

## КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ ТА НОТАТКИ З ПРАКТИКИ

УДК 616.718.5-089.853:617.58-7](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025190-95>

### Використання індивідуального інструмента для високої вальгівної остеотомії великогомілкової кістки за варусного гонартрозу

М. Л. Головаха<sup>1</sup>, С. А. Бондаренко<sup>2</sup>, Р. Харт<sup>3</sup>, В. Орлянський<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Запорізький державний медико-фармацевтичний університет. Україна

<sup>2</sup> Клініка «Мотор Січ», Запоріжжя. Україна

<sup>2</sup> МНА Клініка Віденської Асоціації Здоров'я Оттакринг. Австрія

<sup>3</sup> Віденська приватна клініка. Австрія

*The work purpose was to present a new method of preoperative planning of high valgus tibial osteotomy with an individual instrument. Methods. Computed tomography (CT) of the lower extremities of a patient with stage II varus gonarthrosis was used. Bone segmentation from surrounding tissues, modeling of the lower extremities, correction of the tibia axis, and construction of individual blocks for resection were performed. The individual instrument is a block for performing osteotomy with depth indication and a hole for the upper middle screw of the T-shaped plate and two individual wedges for opening the osteotomy to the marks applied to them. The surgical intervention was performed with fluoroscopy control after knee arthroscopy. Partial removal of the medial meniscus and microfracture of the cartilage defect of the medial femoral condyle were performed simultaneously. Results. The planned correction of the tibia was accurately reproduced, which was confirmed by CT after surgery. In the postoperative period, there were no complications with wound healing, loading of the limb was started after 3 weeks, walking with a cane after 6, and without additional support after 10. X-rays were performed after 6, 12 weeks and 6, 12 months after the operation. A year later, the full range of motion and symmetrical walking were restored. The individual instrument allowed for quick and accurate placement of the plate, and wedges for opening the osteotomy helped to correctly reproduce the correction and hold it during osteosynthesis. Conclusion. The use of the proposed individual instrument for high valgus tibial osteotomy was convenient, simplified some stages of the surgical intervention, and ensured accurate planned correction of the angular deformity. Key words. Osteotomy, individual instrument, gonarthrosis.*

*Мета. Навести нову методику передопераційного планування високої вальгівної остеотомії великогомілкової кістки з виготовленням індивідуального інструмента. Методи. Використано комп'ютерну томографію (КТ) нижніх кінцівок пацієнта з варусним гонартрозом II стадії. Було здійснено сегментування кістки від навколишніх тканин, моделювання нижніх кінцівок, корекція осі великогомілкової кістки та побудова індивідуальних блоків для резекції. Індивідуальний інструмент — це блок для виконання остеотомії із вказанням глибини й отвором під верхній середній гвинт Т-подібної пластинки та два індивідуальні клини для розкриття остеотомії до нанесених на них міток. Оперативне втручання проведено з рентгеноскопичним контролем після артроскопії колінного суглоба. Одночасно здійснено парціальне видалення медіального меніска та мікрофрактуризацію дефекту хряща медіального виростка стегнової кістки. Результати. Заплановану корекцію великогомілкової кістки точно відтворено, що підтвердило КТ після втручання. У післяопераційному періоді не було ускладнень із загоєнням рани, навантаження кінцівки розпочато через 3 тижні, ходьба з тростиною — через 6, а без додаткової опори — через 10. Рентгенографію проводили через 6, 12 тижнів та 6, 12 міс. після операції. Через рік відновлено повний обсяг рухів та симетричну ходьбу. Індивідуальний інструмент дозволив швидко та точно встановити пластинку, а клини для розкриття остеотомії допомогли правильно відтворити корекцію й утримувати її під час остеосинтезу. Висновок. Використання запропонованого індивідуального інструмента для високої вальгівної остеотомії великогомілкової кістки було зручним, спростило деякі етапи проведення оперативного втручання та забезпечило точну заплановану корекцію кутової деформації.*

**Ключові слова.** Остеотомія, індивідуальний інструмент, гонартроз

## Вступ

Коригувальна остеотомія великогомілкової кістки — один із широко застосовуваних хірургічних способів, які дозволяють зберігати колінний суглоб на тривалий період часу [1, 8, 9]. Її комбінують з артроскопією, а також різними методиками хондропластики. Використовуючи коригувальну остеотомію, ми можемо відновити функцію колінного суглоба на тлі різних деформацій на період не менше 8 років [3, 8, 11]. Проблемні питання лежать одночасно в кількох площинах:

- на якій стадії слід пропонувати пацієнтові остеотомію;
- як краще замінити дефект хряща;
- у яких межах коригувати вісь колінного суглоба;
- як забезпечити точність запланованої корекції деформації?

*Мета:* навести нову методику передопераційного планування високої вальгізуючої остеотомії великогомілкової кістки з виготовленням індивідуального інструмента.

## Матеріал і методи

Роботу схвалено етичним комітетом Запорізького державного медико-фармацевтичного університету (протокол № 8 від 26.12.2022 р.), було отримано інформовану згоду пацієнта.

У цьому дослідженні наведено результат лікування пацієнта Л., 53 років із вторинним остеоартрозом колінного суглоба та варусною деформацією (рис. 1), якому проведено коригувальну остеотомію зі застосуванням індивідуального інструмента. Індекс маси тіла — 32 кг/м<sup>2</sup>, варусна деформація з вершиною в зоні проксимального відділу великогомілкової кістки, без значних ушкоджень латерального відділу колінного суглоба, II стадія за класифікацією Kellgren-Lawrence.

Для проведення дослідження використано комп'ютерну томографію (КТ) нижніх кінцівок хворого з товщиною зрізів 0,8 мм. Проектування провели в два етапи: 1) сегментування кістки від навколишніх тканин виконали в програмі Materialise Mimics 26.0; 2) моделювання нижніх кінцівок, корекцію осі великогомілкової кістки та побудову індивідуальних блоків для резекції робили в програмі Geomagic FreeForm Plus (рис. 2).

Основою для планування остеотомії в зоні колінного суглоба є стегнова кістка. Тому на неї встановлювали сагітальну та фронтальну площини моделі й оцінювали нахил «лінії колінного суглоба», яка за тривимірного моделювання

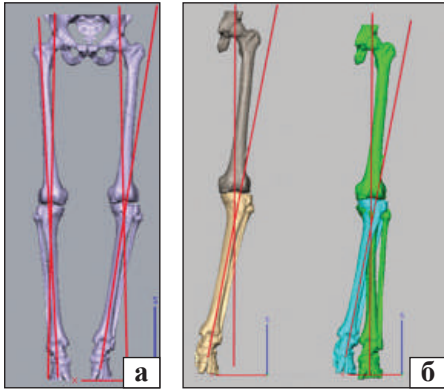
має вигляд не лінії, а площини. Це визначається будовою стегнової кістки — у цьому випадку нахил площини колінного суглоба був у нормі. У програмі відновлювали правильну механічну вісь кінцівки шляхом віртуальної високої вальгізуючої остеотомії, що відкривається (рис. 3). Провівши компенсацію деформації, ми вимірювали кут корекції та планували рівень остеотомії, положення її площини та позицію пластинки для остеосинтезу (рис. 4). Наприкінці проєктували індивідуальний інструмент, який складався з блока для зрізу з отворами для спиць напрямних по площині остеотомії і каналом під верхній середній гвинт пластинки типу Tomofix [2], а також двох індивідуальних клинів для розкриття остеотомії з нанесеними мітками глибини їхнього введення (рис. 5). На блоці для зрізу наносили дані пацієнта, глибини остеотомії та свердління каналу під верхній середній гвинт пластинки.

Після затвердження модель великогомілкової кістки, блок для зрізу та клини друкували з медичної фотополімерної смоли Dental SG Resin (рис. 6).

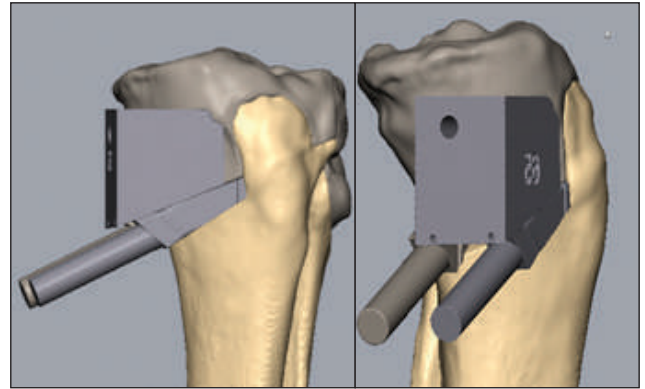
Після операції провели КТ колінного суглоба й оцінили точність інструмента шляхом порівняння рентгенометричних показників планування остеотомії та даних після втручання. Операцію проведено за відомою методикою з рентгеноскопичним контролем після артроскопії колінного суглоба [5, 8, 9]. Одночасно здійснено парціальне видалення медіального меніска та мікрофрактуризацію дефекту хряща медіального виростка стегнової кістки. Під час оперативного втручання після виділення проксимального відділу великогомілкової кістки, ми приклали індивідуальний блок для зрізу до моделі та до кістки по черзі, намагаючись досягти максимальної відповідності позиції блока. Етапи хірургічного втручання подвійної високої вальгізуючої остеотомії великогомілкової кістки наведено на рис. 7.



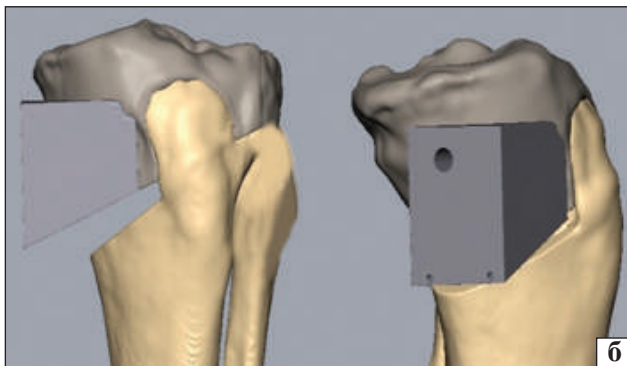
Рис. 1. Рентгенографія колінного суглоба пацієнта Л., 53 р. до операції



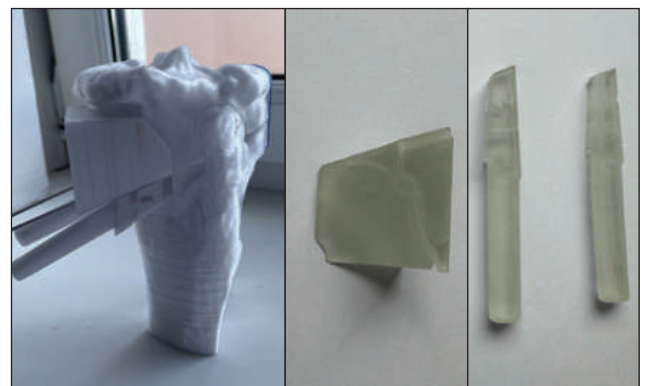
**Рис. 2.** Модель кінцівки для планування остеотомії, визначення деформації й оцінювання осі кінцівки (а); вимірювання необхідного кута корекції (б)



**Рис. 5.** Проектування індивідуальних клинів для утримання розкриття остеотомії й отвору для верхнього середнього гвинта пластинки



**Рис. 3.** Планування остеотомії: а) верхня точка остеотомії на рівні головки малогомілкової кістки, яка знаходиться на 5 мм від кіркового шару; б) проект подвійної остеотомії



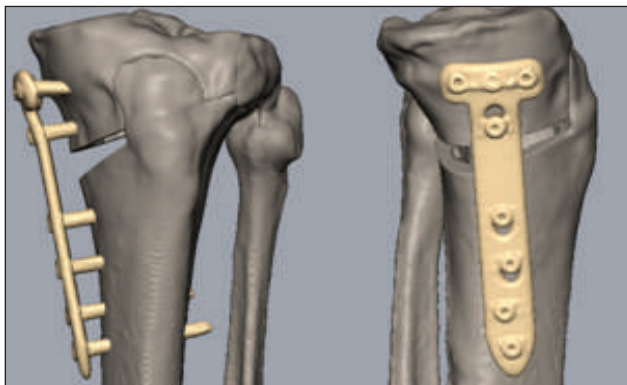
**Рис. 6.** Модель великогомілкової кістки, індивідуальний блок і клин для розкриття остеотомії

## Результати

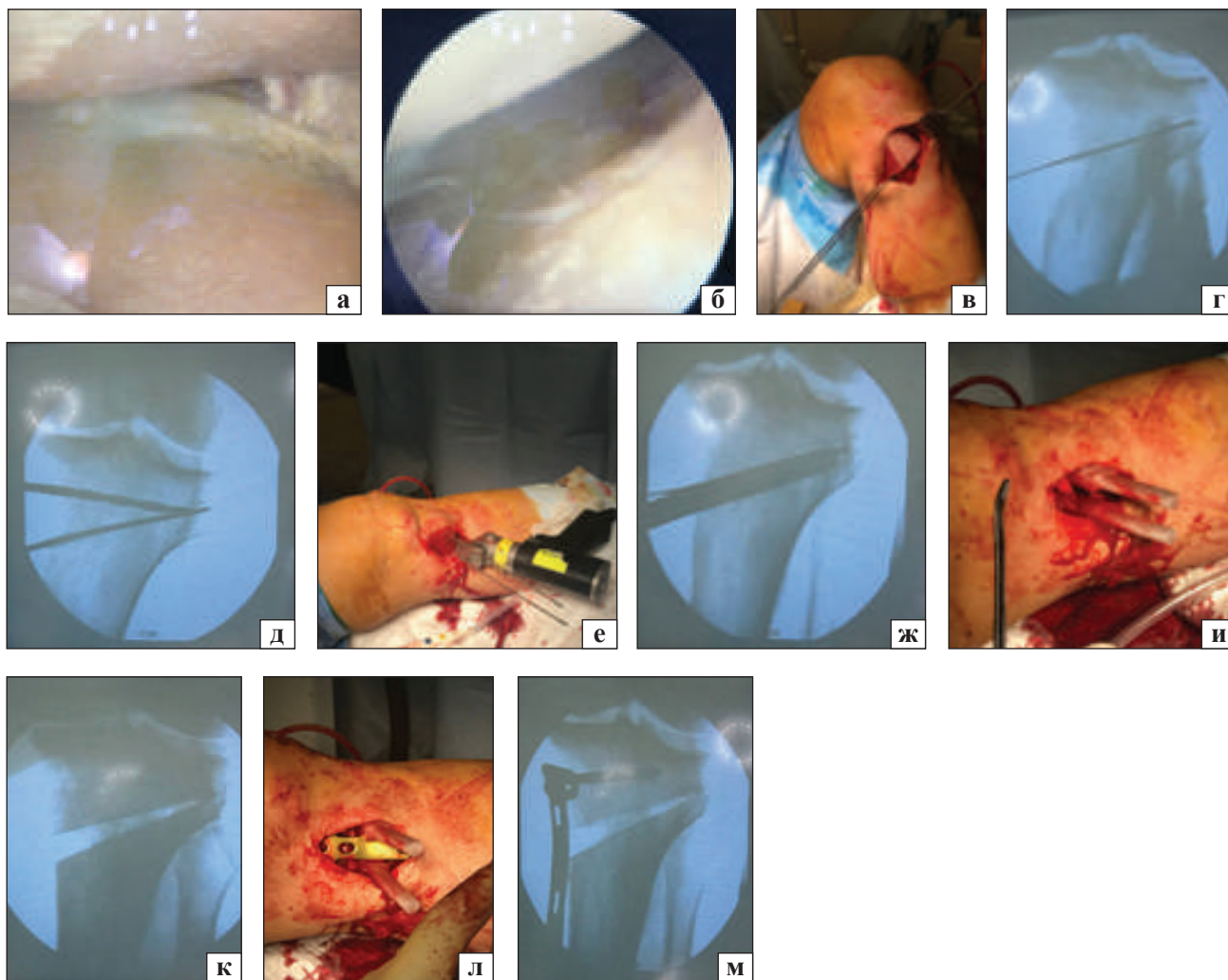
Для перевірки точності застосування індивідуального інструмента для коригувальної остеотомії ми провели віртуальну установку індивідуальних кондукторів для зрізу та клинів у тривимірну модель, яка була побудована за допомогою КТ пацієнта після операції. Так, на рис. 8 показано модель нижньої кінцівки після операції, розкриття остеотомію, віртуально «вставлені» клини і прикладений індивідуальний шаблон для зрізу. На (рис. 8, б, в) добре видно, що клини абсолютно точно «лягли» в розкриття остеотомії, а шаблон для зрізу — на поверхню великогомілкової кістки.

Проведено порівняльний аналіз основних рентгенометричних показників планування остеотомії та корекції, отриманої в результаті операції. Використовували КТ до та після хірургічного втручання (рис. 9, таблиця).

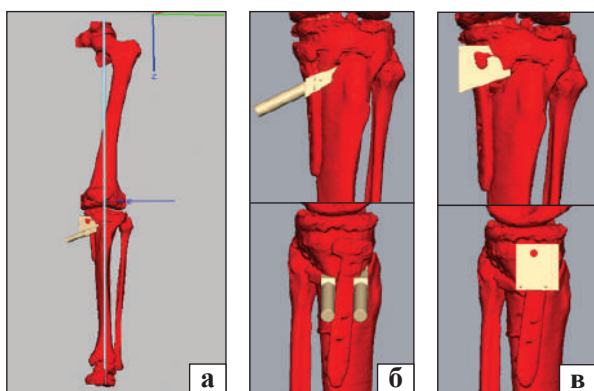
У результаті проведеного аналізу не визначено суттєвих відхилень від плану, що подано на рентгенографії (рис. 10).



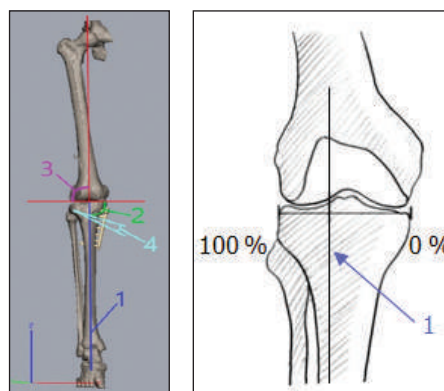
**Рис. 4.** Моделювання позиції пластинки



**Рис. 7.** Етапи оперативного втручання з індивідуальним інструментом для високої вальгізуючої остеотомії великогомілкової кістки: медіальний (а) і латеральний (б) відділи колінного суглоба; в) встановлення індивідуального кондуктора та проведення напрямних спиць; г) перевірка рентгеноскопією; д) свердління отвору під середній проксимальний гвинт; е) остеотомія по нижньому краю індивідуального блока; ж) рентгеноскопичний контроль глибини остеотомії; и) після розкриття остеотомії встановлено індивідуальні клини; к) рентген-контроль — пластикові клини не закривають кістку; л) установка пластинки середнім проксимальним отвором на заздалегідь просвердлений канал і введення гвинта; м) рентгенограма установки пластинки



**Рис. 8.** Тривимірні моделі кінцівки після остеотомії зі встановленням моделей індивідуальних клинів для розкриття й індивідуального кондуктора для зрізу: а) визначено механічну вісь нижньої кінцівки; порівняння результатів встановлення клинів (б) і кондуктора (в)



**Рис. 9.** Схема порівняння результатів: 1) точка механічної осі кінцівки на плато великогомілкової кістки (у відсотках); 2) значення механічного проксимального медіального великогомілкового кута; 3) дані механічного дистального латерального стегнового кута; 4) кут відкриття остеотомії

Таблиця

## Показники рентгенометрії, заплановані й отримані в результаті хірургічного втручання

Пацієнт	Кут відкриття остеотомії		Позиція осі кінцівки, %		Медіальний великогомілковий кут, °		Латеральний стегновий кут, °	
	план	після операції	план	після операції	план	після операції	план	після операції
1	11,0	11,0	58,0	58,1	87,0	87,1	87,0	87,2



Рис. 10. Рентгенографія після операції: а) пряма і б) бокова проєкції



Рис. 11. Рентгенографія через 4 роки після операції

У післяопераційному періоді не було ускладнень із загоєнням рани, пацієнт почав навантажувати кінцівку через 3 тижні після операції відповідно до протоколу після мікрофрактуризації дефекту хряща колінного суглоба. Ходьбу з тростиною дозволено через 6 тижнів, а без додаткової опори — через 10. Рентгенографію проводили через 6 і 12 тижнів та 6, 12 міс. після операції. Через рік після втручання відновлено повний обсяг рухів і симетричну ходьбу, за шкалою KSS було 173 бали, HSS — 92 та індекс Lequesne — 3, металоконструкцію видалено. Спостереження тривало протягом 4 років (рис. 11) і показало задовільний функціональний результат — пацієнт не відзначав погіршення свого стану, хоча рентгенографія відповідає III стадії гонартрозу.

### Обговорення

У результаті оперативного втручання індивідуальний інструмент дозволив швидко знайти площину остеотомії, не вимагав збільшення довжини розрізу шкіри, не заважав рентгеноскопичному контролю. Заданий планом отвір для верхнього середнього гвинта дозволив швидко та точно встановити пластинку. Індивідуальні клини для розкриття остеотомії допомогли правильно відтворити корекцію й утримувати її під час остеосинтезу, не зважаючи на дані рентгеноскопії.

Наше дослідження має низку недоліків. Для отримання більш точних та узагальнених висновків потрібно подальше порівняльне вивчен-

ня, що повинно включати більшу кількість пацієнтів і враховувати довгострокові результати. Крім того, важливо передбачити індивідуальні особливості кожного випадку й оптимальний вибір методики лікування з урахуванням клінічних та анатомічних чинників. Особливу увагу необхідно приділити порівняльному аналізу ефективності операції з індивідуальним інструментом і конвекційною технікою, а також вивченню віддалених результатів і задоволеності пацієнтів.

Загалом, опубліковані статті в останні роки підтверджують перспективність та ефективність використання індивідуальних інструментів для остеотомії великогомілкової кістки за варусного гонартрозу [4, 6, 7, 10]. Подальші дослідження дозволять уточнити та доповнити отримані дані, що сприятиме покращенню результатів хірургічного лікування цього патологічного стану [10, 11].

Слід зазначити безперечну перевагу індивідуального тривимірного планування остеотомії, що дозволяє самостійно виявити деформацію кінцівки, ротацію, положення площини колінного суглоба і вибрати правильно як рівень, так і висоту розкриття остеотомії. Неконтрастні для рентгеноскопії індивідуальний кондуктор та клини-спейсери полегшують роботу під час операції, а наперед задана позиція пластинки для остеосинтезу спрощує та прискорює проведення операції.

## Висновок

Використання запропонованого індивідуального інструмента для високої вальгізуючої остеотомії великогомілкової кістки було зручним, спростило основні етапи проведення оперативного втручання та забезпечило точну заплановану корекцію кутової деформації.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Проведення аналізу результатів використання індивідуального інструмента для високої вальгізуючої остеотомії великогомілкової кістки для визначення точності роботи інструмента, зручності його використання й вивчення аналізу найближчих і віддалених результатів його використання.

**Інформація про фінансування.** Фінансування роботи проведено власними коштами.

**Внесок авторів.** Головаха М. Л. — планування роботи, постановка мети та завдань, розробка моделей інструмента, виконання оперативних втручань; Бондаренко С. А. — побудова тримірних моделей та їх 3D-друк, статистичний аналіз; Харт Р. — рецензування роботи та підготовка рукопису; Орлянський В. — планування оперативних втручань та аналіз результатів.

## Список літератури

- Coventry, M. B. (2001). Osteotomy of the upper portion of the tibia for degenerative arthritis of the knee. *The journal of bone and joint surgery-american volume*, 83(9), 1426. <https://doi.org/10.2106/00004623-200109000-00021>
- DePuySynthes (2016) TomoFix Medial High Tibial Plate (MHT) surgical technique. DSEM/TRM/0115/0288(0112)
- Lau, L. C., Fan, J. C., Chung, K., Cheung, K., Man, G. C., Hung, Y., Kwok, C. K., Ho, K. K., Chiu, K., & Yung, P. S. (2021). Satisfactory long-term survival, functional and radiological outcomes of open-wedge high tibial osteotomy for managing knee osteoarthritis: Minimum 10-year follow-up study. *Journal of orthopaedic translation*, 26, 60–6. <https://doi.org/10.1007/s00590-019-02389-410.1016/j.jot.2020.03.003>
- Fucetese, S. F., Meier, P., Jud, L., Köchli, G., Aichmair, A., Vlachopoulos, L., & Fünstahl, P. (2020). Accuracy of 3D-planned patient specific instrumentation in high tibial open wedge valgisation osteotomy. *Journal of experimental orthopaedics*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40634-020-00224-y>
- Fujisawa, Y., Masuhara, K., & Shiomi, S. (1979). The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. *Orthopedic Clinics of North America*, 10(3), 585–608. [https://doi.org/10.1016/s0030-5898\(20\)30753-7](https://doi.org/10.1016/s0030-5898(20)30753-7)
- Hinterwimmer, S., Feucht, M. J., Paul, J., Kirchhoff, C., Sauerschnig, M., Imhoff, A. B., & Beitzel, K. (2016). Analysis of the effects of high tibial osteotomy on tibial rotation. *International orthopaedics*, 40(9), 1849–1854. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-3100-4> PMID: 26753845
- Kim, H. J., Yoon, J., Choi, G. W., & Yang, J. (2016). Imageless navigation versus conventional open wedge high tibial osteotomy: A meta-analysis of comparative studies. *Knee surgery & related research*, 28(1), 16–26. <https://doi.org/10.5792/ksrr.2016.28.1.16>
- Lobenhoffer, P. (2017). The rationale of osteotomy around the knee. *The Journal of knee surgery*, 30(05), 386–392. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1603755>
- Pang, R., Jiang, Z., Xu, C., Shi, W., Zhang, X., Wan, X., Bahat, D., Li, H., Senatov, F., Bulygina, I., Wang, H., Zhang, H., & Li, Z. (2022). Is patient-specific instrumentation accurate and necessary for open-wedge high tibial osteotomy? A meta-analysis. *Orthopaedic surgery*, 15(2), 413–422. <https://doi.org/10.1111/os.13483>
- Sprenger, T. R., & Doerzbacher, J. F. (2003). Tibial osteotomy for the treatment of Varus gonarthrosis. *The journal of bone and joint surgery-american volume*, 85(3), 469–474. <https://doi.org/10.2106/00004623-200303000-00011>

Стаття надійшла до редакції 02.01.2025	Отримано після рецензування 17.02.2025	Прийнято до друку 18.02.2025
---	---	---------------------------------

## USE OF INDIVIDUAL INSTRUMENT FOR HIGH TIBIAL ALGUS OSTEOTOMY IN VARUS GONARTHROSIS

M. L. Golovakha<sup>1</sup>, S. A. Bondarenko<sup>2</sup>, R. Hart<sup>3</sup>, W. Orljanski<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University. Ukraine

<sup>2</sup> Clinic «Motor Sich». Ukraine

<sup>3</sup> MHA Wiener Gesundheitsverbund Klinik Ottakring. Austria

<sup>4</sup> «Wiener Privat klinik». Austria

✉ Maxim Golovakha, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: golovahaml@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2835-9333>

✉ Stanislav Bondarenko, MD: trauma.bon.s@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6192-1466>

✉ Radek Hart, MD, Prof.: radekhart23@gmail

✉ Weniamin Orljanski, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: orljanski@hotmail.com