УДК 51-76 doi:10.15421/321608

О.Є. Лоскутов, В.М. Турчин, А.П. Дегтяренко, О.О. Лоскутов
Дніпропетровська медична академія МОЗ України, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ПИТАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВИБОРУ ІМПЛАНТАТУ КУЛЬШОВОГО СУГЛОБА

Запропоновано алгоритм вибору імплантату кульшового суглоба за кількісними характеристиками.

Предложен алгоритм выбора имплантата тазобедренного сустава по количественным характеристикам.

The hip implant selection algorithm has been offered. The algorithm makes it possible to select the hip implant by the quantitative characteristics.

Ключові слова: алгоритм, вибірка, імплантат, кількісні характеристики.

1. Вступ

Ендопротезування кульшового суглоба є ефективний, а найчастіше і єдиний метод реабілітації хворого з важкою патологією кульшового суглоба.

Під час встановлення імплантату його однією частиною – ніжкою – імплантат садять у кістково-мозковий канал стегнової кістки. Причому це необхідно робити так, щоб ніжка якомога щільніше прилягала до стінок каналу. Невиконання цих настанов може призвести до серйозних післяопераційних ускладнень. Належне прилягання ніжки імплантату до стінок каналу забезпечують найбільше підходящим імплантатом із заданого стандартного набору імплантатів.

Стандартний набір імплантатів включає 24 ніжки 4 типів, а саме ДД, Д, Звичайний конус (ЗК), Повний конус (ПК). Ніжки різняться не лише типом, а й розмірами – ніжки ЗК і ПК мають 6 розмірів, ніжки типу ДД – 5 розмірів, ніжки типу Д – 7 розмірів. Креслення ніжок ендопротезів ДД-1 та ЗК-6 у прямій та бічній проекціях наведено на рис. 1,2.

На сьогодні вибір імплантату із заданого набору здійснюють за рентгенівськими знімками каналу у прямій та бічній проекціях. На знімки куль-

© Лоскутов О.Є., Турчин В.М., Дегтяренко А.П., Лоскутов О.О., 2016

шового суглоба та стегнової кістки у прямій та бічній проекціях послідовно накладають маркери з кресленнями імплантатів і вибирають той із них, ніжка якого найщільніше сідає у канал. Цілком природно виникає питання про методику вибору імплантату, який би найкраще підходив до даного каналу.

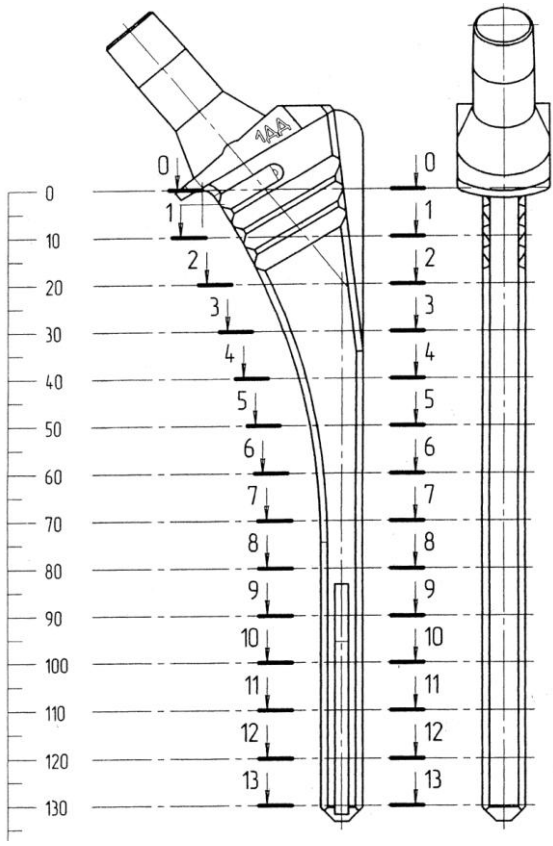


Рис. 1. Імплантат ДД-1 у прямій та бічній проекціях

2. Постановка задачі оптимального вибору імплантату і підходи до її розв'язання

Запропонувати методику вибору імплантату для даного кістково-мозкового каналу за його кількісними характеристиками.

Авторам невідомі публікації і дослідження щодо розв'язання поставленої задачі.

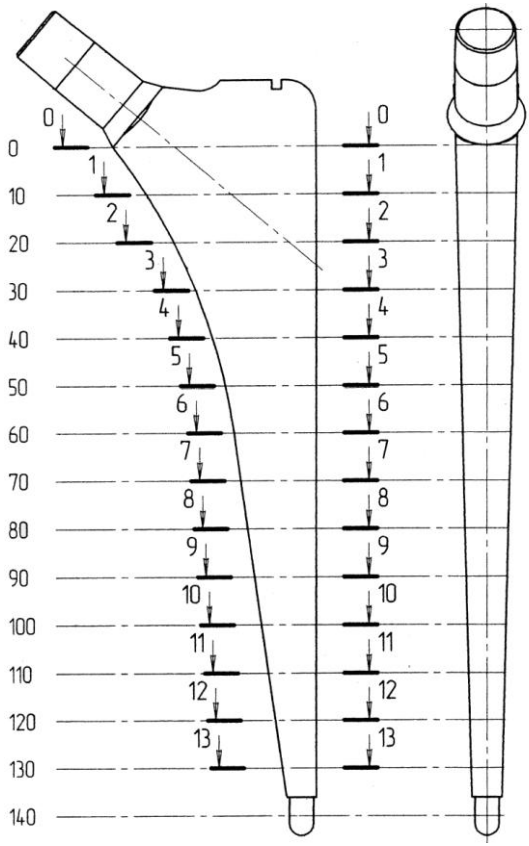


Рис. 2. Імплантат ЗК-6 у прямій та бічній проекціях

Згідно з поставленою задачею про оптимальний вибір імплантату за кількісними характеристиками, спочатку кістково-мозковий канал, а точніше, його рентгенівський знімок, оцифровують – починаючи від малого вертлюга із кроком 11,5 мм знімають значення ширини каналу у прямій та бічній проекціях (див. рис. 3,4). У бічній проекції додатково знімають значення величин, що описують викривлення каналу (див. рис. 4). Крок 11,5 мм на знімку відповідає кроку 10 мм у реальних розмірах. Це пов'язано з тим, що між стегновою кісткою та рентгенівським знімком

(плівкою) розміщені м'які тканини і тому зображення стегнової кістки (разом з каналом) на знімку виходить збільшеним, це збільшення прийнято вважати таким, що дорівнює 15%. На рис. 3 та 4 схематично зображено, як саме знімають заміри з рентгенівських знімків. У результаті оцифровування кістково-мозкових каналів було отримано вибірку обсягом 133.

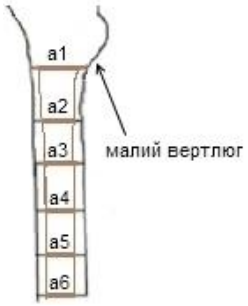


Рис. 3. Схема кістково-мозкового каналу проксимального відділу стегнової кістки у прямій проекції, a_i – ширина каналу, i=1,2,…,13

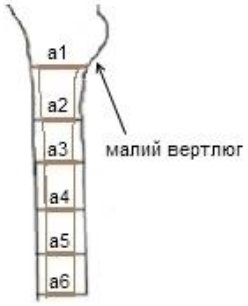


Рис. 3. Схема кістково-мозкового каналу проксимального відділу стегнової кістки у прямій проекції, a_i – ширина каналу, i=1,2,…,13

За одну із можливих кількісних характеристик щільності посадки ніжки імплантату в канал (у прямій проекції) запропоновано різницю $S_a=S_{ka}-S_{ia}$ площі S_{ka} поздовжнього осьового перерізу каналу і площі S_{ia} поздовжнього осьового перерізу імплантату на проміжку [11,5;149,5] (див. рис. 8, площа заштрихованої області дорівнює S_a).

Стінки каналу та форму ніжки задають ламаними, тому площу S_{ka} поздовжнього осьового перерізу каналу у прямій проекції обчислюють за формулою

$$S_{ka}=\sum_{i=1}^{12}\frac{1}{2}(a_i+a_{i+1})\delta=\delta\left(\sum_{i=2}^{12}a_i+\frac{1}{2}(a_1+a_{13})\right),$$

де a_i – ширина кістково-мозкового каналу на *i*-му замірі, i=1,2,…,13, δ=11.5 мм. Площу S_{ia} поздовжнього осьового перерізу імплантату у прямій проекції обчислюють за формулою

$$S_{ia} = \sum_{i=1}^{12} \frac{1}{2}(p_i + p_{i+1})\delta = \delta\left(\sum_{i=2}^{12} p_i + \frac{1}{2}(p_1 + p_{13})\right),$$

де p_i – ширина імплантату на *i*-му замірі, i=1,2,…,13.

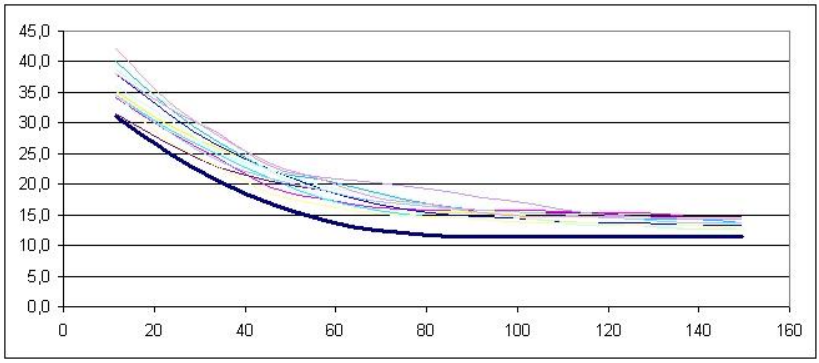


Рис. 5. Ширина кістково-мозкового каналу та імплантат ДД-2 (жирна лінія), пряма проекція

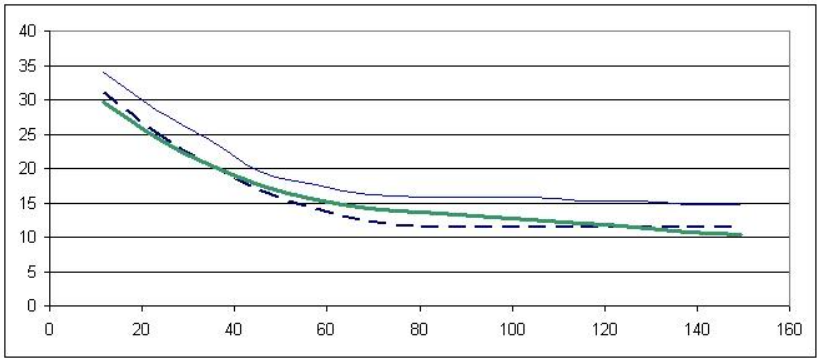


Рис. 6. Канал №6, пряма проекція. Можливий імплантат ПК-2 (суцільна лінія) і встановлений імплантат ДД-2 (пунктирна лінія)

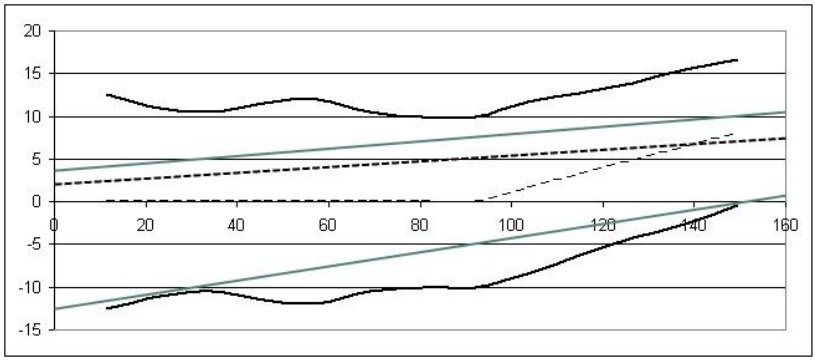


Рис. 7. Канал №6, бічна проекція. Можливий імплантат ПК-2 (суцільна лінія) і встановлений імплантат ДД-2 (пунктирна лінія)

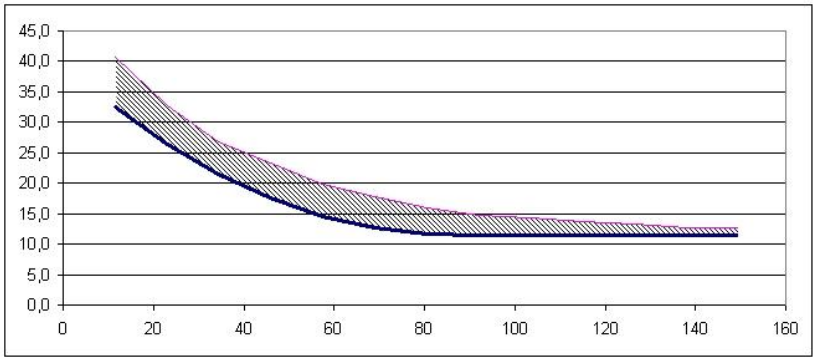


Рис. 8. Поздовжній осьовий переріз каналу та імплантату (заштриховано осьовий переріз порожнини між стінкою каналу та імплантатом)

Кількісну характеристику S_a якості посадки імплантату в канал у прямій проекції обчислюють як

$$S_a = S_{ka} - S_{ia},$$

Зрозуміло, для того щоб імплантат сів у канал, має виконуватися нерівність

$$p_i < a_i - 2\varepsilon$$

для всіх i=1,2,...,13, де a_i – ширина кістково-мозкового каналу на i-му замірі; p_i – ширина імплантату на i-му замірі, $\varepsilon \approx 1{,}5$ (в одиницях виміру рентгенівського знімку).

За кількісну характеристику якості посадки ніжки у кістково-мозковий канал у бічній проекції розглядають різницю S_b=S_{kb}-S_{ib} площі S_{kb} поздовжнього осьового перерізу каналу і площі S_{ib} поздовжнього осьового перерізу імплантату на проміжку [11,5;149,5].

Щоб установити обмеження на ширину імплантату, який можна посадити в даний канал у бічній проекції, необхідно врахувати викривлення каналу у бічній проекції (викривлення описується кутом α і відстанню P_α від рівня малого вертлюга до вершини кута викривлення (див. рис. 4). Спочатку встановлюють положення задньої стінки імплантату (вона має дотикатися до каналу у двох точках (див. рис. 9, точки А і В). Тоді положення передньої стінки імплантату однозначно визначають за його шириною. Обмеження на ширину імплантату полягає в тому, що проекція передньої стінки імплантату не повинна перетнути проекцію передньої стінки каналу (див. рис. 9).

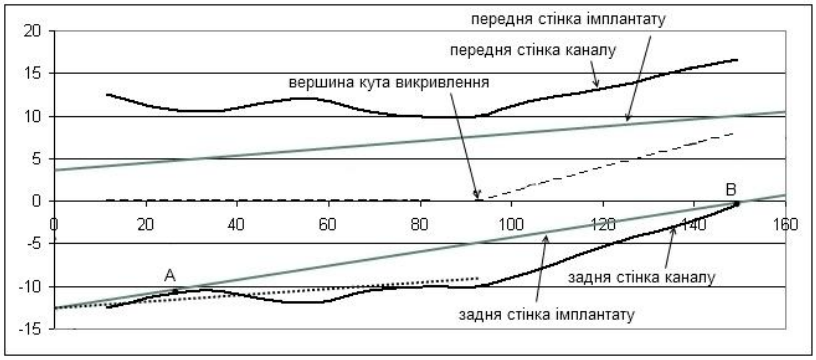


Рис. 9. Розміщення імплантату у кістково-мозковому каналі, бічна проекція

Алгоритм вибору імплантату для даного каналу такий. Для кожного імплантату перевіряємо необхідні умови посадки імплантату (імплантат має сісти в канал). Для імплантатів, що задовольняють умови посадки обчислюємо значення S_a і S_b і впорядковуємо їх від меншого до більшого. Для встановлення у даний канал рекомендуємо той із імплантатів, у якого значення S_a і S_b мінімальні. Але не можна гарантувати, що у даному наборі імплантатів для даного каналу знайдеться такий імплантат, значення S_a і S_b у якого були б одночасно мінімальні. Останнє означає, що вибір імплантату для даного каналу із даного набору імплантатів, взагалі кажучи, не є однозначний.

3. Приклади реалізації алгоритму вибору імплантату

Вибір імплантату для пацієнта №6. Відомо, що пацієнту №6 успішно встановили ендопротез із ніжкою типу ДД-2. За запропонованою процедурою обчислюємо значення параметрів S_a і S_b та визначаємо варіанти вибору імплантату. Отримані значення параметрів S_a і S_b наведено у табл.1.

Таблиця 1

Значення S_a і S_b для пацієнта №6

Пряма проекція			Бічна проекція		
Тип ніжки	Розмір ніжки	S_a	Тип ніжки	Роз-мір ніжки	S_b
ПК	2	429,7	ПК	2	1052,9
Д	2	447,6	ПК	1	1052,9
ДД	2	500,5	ДД	2	1082,2
ЗК	3	568,6	Д	2	1121,3
Д	1	601,0	ДД	1	1121,3
ДД	1	651,9	Д	1	1277,6
ПК	1	671,1	ЗК	2	1277,6
ЗК	2	810,6	ЗК	3	1367,5
ЗК	1	1054,0	ЗК	1	1402,6

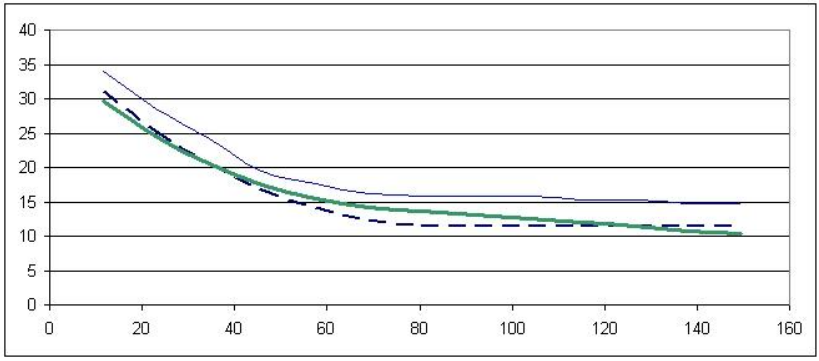


Рис. 10. Кістково-мозковий канал пацієнта №6, пряма проекція. Імплантат ДД-2 (пунктирна лінія), S_a=500.5. Імплантат ПК-2 (жирна лінія), S_a=429.7

Дані відсортовано за зростанням значення площ у кожній проекції окремо і тому одразу видно, що за прямою та бічною проекціями кращим

варіантом вибору ендопротеза має бути ПК-2. Зауважимо, що значення параметрів S_a=429.7 і S_b=1052.9 для вибраної ніжки ПК-2 помітно менші, ніж для фактично встановленої ДД-2, для якої S_a=500.5 і S_b=1277.6. На рис. 10,11 показано, як у канал сідає встановлена під час операції ніжка ДД-2, а також запропонована алгоритмом ніжка ПК-2.

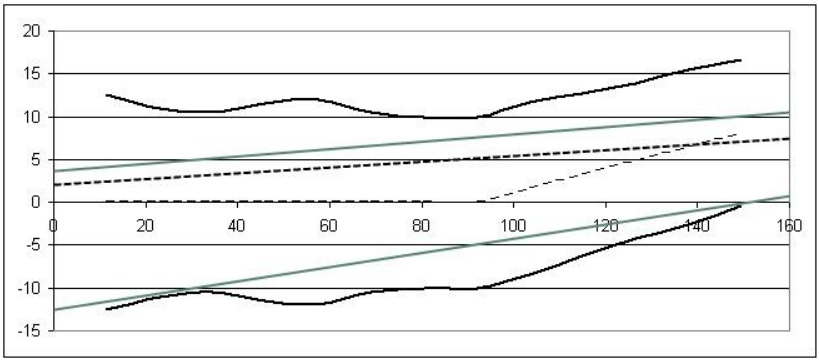


Рис. 11. Кістково-мозковий канал пацієнта №6, бічна проекція. Імплантат ДД-2 (пунктирна лінія), S_b=1277.6. Імплантат ПК-2 (жирна лінія), S_b=1052.9

На обох рисунках видно, що запропонований імплантат не виходить за межі каналу і навіть заповнює більше порожнин, ніж фактично встановлений.

Вибір імплантату для пацієнта №40. Пацієнту №40 успішно встановили ендопротез із ніжкою типу ЗК-2

Таблиця 2

Значення S_a і S_b для пацієнта №40

Пряма проекція			Бічна проекція		
Тип ніжки	Розмір ніжки	S_a	Тип ніжки	Розмір ніжки	S_b
ЗК	3	370,4	ЗК	2	1042,0
ЗК	2	612,4	ЗК	3	1042,0
ЗК	1	855,8	ЗК	1	1078,3

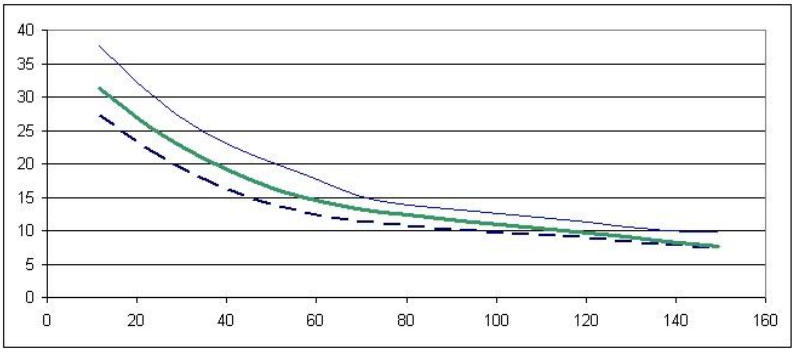


Рис. 12. Кістково-мозковий канал пацієнта №40, пряма проекція. Імплантат ЗК-2 (пунктирна лінія) встановлено фактично, S_a=612.4. Імплантат ЗК-3 (жирна лінія) вибрано за алгоритмом, S_a=370.4

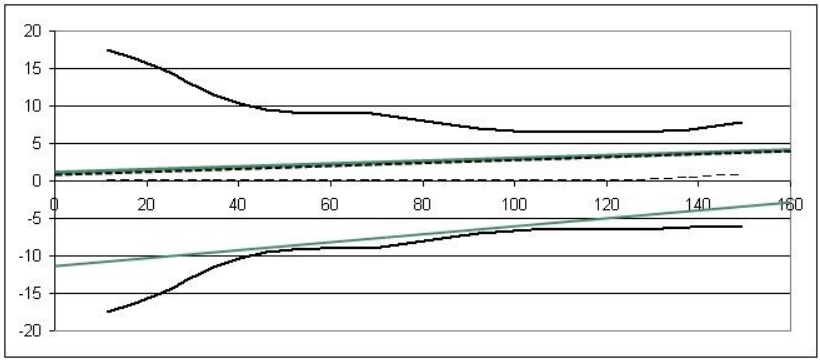


Рис. 13. Кістково-мозковий канал пацієнта №40, бічна проекція. ЗК-2 (пунктирна лінія) встановлено фактично, S_b=1042. Імплантат ЗК-3 (жирна лінія) вибрано за алгоритмом, S_b=10424

Висновки

Запропонований алгоритм вибору імплантату дає можливість за кількісними характеристиками кістково-мозкового каналу запропонувати імплантати, які сідають у канал краще ніж інші. У деяких випадках можна вибрати імплантат, який сідає у канал найкраще.

Варто зазначити, що параметри S_a (у прямій проекції) і S_b (у боковій проекції) не можуть дорівнювати нулеві – форми імплантату і каналу різні. Оцінка за вибіркою обсягом 133 мінімального значення параметра S_a у

прямій проекції дорівнює 206. Останнє означає, що не варто сподіватися, що у даному наборі імплантатів знайдеться імплантат, якій у прямій проекції сяде з характеристикою S_a, меншою ніж 200.

Бібліографічні посилання

1. **Лоскутов, А.Е.** Этапы развития эндопротезирования тазобедренного сустава украинскими модульными системами «ОРТЭН» [Текст] / А.Е. Лоскутов: – Д.: Лира ЛТД, 2009.
2. **Лоскутов, А.Е.** Эндопротезирование тазобедренного сустава [Текст]: моногр. / А.Е. Лоскутов. –Д.: Лира, 2010. – 344 с.
3. **Турчин, В.Н.** Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / В.Н. Турчин: – Д.: Изд-во ДНУ, 2008. – 656 с.

Надійшла до редколегії: 29.02.2016