітаційних моделей конструкцій ревізійних ендопротезів. Для цього використовувався ряд сучасних програмних комплексів для інженерного дизайну.

Застосунок Slicer 3D використовувався для опрацювання отриманих знімків КТ кісток колінних суглобів пацієнтів у форматі DICOM. Інструментарій програми дозволяє провести візуалізацію біологічних структур у 2D та 3D, виконати сегментацію структур кісток варіюючи шкалою рентгенівської щільності та згенерувати 3D модель у форматі STL. Проміжним кроком для модифікації, полегшення та усунення недоліків згенерованих STL моделей є використання програми Autodesk Meshmixer. Модифікація моделі відбувається шляхом видалення зайвих структурних елементів, зменшення кількості полігонів триангуляції, а функція Inspector дозволяє у напівавтоматичному режимі виявити та усунути проблеми, які пов'язані з топологією моделі кісток стегна та гомілки. Програма SolidWorks є заключною в ланцюзі збору статистичних даних та використовується для побудови двохшарової структури кісток імітаційної моделі кінцівок людини..

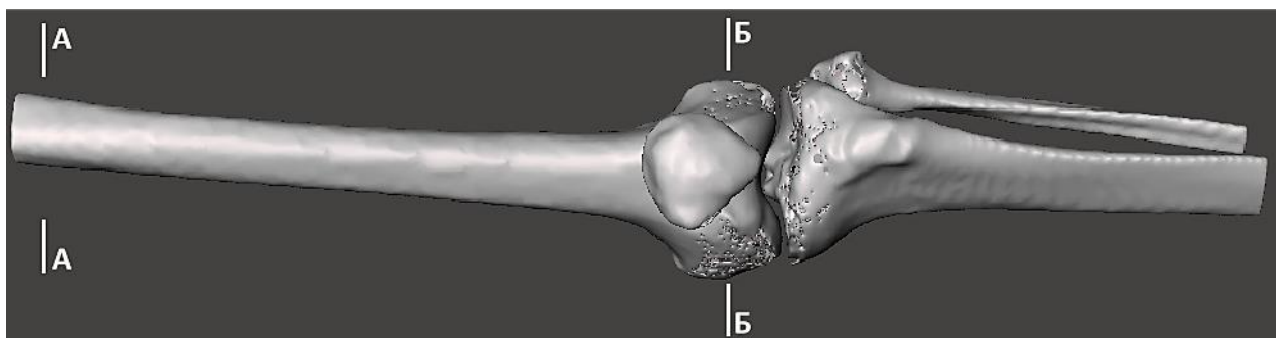


Рис.2. Опрацьована STL-модель колінного суглоба з показаними перерізами

При підготовці розрахункових схем для визначення несучої спроможності індивідуальних ревізієвих протезів виконується перетворення структури числових даних моделі кісток з полігональної в сплайнову з використанням додаткової функції ScanTo3D.

Результати проведених досліджень топологічних характеристик кісток кінцівок людини представлено в таблиці 1 на прикладі розрахунків для правої стегнової кістки 8-х пацієнтів. Емпіричні дані комп'ютерної томографії кісток надані лабораторією біомеханіки Інституту травматології та ортопедії НАМН України. Аналогічні параметри отримані для лівої стегнової кістки та продовжується збір статистичних даних для гомілкових кісток.

Таблиця 1. Біологічні та геометричні характеристики правої стегнової кістки

ID пацієнта	Стать	Рік нар.	Щільність	Біологічні та геометричні характеристики правої стегнової кістки, мм					
				Середина кістки (А-А)			Колінний суглоб (Б-Б)		
				Товщина кортикалу			Товщина кістки	Товщина кортикалу	Товщина кістки
				Мін.	Макс.	Сер.			
2833	Ч	1995	800	5,0	5,0	5,0	30	2,0	80
11435	Ж	1940	400	7,0	7,0	7,0	28	-	68
11728	Ж	1956	500	5,8	7,2	6,5	30	-	-
11843	Ж	1958	200	3,9	6,2	5,1	31	-	81
12298	Ж	1976	300	3,8	5,7	4,8	29	2,0	78
12730	Ж	1947	250	3,5	5,0	4,3	30	1,8	70
13867	Ч	1970	350	6,4	10,0	8,2	31	3,0	74
13921	Ч	1978	600	8,9	10,1	9,5	29	2,4	68

Висновки

Розроблено алгоритм отримання цифрових моделей біологічних структур для створення розрахункових схем та визначення несучої спроможності індивідуальних ревізієвих протезів. Виконано збір статистичних даних біологічних та геометричних характеристики стегнових кісток та ініційований збір даних для гомілкових кісток.

Список використаних джерел

1. Smith&Nephew Products for Healthcare Professionals (Orthopedics, Knee Arthroplasty)
URL: <https://www.smith-nephew.com/en/health-care-professionals/products>
2. Zimmer Biomet Knee Replacement Products (Revision Knee Systems)
URL: <https://www.zimmerbiomet.com/en/products-and-solutions/specialties/knee.html>
3. Лоскутов А.Е., Siebel Т., Олейник А.Е., Синегубов Д.А. Эндопротезирование при тяжелом проявлении ревматоидного артрита -2002. -С. 114-116
4. S. Sharma, F. Nicol, R. Abu-Rajab, Uncemented LCS meniscal bearing knee replacement used to revise a failed uni-compartmental knee – 10 to 15 year survivorship analysis, 2005