


DOI 10.36074/grail-of-science.26.08.2022.59

# ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВИРІВНЮВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ВІСІ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ЕНДОПРОТЕЗУВАННІ КОЛІННОГО СУГЛОБА

Головаха М. Л. 

д-р мед. наук, професор, зав. каф. травматології та ортопедії  
Запорізький державний медичний університет, м. Запоріжжя, Україна

Бондаренко С. А. 

лікар травматолог–ортопед  
Клініка «Мотор Січ», м. Запоріжжя, Україна

Гриценко О.О.

хірург-ортопед, травматолог  
«Клініка І. І. Мечникова», м. Дніпро, Україна

**Анотація.** *Мета роботи* – оцінити точність, вирівнювання механічної вісі нижньої кінцівки, індивідуальним інструментом при ендопротезуванні колінного суглоба за допомогою рентгенометрії. **Матеріали та методи.** Використовуючи рентгенометрию, проведено аналіз ендопротезування колінного суглоба 21 пацієнта, оперованих за допомогою індивідуального інструменту. Вік пацієнтів: середній вік (44-60 років) – 4, похилий вік (60-75 р.) – 12, старечий вік (75-90 р.) – 5, пацієнтів. Чоловіків – 3, жінок – 18. До операції пацієнтам виконували комп'ютерну томограму нижніх кінцівок, а після неї рентгенографію нижніх кінцівок повністю з вертикальним установленням положення стоп. Індивідуальний інструмент виготовляли за оригінальною методикою. Аналіз результатів провели шляхом порівняння рентгенометричних показників до та після операції: 1) положення механічної осі нижньої кінцівки у фронтальній площині на плато великогомілкової кістки у відсотках; 2) медіальний великогомілковий кут спливання до механічної осі; 3) розміри компонентів ендопротеза (стеговий, великогомілковий і висота вкладиша). **Результати.** Відхилення у значеннях медіального великогомілкового та латерального стегового кутів між запланованим та фактично отриманим значенням становили в середньому 0,74%, що можна вважати високим показником точності позиції імплантатів. Позиція механічної осі кінцівки після операції відрізнялася від запланованої трохи більше ніж 2,15 %. Розміри компонентів ендопротеза та висота великогомілкового вкладиша, латерального стегового кутів між запланованим та фактично отриманим значенням становили в середньому 0,74 %, що можна вважати високим показником точності позиції імплантатів. Позиція механічної осі кінцівки після операції відрізнялася від запланованої трохи більше ніж 2,15 %. Розміри компонентів ендопротеза та висота великогомілкового вкладиша, встановлені пацієнтам, співпали у 100,0% випадків з результатами планування, причому у всіх випадках тибіальна

вставка мала висоту 9 мм. Застосування індивідуального інструменту дозволило скоротити час операції, не відкривати кістковомозковий канал стегна, а також провести імплантацію стегнового компонента за наявності металоконструкцій у стегновій кістці. **Висновки.** Застосування оригінального індивідуального інструменту ендопротезування колінного суглоба забезпечило високу точність встановлення компонентів ендопротеза.

**Ключові слова:** колінний суглоб, гонартроз, ендопротезування, індивідуальний інструмент, рентгенографія.

### Вступ

Кожен рік відзначається зростання операцій ендопротезування колінного суглоба. Упродовж багатьох років еволюції артропластики колінного суглоба результати лікування стають все кращими і кращими, але, з іншого боку, вимоги і очікування пацієнтів теж зростають, особливо щодо рухової активності, а також повноти усунення болю і відновлення функції колінного суглоба [1, 3 5, 10]. Одне з ключових очікувань – здатність пацієнтів забути про замінений суглоб у повсякденному житті. За останні роки згідно статистичі до 20,0 % сучасних пацієнтів вважають, що їхні очікування не були досягнуті [3, 5, 14]. Однією із значущих проблем, що викликає безліч наслідків, є невідповідність позиції компонентів ендопротеза індивідуальній анатомії колінного суглоба, яка, за даними різних авторів, становить від 20,0 до 40,0 % [2, 3, 7, 9, 13]. На сьогоднішній день цю проблему намагаються вирішити за допомогою різних методів, таких як індивідуальний інструмент для встановлення імплантатів та різноманітні системи комп'ютерної навігації. Точність установавання компонентів ендопротеза може впливати як на післяопераційну реабілітацію, повноту відновлення функції, віддалені результати виживання імплантатів, так і на задоволеність пацієнта результатом лікування. Існуючі підходи до встановлення ендопротеза колінного суглоба відрізняються принципами вирівнювання осі кінцівки та відновлення лінії колінного суглоба [4, 6, 8, 11, 12, 15].

Відмінним інструментом у руках хірурга є комп'ютерна навігаційна система, але вона не завжди дозволяє точно врахувати тривимірну форму кінцівки. Інший напрям – це індивідуальний інструмент для встановлення компонентів ендопротеза колінного суглоба, який може забезпечити високу точність, але вимагає виконання КТ нижніх кінцівок перед операцією та має певну криву освоєння і більше підходить для хірурга з досвідом. У нашій клініці була розроблена оригінальна методика проектування та виготовлення індивідуального інструменту для ендопротезування колінного суглоба.

### Мета роботи

На основі порівняльного рентгенометричного аналізу до та після операції, оцінити точність вирівнювання механічної вісі нижньої кінцівки та встановлення ендопротеза колінного суглоба за допомогою індивідуального інструменту.

### Матеріали і методи дослідження

У роботі представлені результати ендопротезування колінного суглоба 21 пацієнта, які були оперовані із застосуванням індивідуального інструменту, на базі відділення травматології та ортопедії Клініки «Мотор Січ». У всіх випадках пацієнтам була імплантована та сама модель ендопротеза із заміщенням

задньої хрестоподібної зв'язки. Вік пацієнтів: середній вік (44-60 років) – 4, похилий вік (60-75 р.) – 12, старечий вік (75-90 р.) – 5 пацієнтів. Чоловіків – 3, жінок – 18. Варусна деформація у 20 пацієнтів не перевищувала  $18^\circ$ , у однієї пацієнтки була вальгусна деформація  $8^\circ$ .

Перед операцією пацієнтам виконували комп'ютерну томограму нижніх кінцівок повністю з вертикальним встановленням положення стоп. Після операції всім пацієнтам провели рентгенографічне обстеження нижніх кінцівок повністю з вертикальним установленням положення стоп. Для оцінки результату до і після операції порівнювали такі показники: 1) положення механічної осі нижньої кінцівки у фронтальній площині на плато великогомілкової кістки у відсотках; 2) медіальний великогомілковий кут резекції до механічної осі; 3) розміри компонентів ендопротеза (стеговий, великогомілковий і висота вкладиша). Статистичну обробку отриманих числових значень проводили за допомогою комп'ютера та ліцензійних пакетів Office Excel 2010 та STATISTICA 13.0 TIBCO Software inc. (Ліцензія JPZ804I382130ARCN10-J). Дослідження схвалено локальним комітетом з біоетики (Комісія з питань біоетики Запорізького державного медичного

### Результати

Усі пацієнти після операції були обстежені шляхом рентгенографії нижніх кінцівок повністю, для того щоб мати можливість виміряти позицію механічної осі на плато великогомілкової кістки, а також медіальний великогомілковий і латеральний стеговий механічні кути.

На Рис. 1 показана рентгенограма нижніх кінцівок пацієнтки Д., 70 років, до операції на правому коліні. Наведено результат тривимірного вирівнювання кінцівки та рентгенограма після операції.

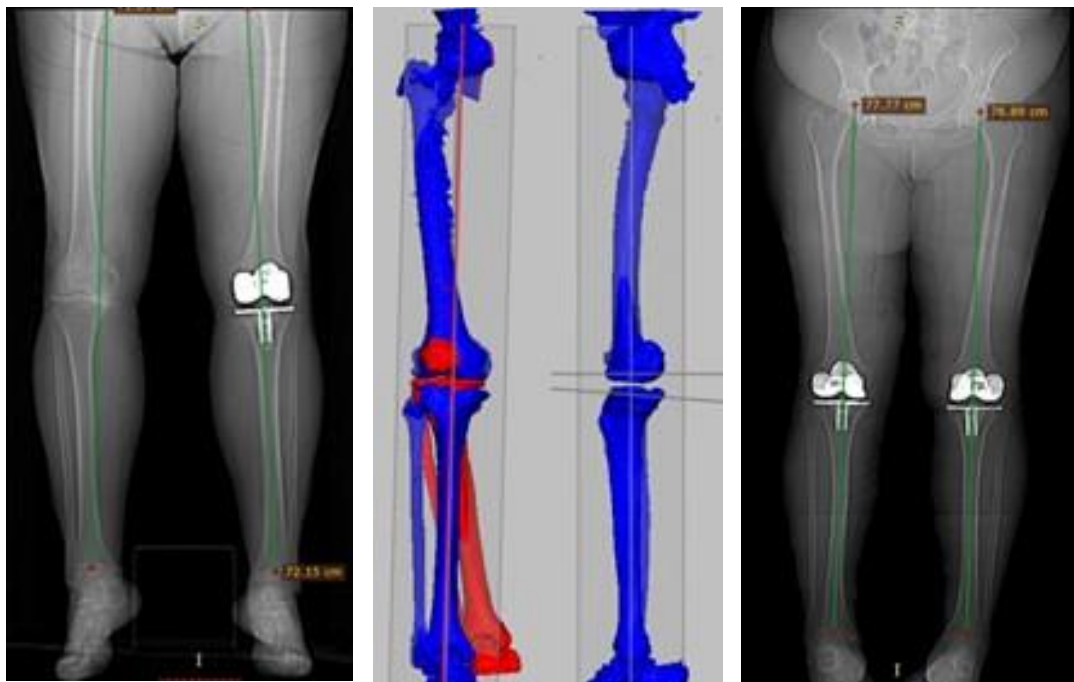


Рис. 1. Пацієнтка Д., 70 років, результат вирівнювання правої нижньої кінцівки, яке проведено точно за аналогією з вже оперованою раніше лівою нижньою кінцівкою. На рентгенограмі після операції на правому коліні відзначено симетричне положення механічної осі.

На Рис. 2 представлена методика визначення рентгенометрії нижньої кінцівки, зображено три показники, які ми визначали, і приклад вимірювання за моделлю кінцівки з механічним вирівнюванням та результатом операції по післяопераційній рентгенограмі кінцівки повністю.

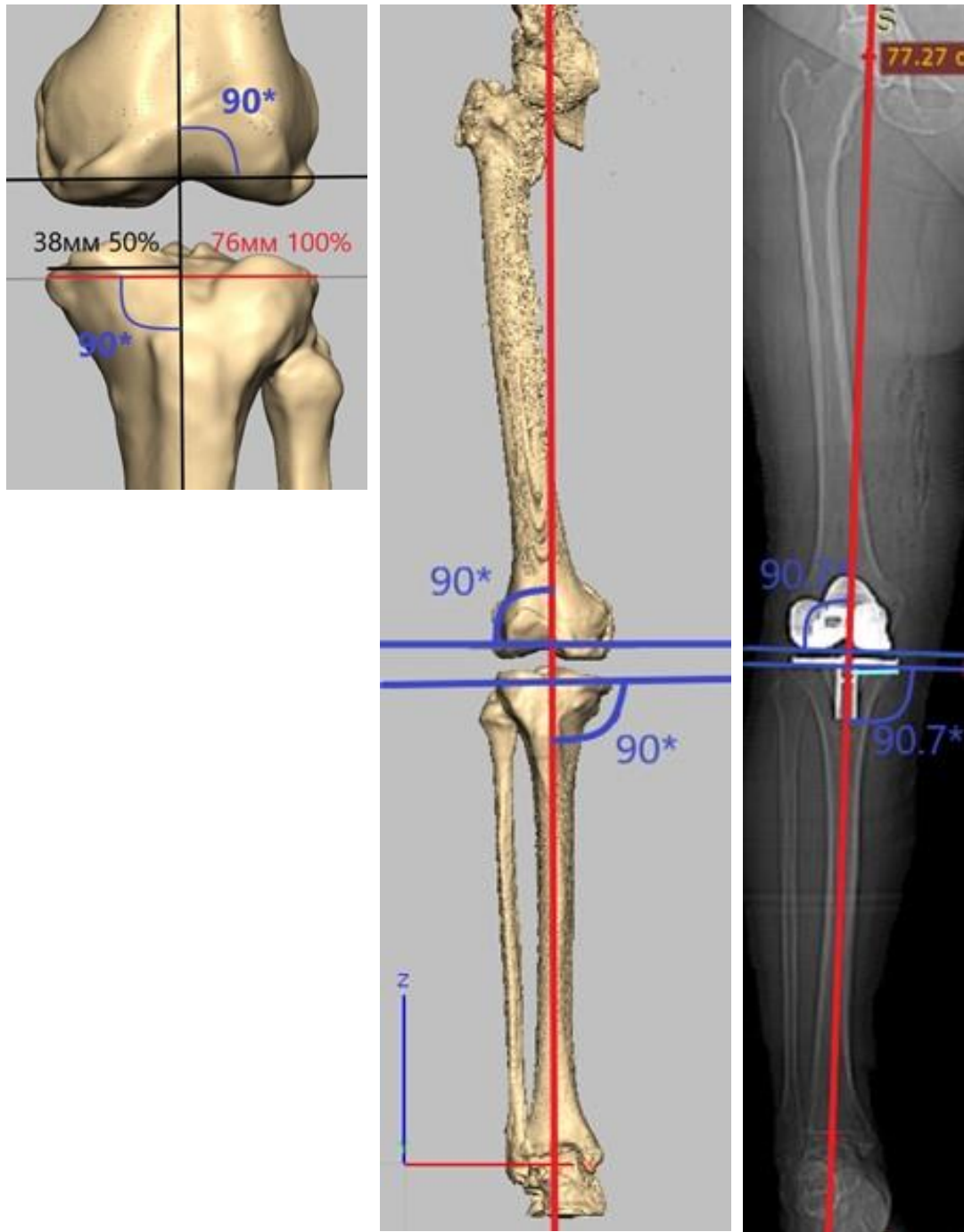


Рис. 2. При плануванні дистальний латеральний стегновий кут був  $90^\circ$ , в результаті операції він виявився  $90,7^\circ$ . Проксимальний медіальний великогомілковий кут запланований  $90^\circ$ , в результаті операції він –  $90,7^\circ$ .

Механічна вісь при плануванні 50,0 % (ширина плато 84 мм, вісь була встановлена на 42 мм від медіального краю) після операції вона змістилася латерально на 1,0 % (43,5 мм або 51,0 %). Результати наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Результати рентгенометрії нижньої кінцівки пацієнтів, оперованих з індивідуальним інструментом, до і після операції

№ пацієнта	Проксимальний медіальний великогомілковий кут, °		Абсолютна похибка, °	Відносна похибка	Дистальний латеральний стегновий кут, °		Абсолютна похибка, °	Відносна похибка
	за планом	результат			за планом	результат		
1	87	87,5	0,5	0,57 %	87	88,1	1,1	1,26 %
2	87	88,8	1,8	2,07 %	87	86,5	0,5	0,57 %
3	90	90,3	0,3	0,33 %	90	90,3	0,3	0,33 %
4	90	90,7	0,7	0,78 %	90	90,7	0,7	0,78 %
5	90	90,7	0,7	0,78 %	90	90,4	0,4	0,44 %
6	90	90,4	0,4	0,44 %	90	88,4	1,6	1,78 %
7	90	89	1	1,11 %	90	89	1	1,11 %
8	90	89,2	0,8	0,89 %	90	91,2	1,2	1,33 %
9	90	91,5	1,5	1,67 %	90	91	1	1,11 %
10	87	87,3	0,3	0,34 %	87	86,7	0,3	0,34 %
11	87	86,5	0,5	0,57 %	87	87,5	0,5	0,57 %
12	87	87,5	0,5	0,57 %	87	86,5	0,5	0,57 %
13	87	87,1	0,1	0,11 %	87	86,9	0,1	0,11 %
14	87	87,8	0,8	0,92 %	87	86,2	0,8	0,92 %
15	87	86,9	0,1	0,11 %	87	87,1	0,1	0,11 %
16	87	87,5	0,5	0,57 %	87	86,5	0,5	0,57 %
Середнє значення	88,31°	88,67°	0,66°	0,74 %	88,31°	88,31°	0,66°	0,74%

СЕКЦІЯ ХІ. МЕДИЧНІ НАУКИ ТА ГРОМАДСЬКЕ ЗДОРОВ'Я

Проксимальний медіальний великогомілковий кут, °

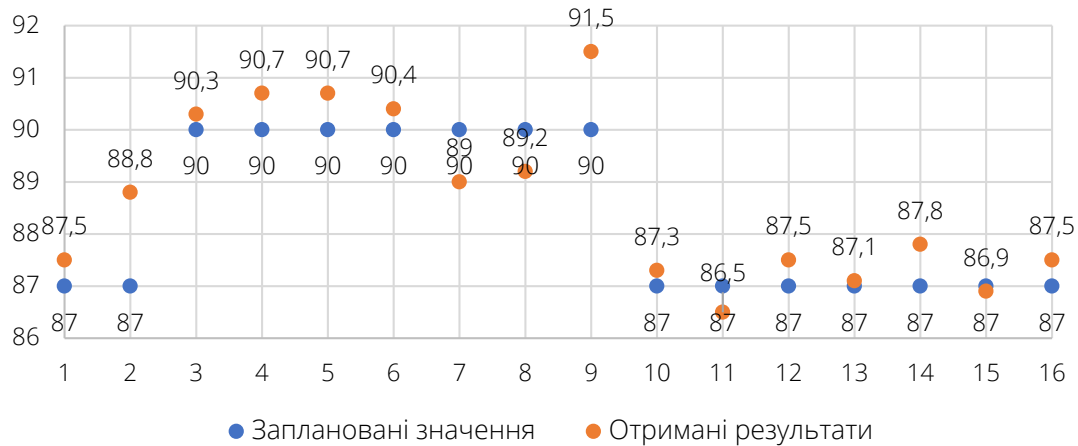
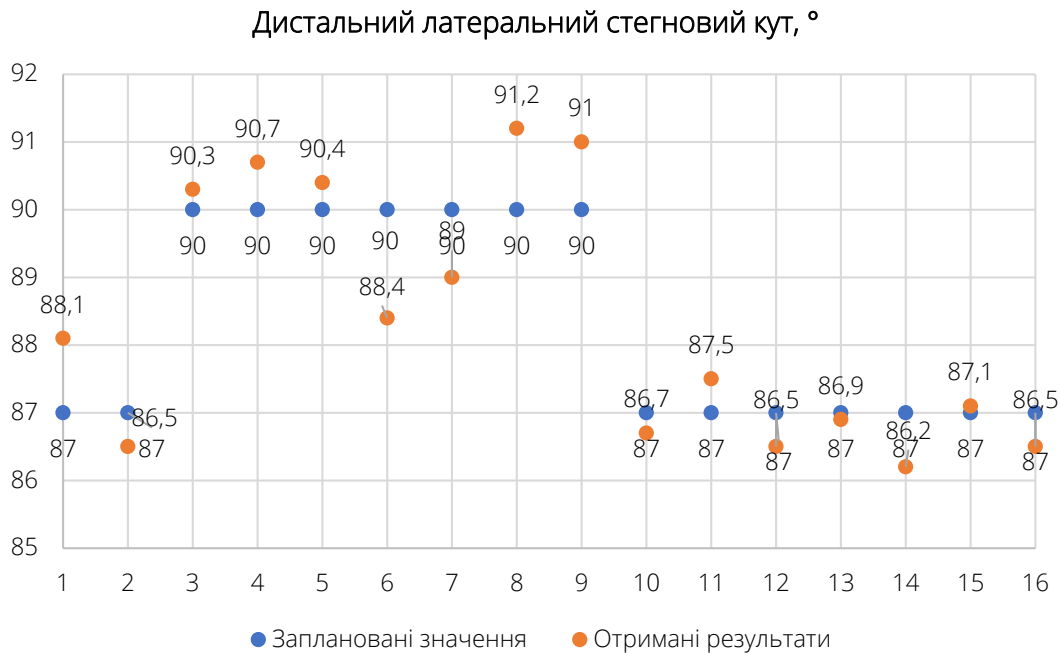


Рис. 3. Результати рентгенометричного визначення проксимального медіального великогомілкового кута у пацієнтів, оперованих з індивідуальним інструментом, до та після операції.



**Рис. 4. Результати рентгенометричного визначення дистального латерального стегнового кута у пацієнтів, оперованих з індивідуальним інструментом, до та після операції.**

Після операції вдалося виконати рентгенограму кінцівок повністю 16 пацієнтам (76,20 % з оперованих 21 хворого). Не всім пацієнтам ми проводили механічне вирівнювання, у 9 хворих було виконано альтернативне вирівнювання з відтворенням медіального нахилу лінії колінного суглоба. Відхилення у значеннях медіального великогомілкового та латерального стегнового кутів склали в середньому 0,74 – 0,75 %, що можна вважати високим показником точності позиції імплантатів. Середнє значення відносної похибки при вимірюванні проксимального медіального великогомілкового та дистального латерального стегнового кутів у післяопераційному періоді становило 0,74 % та 0,74 % відповідно, що можна вважати високим рівнем точності розташування імплантатів. Є один недолік цих вимірювань – до операції вимір кута був абсолютно точним за тривимірною моделлю, а після операції ми міряли кути по плоскій рентгенограмі всієї кінцівки. Як би точно ми не встановлювали ротацію кінцівок при виконанні такого знімка, все одно немає можливості визначити ці кути строго у передній площині, як це проводили при плануванні на основі КТ. Те ж саме стосується і визначення позиції механічної осі кінцівки після операції. Результати її визначення показані у табл. 2. При визначенні позиції механічної осі після операції, середнє значення відносної похибки становило 2,15 % від запланованих значень, що підтверджує високий рівень достовірності використання даного методу у передопераційному плануванні перед ендопротезуванням колінного суглоба.

Відхилення позиції механічної осі після операції становило в середньому 1,0 %.

Таблиця 2

Результати визначення положення механічної осі нижньої кінцівки пацієнтів, що оперовані індивідуальним інструментом, до і після операції

№ пацієнта	Положення осі кінцівок на плато великогомілкової кістки, %		Абсолютна похибка, %	Відносна похибка, %
	заплановано	результат		
1	49	49	0	0
2	50	50	0	0
3	50	47	3	6
4	50	51	1	2
5	51	50	1	1,96
6	50	48	2	4
7	50	50	0	0
8	51	48	3	5,88
9	50	48	2	4
10	48	49	1	2,08
11	47	48	1	2,13
12	48	50	2	4,17
13	47	48	1	2,13
14	49	49	0	0
15	47	47	0	0
16	48	48	0	0
Середнє значення	49	50	1,06	2,15

Положення вісі кінцівки на плато великогомілкової кістки, %

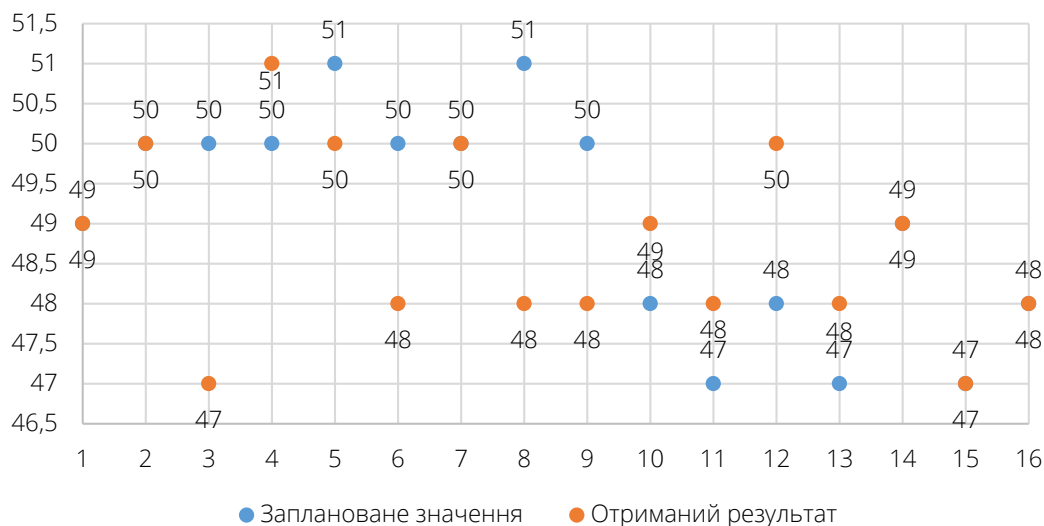


Рис. 5. Результати визначення положення механічної осі нижньої кінцівки пацієнтів, які оперовані індивідуальним інструментом, до і після операції.

Слід зазначити, що до цієї групи пацієнтів увійшли пацієнти, яких оперували на етапі освоєння методики.

Розміри компонентів ендопротеза і висота великогомілкового вкладиша, встановлених пацієнтам, співпали у 100,0 % випадків з результатами планування, причому у всіх випадках планували висоту тибіальної вставки 9 мм.

#### Висновки

Індивідуальний інструмент для ендопротезування колінного суглоба забезпечило високу точність встановлення компонентів ендопротеза, про що свідчить аналіз рентгенограм після операції. Заплановані до операції розміри компонентів ендопротезів, висоти вкладишу в програмі збіглися з результатом. Відхилення у значеннях медіального великогомілкового та латерального стегнового кутів між запланованим та фактично отриманим значенням становили в середньому 0,74 %. Позиція механічної осі кінцівки після операції відрізнялася від запланованої трохи більше - 2,15 %. Розміри компонентів ендопротеза та висота великогомілкового вкладиша співпали у 100 % випадків з результатами планування. Застосування індивідуального інструменту дозволило скоротити час операції, не відкривати кістковомозковий канал стегна і провести імплантацію стегнового компонента за наявності металоконструкцій у стегновій кістці.

Недоліком є те що дана методика потребує навчання в програмі, придбання навичок використання індивідуального інструменту. Також мінусом є додаткові витрати на КТ, підготовку та друк індивідуального інструменту.

**Конфлікт інтересів:** відсутній.

#### Список використаних джерел:

- [1] Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry (AOANJRR). (2020). Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty: 2020 Annual Report, Adelaide; AOA. Retrieved from: <https://aoanjrr.sahmri.com/annual-reports-2020> [In Australian]
- [2] Bonner, T. J., Eardley, W. G. P., Patterson, P., & Gregg, P. J. (2011). The effect of post-operative mechanical axis alignment on the survival of primary total knee replacements after a follow-up of 15 years. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 93(9), 1217-1222. doi: 10.1302/0301-620X.93B9.26573. PMID: 21911533.
- [3] Bourne, R. B., Chesworth, B. M., Davis, A. M., Mahomed, N. N., & Charron, K. D. (2010). Patient satisfaction after total knee arthroplasty: who is satisfied and who is not?. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 468(1), 57-63. doi: 10.1007/s11999-009-1119-9
- [4] Canadian Institute for Health Information. Hip and Knee Replacements in Canada: CJRR Annual Statistics Summary, 2018–2019. Ottawa, ON: CIHI; 2020. [https://secure.cihi.ca/free\\_products/CJRR-annual-statistics-hip-knee-2018-2019-report-en.pdf](https://secure.cihi.ca/free_products/CJRR-annual-statistics-hip-knee-2018-2019-report-en.pdf)
- [5] Canovas, F., & Dagneaux, L. (2018). Quality of life after total knee arthroplasty. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 104(1), S41-S46. doi: 10.1016/j.otsr.2017.04.017
- [6] Cho, B. W., Kwon, H. M., Hong, Y. J., Park, K. K., Yang, I. H., & Lee, W. S. (2021). Anatomical tibial component is related to more medial tibial stress shielding after total knee arthroplasty in Korean patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 29(3), 710-717. doi: 10.1007/s00167-020-05869-x
- [7] Coutu, M. F., Gaudreault, N., Major, M. E., Nastasia, I., Dumais, R., Deshaies, A., ... & Maillette, P. (2021). Return to work following total knee arthroplasty: a multiple case study of stakeholder perspectives. *Clinical Rehabilitation*, 35(6), 920-934. doi: 10.1177/0269215520984319



- [8] Erdem, M., Gulabi, D., Cecen, G. S., Avci, C. C., Asci, M., & Saglam, F. (2015). Using fibula as a reference can be beneficial for the tibial component alignment after total knee arthroplasty, a retrospective study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(7), 2068-2073. Doi: 10.1007/s00167-014-2957-x
- [9] Espinosa, A., Jiménez, M., Zorrilla, P., López, A., Salido, J. A., & Amo, M. (2020). Influence of fulfilment patient expectations in outcomes after total knee arthroplasty. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (English Edition)*, 64(6), 428-433. Doi: 10.1016/j.recot.2020.03.002
- [10] Health East Joint Replacement Registry: 20 Year Report- HealthEast Care System. St. Paul, Minnesota. [https://www.healtheast.org/images/stories/ortho/joint\\_registry\\_20\\_yr\\_report.pdf](https://www.healtheast.org/images/stories/ortho/joint_registry_20_yr_report.pdf)
- [11] Howell, S. M. (2019). Calipered kinematically aligned total knee arthroplasty: an accurate technique that improves patient outcomes and implant survival. *Orthopedics*, 42(3), 126-135. doi: 10.3928/01477447-20190424-02
- [12] Howell, S. M., Shelton, T. J., Gill, M., & Hull, M. L. (2021). A cruciate-retaining implant can treat both knees of most windswept deformities when performed with calipered kinematically aligned TKA. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 29(2), 437-445. Doi: 10.1007/s00167-020-05968-9
- [13] Nedopil, A. J., Howell, S. M., & Hull, M. L. (2020). Deviations in femoral joint lines using calipered kinematically aligned TKA from virtually planned joint lines are small and do not affect clinical outcomes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 28(10), 3118-3127. doi: 10.1007/s00167-019-05776-w
- [14] Price, A. J., Alvand, A., Troelsen, A., Katz, J. N., Hooper, G., Gray, A., ... & Beard, D. (2018). Knee replacement. *The Lancet*, 392(10158), 1672-1682. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32344-4
- [15] Rivière, C., Villet, L., Jeremic, D., & Vendittoli, P. A. (2021). What you need to know about kinematic alignment for total knee arthroplasty. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 107(1), 102773. doi: 10.1016/j.otsr.2020.102773