

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Годуадзе Георгій Нодарійович

УДК 616.718.7-001.5-085

ДИСЕРТАЦІЯ

**СТРУКТУРНІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕТАПІВ
ЛІКУВАННЯ ВНУТРІШНЬОСУГЛОБОВИХ ПЕРЕЛОМІВ
П'ЯТКОВОЇ КІСТКИ**

222 – медицина

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(Підпис)

Годуадзе Г.Н.

Науковий керівник

Пелипенко Олександр Васильович

кандидат медичних наук, доцент

Полтава – 2026

АНОТАЦІЯ

Годуадзе Г.Н. Структурні та функціональні особливості етапів лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 222 – Медицина. – Полтавський державний медичний університет, Полтава, 2026.

Дисертація присвячена проблемі покращення результатів лікування хворих із внутрішньосуглобовими переломами п'яткової кістки шляхом анатомо-топографічного обґрунтування алгоритму передопераційного планування хірургічної техніки, удосконалення технології інтраопераційної репозиції уламків та розвитку методів функціональної підтримки післяопераційного періоду.

Робота виконана у вигляді двох взаємопов'язаних досліджень: анатомо-топографічного та клінічного.

Перше з них базувалося на морфологічному аналізі 14 анатомічних препаратів п'яткової кістки людини (8 правих та 6 лівих). У межах анатомо-топографічного дослідження кровопостачання п'яткової кістки проведено морфологічний аналіз локалізації та калібру живильних отворів на різних її поверхнях.

Встановлено переважну концентрацію живильних отворів на латеральній та медіальній поверхнях (в середньому $52,57 \pm 2,67$ та $29,00 \pm 0,70$ отворів відповідно), що склало 44,40% та 24,84% від загальної кількості. При цьому на зовнішній поверхні переважна більшість отворів (70,69%) локалізувалася в ділянці п'яткового горба, і лише 29,31% отворів знаходилося в ділянці тіла та переднього відділу. Дещо меншу кількість виявлено на верхній поверхні (в середньому $15,21 \pm 0,39$ отворів, що склало 12,99%) та нижній поверхні (в середньому $17,21 \pm 1,08$ отворів, що склало 14,64%) п'яткової кістки. Найменше судинних отворів зареєстровано на

задній поверхні – лише 3,13% від загальної кількості (в середньому $3,71 \pm 0,29$ отворів).

На зовнішній поверхні співвідношення отворів різних розмірів було відносно рівномірним. На медіальній поверхні переважали великі отвори, тоді як середні та дрібні мали порівнянне співвідношення. Верхня поверхня п'яtkової кістки характеризувалася перевагою великих судинних отворів над середніми та дрібними. На нижній поверхні кістки отвори різного калібру зустрічалися приблизно в однаковій кількості. Задня поверхня характеризувалася мінімальною кількістю великих отворів, тоді як середні та дрібні зустрічалися з порівнянною частотою.

У межах анатомо-топографічного дослідження було проведено ідентифікацію зон кріплення сухожильно-зв'язкових структур заднього відділу стопи та їх зіставлення з типовими лініями переломів п'яtkової кістки. На основі створених цифрових фотографічних зображень анатомічних препаратів п'яtkової кістки з графічною розміткою футпринтів сухожильно-зв'язкового апарату встановлено, що стабільність медіального фрагмента (опори таранної кістки) та обох уламків переднього відділу п'яtkової кістки зумовлені наявністю множинних зв'язкових прикріплень у різних площинах. Було встановлено, що в ділянці латеральної частини задньої суглобової поверхні відсутні будь-які зв'язкові утворення, які могли б забезпечувати її додаткову стабілізацію.

На основі отриманих анатомо-топографічних закономірностей було розроблено алгоритм передопераційного планування хірургічної техніки з урахуванням сухожильно-зв'язкової стабілізації фрагментів, який ґрунтується на оцінці ступеня сухожильно-зв'язкової стабільності медіального та передніх фрагментів п'яtkової кістки, а також бере до уваги ступінь депресії латеральної частини задньої суглобової поверхні. Також передбачено оцінку впливу Ахіллового сухожилля на задній фрагмент п'яtkового горба.

Запропонований алгоритм сприяє більш раціональному передопераційному плануванню, вибору оптимального доступу та методу

фіксації, а також потенційно знижує ризик післяопераційних ускладнень і незадовільних функціональних результатів лікування.

Клінічний етап дослідження включав аналіз результатів лікування 89 закритих внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки зі зміщенням у 73 пацієнтів, які були розподілені на три групи залежно від хірургічної методики лікування: відкрита репозиція через розширений латеральний доступ з накістковим остеосинтезом пластиною з кутовою стабільністю типу АО (*група I*); малоінвазивна репозиція через доступ до підтаранного синуса з накістковим остеосинтезом п'ятковою міні-пластиною (*група II*); та закрита або малоінвазивна репозиція з остеосинтезом канюльованими спонгіозними гвинтами (*група III*).

З метою репозиції уламків у групах з малоінвазивним остеосинтезом використовували запатентований нами “Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яткової кістки” (патент України на корисну модель №159519 від 11.06.2025р.). Впровадження даного пристрою в клінічну практику позитивно впливало на результати лікування за рахунок скорочення часу втручання (в середньому на 38%), підвищення точності відновлення анатомічних співвідношень (досягнувши нормальних параметрів кутів Беллера та Гіссана) у 95,5% оперованих пацієнтів, у порівнянні з 80% ефективності класичної техніки з використанням стрижня Шанца. а також мінімізації ризику ятрогенного пошкодження кісткової тканини порівняно з класичною методикою.

Порівняльний аналіз інтраопераційного етапу показав, що класичний відкритий остеосинтез в середньому займав на 35,3% більше часу за малоінвазивний остеосинтез пластиною та на 70,06% більше, ніж остеосинтез канюльованими гвинтами.

При оцінці показників анатомічної репозиції було виявлено статистично значущі відмінності ($p < 0,05$) між трьома групами пацієнтів за величиною кутів Беллера та Гіссана в післяопераційному періоді. У групі малоінвазивного остеосинтезу п'ятковою міні-пластиною (група II) при

використанні дистракційного пристрою спостерігався найкращий середній показник величини даних кутів, що пояснювалося більш контрольованою інтраопераційною репозицією з використанням рентгенскопічної апаратури. Також пацієнти даної групи мали найкращі показники загальної тривалості стаціонарного лікування, що становив на 48,1% менше, ніж у пацієнтів після відкритого остеосинтезу через латеральний L-подібний доступ.

Найменший рівень больового синдрому у першу післяопераційну добу відзначався у пацієнтів групи II та групи III ($4,86 \pm 1,4$ та $4,48 \pm 1,3$ балів відповідно), порівняно з $7,23 \pm 1,8$ балами у групі I. Аналізуючи больовий синдром за візуально-аналоговою шкалою (VAS) через 4 та 10 місяців по групах, встановлено, що найкращі результати спостерігаються у групі закритої репозиції з транскутанною фіксацією гвинтами (група III).

Порівнюючи тривалість загоєння післяопераційних ран, встановлено важливість малотравматичності у хірургії заднього відділу стопи, адже саме у групі закритої транскутанної фіксації відмічалися найкращі результати – $11,56 \pm 2,2$ днів проти $67,92 \pm 74,0$ днів у групі I та $15,14 \pm 5,8$ днів у групі II.

Оцінюючи індекс функції стопи FFI (Foot Function Index), встановили, що через 4 місяці після втручання значення індексу функції стопи у пацієнтів III групи були кращими на 11,1% порівняно з II групою та на 53,9% – порівняно з I групою. Водночас у пацієнтів II групи значення індексу FFI були кращими на 48,1% порівняно з I групою. Через 10 місяців після операції різниця між показниками індексу FFI становила 15,3% між III та II групами, 62,9% – між III та I групами та 56,2% – між II та I групами.

Функціональні показники за AOFAS (American Orthopaedic Foot & Ankle Society) через 4 місяці після втручання у пацієнтів II групи були вищими на 30,0% порівняно з I групою, а у пацієнтів III групи – на 29,9% порівняно з I групою. Водночас відмінності між II та III групами на цьому етапі були мінімальними (різниця 0,05%) і статистично недостовірними. Через 10 місяців після операції значення за шкалою AOFAS у пацієнтів II групи перевищували відповідні показники I групи на 14,7%, тоді як у пацієнтів III групи – на 17,3%.

При цьому функціональні результати у пацієнтів III групи були вищими на 2,3% порівняно з II групою, що відповідало статистично значущій різниці ($p < 0,001$).

Отримані результати клінічного етапу дослідження дозволили підтвердити перевагу малоінвазивних методик над традиційним відкритим остеосинтезом, що полягає у покращенні функціональних результатів лікування, зменшенні больового синдрому, прискоренні процесу лікування та загоєння післяопераційних ран з мінімізацією ранніх та віддалених післяопераційних ускладнень, особливо у пацієнтів обтяжених коморбідною патологією та тривалим анамнезом тютюнопаління. Але малоінвазивні методики мають ряд обмежень у застосуванні при багатофрагментарних нестабільних (так званих «вибухових») переломах п'яткової кістки, де методом вибору виступає саме відкрита пряма репозиція через розширений L-подібний доступ.

На основі власних спостережень щодо післяопераційного лікування пацієнтів з переломами п'яткової кістки та в ході тривалого аналізу існуючих моделей іммобілізуючих пристроїв було розроблено універсальний п'ятковий розвантажувальний ортез, біомеханічна ефективність якого полягає в комбінації використання сучасного термопластичного матеріалу та жорсткої регульованої конструкції.

Впровадження універсального п'яткового розвантажувального ортезу у клінічну практику дозволило скоротити строки безболісної вертикалізації пацієнтів на 66%, зменшити інтенсивність больового синдрому в середньому на 32,6% та покращити суб'єктивну переносимість іммобілізації на 15,5% у порівнянні з стандартною гіпсовою лонгетою. Отримані результати свідчать про доцільність використання запропонованого ортезу як ефективного засобу функціонального забезпечення післяопераційного періоду та у випадках консервативного лікування пацієнтів із переломами п'яткової кістки.

Отримані анатомо-топографічні та клінічні результати визначили межі застосування запропонованого алгоритму передопераційного планування

хірургічної техніки лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки, а також роль і місце малоінвазивних методів такого лікування. Окремі напрацювання з розробки дистракційного пристрою для репозиції уламків п'яткової кістки та універсального п'яткового розвантажувального ортезу доповнюють результати досліджень. Все це дозволило покращити анатомо-функціональні результати лікування пацієнтів, підвищити рівень якості життя та прискорити соціальну і трудову реабілітацію.

У зв'язку з цим результати даного дослідження можуть бути рекомендовані до широкого впровадження у клінічну практику відділень ортопедії та травматології та навчальний процес клінічних кафедр.

Ключові слова: п'яткова кістка, перелом п'яткової кістки, задній відділ стопи, стопа, гомілковостопний суглоб, нижня кінцівка, біомеханіка стопи, остеосинтез, малоінвазивне лікування, кровопостачання, хірургічне лікування, лікування, рана, реабілітація.

Список публікацій здобувача

Публікації, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ.** М'якотканинні ускладнення в ранньому післяопераційному періоді після остеосинтезу п'яткової кістки. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. 2023;23(2.1):8–12. doi:10.31718/2077-1096.23.2.1.8.

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Малик СВ, Гончаров АВ.** Використання малоінвазивних методів оперативного лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. 2023;23(1):8–12. doi: 10.31718/2077-1096.23.1.8.

- **Hoduadze HN, Pelypenko OV.** The role of the foot ligaments in the formation of complex calcaneal fractures. TRAUMA. 2025;26(3):119–127. doi:10.22141/1608-1706.3.26.2025.1012.

- **Hoduadze HN, Pelypenko OV.** Anatomical and topographical

characteristics of nutrient foramina in the calcaneus: implications for surgical approach and fixation. *Azerbaijan Medical Journal*. 2025;(4):110–117. doi:10.34921/amj.2025.4.018.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

- **Годуадзе ГН, Дідик НР.** Аналіз ефективності основних видів оперативного лікування складних переломів п'яткової кістки. Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції лікарів-інтернів, присвяченої 100-річчю Полтавського державного медичного університету; 2021 Трав 27; Полтава; 2021. с. 16.

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ.** Оперативне лікування складних переломів п'яткової кістки. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю “Сучасні принципи діагностики та лікування ортопедо-травматологічної патології”; 2021 Серпня 20; Полтава. Полтава; 2021, с. 4.

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ.** Порівняльний аналіз методів оперативного лікування складних переломів п'яткової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Актуальні питання хірургії стопи та інші актуальні питання ортопедії та травматології”; 2021 Лист 27; Київ; 2021.

- **Годуадзе ГН.** Варіанти оперативного лікування переломів п'яткової кістки. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції лікарів-інтернів; 2022 Трав 25; Полтава; 2021, с. 57–58.

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ.** Роль комп'ютерної томографії у плануванні оперативних втручань при внутрішньосуглобових переломах п'яткової кістки. Збірка тез та статей науково-практичної інтернет-конференції з міжнародною участю “Сучасні проблеми вивчення медико-екологічних аспектів здоров'я людини”; 2023 Жовт 19–20; Полтава; 2023, с. 35–37.

- **Годуадзе ГН.** Ефективність мінімальноінвазивних хірургічних методів при лікуванні внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки.

Матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції “Світ наукових досліджень” [інтернет]; 2023 Лют 15; Київ; 2023. Доступно: <https://www.economy-confer.com.ua/full-article/4255/>

- **Годуадзе ГН.** Методика закритої непрямой інтраопераційної репозиції при остеосинтезі складних переломів п'яtkової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених “Медична наука – 2023”; 2023 Груд 1; Полтава; 2023, с. 48–50.

- **Годуадзе ГН.** Ускладнення хірургічного лікування складних переломів п'яtkової кістки та методи їх профілактики. Збірник матеріалів конгресу студентів та молодих учених “Майбутнє за наукою”; 2023 Квіт 10–12; Тернопіль; 2023, с. 125.

- **Годуадзе ГН.** Медико-соціальні особливості лікування пацієнтів з білатеральними переломами п'яtkової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених “Медична наука – 2024”; 2024 Груд 5; Полтава; 2024, с. 44–45.

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ.** Особливості реабілітаційного періоду у пацієнтів зі складними переломами п'яtkової кістки. Актуальні проблеми ортопедії та травматології: Ювілейний збірник наукових праць. [Інтернет]; 2024; Харків; 2024, с. 35–40. Доступно: <https://archive.sytenko.org.ua/handle/123456789/1573>

- **Годуадзе ГН.** Особливості впливу сухожильно-зв'язкового апарату заднього відділу стопи на формування складних переломів п'яtkової кістки. Збірник матеріалів конгресу студентів та молодих учених “Майбутнє за наукою”; 2025 Квіт 9-12; Тернопіль; 2025, с. 410–411.

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації:

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ,** винахідники; Полтавський державний медичний університет, патентовласник. Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яtkової кістки. Патент України №159519. 2025 Черв 11.

SUMMARY

Hoduadze H.N. Structural and functional features of the stages of treatment of intra-articular calcaneal fractures. – Qualifying scientific work on the manuscript right.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in speciality 222 – Medicine. – Poltava State Medical University, Poltava, 2026.

The dissertation is devoted to the problem of improving treatment outcomes in patients with intra-articular fractures of the calcaneus through the anatomical and topographical substantiation of a preoperative planning algorithm for surgical technique, the improvement of intraoperative fragment reduction technology, and the development of methods for functional support in the postoperative period.

The study was conducted in the form of two interrelated investigations: an anatomical-topographical study and a clinical study.

The anatomical study was based on a morphological analysis of 14 anatomical specimens of the human calcaneus (8 right and 6 left). Within the anatomical-topographical investigation of calcaneal vascularization, a morphological analysis of the localization and caliber of nutrient foramina on different surfaces of the calcaneus was performed.

A predominant concentration of nutrient foramina was found on the lateral and medial surfaces (on average 52.57 ± 2.67 and 29.00 ± 0.70 foramina, respectively), accounting for 44.40% and 24.84% of the total number. On the lateral surface, the majority of foramina (70.69%) were localized in the region of the calcaneal tuberosity, whereas only 29.31% were located in the region of the body and anterior part of the calcaneus. A slightly lower number was detected on the superior surface (on average 15.21 ± 0.39 foramina, representing 12.99%) and on the inferior surface (on average 17.21 ± 1.08 foramina, representing 14.64%). The lowest number of vascular foramina was observed on the posterior surface, accounting for only 3.13% of the total number (on average 3.71 ± 0.29 foramina).

On the lateral surface, the distribution of foramina of different sizes was

relatively uniform. On the medial surface, large foramina predominated, whereas medium- and small-sized foramina were present in comparable proportions. The superior surface of the calcaneus was characterized by a predominance of large vascular foramina over medium and small ones. On the inferior surface, foramina of different calibers occurred in approximately equal numbers. The posterior surface was characterized by a minimal number of large foramina, while medium and small ones occurred with comparable frequency.

Within the anatomical-topographical study, the attachment zones of tendon-ligamentous structures of the hindfoot were identified and correlated with typical fracture lines of the calcaneus. Based on digitally created photographic images of calcaneal anatomical specimens with graphical marking of the footprints of the tendon-ligamentous apparatus, it was established that the stability of the medial fragment (the sustentaculum tali) and both fragments of the anterior calcaneus is ensured by multiple ligamentous attachments in different planes. At the same time, it was found that in the region of the lateral portion of the posterior articular surface there are no ligamentous structures capable of providing additional stabilization.

Based on the obtained anatomical-topographical patterns, an algorithm for preoperative planning of surgical technique was developed, taking into account the tendon-ligamentous stabilization of fragments. The algorithm is based on assessing the degree of ligamentous stabilization of the medial and anterior fragments of the calcaneus, as well as the degree of depression of the lateral part of the posterior articular surface. In addition, the influence of the Achilles tendon on the posterior fragment of the calcaneal tuberosity is taken into consideration.

The proposed algorithm facilitates more rational preoperative planning, selection of the optimal surgical approach and fixation method, and potentially reduces the risk of postoperative complications and unsatisfactory functional outcomes.

The clinical stage of the study included the analysis of treatment outcomes of 89 displaced closed intra-articular calcaneal fractures in 73 patients. The patients were divided into three groups depending on the surgical technique used: open

reduction through an extended lateral approach with plate osteosynthesis using an AO-type angular stable plate (Group I); minimally invasive reduction through the sinus tarsi approach with calcaneal mini-plate osteosynthesis (Group II); and closed or minimally invasive reduction with osteosynthesis using cannulated cancellous screws (Group III).

For fragment reduction in the groups undergoing minimally invasive osteosynthesis, we used our patented “Distraction device for reduction of calcaneal fracture fragments” (Ukrainian utility model patent No. 159519 dated June 11, 2025). The implementation of this device in clinical practice positively influenced treatment outcomes by reducing operative time (on average by 38%), increasing the accuracy of anatomical restoration (with restoration of normal Böhler and Gissane angles achieved in 95.5% of operated patients compared with 80% using the classical technique with a Schanz pin), and minimizing the risk of iatrogenic bone injury compared with the conventional method.

Comparative analysis of the intraoperative stage demonstrated that classical open osteosynthesis required on average 35.3% more operative time than minimally invasive plate osteosynthesis and 70.06% more time than osteosynthesis with cannulated screws.

Assessment of anatomical reduction parameters revealed statistically significant differences ($p < 0.05$) between the three groups in terms of Böhler and Gissane angles in the postoperative period. In the minimally invasive mini-plate osteosynthesis group (Group II), the use of the distraction device resulted in the best mean values of these angles, which can be explained by more controlled intraoperative reduction under fluoroscopic guidance. Patients in this group also demonstrated the shortest duration of hospital stay, which was 48.1% shorter than in patients undergoing open osteosynthesis through an extended lateral L-shaped approach.

The lowest level of pain during the first postoperative day was observed in patients of Group II and Group III (4.86 ± 1.4 and 4.48 ± 1.3 points, respectively), compared with 7.23 ± 1.8 points in Group I. Analysis of pain intensity using the

Visual Analog Scale (VAS) at 4 and 10 months revealed the best results in the group treated with closed reduction and percutaneous screw fixation (Group III).

When comparing the duration of postoperative wound healing, the importance of minimally invasive surgical techniques in hindfoot surgery was demonstrated. The best results were observed in the group with closed percutaneous fixation – 11.56 ± 2.2 days, compared with 67.92 ± 74.0 days in Group I and 15.14 ± 5.8 days in Group II.

Evaluation of the Foot Function Index (FFI) showed that 4 months after surgery the FFI values in Group III patients were better by 11.1% compared with Group II and by 53.9% compared with Group I. In Group II, the FFI values were better by 48.1% compared with Group I. Ten months after surgery, the differences in FFI values were 15.3% between Groups III and II, 62.9% between Groups III and I, and 56.2% between Groups II and I.

Functional outcomes assessed by the AOFAS (American Orthopaedic Foot & Ankle Society) scale at 4 months after surgery were higher in Group II patients by 30.0% compared with Group I, and in Group III patients by 29.9% compared with Group I. The differences between Groups II and III at this stage were minimal (0.05%) and not statistically significant. At 10 months after surgery, AOFAS scores in Group II exceeded those in Group I by 14.7%, while in Group III they exceeded those in Group I by 17.3%. At the same time, functional outcomes in Group III were higher by 2.3% compared with Group II, which corresponded to a statistically significant difference ($p < 0.001$).

The results of the clinical stage confirmed the advantages of minimally invasive techniques over traditional open osteosynthesis. These advantages include improved functional outcomes, reduced pain intensity, faster treatment and wound healing, and minimization of early and late postoperative complications, particularly in patients with comorbid conditions and a long history of smoking. However, minimally invasive techniques have certain limitations in the management of multi-fragmentary unstable calcaneal fractures, where open reduction through an extended L-shaped lateral approach remains the method of choice.

Based on our own observations regarding postoperative management of patients with calcaneal fractures and a long-term analysis of existing immobilization devices, a universal calcaneal offloading orthosis was developed. Its biomechanical effectiveness is based on the combination of a modern thermoplastic material and a rigid adjustable design.

Implementation of the universal calcaneal offloading orthosis in clinical practice reduced the time to painless patient verticalization by 66%, decreased pain intensity by an average of 32.6%, and improved subjective tolerance of immobilization by 15.5% compared with a standard plaster splint. These results indicate the feasibility of using the proposed orthosis as an effective means of functional support in the postoperative period and in cases of conservative treatment of calcaneal fractures.

The obtained anatomical-topographical and clinical results allowed determination of the indications and limits for the application of the proposed algorithm for preoperative planning of surgical technique in the treatment of intra-articular calcaneal fractures, as well as the role and place of minimally invasive treatment methods. Additional developments, including the distraction device for fragment reduction and the universal calcaneal offloading orthosis, complement the results of the study.

Overall, the proposed approaches made it possible to improve the anatomical and functional outcomes of treatment, enhance patients' quality of life, and accelerate their social and occupational rehabilitation. Therefore, the results of this study can be recommended for wide implementation in clinical practice in orthopedic and traumatology departments, as well as in the educational process of clinical departments.

Keywords: calcaneus, calcaneal fracture, hindfoot, ankle joint, lower limb, foot biomechanics, osteosynthesis, minimally invasive treatment, blood supply, surgical treatment, wound, rehabilitation.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	17
Вступ	18
Розділ 1. Аналіз сучасного стану лікування переломів п'яткової кістки (огляд літератури)	29
1.1. Епідеміологія та соціальна проблематика переломів п'яткової кістки ..	29
1.2. Анатомо-топографічні особливості п'яткової ділянки	32
1.2.1. <i>Остеологія</i>	32
1.2.2. <i>Сухожильно-зв'язковий апарат</i>	38
1.2.3. <i>Кровопостачання та іннервація п'яткової ділянки</i>	42
1.3. Механогенез та класифікації переломів п'яткової кістки	46
1.4. Історичний розвиток методів оперативного лікування переломів п'яткової кістки	54
Розділ 2. Матеріали та методи дослідження	59
2.1. Загальні характеристики клінічних випадків	60
2.2. Клінічні методи дослідження	67
2.3. Променеві методи дослідження	68
2.3.1. <i>Рентгенографія п'яткової кістки</i>	68
2.3.2. <i>Комп'ютерна томографія п'яткової кістки</i>	72
2.4. Методи оцінки результатів лікування	76
2.5. Статистичні методи збору та обробки клінічного матеріалу	79
Розділ 3. Основні модифікуючі чинники передопераційного етапу та їх вплив на планування хірургічного втручання	81
3.1. Анатомо-топографічне дослідження живильних отворів п'яткової кістки та їх значення для вибору методики втручання.	81
3.1.1. <i>Морфологічний аналіз живильних отворів на поверхні п'яткової кістки</i>	81
3.1.2. <i>Аналіз ангіоархітекτονіки п'яткової ділянки та її клінічне значення для вибору хірургічного доступу і фіксації</i>	88
3.2. Анатомо-топографічний аналіз взаємовідношення місць інсерції	

сухожильно-зв'язкових структур із типовими уламками п'яткової кістки ...	91
3.3. Алгоритм передопераційного планування хірургічної техніки з урахуванням сухожильно-зв'язкової стабілізації фрагментів.....	97
Розділ 4. Особливості хірургічного етапу лікування	100
4.1. Особливості клінічних груп пацієнтів	100
4.2. Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яткової кістки.....	105
4.3. Особливості хірургічних методик лікування	110
4.3.1. Відкрита репозиція з накістковим остеосинтезом (ORIF).....	110
4.3.2. Малоінвазивна репозиція з накістковим остеосинтезом (MIPO) ...	115
4.3.3. Малоінвазивна репозиція з остеосинтезом канюльованими спонгіозними гвинтами (MIO)	118
Розділ 5. Функціональне забезпечення післяопераційного етапу	123
5.1. Біомеханіка навантаження опорного відділу нижньої кінцівки	123
5.2. Особливості використання функціональних пов'язок при переломах п'яткової кістки	125
5.3. Досвід застосування універсального п'яткового розвантажувального ортезу.....	130
Розділ 6. Аналіз та узагальнення результатів клінічного етапу дослідження	133
6.1. Аналіз ранніх післяопераційних результатів	133
6.2. Аналіз віддалених післяопераційних результатів	138
6.3. Основні типи післяопераційних ускладнень.....	142
6.3.1. Ранні післяопераційні ускладнення.....	143
6.3.2. Віддалені післяопераційні ускладнення	145
Висновки	149
Список використаних джерел	152
Додаток А	176
Додаток Б	177
Додаток В	181
Додаток Г	185

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЗВС	– задній відділ стопи
ВООЗ	– Всесвітня організація охорони здоров'я
ДТП	– дорожньо-транспортна пригода
АО	– Асоціація з вивчення внутрішньої фіксації
ОТА	– Міжнародна асоціація ортопедів-травматологів
МСА	– ангіосома медіальної п'яткової артерії
МРА	– ангіосома медіальної підошовної артерії
ЛРА	– ангіосома латеральної підошовної артерії
ДРА	– ангіосома тильної артерії стопи
ЛСА	– ангіосома латеральної п'яткової артерії
ORIF	– відкрита репозиція та внутрішня фіксація
КП	– Комунальне підприємство
ПДМУ	– Полтавський державний медичний університет
МІРО	– малоінвазивний остеосинтез пластиною
МІО	– малоінвазивний остеосинтез
ЕОП	– електронно-оптичний перетворювач
МСКТ	– мультиспіральна комп'ютерна томографія
VAS	– візуально-аналогова шкала
FFI	– індекс функції стопи
АOFAS	– шкала оцінки Американської асоціації ортопедів стопи та гомілковостопного суглоба
АМП	– антимікробний препарат
ВOFAS	– Британське товариство ортопедії стопи та гомілковостопного суглоба
АFO	– ортопедичний ортез для гомілковостопного суглоба та стопи
МВТ	– мінно-вибухова травма

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження

Травматичні ушкодження у ділянці заднього відділу стопи (ЗВС) належать до категорії найбільш складних як з точки зору лікування, так і в аспекті подальшої реабілітації пацієнтів. Цей анатомічний сегмент характеризується надзвичайно складною будовою, що зумовлює високий ризик виникнення посттравматичних деформацій і функціональних обмежень. Несвоєчасна діагностика або неадекватно обраний метод лікування таких пошкоджень часто призводять до розвитку тяжких ускладнень, формування стійких деформацій і хронічного больового синдрому, а в значній частині випадків – до інвалідизації пацієнтів [1, 2, 3, 4].

Переважає більшість переломів у передплесновому відділі стопи припадає на п'яткову кістку, що становить близько 60% від усіх кісткових ушкоджень заднього відділу стопи. У структурі загальної травматичної патології кісток опорно-рухового апарату такі переломи складають близько 2%, що може здаватися невеликим показником, проте саме вони є одними з найбільш складних і проблемних щодо лікування та прогнозу. Високий рівень ускладнень та незадовільних результатів лікування обумовлює їх особливу медико-соціальну значущість [5, 6, 7].

За даними сучасних клініко-статистичних досліджень, від 22% до 78% постраждалих із переломами п'яткової кістки визнаються особами з інвалідністю III або II груп, а у близько 40% пацієнтів виникає потреба у повторних оперативних втручаннях протягом 2–3 років після первинного лікування. Дані травми мають негативний соціально-економічний вплив, адже за статистикою майже 90% від усіх травмованих є особами працездатного віку. У своїх дослідженнях ще у 1916 році F. Cotton писав: “З людиною, яка зламала п'яткову кістку, покінчено, що стосується її промислового майбутнього” [8, 9, 10, 11].

Відомо, що тривалість тимчасової непрацездатності при таких травмах є

однією з найвищих серед ушкоджень кісток нижньої кінцівки – у середньому 260,5 днів, що становить близько 27,3% випадків тривалих періодів непрацездатності. Окрім того, пошкодження кісток заднього відділу стопи досить часто зустрічаються у складі політравми – за різними джерелами, від 35% до 43% випадків [12, 13, 14].

Переломи п'яткової кістки з кожним роком привертають дедалі більшу увагу дослідників і практикуючих ортопедів-травматологів, оскільки досі остаточно не визначене коло показань і протипоказань до застосування тих чи інших методів лікування. Враховуючи складність анатомо-топографічної будови та біомеханіки заднього відділу стопи, пошук оптимальної лікувальної тактики для таких пошкоджень залишається надзвичайно актуальним завданням сучасної травматології [15, 16, 17, 18].

Консервативний (імобілізаційний) метод лікування без репозиції є ефективним лише у випадках переломів п'яткової кістки без зміщення кісткових уламків і без порушення конгруентності суглобових поверхонь. Натомість відновлення анатомічних співвідношень при післятравматичних деформаціях вимагає складних і високотехнологічних хірургічних втручань, спрямованих на відновлення функції та опороздатності стопи. Такі операції є технічно складними, економічно затратними й не завжди гарантують повне відновлення біомеханічних властивостей ураженої ділянки [17, 19, 20, 21, 22, 23].

Враховуючи, що близько 75% усіх переломів п'яткової кістки є внутрішньосуглобовими та зі зміщенням уламків, а рівень незадовільних результатів лікування залишається високим, ця патологія потребує поглибленого аналізу та пошуку нових шляхів удосконалення лікувальної тактики, спрямованої на повноцінне функціональне відновлення стопи й мінімізацію ускладнень [6, 7, 24, 25].

Постійний пошук балансу між оптимальним методом лікування та функціональним результатом є однією з центральних проблем сучасної травматології заднього відділу стопи. Щороку у світовій літературі

з'являються нові клінічні дослідження, що порівнюють консервативні та оперативні підходи, пропонують уточнені критерії показань до хірургічного втручання та нові малоінвазивні техніки [16, 18, 26, 27, 28, 29].

Водночас більшість відкритих хірургічних методів залишаються надто травматичними, що зумовлює ризик післяопераційних ускладнень і сумнівні функціональні результати. У свою чергу, малоінвазивні методики дають змогу зменшити обсяг пошкодження м'яких тканин, однак не завжди забезпечують адекватну репозицію та стабільність фіксації уламків у віддаленому післяопераційному періоді [30, 31, 32, 33, 34].

Незважаючи на те, що відповідно до рекомендацій АО/ASIF “золотим стандартом” оперативного лікування внутрішньосуглобових переломів п'яркової кістки вважається відкрита анатомічна репозиція та стабільно-функціональна фіксація, у світовій практиці триває активна дискусія щодо доцільності, показань і біомеханічного обґрунтування різних хірургічних технік [35, 36, 37].

Окремим, досі невирішеним питанням залишається вибір ефективного методу інтраопераційної репозиції уламків п'яркової кістки. Незважаючи на певну кількість досліджень, на сьогодні не існує універсального способу, який би поєднував атравматичність, простоту виконання, надійність та зменшення фізичного навантаження на хірурга під час операції. Використання традиційних методів із застосуванням стрижнів Шанца або Штейнмана супроводжується підвищеною травматичністю, а зусиль, які повинен прикладати хірург чи асистент, часто недостатньо для якісної репозиції та точного утримання досягнутих анатомічних співвідношень [38, 39, 40, 41].

Відновлення довжини п'яркової кістки та усунення типового варусного зміщення вимагає прикладання значної фізичної сили, що підвищує ризик інтраопераційних ускладнень. У зв'язку з цим залишається актуальною необхідність пошуку нового, більш оптимального методу репозиції та розробки допоміжного пристрою, який би полегшував роботу хірурга, підвищував точність і стабільність вправлення уламків [42, 43, 44].

Не менш дискусійним є й питання вибору оптимального імпланта для остеосинтезу п'яткової кістки. На сучасному етапі існує широкий спектр металоконструкцій, призначених для фіксації переломів різних типів. Провідне місце серед них посідають пластини з кутовою стабільністю, що забезпечують жорстку фіксацію уламків та можливість ранньої функціональної реабілітації. Проте, через варіабельність форм і дизайнів таких пластин, часто виникає механічна невідповідність між імплантом і анатомією п'яткової ділянки, що може спричинити післяопераційні імплантозалежні ускладнення [37, 45, 46, 47].

Окрім накісткових пластин у клінічній практиці дедалі ширше застосовують інтраосальні стрижні, гвинти та системи транскутанної фіксації уламків. Незалежно від типу фіксатора, ключовою умовою успішного остеосинтезу є забезпечення достатньої стабільності, компресії по лінії перелому та відновлення опорної функції стопи. Саме тому виникає потреба у проведенні додаткових досліджень, спрямованих на визначення найбільш оптимальних варіантів поєднання та позиціонування імплантів при різних типах переломів п'яткової кістки [48, 49, 50, 51].

Жодне хірургічне втручання не може гарантувати успішного відновлення функції без якісної та своєчасно розпочатої реабілітації. На сьогодні існують універсальні рекомендації щодо фізіофункціонального лікування пацієнтів із переломами п'яткової кістки, як при консервативному веденні, так і в післяопераційному періоді. Ці підходи передбачають повне виключення навантаження на кінцівку протягом 8–10 тижнів і часто супроводжуються обмеженням активних рухів у прилеглих суглобах стопи. Такий підхід, хоча й спрямований на забезпечення стабільності зони перелому, має значні недоліки – він сприяє розвитку контрактур, прогресуванню локального остеопору та дистрофічним змінам у м'язово-зв'язковому апараті [52, 53, 54, 55, 56, 57].

Отже, залишається відкритим питання щодо розробки нових методів і допоміжних пристроїв, які б дозволяли забезпечити раннє функціональне

навантаження на уражену кінцівку у післяопераційному етапі лікування переломів п'яркової кістки без ризику порушення репозиції уламків.

Таким чином, висока частота незадовільних результатів лікування та ускладнень, що пов'язані з недосконалим вибором лікувальної тактики, невідповідністю імплантів типу перелому, недостатньою якістю інтраопераційної репозиції, ятрогенними ушкодженнями, а також недоліками фізіофункціональної реабілітації у післяопераційному періоді, переконливо підтверджують актуальність обраного напрямку дослідження.

Мета дослідження

Покращити результати лікування хворих із внутрішньосуглобовими переломами п'яркової кістки шляхом анатомо-топографічного обґрунтування алгоритму передопераційного планування хірургічної техніки, удосконалення технології інтраопераційної репозиції уламків та розвитку методів функціональної підтримки післяопераційного періоду.

Завдання дослідження

1. Проаналізувати сучасні підходи до лікування пацієнтів із внутрішньосуглобовими переломами п'яркової кістки та визначити основні шляхи підвищення ефективності лікування.
2. Провести анатомо-топографічне дослідження поширеності та морфологічних особливостей живильних отворів п'яркової кістки та їх значення для вибору хірургічного доступу та методів фіксації.
3. Провести аналіз співвідношення місць інсерції елементів сухожильно-зв'язкового апарату на поверхні п'яркової кістки до типових фрагментів при переломах.
4. Розробити алгоритм передопераційного планування хірургічної техніки з урахуванням сухожильно-зв'язкової стабілізації фрагментів.
5. Удосконалити методику інтраопераційної репозиції уламків п'яркової кістки.
6. Удосконалити методику післяопераційної реабілітації пацієнтів з переломами п'яркової кістки.

7. Проаналізувати результати лікування хворих із внутрішньосуглобовими переломами п'яткової кістки в залежності від методу хірургічного втручання.

Об'єкт дослідження – структурно-функціональні особливості заднього відділу стопи при внутрішньосуглобових переломах п'яткової кістки та їх вплив на результати лікування.

Предмет дослідження – клініко-анатомічні та біомеханічні чинники, що визначають вибір тактики хірургічного лікування, методи репозиції уламків і післяопераційну реабілітацію при внутрішньосуглобових переломах п'яткової кістки.

Медична документація – документація, що знаходиться в архівах Комунального підприємства “1-а міська клінічна лікарня Полтавської міської ради”.

Методи дослідження

У роботі застосовано комплекс методів, що забезпечують реалізацію поставлених завдань:

Інформаційно-аналітичний метод – використано для системного аналізу літературних джерел та узагальнення результатів попередніх досліджень з метою визначення актуальних і недостатньо вивчених аспектів лікування переломів п'яткової кістки.

Клінічний метод – передбачав діагностику переломів п'яткової кістки шляхом аналізу анамнестичних даних, скарг, локального статусу у пацієнтів різних клінічних груп, а також оцінку ступеня обмеження рухів у гомілковостопному та підтаранному суглобах у динаміці лікування.

Морфометричний метод – застосовано для вимірювання основних анатомо-топографічних параметрів і співвідношень досліджуваної ділянки з метою визначення структурних особливостей п'яткової кістки.

Метод променевої діагностики – використано для візуалізації пошкоджень, визначення типу перелому та характеру зміщення відламків, а також для оцінки результатів хірургічного лікування і процесів кісткової

регенерації.

Морфологічний метод – застосовано для вивчення анатомічних особливостей сухожильно-зв'язкового апарату стопи та їх ролі у формуванні складних внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки, а також для аналізу живильних отворів на поверхні п'яткової кістки й ангіоархітекtonіки п'яткової ділянки.

Статистичний метод – застосовано для встановлення достовірності результатів, оцінки відмінностей між клінічними групами та перевірки гіпотез із використанням непараметричних критеріїв.

Використане обладнання: рентгенівська діагностична система "Calypso F" (General Medical Merate – Італія), комп'ютерні томографи "Revolution EVO" фірми GE Healthcare Japan Corporation (Японія) та "NeUViz16 Essence Multislice CT scanner" фірми Neusoft Medical Systems (Китай), електронно-оптичний перетворювач (ЕОП) "Symbol 5R9" фірми General Medical Merate (Італія) та ЕОП "Cios Select" Siemens Shanghai Medical Equipment (Китай), персональний комп'ютер, імпланти для остеосинтезу, настільна збільшувальна лупа Schweizer Tech-Line 4x, цифрова камера телефону.

Наукова новизна отриманих результатів

На основі цифрових фотографічних зображень анатомічних препаратів п'яткової кістки з графічною розміткою зон інтересу проведено топографічний аналіз розташування живильних отворів відносно зон потенційного інтраопераційного інструментального впливу та позиціонування металоконструкцій, що дозволило оцінити ризики ятрогенного порушення внутрішньоскісткового кровопостачання при різних видах остеосинтезу п'яткової кістки.

Уточнено ангіоархітекtonіку латеральної поверхні п'яткової кістки та обґрунтовано визначальну роль судинного фактора у виборі хірургічного доступу і типу фіксації. Доведено доцільність максимального збереження живильних отворів у ділянці латеральної поверхні п'яткового горба та

переднього відділу, як умови оптимальної репаративної регенерації та консолідації кісткової тканини.

Встановлено закономірності співвідношення місць інсерції сухожильно-зв'язкових структур із типовими фрагментами п'яркової кістки при внутрішньосуглобових переломах, що дозволило розробити алгоритм вибору хірургічної тактики з урахуванням сухожильно-зв'язкової стабілізації фрагментів.

Розроблено та впроваджено в клінічну практику дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яркової кістки (патент України на корисну модель №159519 від 11.06.2025р.), який забезпечує контрольовану репозицію та мінімізацію додаткової травматизації м'яких тканин.

Запропоновано та клінічно апробовано універсальний п'ярковий розвантажувальний ортез, що дозволяє забезпечити ранню безболісну вертикалізацію та зменшити ризик післяопераційних ускладнень.

Практичне значення роботи

Отримані результати можуть бути безпосередньо використані в клінічній практиці відділень ортопедії та травматології при лікуванні внутрішньосуглобових переломів п'яркової кістки.

Урахування топографії живильних отворів та особливостей ангіоархітекtonіки п'яркової кістки дає можливість мінімізувати ризик інтраопераційного ушкодження живильних судин, оптимізувати розташування металоконструкцій та знизити частоту післяопераційних ранових ускладнень.

Встановлені анатомо-топографічні співвідношення місць інсерції сухожильно-зв'язкових структур із типовими фрагментами п'яркової кістки при внутрішньосуглобових переломах дозволяють прогнозувати складність репозиції ще на етапі передопераційного планування, що підвищує обґрунтованість вибору хірургічного доступу та способу фіксації.

Запропонований алгоритм передопераційного планування хірургічної техніки внутрішньосуглобових переломів п'яркової кістки дозволяє

індивідуалізувати лікування, передбачити особливості репозиції та стабілізації кісткових фрагментів.

Розроблений дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яtkової кістки може бути ефективно використаний у клінічній практиці для підвищення точності інтраопераційної репозиції, зменшення травматичності та скорочення тривалості оперативного втручання.

Розроблений універсальний п'яtkовий розвантажувальний ортез може бути рекомендований для застосування у післяопераційному періоді з метою ранньої безболісної вертикалізації, зменшення больового синдрому та прискорення функціональної реабілітації пацієнтів.

Загальні результати дослідження можуть бути використані у навчальному процесі при підготовці лікарів-інтернів та лікарів-ортопедів-травматологів, а також при розробці клінічних протоколів і методичних рекомендацій.

Особиста участь дисертанта у виконанні роботи

Дисертант особисто визначив наукову концепцію, дизайн і методологію дослідження, сформулював його мету, завдання, об'єкт і предмет. Самостійно виконав аналіз і систематизацію сучасної наукової літератури з проблеми лікування переломів п'яtkової кістки.

Самостійно здійснив анатомо-топографічне дослідження поширеності та морфологічних особливостей живильних отворів п'яtkової кістки та їх значення для вибору хірургічного доступу та методів фіксації. Здійснив аналіз місць інсерції елементів сухожильно-зв'язкового апарату на поверхні п'яtkової кістки та їх взаємовідношення до типових фрагментів при переломах.

Особисто виконав побудову та аналіз цифрових фотографічних зображень анатомічних препаратів п'яtkової кістки з графічною розміткою зон інтересу та можливого розташування металоконструкцій, що застосовуються під час оперативного лікування переломів п'яtkової кістки, та розробив алгоритм передопераційного планування хірургічної техніки з

урахуванням сухожильно-зв'язкової стабілізації кісткових фрагментів.

Дисертант безпосередньо брав участь у формуванні клінічних груп пацієнтів, проведенні клінічного та інструментального обстеження, передопераційному плануванні, виборі та реалізації хірургічної тактики лікування з використанням відкритих і малоінвазивних методик остеосинтезу, а також у післяопераційному веденні пацієнтів.

Дисертант разом з колегами розробив та запатентував дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яtkової кістки, впровадив його у клінічну практику та оцінив ефективність застосування під час хірургічного лікування переломів п'яtkової кістки.

Особисто дослідив біомеханічні особливості навантаження опорного відділу нижньої кінцівки, обґрунтував принципи функціонального забезпечення післяопераційного періоду та розробив універсальний п'яtkовий розвантажувальний ортез.

Дисертант самостійно виконав збір, систематизацію та статистичну обробку клінічного матеріалу, аналіз і інтерпретацію отриманих результатів, підготував наукові публікації, у яких викладено основні положення дисертації, та написав рукопис дисертаційної роботи.

Апробація результатів дисертації

Основні положення, висновки, рекомендації та результати дисертаційного дослідження висвітлювалися на: науково-практичній інтернет-конференції з міжнародною участю “Сучасні проблеми вивчення медико-екологічних аспектів здоров'я людини”, присвяченій 90-й річниці з дня заснування кафедри медичної біології в рамках святкування 100-річчя заснування Полтавського державного медичного університету (м. Полтава, 2021); Всеукраїнській науково-практичній конференції “Актуальні питання хірургії стопи та інші актуальні питання ортопедії та травматології” (м. Київ, 2021р.); всеукраїнській науково-практичній конференції “Актуальні питання клінічної медицини” (м. Полтава, 2022р.); науково-практичній конференції “Наукові читання імені проф. Є.Т. Скляренка “Впровадження наукових

розробок в практику охорони здоров'я” (м. Київ, 2022р.); на Міжнародній науковій інтернет-конференції “Світ наукових досліджень. Випуск 16” (м. Тернопіль, 2023р.); конгресі студентів і молодих учених “Майбутнє за наукою” (м. Тернопіль, 2023р.); на Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених з міжнародною участю “Досягнення експериментальної та клінічної медицини” пам'яті професора О.В. Катрушова (м. Полтава, 2023р.); науково-практичній інтернет-конференції з міжнародною участю “Сучасні проблеми вивчення медико-екологічних аспектів здоров'я людини” (м. Полтава, 2023р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції “Медична наука – 2023” (м. Полтава, 2023р.); науково-практичній конференції “Травма та її наслідки. Сесія 6. Актуальні питання хірургії стопи” (м. Київ, 2024р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції “Медична наука – 2024” (м. Полтава, 2024р.); науково-практичній конференції “Актуальні проблеми ортопедії та травматології” (м. Харків, 2024р.); науково-практичній конференції з міжнародною участю “Актуальні питання фізичної терапії та перспективи розвитку реабілітації в сучасних умовах” (м. Тернопіль, 2025р.); конгресі студентів і молодих учених “Майбутнє за наукою” (Тернопіль, 2025р.).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконана в рамках науково-дослідної роботи кафедри хірургії №3 Полтавського державного медичного університету “Вікові аспекти етапного надання допомоги ортопедо-травматологічним хворим з коморбідною патологією” 2022 – 2026 рр. (№ держреєстрації 0122U002528).

Структура та обсяг дисертації

Дисертація складається зі вступу, огляду літературних даних, розділу “Матеріали та методи дослідження”, чотирьох розділів власних досліджень, висновків, списку літератури й додатків. Робота викладена на 188 сторінках машинописного тексту, разом зі списком літератури та додатками. Текст ілюстровано 55 рисунками та 14 таблицями. Список літератури складають 208 джерел, з них кирилицею – 38, латиницею – 170.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЛІКУВАННЯ ПЕРЕЛОМІВ П'ЯТКОВОЇ КІСТКИ (огляд літератури)

1.1 Епідеміологія та соціальна проблематика переломів п'яткової кістки

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), травматизм посідає третє місце серед причин смертності населення після онкологічних і серцево-судинних захворювань та демонструє стійку тенденцію до зростання [58].

За даними Державної служби статистики України, значна частина смертності населення припадає на зовнішні причини, до яких належать травми, дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) та нещасні випадки: у певні роки кількість смертей за цією групою становила понад 42 000 випадків, багато з яких відбуваються серед осіб працездатного віку. Така статистика дає змогу оцінювати, що смерті внаслідок цивільних травм в Україні сягають порядку десятків тисяч на рік (у деяких оцінках близько 17 000–25 000), що підкреслює значущість проблеми травматизму як соціально-медичної загрози [59, 60].

Дослідження показують, що майже 80% смертей від зовнішніх причин в Україні відбувається серед осіб молодого та середнього віку, що узгоджується з твердженням про високу смертність від травматизму серед працездатного населення [61, 62].

Переломи п'яткової кістки є найпоширенішими серед ушкоджень кісток передплеснового відділу стопи – вони становлять близько 60% усіх переломів передплесна і близько 2% від загальної кількості переломів кісток опорно-рухового апарату [5, 6, 7].

Складна анатомічна будова п'яткової кістки, її морфологічна варіабельність, часте поєднання з ушкодженнями м'яких тканин і технічна складність хірургічного лікування зумовлюють високий ризик незадовільних

клінічних результатів та розвитку післятравматичних ускладнень. Усе це визначає актуальність подальшого вдосконалення діагностики, класифікації та хірургічних методів лікування переломів п'яtkової кістки.

За статистичними даними, близько 80% пацієнтів із переломами п'яtkової кістки становлять особи молодого та середнього віку (20 – 39 років). Традиційно відмічається переважання таких травм серед осіб чоловічої статі, що за оцінками може досягати співвідношення 11:1. Така виражена гендерна різниця зумовлена переважно виробничим характером травм, адже саме чоловіки частіше залучені до видів діяльності, пов'язаних із підвищеним ризиком падіння з висоти або значних механічних навантажень [63, 64, 65, 66].

За даними літератури, частка виробничого травматизму серед пацієнтів із даною патологією сягає 43 – 55% і має тенденцію до поступового зростання. Це пояснюється процесами індустріалізації, розширенням кількості спеціальностей, пов'язаних із висотними роботами, а також зростанням числа дорожньо-транспортних пригод [12, 63, 65, 66].

Усі ці чинники безпосередньо сприяють збільшенню кількості важких багатоуламкових внутрішньосуглобових переломів п'яtkової кістки, які характеризуються складною анатомічною будовою, вираженим порушенням функції стопи та високою частотою ускладнень.

Сукупність зазначених чинників – переважання пацієнтів працездатного віку та висока частка виробничого травматизму – безпосередньо зумовлює зростання економічного навантаження на систему охорони здоров'я через значні витрати на лікування, реабілітацію та тимчасову втрату працездатності.

Проблема економічних наслідків переломів п'яtkової кістки неодноразово ставала предметом наукових досліджень, результати яких підтверджують істотну фінансову складову цього виду травм. Так, за даними Carmen A. Brauer та Braden J. Manns (2005), середні витрати на відновлення одного пацієнта з переломом п'яtkової кістки становлять 19000-22000 канадських доларів, та збільшуються як наслідок втрати працездатності особи [67].

У подальших роботах, зокрема у дослідженні Clement R. та співавт. (2017), присвяченому аналізу вартості та економічної ефективності різних підходів до лікування внутрішньосуглобових переломів п'яркової кістки, вказано, що вартість лікування такого пацієнта сягає 24 000 – 28 000 доларів США. Причому консервативний метод лікування не є найдешевшим. Автори наголошують, що фінансові витрати значною мірою залежать не лише від вибору хірургічної тактики, а й від рівня відновлення працездатності, тривалості реабілітаційного періоду та ступеня інвалідизації пацієнтів [68].

Водночас у доступних наукових джерелах відсутні достовірні та систематизовані дані щодо вартості лікування й реабілітації внутрішньосуглобових переломів п'яркової кістки в Україні, що ускладнює проведення порівняльного медико-економічного аналізу.

Таким чином, економічні аспекти лікування переломів п'яркової кістки мають вагоме значення не лише з медичної, але й з соціально-економічної точки зору, що підкреслює необхідність удосконалення методів діагностики, хірургічної техніки та системи післяопераційної реабілітації.

За результатами численних клініко-статистичних досліджень, приблизно 75% переломів п'яркової кістки належать до внутрішньосуглобових і супроводжуються зміщенням кісткових фрагментів [6, 7, 24, 25].

Такий характер ушкодження безпосередньо впливає на високий відсоток незадовільних результатів лікування, який, за різними даними, коливається від 13% до 80% [10, 69, 70, 71].

Лікування внутрішньосуглобових переломів п'яркової кістки залишається надзвичайно складним завданням через анатомічні особливості заднього відділу стопи, обмежені можливості стабільної фіксації фрагментів і високий ризик післяопераційних ускладнень, частота яких, за даними різних джерел літератури, становить 21 – 48% [72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79].

Тяжкість травм цієї локалізації, у поєднанні з недостатньо ефективними методами лікування та реабілітації, призводить до тривалого періоду втрати

працездатності. За результатами різних авторів, середня тривалість тимчасової непрацездатності після таких переломів становить близько 260 днів, що відмічається у 27% пацієнтів. Серед них не менше 22% осіб отримують інвалідність II–III групи, хоча окремі джерела наводять ще вищі показники – до 78% [80, 81, 82].

Подібна ситуація має не лише медичне, але й соціально-економічне значення, оскільки призводить до втрати кваліфікованих кадрів, збільшення витрат на повторне лікування та реабілітацію, а також до зростання частоти хронічних больових синдромів і порушень функції стопи, що суттєво знижують якість життя пацієнтів.

Це підтверджує необхідність подальших комплексних досліджень особливостей етапів лікування таких ушкоджень, починаючи з анатомічних аспектів, що може сприяти покращенню функціональних результатів лікування та реабілітації пацієнтів.

1.2 Анатомо-топографічні особливості п'яткової ділянки

1.2.1 Osteологія

Стопа людини являє собою досконалий з точки зору біомеханіки механізм, який відіграє важливу роль у статико-динамічній рівновазі тіла шляхом прийняття, розподілення та передачі навантажень з метою опори та руху тіла у просторі. Анатомічні особливості даної ділянки дозволяють пристосовуватися до будь-яких опорних поверхонь, приймаючи різні положення у просторі [7, 83, 84].

Взаємне розташування 26 кісток скелету в ділянці стопи разом з численною кількістю надміцних зв'язок, міжкісткових м'язів та сухожилків м'язів гомілки дозволяють людині з легкістю рухатися в просторі, без складнощів змінюючи напрямок руху [85, 86].

П'яткова кістка (*os calcaneus*) є невід'ємною складовою стопи людини та відноситься до кісток заднього відділу стопи. Її складна анатомічна будова безпосередньо пов'язана з цілим каскадом складних біомеханічних перетворень статико-динамічних сил у системі “гомілка-стопа” [87].

Аналізуючи особливості ділянки стопи, зокрема і п'яркової кістки, першочергової уваги заслуговує той факт, що людина є єдиним постійно прямоходячим організмом на планеті. Окремі теорії та наукові праці описують прямоходіння як еволюційний процес вдосконалення організму. Виходячи з цього не можна оминати той факт, що п'яткова кістка, отримала нову, критично важливу функцію для життєдіяльності людини – опорну [88, 89, 90].

На відміну від більшості чотириногих створінь, де аналогічна кістка відіграє лише функцію важелю передачі сили від гомілки на стопу, людська п'ята бере на себе 100% осьового навантаження під час окремих фаз акту ходи, а під час фізичних навантажень це число збільшується в рази. У зв'язку з цим, п'яткова кістка зазнала суттєвих змін та набула унікальних морфологічно-функціональних особливостей [91, 92].

Насамперед привертає увагу той факт, що кортикальний шар підошовної поверхні відрізняється значно більшою товщиною та щільністю структури, порівняно з іншими кістками. Внаслідок дії нових біомеханічних сил, спрямованих переважно вертикально та косо-поздовжньо вздовж довгої осі кістки, трабекулярний малюнок спонгіозної кісткової тканини набув чіткої архітектоніки. Вона характеризується п'ятьма групами трабекул: дві компресійні та три розтяжні (Рис. 1.1) [93, 94].

Серед них виділяють компресійну систему трабекул, що проходить від задньої підтаранної суглобової поверхні до задньої частини підошовної поверхні та п'яркового горба (рис. 1.1. – 1), а також вторинну компресійну систему, яка прямує вертикально від передньої підтаранної суглобової поверхні до підошовної частини кістки (рис. 1.1. – 3).

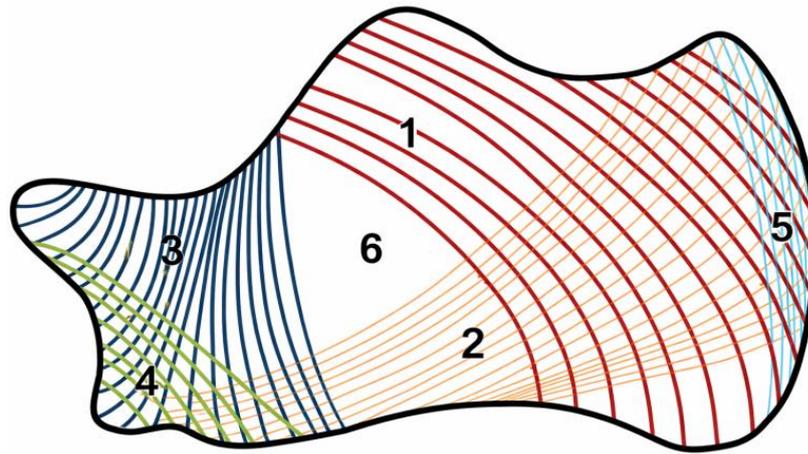


Рис. 1.1. Трабекулярна архітектура п'яткової кістки (за матеріалами Vajraliu М., та співавт., 2016р.): 1 – первинна компресійна система трабекул; 2 – первинна розтяжна система трабекул; 3 – вторинна компресійна система трабекул; 4 – вторинна розтяжна система трабекул; 5 – розтяжні трабекули ділянки інсерції Ахіллового сухожилля.

Серед розтяжних трабекулярних систем основна з них проходить косо від передньо-нижньої частини п'яткової кістки уздовж її поздовжньої осі до п'яткового горба (рис. 1.1. – 2). Вторинна система розтяжних трабекул розташована у передній частині п'яткової кістки з напрямком косо від передньо-верхнього відділу до передньо-нижнього відділу кістки (рис. 1.1. – 4). У задній частині розтяжні трабекули розташовані паралельно до заднього кортикального шару, та тісно пов'язані з місцем інсерції Ахіллового сухожилля (Achilles tendon) (рис. 1.1. – 5).

При аналізі трабекулярної структури можна виокремити зони підвищеної міцності, утворені взаємним переплетінням різновекторних систем трабекул. До них належать ділянка п'яткового горба, субхондральна зона задньої суглобової фасетки та передньо-нижній відділ кістки [93, 94, 95].

Однією з найважливіших морфологічних особливостей, що має вирішальне значення для розуміння біомеханіки травми, є так званий нейтральний трикутник. Це умовна ділянка у центральній частині п'яткової кістки, де спостерігається зменшення щільності трабекулярного малюнка. За

результатами численних біомеханічних досліджень, саме ця зона є місцем формування первинних ліній зламу під час дії травмуючого чинника, що визначає механізм і тип перелому (рис. 1.2) [93, 94, 95].

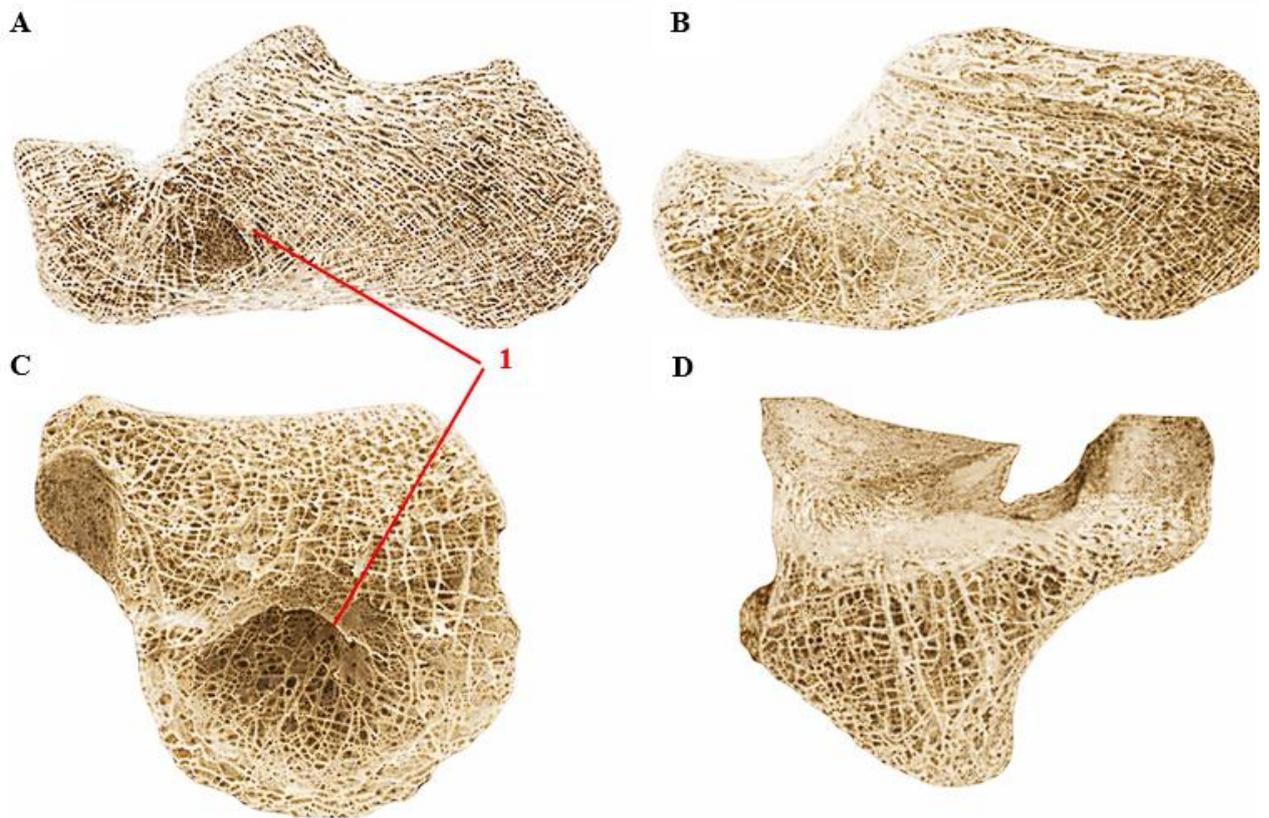


Рис. 1.2. П'яткова кістка у розпилі (за матеріалами Qingwen Yu та співавт., 2022р.): А, В – сагітальний розпил; С, D – фронтальний розпил; 1 – зона нейтрального трикутника п'яткової кістки.

П'яткова кістка анатомічно поділяється на кілька структурних компонентів, до яких належать тіло, передній відділ, п'ятковий горб та опора таранної кістки (*sustentaculum tali*). Однією з ключових анатомічних особливостей п'яткової кістки є наявність кількох суглобових поверхонь та їх специфічне кутове взаємовідношення між собою і з тілом кістки. У межах анатомічного опису прийнято розрізняти шість поверхонь, кожна з яких має специфічне морфофункціональне значення та разом забезпечують передачу

динамічно-ковзних сил від гомілковостопного суглоба до дистальних відділів стопи [87, 96, 97].

1. Верхня поверхня є суглобовою та взаємодіє з відповідними поверхнями таранної кістки, формуючи підтаранний суглоб. Вона складається з передньої, середньої та задньої суглобових фасеток, ушкодження яких істотно впливає на функцію заднього відділу стопи та часто потребує оперативної корекції.

2. Передня поверхня п'яткової кістки характеризується відносно невеликими розмірами порівняно з іншими поверхнями кістки. Вона бере участь у формуванні п'ятково-кубоподібного суглоба. Наявність кількох надміцних зв'язок та капсули суглоба забезпечують стабільність п'ятково-кубоподібного суглоба, що бере участь у формуванні поздовжнього склепіння стопи.

3. Нижня поверхня виконує опорну функцію та містить передній горбок, а також два задніх горбки – медіальний і латеральний. У цій ділянці фіксуються волокна підошовного апоневрозу та низка зв'язок стопи, що забезпечують стабільність поздовжнього склепіння.

4. Задня поверхня слугує зоною прикріплення Ахіллового сухожилля. Механічна дія цього сухожилля має істотне значення при формуванні характерних зміщень уламків у разі переломів п'яткової кістки.

5. На латеральній поверхні розташовуються елементи капсульно-зв'язкового апарату заднього відділу стопи, а також малогомілковий горбок, який розмежовує сухожилля довгого та короткого малогомілкових м'язів. З огляду на анатомічні особливості, саме ця поверхня вважається найбільш придатною для розміщення накісткових імплантів при остеосинтезі переломів п'яткової кістки.

6. Медіальна поверхня має увігнуту форму та включає опору таранної кістки (*sustentaculum tali*), яка відзначається високою механічною міцністю і, як правило, зберігає відносну стабільність навіть при багатоуламкових переломах.

Просторове розташування підтаранних суглобових фасеток має чітко визначене анатомічне орієнтування, яке описується двома основними кутами – кутом Беллера (Böhler's angle) та кутом Гіссана (Gissane's angle), що визначаються на бічній рентгенограмі п'яtkової кістки (рис. 1.3).

Кут Беллера в нормі становить 20–40°. Він утворюється шляхом проведення двох ліній: перша – від найвищої точки переднього відростка п'яtkової кістки до найвищої точки задньої суглобової фасетки, друга – від цієї ж точки задньої фасетки до найвищої точки п'яtkового горба. Зменшення або негативне значення кута Беллера свідчить про депресію задньої суглобової поверхні та є характерною ознакою внутрішньосуглобових переломів п'яtkової кістки (рис. 1.3 – А).

Кут Гіссана в нормі коливається в межах 120–145°. Він формується на бічній рентгенограмі між лініями, проведеними вздовж латеральних контурів передньої та задньої суглобових фасеток п'яtkової кістки. Зміна величини кута Гіссана відображає порушення анатомічної конфігурації підтаранного суглоба та використовується для оцінки ступеня зміщення уламків (рис. 1.3 – В).

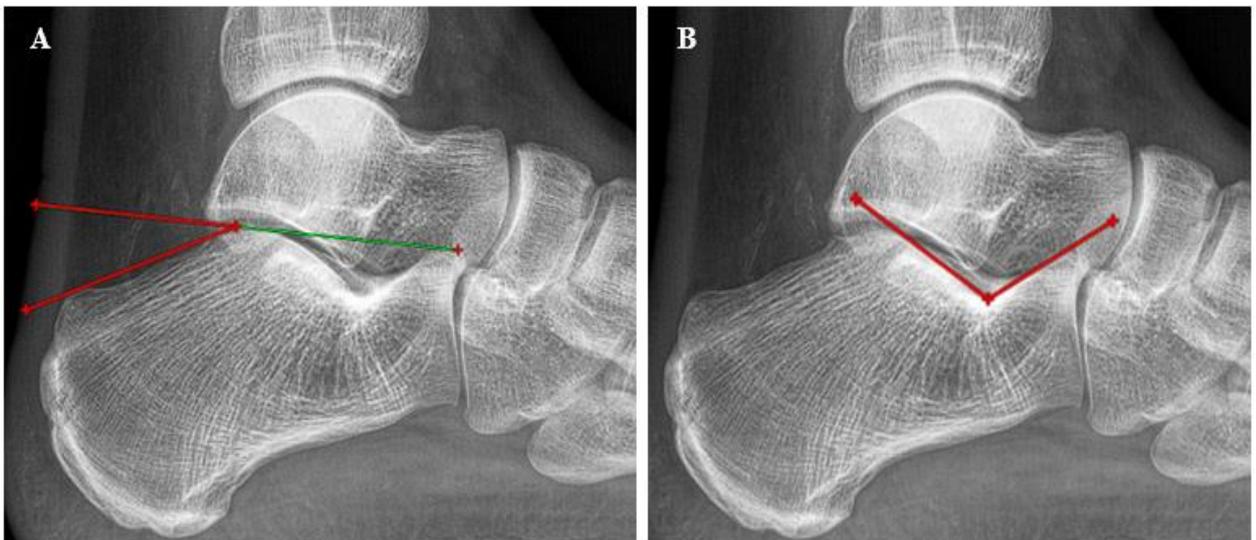


Рис. 1.3. Демонстрація вимірювання кутів: А – Беллера (Böhler's angle); В – Гіссана (Gissane's angle).

Ці параметри є основними рентген-анатомічними орієнтирами при оцінці цілісності п'яtkової кістки та використовуються як “золотий стандарт” діагностики при травматичних ушкодженнях і під час їх хірургічної репозиції уламків [98, 99, 100, 101, 102].

Розуміння просторової анатомії п'яtkової кістки, закономірностей формування ліній зламу та напрямків зміщення уламків має вирішальне значення для ефективного передопераційного планування. Воно дає змогу більш обґрунтовано обирати оптимальний метод фіксації кісткових фрагментів і визначати необхідний обсяг хірургічної корекції при складних переломах.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває детальний аналіз механогенезу переломів п'яtkової кістки, який дає змогу пояснити просторовий розподіл уламків, визначити провідні напрямки дії травмуючих сил та, відповідно, удосконалити методи лікування і реабілітації пацієнтів із цією складною патологією.

1.2.2 Сухожильно-зв'язковий апарат

У контексті сучасних досліджень ушкоджень досить важливим є врахування основних динамічних та статичних стабілізаторів заднього відділу стопи, адже більшість сухожильно-зв'язкових утворень ЗВС контактують саме з п'яtkовою кісткою (рис. 1.4). Серед них виділяють:

1. П'яtkово-малогомілкова зв'язка (Calcaneofibular ligament) – бере початок від заглиблення, розташованого спереду від верхівки зовнішньої кісточки, і прикріплюється до однойменного горбка на латеральній поверхні п'яtkової кістки. Виділяють чотири анатомічні варіанти зв'язки: пучкоподібний (53%), Y-подібний (18%), V-подібний (17%) та подвійний пучкоподібний (12%) [103, 104, 105, 106, 107].

2. Шийкова зв'язка (Cervical ligament) – найміцніша структура, що з'єднує таранну та п'яtkову кістки. Починається в передньо-медіальному

сегменті підтаранного синуса й кріпиться до передньо-латеральної частини п'яtkової кістки. У більшості випадків складається з двох пучків (поверхневого та глибокого), рідше – з одного або трьох: поверхневого, проміжного та глибокого [108, 109, 110].

3. Міжкісткова таранно-п'яtkова зв'язка (Interosseous Talocalcaneal ligament) – вертикально орієнтована структура, що проходить у тарзальному каналі та з'єднує відповідні поверхні п'яtkової й таранної кісток. Описано численні варіації: монопучкову, віялоподібну та багатопучкову форми [111, 112].

4. Передня капсулярна зв'язка (Anterior Capsular ligament) – являє собою вертикальне потовщення передньої частини капсули задньої підтаранної фасетки. Часто утворює комплекс із міжкістковою таранно-п'яtkовою зв'язкою, який є ключовим стабілізатором підтаранного суглоба. Футпринт зв'язки знаходиться в тарзальному синусі, але нерідко переходить і в тарзальний канал [111, 112].

5. Роздвоєна зв'язка (Bifurcate ligament) – складається з двох пучків: п'яtkово-човноподібного (Calcaneonavicular ligament) і п'яtkово-кубоподібного (Calcaneocuboid ligament). Кріпиться на передньо-латеральній поверхні п'яtkової кістки. У 68% випадків розвинений лише п'яtkово-човноподібний пучок [114, 115, 116].

6. Дорзальна п'яtkово-кубоподібна зв'язка (Dorsal Calcaneocuboid ligament) – це горизонтально розташована зв'язка, що бере свій початок на дорзо-латеральній поверхні передньої частини п'яти та кріпиться до кубоподібної нижче п'яtkово-кубоподібного пучка роздвоєної зв'язки. Однаково зустрічається як єдина структура так і два окремих пучки [114, 115, 116].

7. Плантарна п'яtkово-кубоподібна зв'язка (Plantar Calcaneocuboid ligament), або коротка підошовна зв'язка (Short plantar ligament) – коротка та широка структура, яка кріпиться до підошовної поверхні передньої частини п'яtkової кістки та до кубоподібної кістки позаду борозни сухожилля довгого

малогомілкового м'яза. Є ключовим стабілізатором п'ятково-кубоподібного суглоба [116, 117].

8. Довга підшовна зв'язка (Long Plantar ligament) – одна з найпотужніших структур стопи. Починається на підшовній поверхні п'яткової кістки допереду від п'яткового горба та прямує до основ II–V плеснових кісток. Формує канал для сухожилля довгого малогомілкового м'яза та входить до складу підшовного апоневрозу [118].

9. Великомілково-п'яткова зв'язка (Tibiocalcaneal ligament) – є складовою частиною дельтоподібної зв'язки (Deltoid ligament) гомілковостопного суглоба, що простягається від верхівки внутрішньої кісточки до задньої частини опори таранної кістки (sustentaculum tali) [119, 120, 121, 122].

10. Медіальна таранно-п'яткова зв'язка (Medial Talocalcaneal ligament) – коротка, щільна структура, що з'єднує медіальний горбок таранної кістки із задньою частиною опорного відростка. Бере безпосередню участь у стабілізації підтаранного суглоба [123, 124].

11. Задня таранно-п'яткова зв'язка (Posterior Talocalcaneal ligament) – задній стабілізатор підтаранного суглоба, який може бути представлений одним або двома окремими пучками. Починається від латерального горбика таранної кістки та прикріплюється до задньо-медіальної поверхні п'яткової кістки позаду задньої фасетки [125, 126].

12. Плантарна п'ятково-човноподібна зв'язка (Plantar Calcaneonavicular ligament) також відома як пружинна зв'язка (Spring ligament) або пружинний зв'язковий комплекс (Spring ligament complex) – це міцна, широка зв'язкова структура, що знаходиться між плантарно-медіальною поверхнею човноподібної кістки та передньою частиною опори таранної кістки. Складається з трьох частин: верхньомедіальної п'ятково-човноподібної зв'язки, медіоплантарної косої зв'язки та нижньої п'ятково-човноподібної зв'язки. Дана зв'язка підтримує голівку таранної кістки та

медіальну поздовжню арку стопи, отже бере на себе більшу частину ваги тіла при нормально функціонуючій стопі [127].

13. Підшовний апоневроз (Plantar aponeurosis) – це міцна структура трикутної форми, що кріпиться вершиною до медіальної частини горба п'яркової кістки та йде до голівок плеснових кісток. Має важливе значення у підтримці поздовжньої арки стопи та відіграє ключову роль у статико-динамічних положеннях стопи [128, 129, 130, 131, 132].

14. Ахіллове сухожилля (Achilles tendon) – найміцніше сухожилля всього людського тіла. Утворене злиттям сухожилків трьох м'язів гомілки: латерального та медіального литкового а також камбалоподібного. Кріпиться до п'яркового горба та забезпечує можливість відштовхування стопи від опори, відіграючи вирішальну роль у русі тіла в просторі [133].

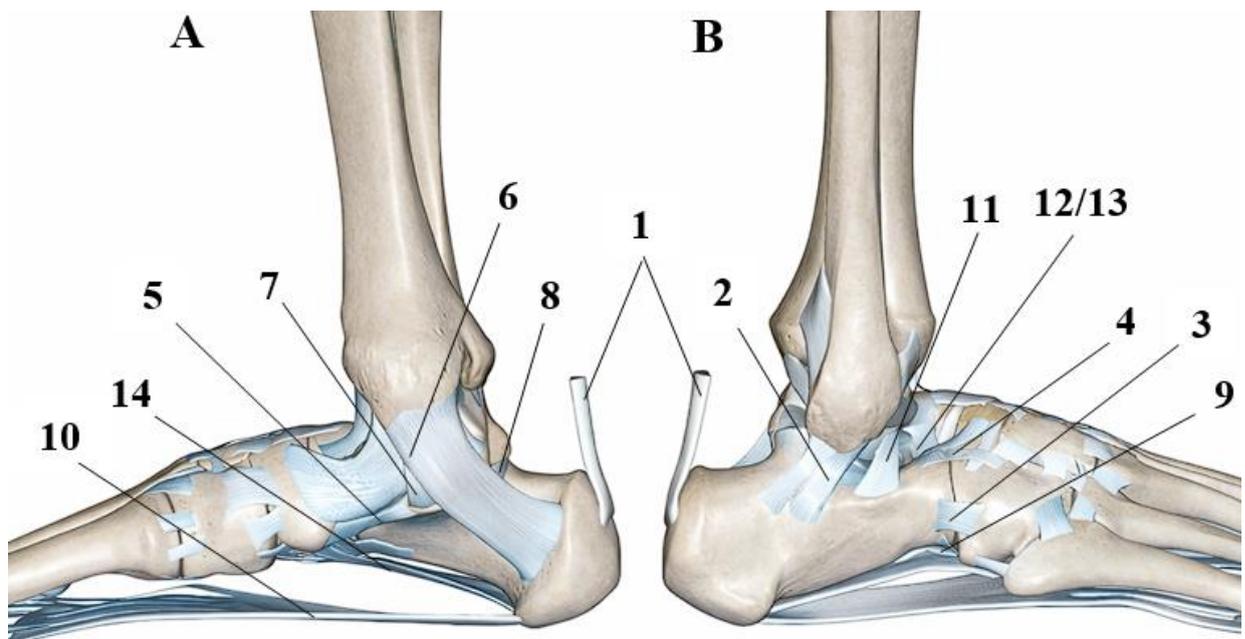


Рис. 1.4. Схема сухожильно-зв'язкових структур заднього відділу стопи: А – медіальна поверхня; В – латеральна поверхня; 1 – Ахіллове сухожилля; 2 – п'ярково-малогомілкова зв'язка; 3 – дорзальна п'ярково-кубоподібна зв'язка; 4 – роздвоєна зв'язка; 5 – плантарна п'ярково-човноподібна зв'язка; 6 – великогомілково-п'яркова зв'язка; 7 – медіальна таранно-п'яркова зв'язка; 8 – задня таранно-п'яркова зв'язка; 9 – плантарна п'ярково-кубоподібна зв'язка; 10 – підшовний апоневроз; 11 – шийкова зв'язка; 12 – міжкісткова таранно-п'яркова зв'язка; 13 – передня капсулярна зв'язка; 14 – довга підшовна зв'язка.

1.2.3 Кровообіг та іннервація п'яткової ділянки

Окремої уваги заслуговують особливості кровопостачання п'яткової ділянки, оскільки вони мають безпосереднє клінічне значення під час планування хірургічних втручань. Основними артеріальними магістралями, що живлять тканини стопи, є передня великогомілкова, задня великогомілкова та малоогомілкова артерії (рис. 1.5) [86, 134, 135].

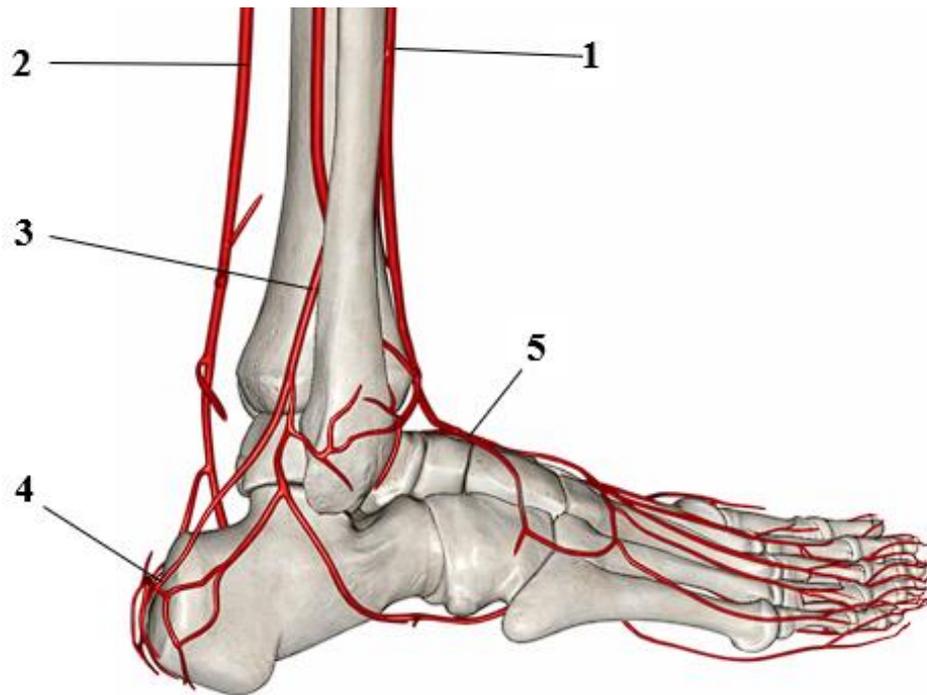


Рис. 1.5. Схема кровозабезпечення ділянки стопи: 1 – передня великогомілкова артерія; 2 – задня великогомілкова артерія; 3 – малоогомілкова артерія; 4 – п'яткова сітка; 5 – тильна артерія стопи.

За даними численних анатомічних досліджень, у ділянці заднього відділу стопи, нижче рівня гомілковостопного суглоба, від задньої великогомілкової та малоогомілкової артерій відходять п'яткові гілки (*rr. calcanei*). Вони прямують у напрямку донизу, анастомозуючи між собою та утворюючи розгалужену п'яткову судинну сітку (*rete calcaneum*), що оточує тіло п'яткової кістки. Ці артеріальні гілочки забезпечують кровопостачання не лише навколишніх м'яких тканин, але й самої кісткової структури. Венозний

відтік здійснюється через відповідні п'яткові вени, які впадають у систему великої та малої підшкірних вен [136, 137, 138].

Незважаючи на відносно густу судинну мережу цієї ділянки, при хірургічному лікуванні переломів п'яткової кістки постає питання доцільності використання стандартних оперативних доступів, які супроводжуються пошкодженням значної кількості живильних судин. Саме тому вивчення топографії артеріального кровопостачання п'яткової ділянки, зокрема особливостей живлення самої п'яткової кістки, залишається актуальним завданням сучасної анатомо-морфологічної науки.

Дані інших авторів також підтверджують, що анатомія кровопостачання п'яткової кістки корелює з теорією ангіосом, відповідно до якої кожна артеріальна гілка забезпечує живлення як кісткових, так і навколишніх м'яких тканин, зокрема шкіри (рис. 1.6) [139, 140].

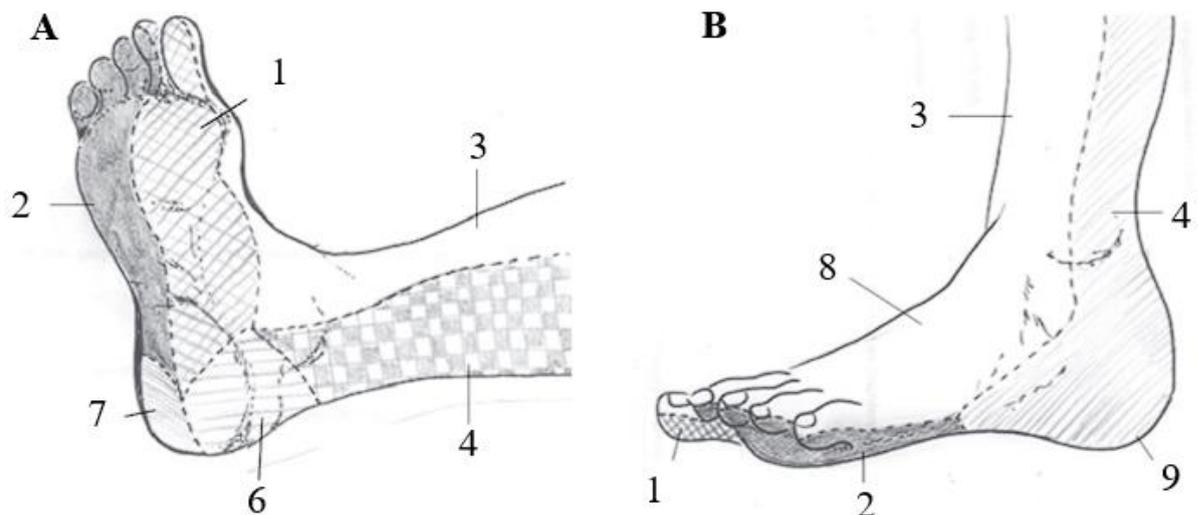


Рис. 1.6. Ангіосоми ділянки гомілковостопного суглоба та стопи (за матеріалами Alexandrescu V., та співавт., 2012р.): А – медіальна поверхня; В – латеральна поверхня; 1 – медіальна плантарна артерія; 2 – латеральна плантарна артерія; 3 – передня великогомілкова артерія; 4 – задня великогомілкова артерія; 5 – малогомілкова артерія; 6 – медіальна п'яткова гілка задньої великогомілкової артерії; 7 – латеральна п'яткова гілка малогомілкової артерії; 8 – тильна артерія стопи; 9 – п'яткова гілка малогомілкової артерії.

Згідно таких досліджень, медіальна поверхня гомілковостопного суглоба та стопи, в проекції п'яткової кістки є місцем перетину трьох різних ангиосом: medial calcaneal artery (MCA) angiosome, що живиться від медіальної п'яткової гілки задньої великогомілкової артерії; medial plantar artery (MPA) angiosome, що живиться від медіальної плантарної артерії; та lateral plantar artery (LPA) angiosome, яка живиться від латеральної плантарної артерії. Ці судини є гілками задньої великогомілкової артерії та забезпечують кровопостачання медіальної й підшовної поверхонь стопи (рис. 1.6 – А).

Зовнішня поверхня гомілковостопного суглоба та стопи, в проекції п'яткової кістки, має дві ангиосоми: dorsalis pedis artery (DPA) angiosome, що живляться від однойменної тильної артерії стопи, яка є продовженням передньої великогомілкової артерії та lateral calcaneal artery (LCA) angiosome, що живиться від гілок малоогомілкової артерії.

Межею між цими ангиосомами прийнято вважати умовну лінію від точки, що на 1 см нижче верхівки латеральної щиколотки та точки, що вказує на основу V-ї плеснової кістки (рис. 1.6 – В).

Іннервація заднього відділу стопи здійснюється переважно за рахунок гілок великогомілкового нерва (n. tibialis), литкового нерва (n. suralis) та малоогомілкового нерва (n. fibularis), останній з яких представлений глибокою та поверхневою гілками (рис. 1.7). Великоогомілковий нерв у ділянці гомілковостопного суглоба формує медіальні та латеральні п'яткові гілки (rr. calcanei mediales et laterales), що беруть участь в іннервації шкірних покривів п'яткової ділянки, підшовного апоневрозу та кісткових структур п'яткової кістки [86, 96, 141].

У подальшому n. tibialis розгалужується на медіальний і латеральний підшовні нерви (nn. plantares medialis et lateralis), які забезпечують як чутливу, так і рухову іннервацію м'язів та шкіри підшовної поверхні стопи. Окрім цього, їхні гілки досягають глибоко розташованих анатомічних утворень заднього відділу стопи, зокрема зв'язкового апарату та суглобових капсул.

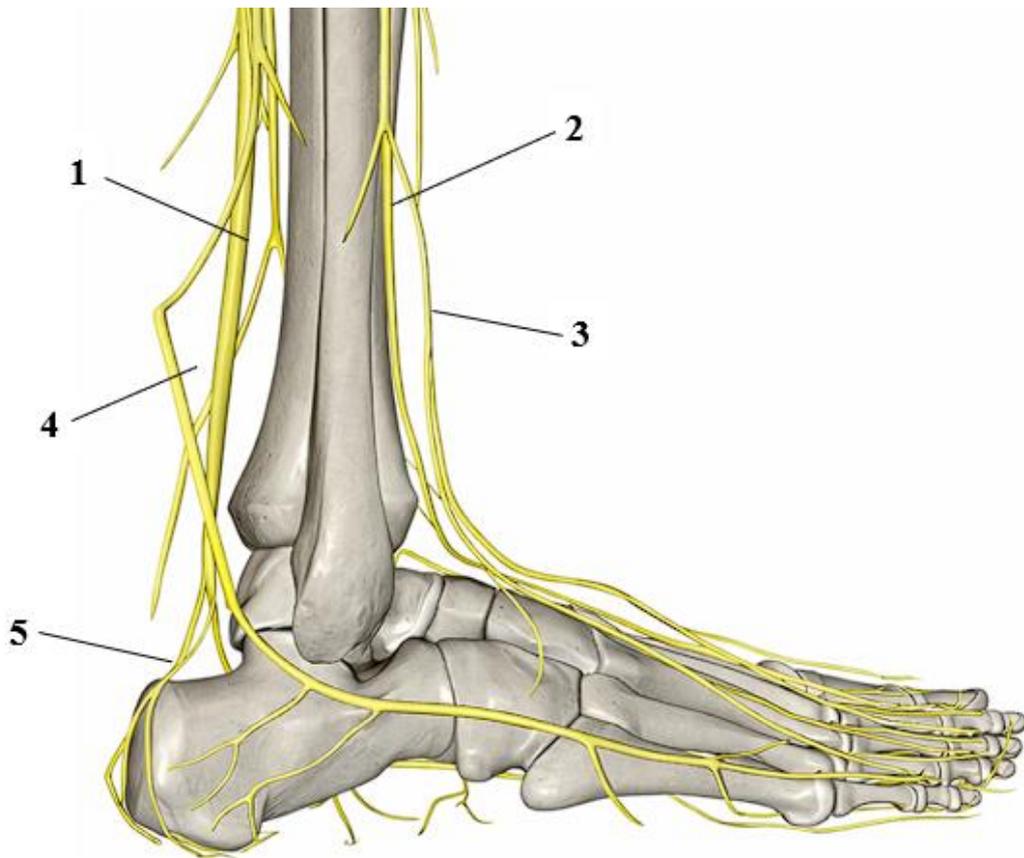


Рис. 1.7. Схема іннервації ділянки стопи: 1 – великогомілковий нерв; 2 – глибока гілка малогомілкового нерва; 3 – поверхнева гілка малогомілкового нерва; 4 – литковий нерв; 5 – п'яткові гілки великогомілкового нерва.

Таким чином, нервеве забезпечення заднього відділу стопи має комплексний характер і включає взаємодію сенсорних і моторних волокон, що відповідають не лише за сприйняття больових і тактильних подразнень, але й за координацію рухів, підтримання стабільності та ефективність опорної функції стопи під час ходьби.

З огляду на це, анатомічні особливості іннервації та кровопостачання п'яткової і таранної кісток є принципово важливими при виборі хірургічного доступу, оскільки їх ушкодження може призвести до порушення загоєння післяопераційних ран і негативно вплинути на процес консолідації кісткових уламків.

1.3 Механогенез та класифікації переломів п'яtkової кістки

Як зазначалося раніше, внутрішньосуглобові переломи п'яtkової кістки виникають унаслідок дії високоенергетичної осьової сили, спрямованої на кістки заднього відділу стопи – передусім у результаті втиснення тіла таранної кістки в п'яtkову.

П'яtkова кістка розташована під таранною дещо ексцентрично, у вальгусному положенні, що визначає особливості механогенезу переломів. Під час осьового навантаження латеральний відросток таранної кістки діє як клин на рівні кута Гіссана, формуючи первинну лінію перелому, яка проходить від передньо-латерального до задньо-медіального краю кістки. У результаті цього тіло п'яtkової кістки розділяється на два основні фрагменти – передньо-медіальний та задньо-латеральний [35, 102, 142].

На сьогодні існує значна кількість наукових досліджень, присвячених вивченню механогенезу переломів п'яtkової кістки, зокрема послідовності формування первинних і вторинних ліній зламу, кількості типових уламків та закономірностей їх утворення. На основі накопичених даних було створено низку класифікацій пошкоджень п'яtkової кістки, серед яких найбільш уживаними залишаються класифікація АО (АО/ОТА Fracture and Dislocation Classification, 2018) для дорослих і дітей, а також класифікація за R. Sanders [102, 143, 144, 145, 146].

Перші фундаментальні відомості щодо механогенезу та класифікації переломів п'яtkової кістки належать Essex Lopresti (1952) [147], який, спираючись на аналіз бічних рентгенограм стопи, запропонував першу систематизацію цих пошкоджень. Учений встановив, що після завершення дії руйнівних сил і формування вторинних ліній перелому, травми п'яtkової кістки можна поділити на два основних типи – залежно від площини проходження вторинної лінії перелому та характеру фрагмента задньої суглобової фасетки.

За його напрацюваннями, при завершенні дії руйнуючих сил на кістку та утворенні вторинних ліній зламу переломи розподілялися на два типи в залежності від площини ходу вторинної лінії перелому та характеру фрагмента задньої суглобової фасетки на бічній рентгенограмі стопи (рис. 1.8).

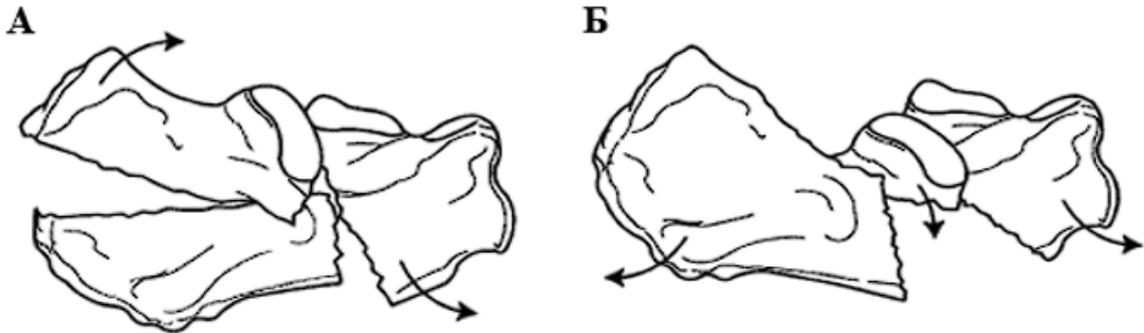


Рис. 1.8. Схематичне зображення механогенезу переломів п'яtkової кістки за Essex-Lopresti з утворенням: язикоподібного фрагмента (А) та центрально-депресійного фрагмента (Б).

- Язикоподібний фрагмент утворюється, коли вторинна лінія зламу має горизонтальну площину та виходить за кортикальний шар п'яtkового горба нижче місця інсерції Ахіллового сухожилля, утворюючи задньо-верхній фрагмент (фрагмент п'яtkового горба). Внаслідок тяги литкового м'яза через Ахіллове сухожилля відбувається ротація задньо-верхнього фрагмента навколо фронтальної осі, що надає йому характерного вигляду так званого “качиного дзьоба” (рис. 1.8 – А).

- Центрально-депресійний фрагмент утворюється, коли вторинна лінія зламу має вертикальну площину та розділяє задньо-латеральний фрагмент на суглобовий фрагмент задньої фасетки та позасуглобовий фрагмент власне п'яtkового горба. В цьому випадку фрагмент п'яtkового горба під дією литкового м'яза через Ахіллове сухожилля також зміщується в проксимальному напрямку, а суглобовий фрагмент задньої фасетки імпакується в тіло п'яtkової кістки в зоні нейтрального трикутника п'яtkової кістки (рис. 1.8 – Б).

Ці перші уявлення про формування сталих типів пошкоджень на сьогодні становлять основу сучасних систем класифікації переломів п'яткової кістки. Подальші дослідження в цьому напрямку розширили уявлення про існування типових фрагментів, які формуються в результаті травмування п'яткової кістки.

Аналіз рентгенологічних та комп'ютерно-томографічних даних, проведений різними авторами, свідчить, що у переважній більшості випадків переломів п'яткової кістки можна виділити п'ять–шість основних кісткових уламків, які можуть відрізнятися за розмірами, проте мають постійну топографічну локалізацію [7, 102, 147, 148].

Серед типових уламків зазвичай виділяють (рис. 1.9):

1. Передньо-медіальний фрагмент – включає частину п'ятково-кубоподібної суглобової поверхні та передню суглобову фасетку підтаранного суглоба.
2. Передньо-латеральний фрагмент – містить частину п'ятково-кубоподібної суглобової поверхні.
3. Медіальний фрагмент – охоплює медіальну частину задньої суглобової фасетки та опору таранної кістки з суглобовою поверхнею.
4. Латеральний позасуглобовий фрагмент – утворює зовнішню стінку п'яткової кістки.
5. Задній фрагмент – включає суглобову поверхню задньої фасетки та п'ятковий горб (так званий “язикоподібний” фрагмент). У разі наявності розколу за типом центрально-депресійного перелому цей елемент може розділятися на два окремих уламки, де фрагмент п'яткового горба умовно позначається як фрагмент №6.

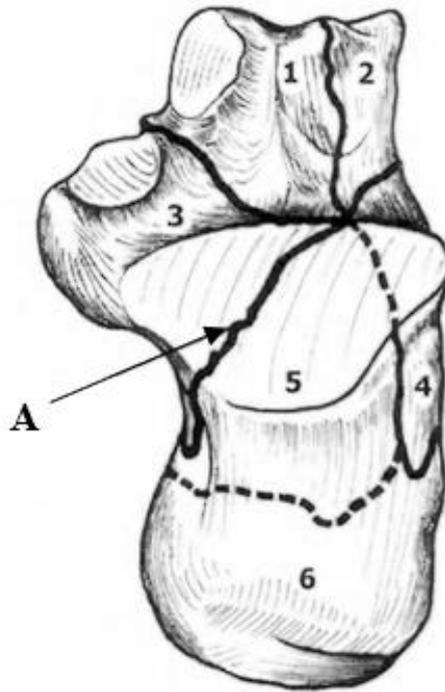


Рис. 1.9. Схема утворення основних ліній зламу та типових фрагментів п'яткової кістки (за матеріалами Нікітіна П.В., 2005р.): А – первинна лінія перелому; 1 – передньо-медіальний фрагмент; 2 – передньо-латеральний фрагмент; 3 – медіальний фрагмент; 4 – латеральний позасуглобовий фрагмент зовнішньої стінки п'яткової кістки; 5 – задній фрагмент; 6 – фрагмент п'яткового горба.

Розуміння просторової анатомії п'яткової кістки, а також базових закономірностей формування ліній перелому та зміщення фрагментів, є ключовим для ефективного передопераційного планування і вибору оптимальних методів фіксації.

Отже, концепція Essex-Lopresti заклала підґрунтя для подальших досліджень морфології та біомеханіки ушкоджень п'яткової кістки й стала відправною точкою для створення сучасних класифікацій, які базуються на даних більш точних методів досліджень. До таких найбільш уживаних класифікаційних систем належать класифікації АО/ОТА та Sanders.

Згідно з класифікацією АО/ОТА, п'яткова кістка має порядковий номер 82, а її переломи поділяються на три основні типи залежно від залучення суглобової поверхні та характеру уламків (рис. 1.10):

- Переломи типу А – позасуглобові переломи. Характеризуються відсутністю ушкодження суглобових фасеток:
 - А1: авульсивний перелом заднього горба п'яткової кістки (так званий “позасуглобовий язикоподібний” тип;
 - А2: позасуглобовий перелом тіла п'яткової кістки.
- Переломи типу В – частково внутрішньосуглобові переломи. Лінія зламу залучає частину суглобової поверхні задньої фасетки, утворюючи язикоподібний фрагмент:
 - В1: простий язикоподібний фрагмент;
 - В3: багатоуламковий язикоподібний фрагмент.
- Переломи типу С – внутрішньосуглобові переломи з імпакцією суглобової поверхні. Лінія зламу проходить через задню суглобову фасетку з вираженим зміщенням і фрагментацією:
 - С1: відповідає типу II за класифікацією Sanders;
 - С2: відповідає типу III за Sanders;
 - С3: відповідає типу IV за Sanders.

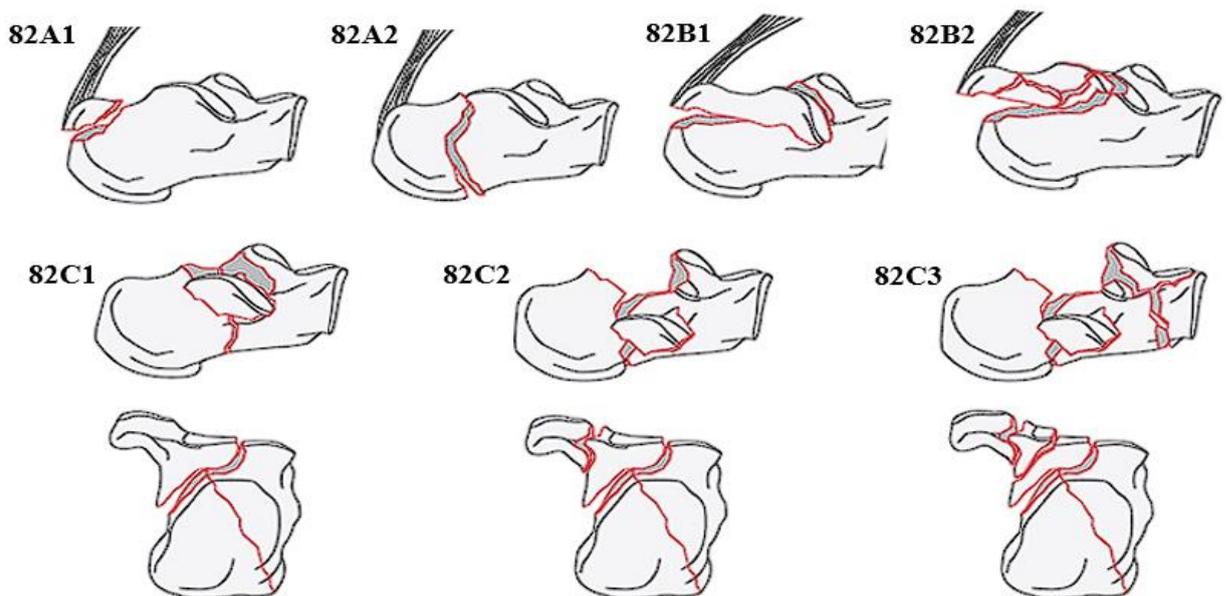


Рис. 1.10. Схема класифікації переломів п'яткової кістки за АО/ОТА.

Класифікація R. Sanders (1993) була розроблена спеціально для внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки, що відповідають типу С за системою АО/ОТА. Її принцип ґрунтується на оцінці коронарних зрізів комп'ютерної томографії, проведених через задню суглобову поверхню п'яткової кістки (рис. 1.11). Саме ця поверхня, яка формує основну частину підтаранного суглоба, найбільш часто зазнає руйнування при тяжких травмах п'яти [102, 144].

Основним критерієм класифікації є кількість та розташування ліній перелому, що проходять через суглобову поверхню, а також ступінь зміщення фрагментів. Залежно від цього виділяють такі типи:

- Тип I – внутрішньосуглобові переломи без зміщення або зі зміщенням фрагментів < 2 мм, незалежно від кількості ліній зламу.
- Тип II – переломи з однією основною лінією зламу, що поділяють задню суглобове поверхню на два фрагменти:
 - ПА – лінія перелому проходить через латеральну частину суглобової поверхні;
 - ПВ – лінія проходить через центральну частину;
 - ПС – лінія проходить через медіальну частину задньої суглобової поверхні, часто поєднується з поперечним переломом тіла п'яткової кістки.
- Тип III – переломи з двома основними лініями зламу, що розділяють суглобову поверхню на три фрагменти:
 - ШАВ включає дві первинні лінії зламу, одна з яких проходить через латеральну частину, а інша – через центральну. Цей підтип зазвичай проявляється депресією суглобового фрагмента. Дві основні лінії перелому можуть супроводжуватися додатковими лініями перелому, які не переходять на задню суглобову поверхню;
 - ШАС включає дві первинні лінії зламу, одна з яких проходить через латеральну частину, а інша – через медіальну. Цей підтип зазвичай проявляється депресією суглобового фрагмента. Дві основні лінії перелому

можуть супроводжуватися додатковими лініями перелому, які не переходять на задню суглобову поверхню;

- Тип ІІІВС включає дві первинні лінії зламу, одна з яких проходить через центральну частину, а інша – через медіальну. Цей підтип зазвичай проявляється депресією суглобового фрагмента. Дві основні лінії перелому можуть супроводжуватися додатковими лініями перелому, які не переходять на задню суглобову поверхню;

- Тип ІV – складні багатоуламкові переломи, що включають три або більше ліній зламу зі зміщенням фрагментів понад 2 мм.

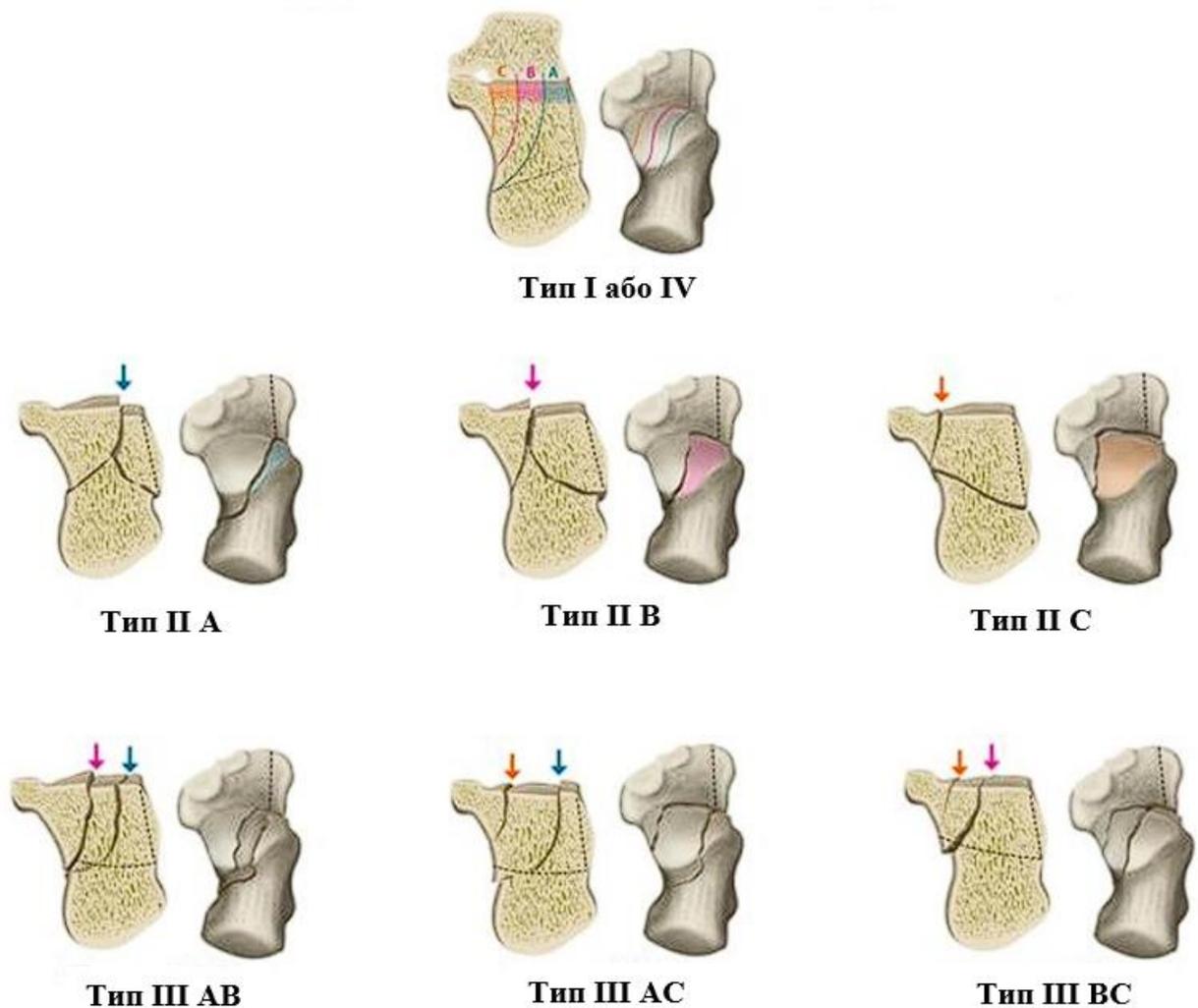


Рис. 1.11. Схема класифікації переломів п'яткової кістки за Sanders (за матеріалами Skalski M., та співавтор., 2025р.).

Класифікація Sanders є найбільш інформативною томографічною системою оцінки тяжкості переломів п'яткової кістки. Вона дає змогу прогнозувати складність хірургічного лікування, ризик розвитку післятравматичного артрозу підтаранного суглоба та є ключовим інструментом для вибору оптимальної тактики фіксації кісткових фрагментів [144].

Однак, на відміну від достатньо вивченого механізму утворення первинної лінії зламу, яка формується внаслідок прямої дії латерального відростка таранної кістки при осьовому навантаженні, генез додаткових ліній перелому та процес утворення вторинних фрагментів досі потребує більш глибокого дослідження.

Незважаючи на значний обсяг накопичених радіологічних та томографічних даних, які дозволяють чітко візуалізувати типові уламки та їх просторове розташування, у науковій літературі бракує систематизованих відомостей щодо механічних та анатомічних чинників, що визначають саме таку конфігурацію уламків.

Особливої уваги потребує питання, чому окремі кісткові фрагменти зберігають відносну стабільність і залишаються майже нерухомими відносно свого анатомічного положення, тоді як інші зазнають значних ротаційних і трансляційних зміщень у просторі.

Вірогідно, ці відмінності можуть бути зумовлені не лише напрямком дії травмуючої сили, а й особливостями фіксації окремих ділянок п'яткової кістки зв'язковим апаратом стопи, який, виконуючи стабілізуючу функцію, впливає на характер розповсюдження ліній перелому та на подальшу поведінку уламків.

Отже, на сьогоднішній день механогенез переломів п'яткової кістки вивчено достатньо глибоко: детально описано послідовність утворення первинних і вторинних ліній зламу, а також закономірності формування типових кісткових фрагментів. На основі цих даних розроблено низку сучасних класифікацій, що дозволяють систематизувати пошкодження

залежно від напрямку дії травмуючої сили, конфігурації перелому та ступеня суглобового ураження.

Водночас, питання вибору оптимального методу хірургічного лікування залишається відкритим. Зокрема, бракує чітких критеріїв щодо доцільності застосування певних типів фіксаторів залежно від характеру перелому, топографії уламків та просторового розподілення ліній зламу.

Класичні методики відкритої репозиції з використанням розширеного латерального доступу хоч і забезпечують добру візуалізацію зони пошкодження, проте залишаються надто травматичними, оскільки супроводжуються ушкодженням значної кількості живильних судин і м'яких тканин. Крім того, деякі з традиційних способів фіксації не забезпечують адекватного відновлення біомеханіки навантаження та архітекtonіки п'яткової кістки, що призводить до підвищеного ризику ускладнень і незадовільних функціональних результатів.

1.4 Історичний розвиток методів оперативного лікування переломів п'яткової кістки

Аналіз наукових досліджень останніх десятиліть свідчить про зростання інтересу до проблеми хірургічного лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки. Підвищена увага до цього питання зумовлена високою частотою післяопераційних ускладнень і значною кількістю незадовільних функціональних результатів, що спонукає до пошуку нових, менш травматичних та більш біомеханічно обґрунтованих методик фіксації.

Згідно з даними світової літератури, протягом останніх десятиліть “золотим стандартом” лікування зміщених внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки залишалася відкрита репозиція з внутрішньою фіксацією через розширений латеральний L-подібний доступ (доступ Seligson), вперше описаний N. Gould у 1984 році. Суть методики полягає у формуванні широкого супраперіостального шкірно-жирового клаптя з метою повної візуалізації

латеральної поверхні п'яткової кістки, що дає можливість здійснити пряму анатомічну репозицію уламків та встановлення фіксаційної пластини [35, 149, 150, 151].

З метою досягнення надійної та стабільної фіксації кісткових фрагментів протягом тривалого часу пріоритет віддавався застосуванню металевих пластин різних конструкцій і конфігурацій. Серед найбільш уживаних слід відзначити прямі реконструктивні пластини, Y-подібні та Ж-подібні опорні конструкції, спеціальні п'яткові пластини системи АО, а також модифіковані анатомічні фіксатори власної розробки провідних виробників (зокрема, Synthes, Mathys, Stryker, Königsee) [45, 152, 153, 154, 155].

У практиці того часу міцність і стабільність остеосинтезу залишалися основними критеріями ефективності фіксації, часто – навіть ціною підвищеної травматичності втручання. У зв'язку з цим у ряді випадків хірурги виконували додатковий медіальний доступ із подальшою дво- або триплощинною фіксацією п'яткової кістки, що дозволяло підвищити жорсткість конструкції [7, 45, 154, 155].

Однак досвід останнього десятиріччя засвідчив, що методика ORIF (open reduction and internal fixation – відкрита репозиція та внутрішня фіксація) далеко не у всіх випадках забезпечує очікуваний результат. Значна кількість післяопераційних ускладнень, пов'язаних із травматичністю хірургічного доступу та порушенням кровопостачання кісткових уламків, спонукала до перегляду традиційних стандартів хірургічного лікування переломів п'яткової кістки [36, 71, 156, 157, 158].

Поступово, на основі аналізу результатів лікування та рівня післяопераційних ускладнень, показання до широкої відкритої репозиції були суттєво обмежені. З'явилася низка наукових робіт, які демонструють ефективність черезшкірних і малоінвазивних методик, зокрема остеосинтезу за допомогою апаратів зовнішньої фіксації або внутрішнього остеосинтезу гвинтами у пацієнтів із супутніми коморбідними станами – такими як

цукровий діабет, ожиріння, остеопороз, захворювання периферичних судин тощо [29, 31, 32, 41, 43, 158, 159, 160].

Доведено, що частота післяопераційних ускладнень безпосередньо корелює зі ступенем хірургічної агресії, тобто з кількістю та розміром хірургічних доступів, а також з адекватністю вибору методу фіксації відповідно до типу перелому та стану м'яких тканин. Таким чином, сучасна тенденція у лікуванні переломів п'яtkової кістки спрямована на мінімізацію інвазивності при збереженні високої якості анатомічної репозиції та стабільної фіксації [7, 23, 31, 36, 37, 159].

Поглиблений аналіз попередніх наукових робіт поставив під сумнів універсальність “золотого стандарту” хірургічного лікування переломів п'яtkової кістки, зокрема ефективність прямої відкритої репозиції через розширений латеральний доступ. Все частіше постає питання, чи дійсно переваги прямої візуалізації та анатомічного відновлення перевищують потенційні ризики, пов'язані з високою травматичністю доступу, порушенням кровопостачання та ризиком післяопераційних ускладнень [22, 24, 160].

Стрімкий розвиток медичних технологій, зокрема рентгеноскопічного та навігаційного обладнання, відкрив нові можливості для черезшкірної репозиції та фіксації уламків під контролем візуалізації. Впровадження у клінічну практику електронно-оптичних перетворювачів дало змогу ортопедам-травматологам виконувати точну репозицію та стабільну фіксацію уламків у режимі реального часу, зводячи до мінімуму необхідність широкого хірургічного доступу [31, 42, 161].

Паралельно з цим розпочався етап створення спеціалізованих імплантів та інструментів, адаптованих для “закритих” методик остеосинтезу. Ці конструкції враховують біомеханіку навантаження п'яtkової кістки, дозволяючи досягти стабільної фіксації навіть при мінімальному втручанні в м'якотканинні структури, що суттєво зменшує ризик інфекційних та некротичних ускладнень [28, 29, 30, 50, 162, 163, 164].

На сьогоднішній день у клінічній практиці успішно застосовується кілька малотравматичних методик хірургічного лікування переломів п'яtkової кістки. Серед них найбільш поширеними є:

- закрита репозиція з подальшою транскутанною фіксацією гвинтами різного діаметра та конфігурації;
- малоінвазивна відкрита репозиція через доступ до підтаранного синуса (sinus tarsi approach) із фіксацією спеціальними мініпластинами або гвинтами;
- інтраосальна фіксація блокуючим п'яtkовим стрижнем;
- малоінвазивні техніки остеосинтезу із застосуванням зовнішніх пристроїв.

Аналіз сучасних наукових досліджень демонструє активне порівняння ефективності малоінвазивних методів із традиційними відкритими техніками та консервативним лікуванням [21, 26, 29, 44, 48].

Незважаючи на очевидні переваги атравматичних підходів – меншу кількість ускладнень, швидше відновлення функції та збереження васкуляризації – залишається недостатньо вивченим питання біомеханічного обґрунтування вибору конкретного методу в залежності від морфологічних та архітектонічних особливостей переломів п'яtkової кістки.

Крім того, актуальним залишається визначення оптимального типу фіксатора у контексті класифікацій AO/OTA та Sanders, що дозволило б стандартизувати підхід до лікування різних типів переломів і підвищити відтворюваність результатів у клінічній практиці.

Підсумовуючи, можна відзначити, що еволюція методів хірургічного лікування переломів п'яtkової кістки пройшла складний шлях – від агресивних відкритих оперативних втручань до малоінвазивних і функціонально орієнтованих технологій. Класична методика відкритої репозиції та внутрішньої фіксації (ORIF) тривалий час залишалася стандартом, проте накопичений клінічний досвід виявив її обмеження, пов'язані з високим

рівнем післяопераційних ускладнень і порушенням кровопостачання в ділянці п'яткової кістки.

Поступовий розвиток рентгеноскопічних технологій, удосконалення інструментарію та поява спеціалізованих імплантів відкрили можливості для виконання черезшкірних, ендоскопічних і мінідоступних втручань, що поєднують високу точність анатомічної репозиції з мінімальною травматизацією тканин.

Попри значні досягнення у вдосконаленні технік репозиції та фіксації, питання вибору оптимального методу лікування залишається відкритим. Воно потребує не лише клінічної, а й біомеханічної аргументації, з урахуванням індивідуальних анатомічних особливостей п'яткової кістки, типу перелому, стану м'яких тканин і загального соматичного статусу пацієнта.

Підсумовуючи результати аналітичного огляду літератури, слід зазначити, що проблема лікування переломів п'яткової кістки залишається однією з найбільш складних і дискусійних у сучасній травматології та ортопедії. Незважаючи на значний обсяг накопичених клінічних, рентгенологічних та біомеханічних даних, єдиної концепції щодо вибору оптимальної тактики лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки досі не сформовано.

Сучасна тенденція розвитку травматології полягає у пошуку раціонального балансу між стабільністю фіксації та мінімальною інвазивністю втручання, що забезпечує оптимальні умови для консолідації, ранньої реабілітації й зниження ризику ускладнень. Саме ці принципи стали основою для подальшого аналізу, моделювання та клінічної оцінки ефективності різних хірургічних методів лікування переломів п'яткової кістки, що розглядаються в наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Усі етапи досліджень виконувалися у межах етичних стандартів, викладених у Гельсінській декларації Всесвітньої медичної асоціації.

Анатомо-топографічне дослідження включало в себе детальний морфологічний аналіз 14 анатомічних препаратів п'яркової кістки людини (8 правих та 6 лівих), отриманих із фондів анатомічного музею Полтавського державного медичного університету.

Із первинно відібраних 18 зразків, чотири було виключено з дослідження у зв'язку з наявністю виражених патологічних змін або механічних пошкоджень кісткової тканини. У вибірку увійшли як ізольовані п'яркової кістки ($n = 10$), так і інтактні зразки у складі анатомічних комплексів стопи ($n = 4$), що дозволило оцінити особливості топографічних взаємовідношень досліджуваних структур в умовах збереженої анатомічної цілісності.

Для ідентифікації живильних судинних отворів на попередньо відібраних анатомічних препаратах, усі препарати очищували від забруднень і поверхневих відкладень кальцію за допомогою стандартних ін'єкційних голок різних діаметрів. Розміри живильних отворів визначали за допомогою стандартного міліметрового паперу. Футпринти всіх відомих анатомічних структур ідентифікували у вигляді характерних підвищень, виступів або горбиків на відповідних ділянках поверхні кістки.

З огляду на невеликі розміри зон інтересу, для адекватної візуалізації структур застосовували настільну лупу Schweizer Tech-Line 4x зі скляною лінзою. Для фото- та відеофіксації використовували цифрову камеру мобільного пристрою з функцією макрозйомки.

Після виявлення зон інтересу на поверхні п'яркової кістки проводили їх документування шляхом цифрової фотографії. Для просторового зіставлення отриманих анатомічних даних та графічної розмітки використовували пакет графічного програмного забезпечення (Microsoft Paint 3D).

Клінічний етап дослідження було проведено в умовах травматологічного відділення Комунального підприємства (КП) “1-а міська клінічна лікарня Полтавської міської ради”, яке є клінічною базою травматології та ортопедії при кафедрі хірургії №3 Полтавського державного медичного університету (ПДМУ).

Кожному пацієнту з діагностованим переломом п'яткової кістки при надходженні до відділення було запропоновано взяти участь у науковому дослідженні з метою з'ясування структурних та функціональних особливостей етапів лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки та оцінки результатів лікування таких пошкоджень, запобігання післяопераційних ускладнень та покращення якості життя. Кожному пацієнту було доведено інформацію про цілі та мету дослідження, а також отримано письмову інформовану згоду на участь.

Виконані дослідження відповідали всім сучасним вимогам, про що було отримано відповідний позитивний висновок від етичного комітету Полтавського державного медичного університету (протокол № 246 від 19.02.2026р.).

2.1 Загальні характеристики клінічних випадків

У період клінічного етапу дослідження з 2020 по 2025 рр. у травматологічному відділенні КП “1-а міська клінічна лікарня Полтавської міської ради” було проліковано понад 400 пацієнтів із різними типами переломів п'яткової кістки.

У межах дослідження проведено аналіз функціональних результатів лікування 89 закритих зміщених (понад 2 мм у будь-якій площині за даними рентгенологічних досліджень) внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки у 73 пацієнтів віком від 23 до 71 року, що лікувалися у період з 2020 по 2025 роки. У 16 пацієнтів мали місце білатеральні переломи. Усі травматичні ушкодження мали гострий характер.

До дослідження не включалися застарілі та неправильно консолидовані пошкодження, позасуглобові переломи, відкриті пошкодження та переломи за типом “качиного дзьоба” з компрометацією м’яких тканин відломком горба п’яркової кістки, що потребувало невідкладної тактики хірургічного лікування.

Критеріями виключення з дослідження слугували складні декомпенсовані коморбідні стани у пацієнтів, такі як неконтрольований цукровий діабет в стадії декомпенсації, тяжкі порушення трофіки дистального відділу нижніх кінцівок. Також критеріями виключення з дослідження були перенесені пошкодження п’яркової кістки в анамнезі та наявність внутрішньокісткових аномалій або патологічних утворень.

Розподіл груп клінічного етапу дослідження здійснювали, враховуючи застосовану методику хірургічного втручання:

- До *I-ї клінічної групи* увійшли 17 пацієнтів (22 внутрішньосуглобові переломи), яким було виконано відкриту репозицію уламків п’яркової кістки через латеральний розширений L-подібний доступ, та внутрішній остеосинтез з допомогою титанової пластини з кутовою стабільністю типу АО.

- *II клінічна група* складалася з 35 пацієнтів (42 внутрішньосуглобові переломи), яким було виконано малоінвазивну репозицію п’яркової кістки через доступ до підтаранного синуса, та внутрішній остеосинтез з допомогою титанової спеціальної п’яркової міні-пластини з кутовою стабільністю за технікою MIPO (Minimally Invasive Plate Osteosynthesis).

- До *III клінічної групи* увійшли 21 пацієнт (25 внутрішньосуглобових переломів п’яркової кістки), які були прооперовані в обсязі закритої або малоінвазивної репозиції уламків з подальшою фіксацією канюльованими спонгіозними гвинтами через точкові транскутанні доступи.

Середній вік пацієнтів склав $46,05 \pm 12,46$ роки. Серед травмованих переважали чоловіки – 90,4% (66 осіб). Осіб жіночої статі було зареєстровано 7, що склало 9,6% у відсотковому співвідношенні. Середній вік пацієнтів чоловічої статі складав $45,32 \pm 12,65$ років, жіночої – $52,86 \pm 7,50$ років.

Згідно з оновленою у 2025 році віковою класифікацією Всесвітньої організації охорони здоров'я пацієнти молодого віку становили 49,3% (36 осіб), середнього віку – 31,5% (23 особи), похилого віку – 19,2% (14 осіб). Детальне гендерно-вікове розподілення серед усіх пацієнтів відображено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Розподіл пацієнтів за статтю та віком

		Вік			Всього	
		18-44	45-59	60-74	абс.	%
Стать	Чоловіча	35	18	13	66	90,4%
	Жіноча	1	5	1	7	9,6%
Разом	абс.	36	23	14	73	
	%	49,3%	31,5%	19,2%		100

Аналіз побутових особливостей розподілу пацієнтів показує, що 60,3% травмованих (44 особи) є постійними жителями міста, а 39,7% (29 осіб) – жителями районів або сільської місцевості. При аналізі соціального статусу хворих виявлено, що переважна більшість пацієнтів, а саме 58,9% (43 пацієнти) – мали постійне місце роботи на момент травмування. Офіційно не працюючих осіб працездатного віку було 30,1% (22 пацієнти), пенсіонерів – 11% (8 осіб).

Найбільша кількість звернень з внутрішньосуглобовими переломами п'яркової кістки спостерігалася у III та IV кварталах щорічно, і загальна кількість по роках таких пацієнтів склала 30,1% та 38,4% відповідно.

Меншими були показники першого півріччя кожного року та складали 15,1% за I квартали, та 16,4% за II квартали. Отже для таких пошкоджень більш характерний літньо-осінній період року (рис. 2.1).

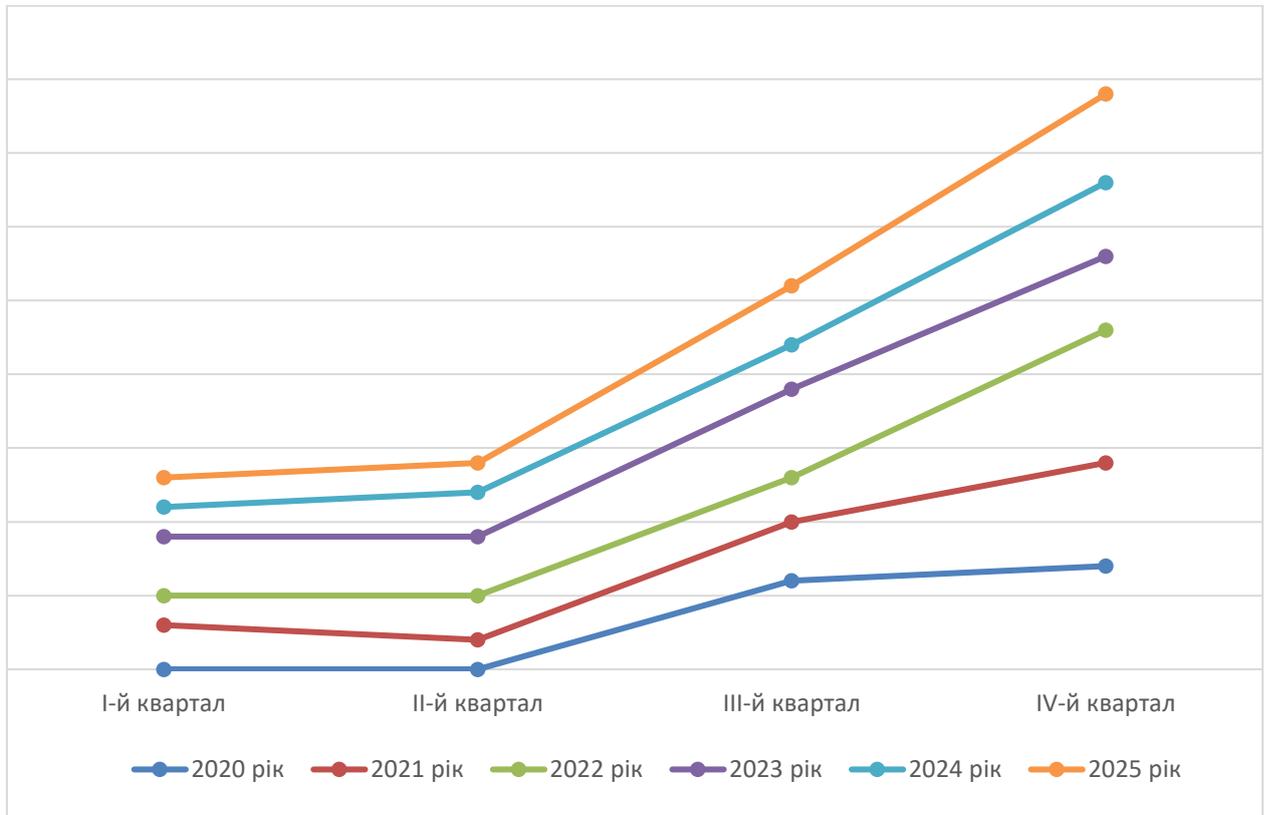


Рис. 2.1. Схема розподілу переломів по кварталах щороку.

Термін госпіталізації до травматологічного відділення складав від 30 хвилин до 7 діб з моменту отримання травми. У період від 30 хвилин до 2-х годин було госпіталізовано 12 пацієнтів, що склало 16,4% від усієї вибірки. У період від 2 до 6 годин – 32 пацієнти (43,8%). У період від 6 до 12 годин – 13 пацієнтів (17,8%). Від 12 до 24 годин було госпіталізовано 2 пацієнти (2,7%). Від однієї до трьох діб (до 72 годин) з часу настання травми було госпіталізовано 6 хворих (8,2%). У період більше 72 годин і максимально до 7 діб було госпіталізовано 8 травмованих, що склало 11%.

Аналізуючи обставини травмування було встановлено, що у 87,6% (64) випадків мав місце побутовий травматизм, і лише у 12,4% (9) випадках – травмування на виробництві або при виконанні службових обов'язків. Серед побутових травмувань переважали падіння з висоти 1,5 – 2 метри (39 осіб, що

склали 60,1%) та з висоти більшої за 2 метри (13 осіб, що склали 21,1%). Меншою була кількість падінь з малих висот до 1,5 метрів (8 осіб, що склали 12,5%). Найменшою була кількість постраждалих від дорожньо-транспортних пригод (4 особи, що склали 6,3% від усіх травмованих у побутових обставинах).

Серед травм виробничого характеру переважали падіння з висоти 1,5 – 2 метри (6 осіб, що склали 66,7%). Однаковою була кількість падінь з малих висот до 1,5 метру та з висоти більшою за 2 метри (по 1 особі, що складало по 11,1%). Один випадок службового характеру травмування у військовослужбовця був пов'язаний з вибухом протипіхотної міни під автомобілем, та мав клінічно схожий ефект з падіннями з висоти більшої за 2 метри (11,1%) (рис. 2.2).

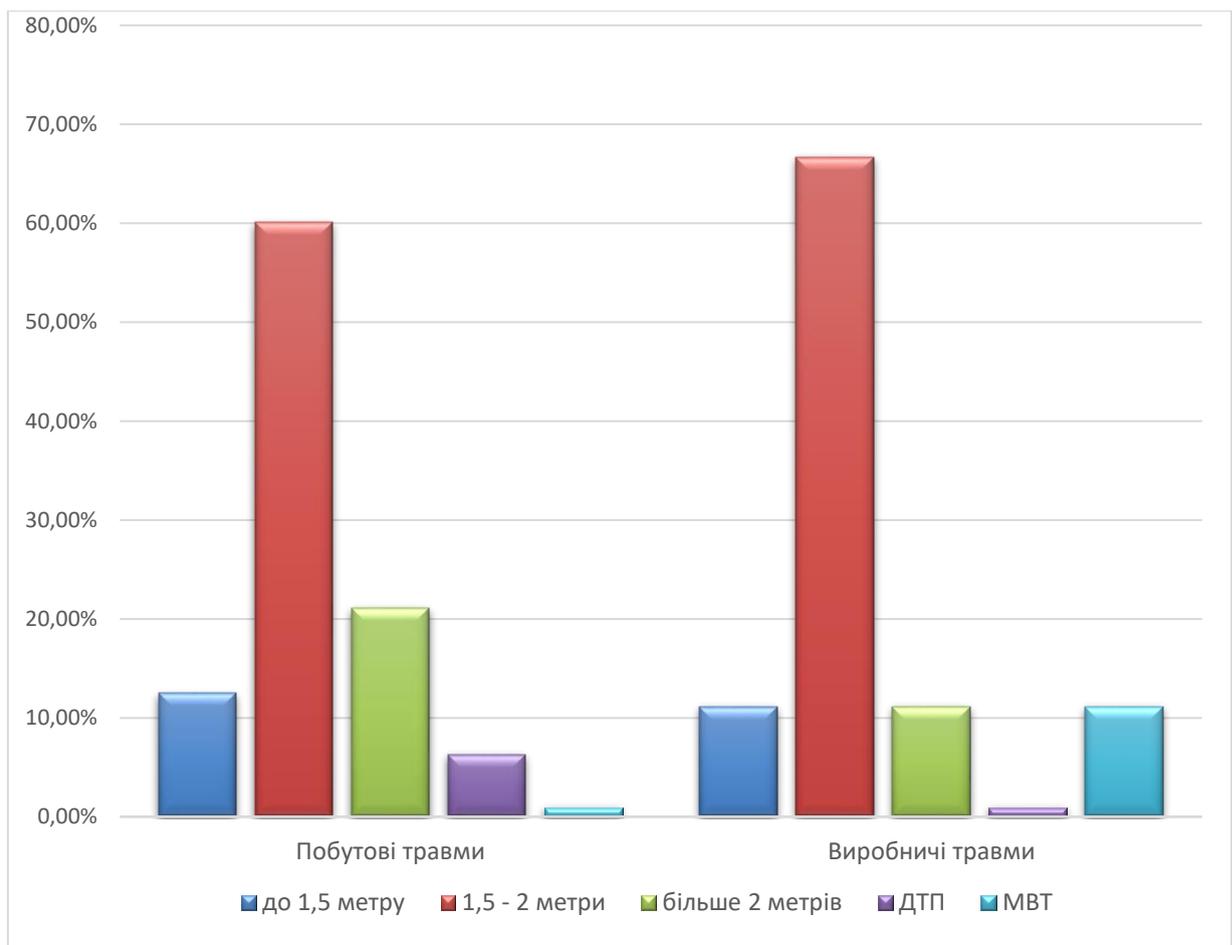


Рис. 2.2. Характеристика розподілу побутових та виробничих травм

У 100% пацієнтів було діагностовано переломи без ушкодження шкірних покривів. У 78,1% (57) травмованих спостерігалися монолатеральні пошкодження, у 21,9% (16) пацієнтів – білатеральні одномоментні переломи.

За класифікацією Sanders переломи були розподілені наступним чином:

- тип 1 – 1,1%;
- тип 2 – 39,3%;
- тип 3 – 42,7%;
- тип 4 – 16,9%.

Розгорнуту характеристику переломів за класифікацією Sanders наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Розподіл переломів п'яркової кістки за класифікацією Sanders

Тип перелому за класифікацією Sanders	Всього	
	кількість	%
I	1	1,1
IIa	11	12,4
IIb	24	26,9
IIIab	27	30,4
IIIac	8	8,9
IIIbc	3	3,4
IV	15	16,9
Всього	89	100,0

За класифікацією АО переломи п'яркової кістки типу “В” склали 34,8% (31 випадок), а переломи типу “С” – 65,2% (58 випадків). Детальний розподіл за типами та підтипами переломів згідно класифікації АО/ОТА наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Розподіл переломів п'яткової кістки за класифікацією АО/ОТА

Тип перелому за класифікацією АО	Всього	
	кількість	%
82В1	25	28,1
82В3	6	6,8
82С1	14	15,7
82С2	30	33,7
82С3	14	15,7
Всього	89	100,0

В рамках аналізу ефективності застосування запатентованого нами дистракційного пристрою для репозиції уламків п'яткової кістки, було досліджено результати лікування окремої вибірки із 42 хворих з внутрішньосуглобовими переломами, що були прооперовані однією із згаданих методик. Пацієнти були розподілені на 2 групи: *основну групу* склали 22 пацієнти, яким задля інтраопераційної репозиції було застосовано дистракційний пристрій; до *групи порівняння* увійшли хворі, яким застосовували стандартну методику зі стрижнем Шанца. Групи були зіставні за віком, статтю та розподілом методів хірургічної фіксації ($p > 0,05$).

Для оцінки клінічної ефективності та зручності використання запропонованого нами універсального п'яткового розвантажувального ортезу було проведено порівняльне дослідження вибірки із 34 пацієнтів, оперованих за однією із згаданих методик. *Основну групу* склали 17 пацієнтів, у яких застосовували універсальний п'ятковий розвантажувальний ортез, *контрольну групу* – 17 пацієнтів, яким виконували іммобілізацію стандартною гіпсовою лонгетою. Групи були зіставні за віком, статтю та розподілом методів хірургічної фіксації ($p > 0,05$).

2.2 Клінічні методи дослідження

Клінічне обстеження хворих, госпіталізованих до травматологічного відділення, проводилося за єдиною стандартною схемою у вигляді первинного огляду пацієнта. Якість і повноту клінічного обстеження оцінювали на підставі протоколу первинного огляду, зафіксованого в історії хвороби.

Первинний огляд включав опитування щодо скарг пацієнтів, збір анамнезу захворювання, уточнення супутньої патології та перенесених оперативних втручань, а також клінічне обстеження загальних функцій організму (визначення артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, частоти дихальних рухів) і локального статусу травмованої ділянки.

Під час збору скарг особливу увагу приділяли локалізації болю, його інтенсивності та можливій іррадіації в інші ділянки кінцівки або тіла. Встановлено, що типовими скаргами пацієнтів з ізольованими переломами п'яткової кістки були локальний біль по зовнішній поверхні стопи в ділянці під верхівкою зовнішньої кісточки, а також по підошовній поверхні п'яти. Нерідко пацієнти відзначали іррадіацію болю в дистальні відділи стопи або проксимально – у ділянку гомілки.

При зборі анамнезу захворювання особливу увагу приділяли обставинам і механізму травми. В усіх пацієнтів уточнювали висоту падіння, якщо травма була спричинена падінням з висоти. У постраждалих унаслідок дорожньо-транспортних пригод фіксували позицію в транспортному засобі та факт використання паска безпеки.

Окремо звертали увагу на наявність алкогольного чи наркотичного сп'яніння на момент травмування. У пацієнтів із пізнім (понад 72 години) надходженням до клініки нерідко відзначали виражений набряковий синдром і формування епідермальних пухирів, що відтермінувало строки проведення оперативного втручання та уповільнювало швидкість відновлення м'яких тканин після нього.

Клінічне обстеження зони інтересу починали із загального огляду, під час якого фіксували ступінь і локалізацію набряку, наявність підшкірних гематом, синців, пошкоджень шкірних покривів і фліктен. Пальпаторно визначали локалізацію болю, оцінювали обсяг можливих рухів у гомілковостопному та підтаранному суглобах, а також перевіряли дистальний нейроваскулярний статус.

2.3 Променеві методи дослідження

Променева діагностика супроводжувала дослідження на всіх його етапах – від первинної рентгенографії в умовах приймального відділення та травмпункта до ретельного передопераційного планування на основі даних комп'ютерної томографії, інтраопераційного контролю якості репозиції з використанням електронно-оптичного перетворювача, а також післяопераційних і контрольних знімків у віддаленому періоді лікування та реабілітації.

2.3.1 Рентгенографія п'яткової кістки

На етапі первинного обстеження в умовах травмпункту та приймального відділення всім пацієнтам із підозрою на пошкодження кісткових структур ділянки гомілковостопного суглоба та стопи проводили рентгенографію ушкодженого сегмента за допомогою рентгенівської діагностичної системи "Calypso F" (General Medical Merate – Італія) з відстані приблизно 60 см на малому фокусі в режимі роботи 60-70kV / 25mAs (в залежності від проекції та фізіологічних особливостей стопи пацієнта).

Інтраопераційний рентгенологічний контроль та рентгеноскопія виконувалися на електронно-оптичному перетворювачі "Symbol 5R9" фірми General Medical Merate (Італія), а також з допомогою ЕОП "Cios Select" Siemens Shanghai Medical Equipment (Китай).

Рентгенівські знімки п'яткової кістки виконувалися у стандартних проєкціях: у боковій та аксіальній (за R.I. Harris) та у кількох допоміжних.

Бокова проєкція дозволяла візуально оцінити контури та наявні лінії перелому п'яткової кістки у фронтальній площині, також давала можливість провести вимірювання кутів Böhlera та Gissane й визначити наявність депресії суглобової поверхні (рис. 2.3).

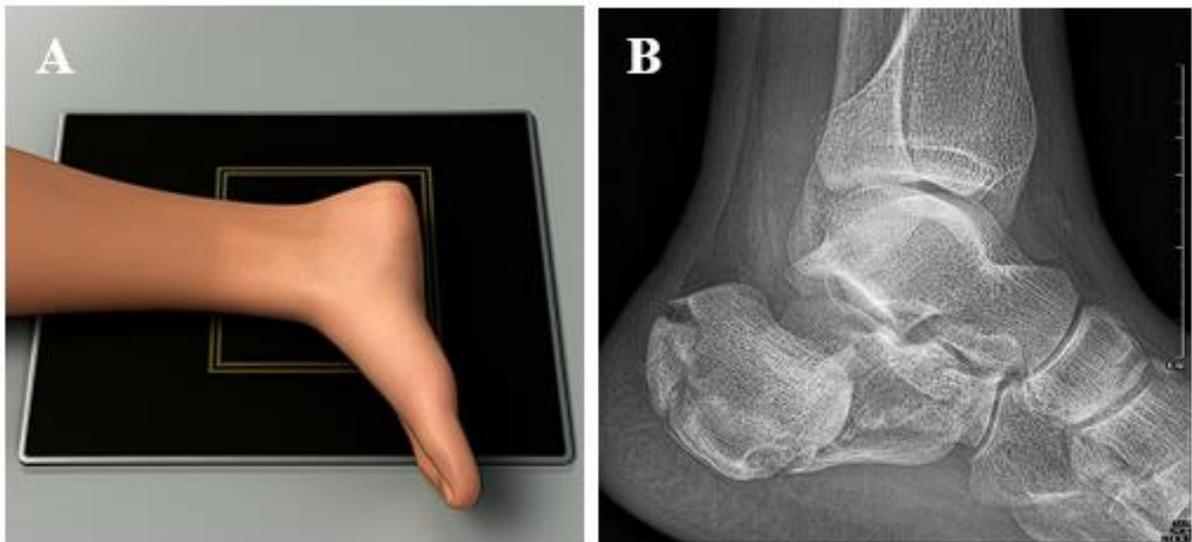


Рис. 2.3. Укладка (А) та рентгенограма перелому п'яткової кістки (В) в боковій проєкції.

На аксіальній проєкції (рис. 2.4) здійснювали візуалізацію заднього відділу стопи у однойменній площині. Це дозволяло виявити специфічні лінії зламу, зокрема перелом із залученням латерального відростка, що підтримує таранну кістку (*sustentaculum tali*). Окрім того визначали вкорочення кістки, збільшення її поперечного розміру та варусну або вальгусну деформацію внаслідок зміщення кісткових уламків.

Додатково, аксіальна проєкція давала змогу оцінити залучення та ступінь пошкодження підтаранної суглобової поверхні. Беззаперечно корисною дана проєкція була під час інтраопераційного рентгенологічного контролю репозиції та фіксації кісткових уламків, а також використання рентгеноскопії при проведенні тракційної шпичі або стрижня через п'ятковий горб.



Рис. 2.4. Укладка для аксіальної проекції (А) та рентгенограми перелому тіла п'яткової кістки (В) та опорного відростка sustentaculum tali (С).

Додаткова специфічна проекція за В. Broden (рис. 2.5) виконувалася здебільшого під час оперативного втручання з метою контролю якості репозиції внутрішньосуглобових фрагментів задньої суглобової фасетки п'яткової кістки. Під час передопераційного обстеження дана проекція не використовується рутинно, через особливості позиціонування стопи та складність отримання задовільного рентгенівського знімка з першого разу.

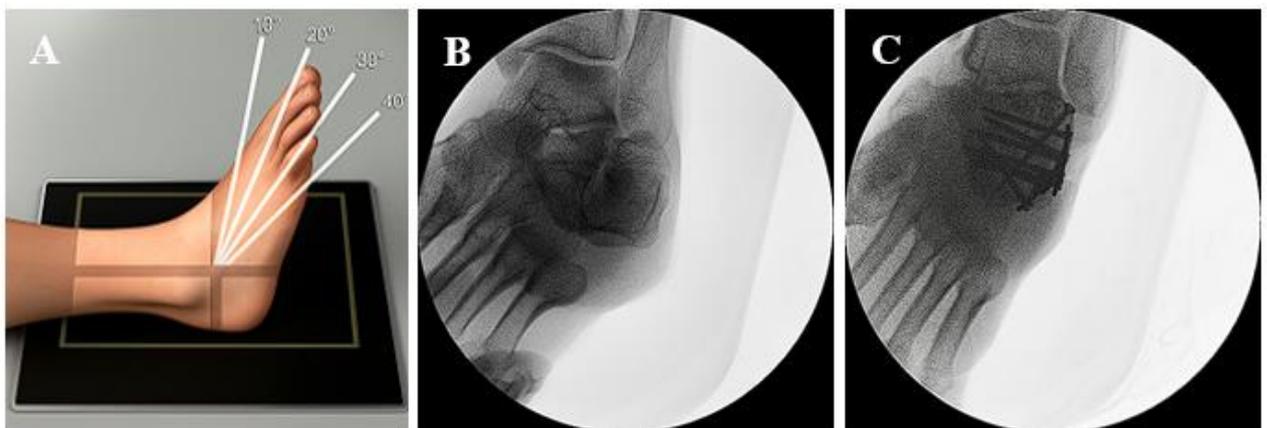


Рис. 2.5. Укладка для проекції за В. Broden (А) та інтраопераційні рентгенограми на електронно-оптичному перетворювачі до (В) та після (С) репозиції з внутрішньою фіксацією перелому п'яткової кістки.

У зв'язку з доступністю методу комп'ютерної томографії на сьогоднішні діагностика пошкодження задньої суглобової поверхні та оцінку характеру її імпації в абсолютній більшості випадків доцільно візуалізувати на мультиспіральній комп'ютерній томографії (МСКТ).

Додатково, за потреби та з метою виключення переломів інших кісток ділянки гомілковостопного суглоба та стопи, виконували пряму проекцію гомілковостопного суглоба (рис. 2.6). Це дозволяло виявити супутні пошкодження кісток, ознаки вивиху у гомілковостопному та підтаранному суглобах а також візуалізувати латеральний імпінджмент, що нерідко супроводжує складні переломи п'яtkової кістки внаслідок розширення її в поперечному напрямку.



Рис. 2.6. Укладка (А) та рентгенограма (В) гомілковостопного суглоба у прямій проекції. Рентгенологічні ознаки латерального імпінджмент-синдрому (С) та підтаранного вивиху стопи (D).

Також за показаннями виконували стандартну пряму та косу тильно-підшовні проекції стопи (рис. 2.7). Окрім можливого виявлення пошкоджень суміжних кісткових структур, ці проекції дозволяли чітко візуалізувати передній відділ п'яtkової кістки та п'яtkово-кубоподібний суглоб. Усі можливі варіанти пошкоджень у цій ділянці мали важливе значення у подальшому виборі тактики лікування.

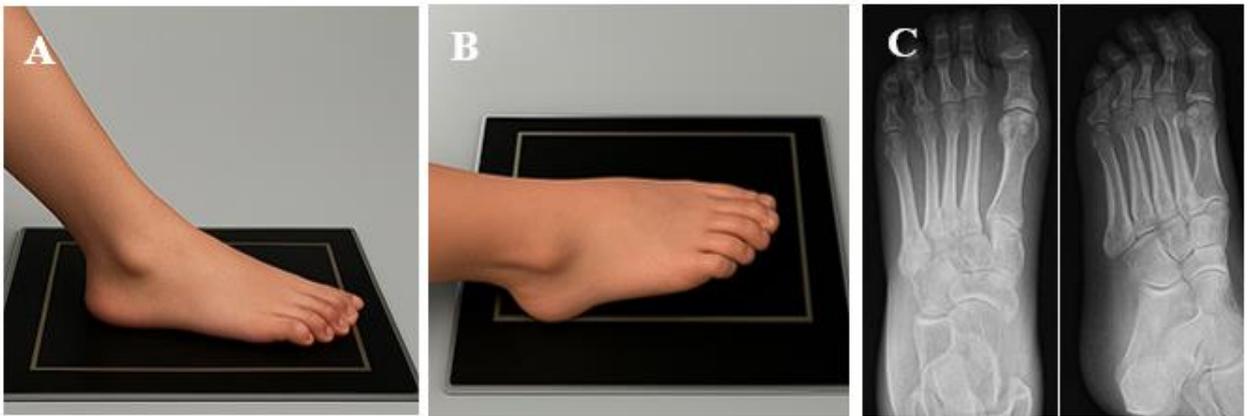


Рис. 2.7. Укладка (А, В) та рентгенограми (С) стопи у прямій та косій тильно-підшовних проєкціях.

Інтраопераційний рентген-контроль та рентген-навігацію виконували за допомогою електронно-оптичного перетворювача. Використання даного апарата – невід’ємна та обов’язкова умова у лікуванні складних внутрішньосуглобових переломів п’яткової кістки, адже це дозволяє значно прискорити час втручання, не витрачаючи його на виконання стандартних рентгенограм, а також дозволяє досягти максимально анатомічної репозиції незважаючи на складну просторову архітектуру кістки.

2.3.2 Комп’ютерна томографія п’яткової кістки

З метою вибору оптимальної тактики хірургічного лікування на етапі передопераційного планування всім пацієнтам було виконано мультиспіральну комп’ютерну томографію ушкодженого сегмента. МСКТ виконували на 64-зрізовому томографі “Revolution EVO” фірми GE Healthcare Japan Corporation (Японія) та з допомогою апарату “NeUViz16 Essence Multislice CT scanner” фірми Neusoft Medical Systems (Китай).

Це давало змогу детально оцінити характер зміщення кісткових відламків, їх кількість і ступінь імпації суглобової поверхні у трьох взаємно перпендикулярних площинах (аксіальній, сагітальній, фронтальній) для ретельного передопераційного планування.

Аксіальна (*axial*) проекція дозволяла оцінити п'яткову кістку в її поздовжньому перерізі. Це, у свою чергу, давало можливість візуалізувати лінії перелому, що проходять в однойменній площині через задню суглобову фасетку та тіло кістки (рис. 2.8).

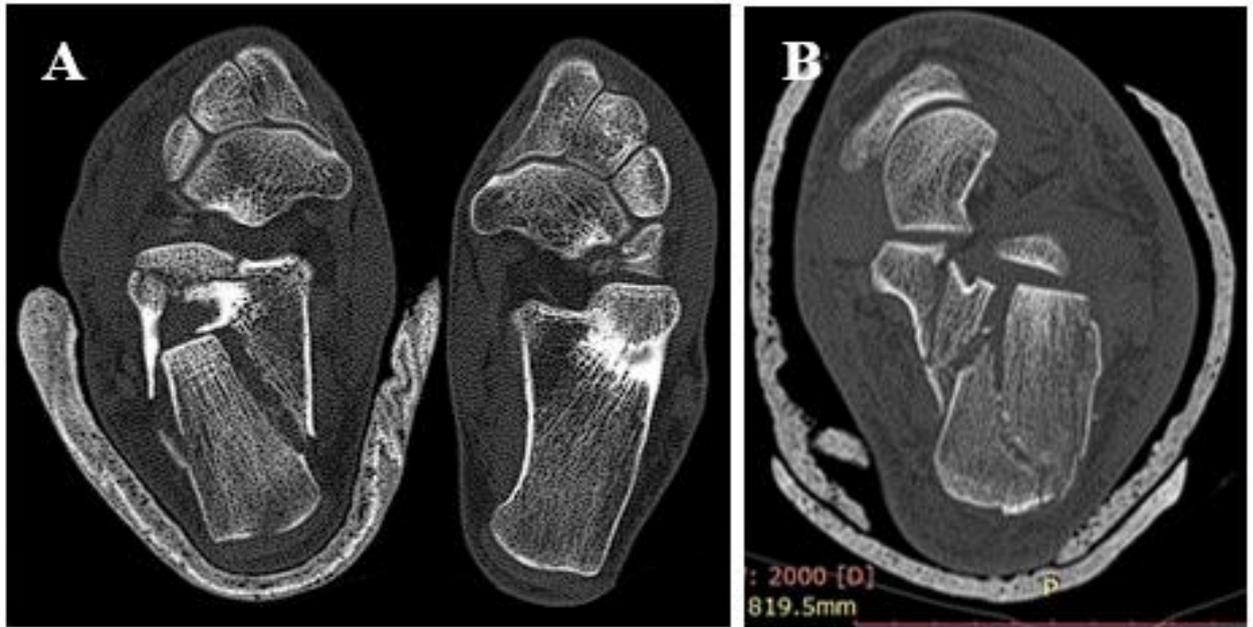


Рис. 2.8. Аксіальні зрізи томограми обох стоп (А), що демонструють уламковий перелом правої п'яткової кістки. Аксіальний зріз, що демонструє типове вкорочення та варусну деформацію п'яткової кістки, та залучення опорного відростка таранної кістки (В).

Додатково на аксіальній проекції звертали увагу на цілісність опорного відростка таранної кістки (*sustentaculum tali*), а також залучення у травматичний процес п'яtkово-кубоподібного суглоба з руйнуванням відповідної суглобової поверхні п'яtkової кістки.

Важливим елементом аналізу цієї проекції у передопераційному плануванні була візуалізація та оцінка ступеня зміщення п'яtkового горба. За нашими спостереженнями, у більшості випадків це призводило до типової варусної деформації, вкорочення та розширення тіла п'яtkової кістки, що також було враховане на етапі передопераційного планування.

Сагітальна (sagittal) проекція дозволяла оцінити п'яткову кістку у боковій проекції поздовжнього перерізу та простежити поширення ліній зламу від задньої суглобової фасетки до п'ятового горба та переднього відділу кістки (рис. 2.9). У цій проекції, перш за все, проводили оцінку типу перелому за класифікацією АО, а також ступінь депресії задньої суглобової фасетки відносно її анатомічного рівня.

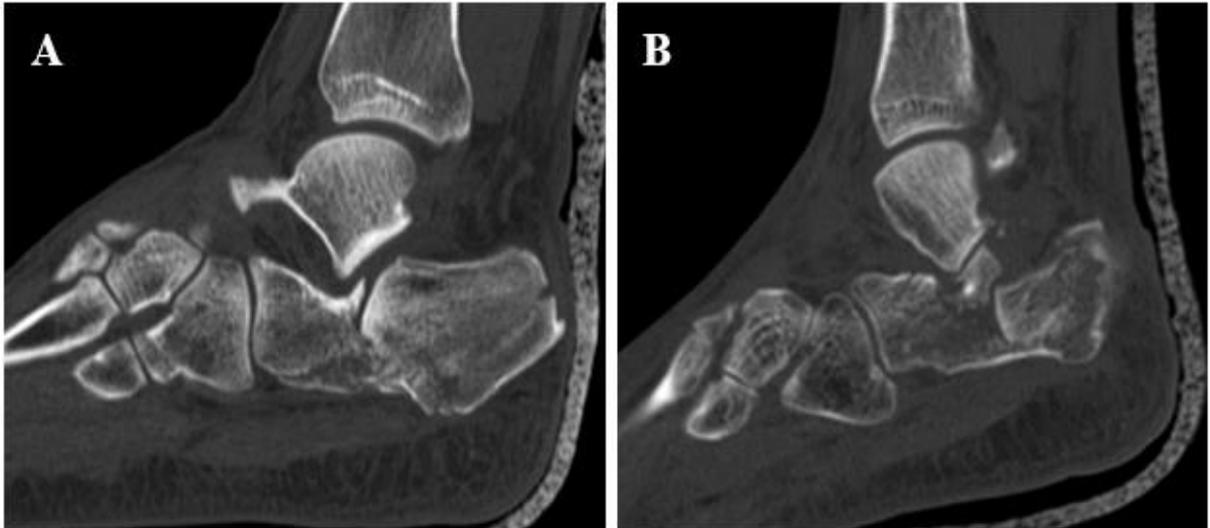


Рис. 2.9. Сагітальні зрізи комп'ютерних томограм стоп що демонструють перелом п'яткової з утворенням язикоподібного фрагмента 82В за АО (А) та перелом з центральною депресією суглобової поверхні 82С за АО (В).

Аналіз сагітальної проекції додатково дозволяв оцінити висоту п'яткової кістки, конфігурацію її поздовжнього склепіння та наявність його зниження внаслідок компресії. Важливим аспектом передопераційного планування було визначення ступеня дислокації фрагментів у передньо-задньому напрямку, тобто ступеня вкорочення кістки. Це давало можливість прогнозувати повноту відновлення анатомії та функціональної здатності стопи.

Фронтальна, або коронарна (coronal) проекція (рис. 2.10) дозволяла оцінити п'яткову кістку у поперечному перерізі та візуалізувати кількість та поширення ліній зламу через задню суглобову фасетку у медіальному та латеральному напрямках.

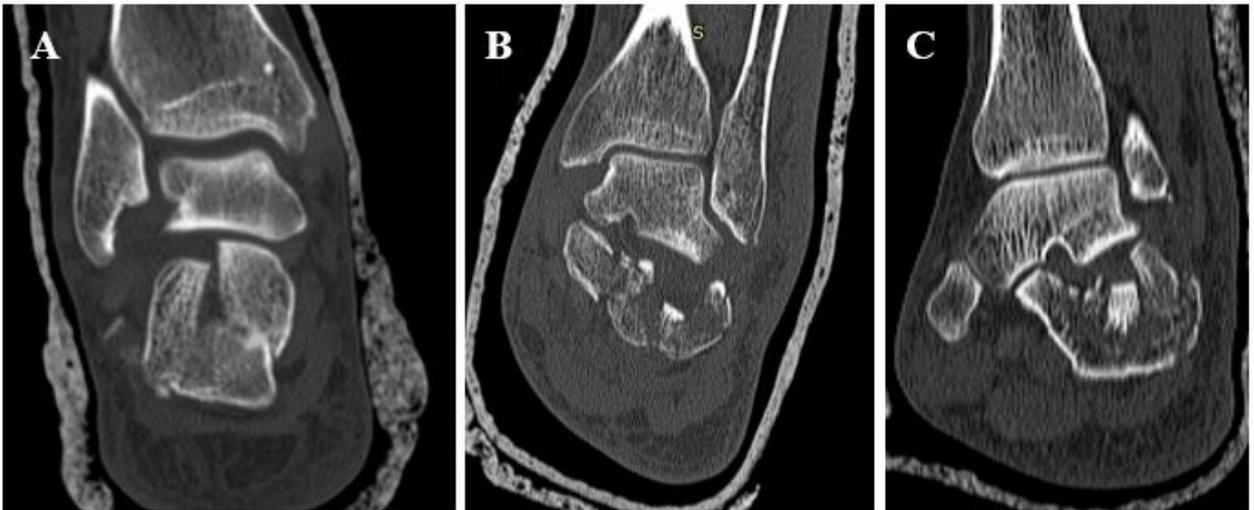


Рис. 2.10. Коронарні зрізи комп'ютерних томограм стоп, що демонструють пошкодження підтаранної суглобової поверхні п'яткової кістки (А), залучення опорного відростка таранної кістки (В) та ознаки латерального імпінджмент-синдрому (С).

У цій проекції визначали залучення sustentaculum tali, ступінь його відокремлення чи зміщення, а також ураження латеральної стінки п'яткової кістки з можливим звуженням п'ятково-малогомілкової щілини. Додатково фронтальна проекція також давала можливість оцінити наявність варусної чи вальгусної деформації заднього відділу п'яткової кістки.

У контексті післяопераційного ведення пацієнтів проведення МСКТ не було рутинною процедурою. Якість репозиції, як правило, контролювали інтраопераційно за допомогою електронно-оптичного перетворювача.

На нашу думку, комп'ютерна томографія має важливу діагностичну цінність у віддаленому контролі процесу консолідації (рис. 2.11) за наявності показань, а також у діагностиці післятравматичних змін чи ускладнень. Серед таких, в своїй практиці, ми зустрічали: розвиток остеоартрозу підтаранного та п'ятково-кубоподібного суглобів, формування екзостозів навколо п'яткової кістки з можливим розвитком імпінджмент-синдрому, а також ускладнення, пов'язані з металокопцюваннями.

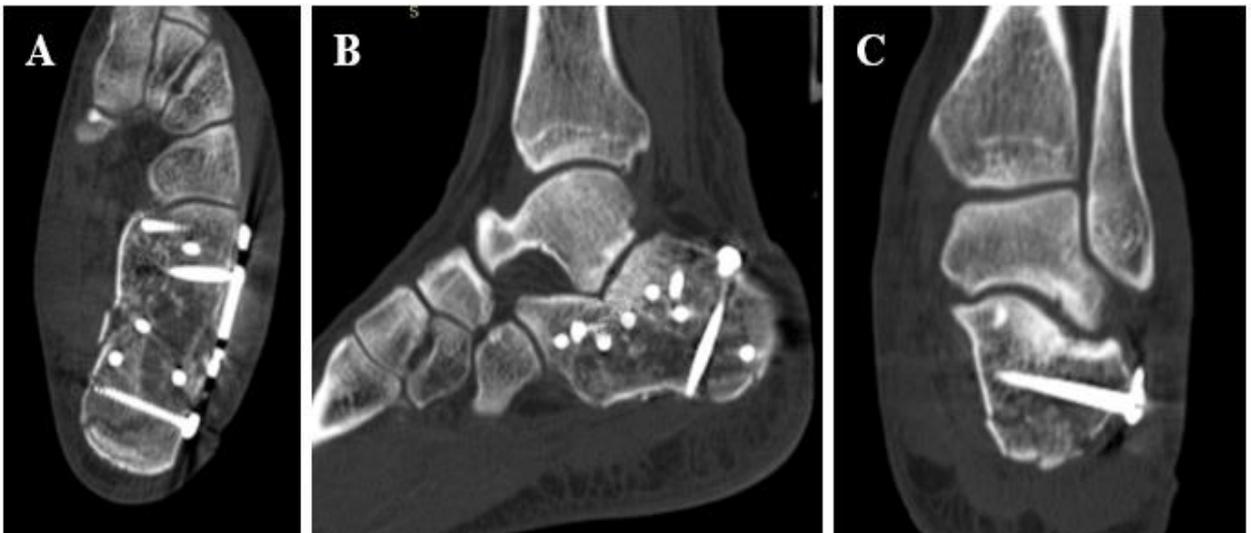


Рис. 2.11. МСКТ контроль консолідації уламкового перелому п'яткової кістки. Аксіальна (А), сагітальна (В) та коронарна (С) проєкції.

2.4 Методи оцінки результатів лікування

Оцінку результатів лікування пацієнтів із внутрішньосуглобовими переломами п'яткової кістки проводили на підставі комплексного клінічного, функціонального та рентгенологічного аналізу у найближчому та віддаленому періодах спостереження.

Весь процес взаємодії з пацієнтами умовно був розподілений на 4 візити. Перший візит охоплював період лікування пацієнта у стаціонарі – від моменту первинної госпіталізації до виписки. Клінічну, рентгенологічну та функціональну оцінку проводили безпосередньо в клініці, у першу добу після оперативного втручання.

Другий, третій та четвертий візити відбувалися в амбулаторних умовах, мали консультативний характер і проводилися через 2, 4 та 10 місяців після хірургічного лікування. Під час цих візитів здійснювали динамічну оцінку стану пацієнтів, перевірку функціональних показників та контроль рентгенологічної картини з метою визначення ступеня консолідації перелому, відновлення анатомічних співвідношень і функції стопи.

Клінічне обстеження включало аналіз скарг пацієнтів, оцінку больового синдрому, стану післяопераційної рани, а також перевірку опороздатності кінцівки та можливості самостійного пересування. Візуально визначали форму заднього відділу стопи, наявність деформації, атрофії м'язів гомілки, порушення рухів у гомілковостопному та підтаранному суглобах.

Задля порівняння результатів лікування у післяопераційному періоді, було використано ряд критеріїв, таких як: тривалість стаціонарного лікування та кількість днів післяопераційного періоду в умовах відділення. Оцінюючи якість репозиції, вимірювали кути Беллера та Гіссана в ранньому та віддаленому післяопераційному періодах. Також оцінювали та порівнювали швидкість та якість загоєння післяопераційних ран, та рівень больового синдрому в післяопераційному періоді.

Ступінь болю оцінювали за візуально-аналоговою шкалою (VAS) від 0 до 10 балів, де 0 – відсутність болю, 10 – нестерпний біль (додаток Б – елемент 1).

Об'єктивну оцінку функціональних результатів проводили за допомогою широко вживаної шкали Американського товариства стопи та гомілковостопного суглоба (AOFAS – American Orthopaedic Foot and Ankle Society) [165], яка враховує три основні компоненти:

- больовий синдром (до 40 балів);
- функцію (до 50 балів);
- адаптацію стопи до поверхні (до 10 балів).

Оцінювання здійснювали за зазначеними параметрами. Залежно від клінічної картини під час огляду пацієнта за кожним із підпунктів шкали встановлювали відповідну кількісну оцінку у балах. Сума всіх балів відображає загальний результат оцінки функції стопи. Максимальний показник – 100 балів, що відповідає відмінному результату (додаток Б – елемент 2).

Результати інтерпретували таким чином:

- 90-100 балів – відмінно;

- 75-89 балів – добре;
- 50-74 балів – задовільно;
- менше 50 балів – незадовільно.

Суб'єктивну оцінку больових та функціональних показників стопи проводили за допомогою шкали індексу функції стопи (FFI – Foot Function Index) [166]. Ця анкета призначена для надання лікарю суб'єктивної інформації щодо того, як біль у стопі впливає на працездатність, фізичну активність і повсякденне життя пацієнта. Згідно з даною шкалою, оцінювання здійснювали за трьома основними розділами:

- розділ I – шкала болю;
- розділ II – шкала порушення функції;
- розділ III – шкала обмеження повсякденної активності.

Кожен розділ містить різну кількість запитань (загалом – 17), на кожне з яких пацієнт відповідав, оцінюючи свій стан за 11-бальною шкалою від 0 до 10, де 0 – відсутність проявів, а 10 – максимальна вираженість симптому (додаток Б – елемент 3).

Тобто дана шкала є максимально корисною у розумінні індивідуальних обмежень з боку пацієнта, та з метою прогнозування термінів відновлення працездатності та адаптації до побутового навантаження.

Максимальна сума балів становить 170, причому результати інтерпретують у зворотній залежності: менша кількість балів відповідає кращому функціональному стану.

Інтерпретація результатів проводилася за такими критеріями:

- 0-20 балів – відмінно;
- 21-50 балів – добре;
- 51-100 балів – задовільно;
- понад 100 балів – незадовільно.

Оцінку результатів застосування розробленого універсального п'яtkового розвантажувального ортезу проводили за такими показниками: інтенсивність больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою через 14

днів від моменту втручання; строки безболісної вертикалізації та можливість навантажувати оперовану кінцівку; суб'єктивна переносимість імобілізації за 5-ти бальною шкалою, де 1 бал відповідав дуже низькому рівню комфорту, а 5 балів – дуже високому.

Інтерпретацію проводили наступним чином:

- 1 бал – дуже незручно;
- 2 бали – незручно;
- 3 бали – задовільно;
- 4 бали – зручно;
- 5 балів – дуже зручно.

2.5 Статистичні методи збору та обробки клінічного матеріалу

Для аналізу числових показників і перевірки достовірності отриманих даних застосовували сучасні методи варіаційної, описової, кореляційної та непараметричної статистики з використанням програмного забезпечення Stat Plus 2005 Professional 3.5.3 (AnalystSoft). Первинні результати клінічних і рентгенологічних спостережень формалізували у вигляді таблиць за допомогою офісного пакету Microsoft Office Professional Plus 2019, що включав у себе Microsoft Excel 2019 MSO (версія 2508), із подальшим перенесенням у статистичні програми для глибшого аналізу.

На етапі попередньої підготовки даних виконували візуальну перевірку на повноту та достовірність інформації, виявляли та коригували потенційні аномальні значення. Для кожного кількісного параметра визначали середнє арифметичне (M), стандартне відхилення (SD) та стандартну похибку середнього (m), що дозволяло оцінити однорідність вибірки та характер розподілу показників.

У разі нормального розподілу величин застосовували методи варіаційної статистики. Для визначення достовірності різниць між середніми показниками використовували t-критерій Стьюдента. Статистичну значущість приймали на

рівні $p < 0,05$. У випадках, коли розподіл показників не відповідав нормальному, застосовували непараметричний критерій Манна-Уїтні. При порівнянні трьох і більше незалежних груп застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) або критерій Краскела–Уолліса залежно від характеру розподілу даних.

Для дослідження взаємозв'язків між різними параметрами проводили кореляційний аналіз. При нормальному розподілі обчислювали коефіцієнт лінійної кореляції Пірсона (r). У вибірках невеликого обсягу або з порушенням нормальності розподілу використовували ранговий коефіцієнт Спірмена (ρ). Для оцінки зв'язку між категоріальними змінними використовували критерій χ^2 Пірсона. До інтерпретації включали лише ті результати, для яких рівень статистичної значущості також становив $p < 0,05$.

Отримані результати статистичного аналізу застосовували для виявлення закономірностей між клінічними, рентгенологічними та функціональними показниками, оцінки ефективності різних методів хірургічного лікування й визначення факторів, що впливають на віддалені результати. Такий комплексний підхід до статистичної обробки даних забезпечив високу об'єктивність, достовірність та наукову відтворюваність отриманих результатів, що дозволило зробити обґрунтовані клінічні висновки та рекомендації щодо оптимізації лікування переломів п'яткової кістки.

З метою оцінки достатності обсягу вибірки проведено ретроспективний аналіз статистичної потужності (post-hoc power analysis) для основного клінічного показника – шкали AOFAS через 10 місяців після оперативного втручання.

При порівнянні трьох клінічних груп ($n_1=22$, $n_2=42$, $n_3=25$) при рівні статистичної значущості $\alpha=0,05$ та величині ефекту Cohen's $f=0,78$ (що відповідає великому розміру ефекту), розрахована статистична потужність дослідження становила 99,9%.

Отриманий показник свідчить про достатність вибірки для виявлення клінічно та статистично значущих відмінностей між групам.

РОЗДІЛ 3

ОСНОВНІ МОДИФІКУЮЧІ ЧИННИКИ ПЕРЕДОПЕРАЦІЙНОГО ЕТАПУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПЛАНУВАННЯ ХІРУРГІЧНОГО ВТРУЧАННЯ

3.1 Анатомо-топографічне дослідження живильних отворів п'яткової кістки та їх значення для вибору методики втручання

Особливості кровопостачання п'яткової кістки є важливим аспектом, який необхідно враховувати під час планування хірургічних доступів. Це дозволяє мінімізувати ризик інтраопераційного пошкодження живильних судин, що може призвести до ішемії тканин, порушення загоєння післяопераційної рани та затримки консолідації кісткових уламків. Ретельне вивчення анатомо-топографічного розташування живильних отворів на поверхні п'яткової кістки дає змогу оптимізувати вибір оперативного доступу та способу фіксації, зменшуючи ризик судинних ускладнень і покращуючи прогнозування результатів хірургічного лікування.

На сучасному етапі у науковій літературі спостерігається дефіцит систематизованих даних і практичних рекомендацій, що враховують судинну анатомію п'яткової ділянки в контексті вибору хірургічного доступу та методів остеосинтезу. Відсутність чіткої карти локалізації живильних отворів ускладнює передопераційне планування, що обумовлює актуальність проведення морфологічних досліджень у цьому напрямку.

3.1.1 Морфологічний аналіз живильних отворів на поверхні п'яткової кістки

Було проведено морфологічне дослідження 14 анатомічних препаратів п'яткової кістки людини (8 правих та 6 лівих), отриманих із фондів анатомічного музею Полтавського державного медичного університету.

Для ідентифікації живильних судинних отворів на попередньо відібраних анатомічних препаратах, усі препарати попередньо очищували від забруднень і поверхневих відкладень кальцію за допомогою стандартних ін'єкційних голок різних діаметрів. З огляду на незначні розміри зон інтересу, для адекватної візуалізації та детального вивчення використовували настільну лупу Schweizer Tech-Line 4x зі скляною лінзою. Фото- та відеофіксацію здійснювали за допомогою цифрової камери мобільного пристрою у режимі макрозйомки.

Після виявлення живильних отворів їх документували шляхом фотографування (рис. 3.1).

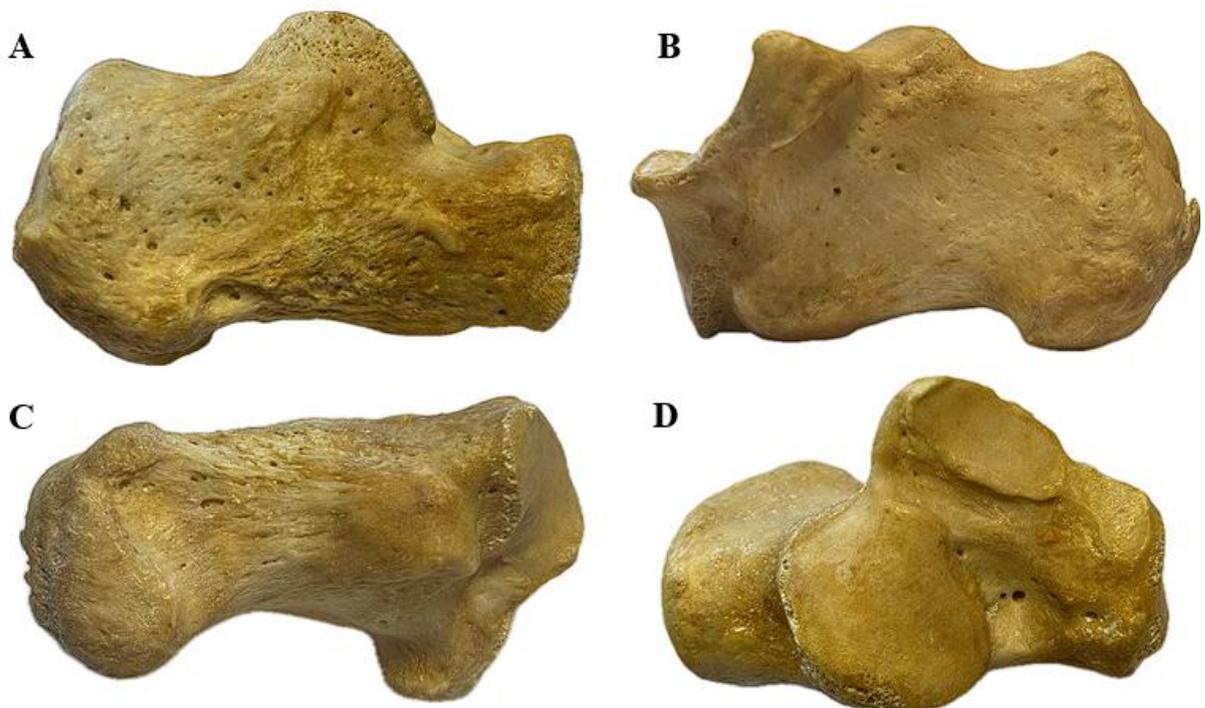


Рисунок 3.1. Фотографії різних поверхонь анатомічного препарату п'яtkової кістки людини: А – латеральна поверхня; В – медіальна поверхня; С – нижня поверхня; D – верхня поверхня.

Дослідження живильних отворів здійснювали на зовнішній, внутрішній, передній, задній, верхній та нижній поверхнях п'яtkової кістки. Зважаючи на те, що передня поверхня п'яtkової кістки повністю вкрита суглобовим хрящем, живильних отворів у цій ділянці не було виявлено в жодному з досліджуваних препаратів.

Оцінювали топографічний розподіл судинних отворів на різних поверхнях п'яркової кістки. Розміри живильних отворів визначали за допомогою стандартного міліметрового паперу, що дозволяло провести порівняльний аналіз їх діаметрів з метою умовного розподілення на групи для кращого порівняння кровопостачання кістки (рис. 3.2). Усі вимірювання виконувала одна й та сама особа з метою мінімізації суб'єктивної похибки.

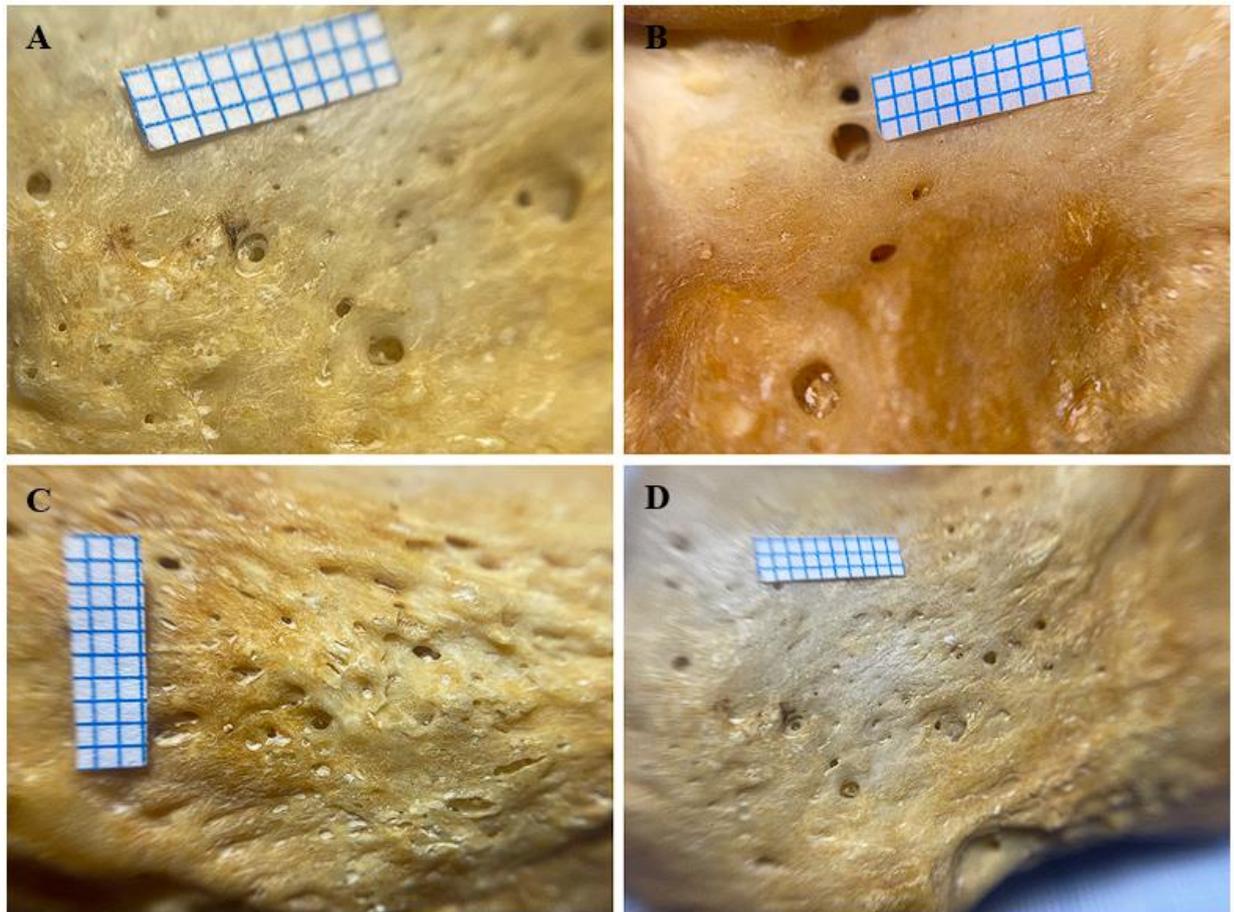


Рисунок 3.2. Фотографії зі збільшенням живильних отворів різних локалізацій на анатомічному препараті п'яркової кістки людини: А – латеральна поверхня п'яркового горба; В – ділянка підтаранного синуса; С – нижньо-латеральна поверхня тіла п'яркової кістки; D – латеральна поверхня тіла п'яркової кістки.

Для морфологічної систематизації виявлених живильних отворів їх умовно поділяли на три категорії за розміром:

- До великих отворів відносили такі, що чітко візуалізувалися неозброєним оком. Відповідно до міліметрової шкали їх діаметр становив не менше однієї міліметрової клітинки, тобто приблизно 1 мм² і більше;
- Середні отвори визначали як такі, що були видимими лише при розгляданні з близької відстані або при збільшенні зображення на фотографії. Їх розмір коливався у межах 0,5–1 мм²;
- Дрібні отвори ідентифікували лише за допомогою настільної лупи; їх площа не перевищувала 0,5 мм².

Такий поділ дозволив здійснити об'єктивне порівняння кількісного та топографічного розподілу судинних отворів на різних поверхнях п'яркової кістки, а також провести подальший аналіз їхньої анатомічної варіабельності.

Обробку отриманих результатів проводили відповідно до загальноприйнятих правил медико-біологічної статистики із використанням непараметричного критерію Манна–Вітні (*Mann–Whitney U test*), оскільки вибірки мали малий обсяг і не відповідали нормальному розподілу. Застосування цього критерію дало змогу визначити статистичну значущість відмінностей у розподілах досліджуваної ознаки між двома незалежними вибірками за умов, коли не можна було припустити нормальність розподілу даних.

Для візуалізації просторового розташування живильних судинних отворів на поверхні п'яркової кістки та їх взаємовідношення до потенційних зон хірургічної дисекції та імплантації металофіксаторів використовували пакет графічного програмного забезпечення (Microsoft Paint 3D). На попередньо сфотографовані поверхні п'яркової кістки наносили схематичні контури основних типів імплантів, що найчастіше застосовуються при хірургічному лікуванні переломів п'яркової кістки, а саме:

- пластина з кутовою стабільністю типу АО;
- премодельована п'яркова міні-пластина з кутовою стабільністю;
- інтраосальні спонгіозні гвинти;
- внутрішньокістковий п'ячковий стрижень.

Розподіл та середня кількість отворів по поверхнях серед всіх анатомічних препаратів представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Розподіл живильних судинних отворів за поверхнями п'яtkової кістки

Поверхня п'яtkової кістки	Кількість живильних отворів (n)	Відсоткове співвідношення (%)
Зовнішня	52,57 ± 2,67	44,40
<i>Ділянка п'яtkового горба</i>	<i>37,21 ± 2,01</i>	<i>70,69</i>
<i>Тіло та передній відділ</i>	<i>15,36 ± 0,84</i>	<i>29,31</i>
Внутрішня	29,00 ± 0,70	24,84
<i>Ділянка п'яtkового горба</i>	<i>12,14 ± 0,59</i>	<i>41,73</i>
<i>Тіло та передній відділ</i>	<i>16,86 ± 0,63</i>	<i>58,27</i>
Верхня	15,21 ± 0,39	12,99
Нижня	17,21 ± 1,08	14,64
Задня	3,71 ± 0,29	3,13
Загалом	117,71 ± 3,00	100

Найбільшу кількість живильних отворів зареєстровано на латеральній (в середньому 52,57 ± 2,67 отворів) та медіальній поверхнях (в середньому 29,00 ± 0,70 отворів), що склало 44,40% та 24,84% відповідно. При цьому на зовнішній поверхні переважна більшість отворів (70,69%) локалізується в ділянці п'яtkового горба, і лише 29,31% отворів знаходяться в ділянці тіла та переднього відділу. Тоді як на внутрішній поверхні спостерігали більш рівномірний розподіл (41,73% у задній частині та 58,27% у ділянці тіла та переднього відділу).

Децю меншу кількість виявлено на верхній поверхні (в середньому 15,21 ± 0,39 отворів, що склало 12,99%) та нижній поверхні (в середньому 17,21 ± 1,08 отворів, що склало 14,64%) п'яtkової кістки. Найменше судинних отворів зареєстровано на задній поверхні – лише 3,13% від загальної кількості (в середньому 3,71 ± 0,29 отворів).

Порівняльний аналіз кількості живильних судинних отворів у п'яткових кістках правої та лівої сторін не виявив статистично значущих відмінностей ($U = 29,5000$; $p = 0,5177$). Як представлено у таблиці 3.2, топографічний розподіл отворів на правій і лівій стопах є подібним як за кількісними, так і за просторовими характеристиками.

Таблиця 3.2

Порівняльний аналіз живильних отворів на поверхнях правої та лівої п'яткової кістки

Поверхня п'яткової кістки	Праві п'яткові кістки, середня кількість по поверхнях		Ліві п'яткові кістки, середня кількість по поверхнях		U	p
	n	%	n	%		
Зовнішня	52,38 ± 4,17	47,37	52,83 ± 3,29	49,28	21,5	0,9482
Внутрішня	29,50 ± 1,05	27,28	28,33 ± 0,88	26,69	30,5	0,4350
Верхня	15,00 ± 0,57	12,73	15,50 ± 0,56	13,34	18,5	0,5067
Нижня	18,00 ± 1,31	16,54	16,17 ± 1,87	15,07	30,0	0,4718
Задня	3,75 ± 0,37	3,38	3,67 ± 0,49	3,40	25,0	0,9467
Загалом	118,63 ± 3,99	100,00	116,5 ± 4,95	100,00	29,5	0,5177

Відповідно до отриманих результатів, найвища щільність живильних отворів спостерігається на зовнішній та внутрішній поверхнях п'яткових кісток, тоді як задня поверхня характеризується найменшою кількістю отворів, поступаючись навіть верхній та нижній поверхням.

Наступним етапом дослідження став аналіз розподілу живильних судинних отворів різного калібру на всіх поверхнях п'яткової кістки.

Як показано на рис. 3.3, на зовнішній поверхні співвідношення отворів різних розмірів було відносно рівномірним: великих – $18,14 \pm 0,93$, середніх – $19,07 \pm 1,36$ та дрібних – $15,36 \pm 0,96$.

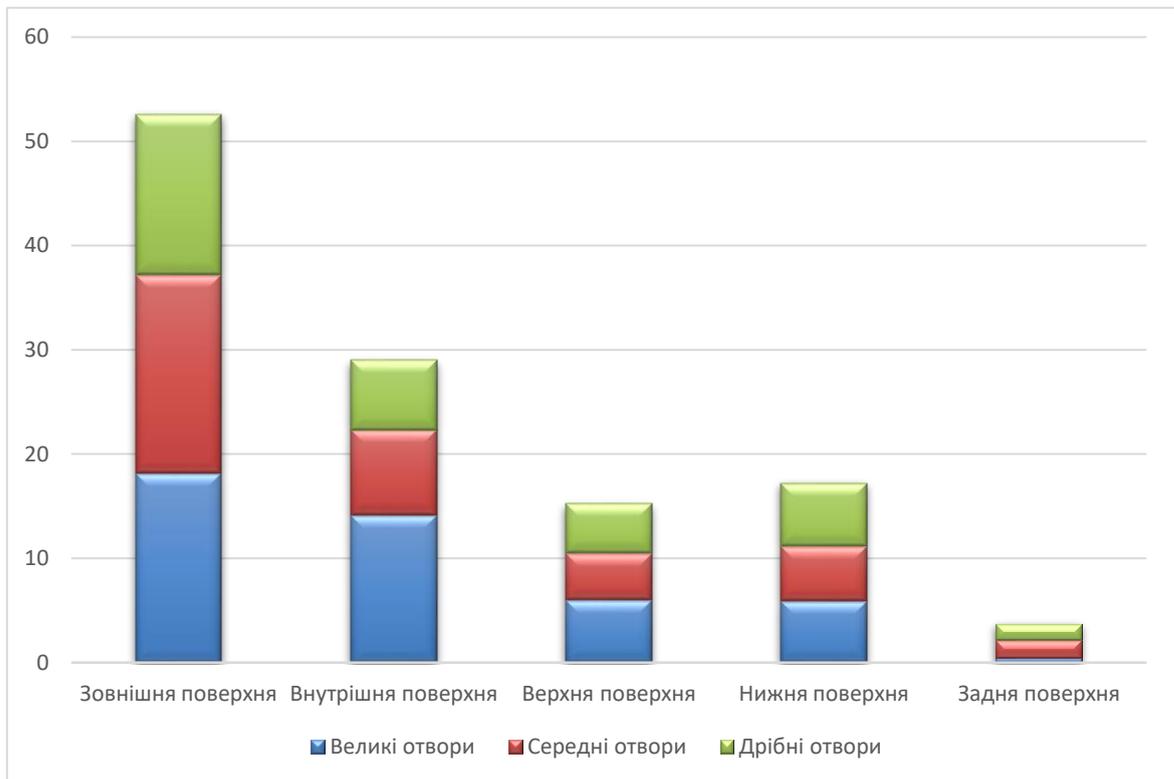


Рис. 3.3. Розподіл живильних судинних отворів різного калібру на поверхнях п'яркової кістки

На медіальній поверхні переважали великі отвори ($14,14 \pm 0,51$), тоді як середні та дрібні мали порівнянне співвідношення ($8,14 \pm 0,38$ та $6,71 \pm 0,45$ відповідно).

Верхня поверхня п'яркової кістки характеризувалася перевагою великих судинних отворів над середніми та дрібними ($6,00 \pm 0,31$, $4,43 \pm 0,31$ і $4,79 \pm 0,32$ відповідно). Варто зазначити, що усі великі живильні отвори верхньої поверхні (100%) локалізувалися виключно в межах тарзального синуса.

На нижній поверхні кістки отвори різного калібру зустрічалися приблизно в однаковій кількості ($5,86 \pm 0,39$ великих, $5,29 \pm 0,49$ середніх та $6,07 \pm 0,54$ дрібних).

Задня поверхня, навпаки, характеризувалася мінімальною кількістю великих отворів ($0,43 \pm 0,14$), тоді як середні ($1,71 \pm 0,19$) та дрібні ($1,51 \pm 0,27$) зустрічалися з порівнянною частотою.

3.1.2 Аналіз ангіоархітекτονіки п'яткової ділянки та її значення для вибору хірургічного доступу і фіксації

Максимальне збереження гілок вищезгаданих артерій під час хірургічних втручань у п'ятковій ділянці є надзвичайно важливим, адже воно безпосередньо впливає на швидкість і якість загоєння м'яких тканин та консолідацію переломів. Тому вибір хірургічного доступу та імплантаційної техніки має бути максимально ощадним і добре спланованим.

На основі побудованих цифрових фотографічних зображень анатомічних препаратів п'яткової кістки з графічною розміткою зон інтересу проводили аналіз топографічного співвідношення живильних судинних отворів на різних поверхнях із типовими уламками п'яткової кістки та з можливими зонами розташування металоконструкцій, що застосовуються під час оперативного лікування внутрішньосуглобових переломів.

Детальний аналіз зовнішньої поверхні п'яткової кістки (основної зони для встановлення більшості імплантів) та цифрове моделювання розміщення фіксаторів показали, що класична п'яткова пластина типу АО добре перекидає латеральну поверхню, однак потребує широкого розсічення м'яких тканин і ретельної підготовки кісткової поверхні. Це робить її імплантацію найтравматичнішою для пошкодженого сегмента (рис. 3.4 – А).

Практичний досвід підтверджує, що для адекватного позиціонування латеральної пластини часто необхідне відшарування задньо-латеральної та нижньо-латеральної поверхонь, що в свою чергу зумовлює пошкодження судинного русла даних ділянок та особливо найбільш інтенсивної зони живлення п'яткової кістки – п'яткового горба, що може мати негативний прогностичний вплив на консолідацію перелому.

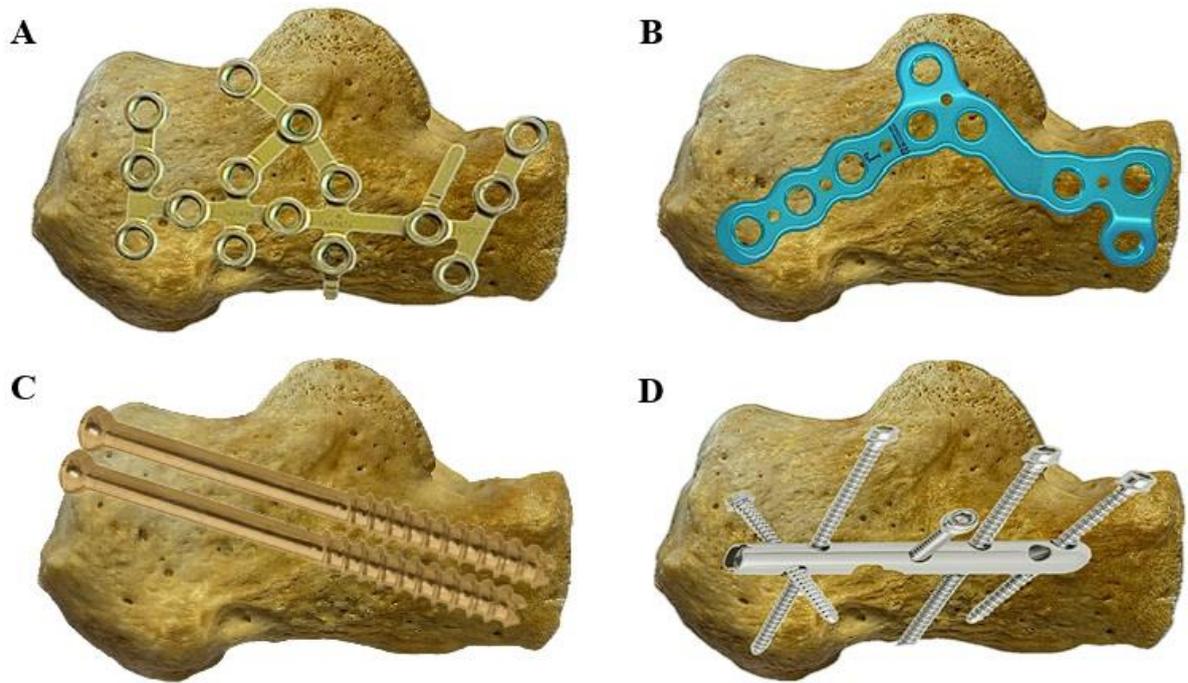


Рисунок 3.4. Схематичне моделювання розміщення імплантів та їх взаємовідношення до кістки. А – класична п'яткова латеральна пластина типу АО; В – премодельована п'яткова міні-пластина з кутовою стабільністю; С – канюльовані спонгіозні гвинти 6,5 мм; D – внутрішньокістковий п'ятковий стрижень.

Практичне значення отриманих даних заключається в тому, що хірургічна тактика повинна бути спрямована на максимальне збереження регіонарного кровопостачання та живильних отворів у ділянці п'яткового горба та передньому відділі п'яткової кістки, адже можна стверджувати, що в ділянці зовнішньої кортикальної стінки п'яткової кістки (фрагмент №4, рис. 1.9) регіонарне кровопостачання пошкоджується під час травми, тому саме збереження кровопостачання тих зон, де є найбільша кількість живильних отворів буде передумовою оптимальної регенерації та консолідації кісткової тканини.

В цьому контексті все більшого поширення набувають премодельовані п'яткові мініпластини, які не перекривають усю латеральну поверхню кістки, проте забезпечують стабільну фіксацію основних фрагментів (рис. 3.4 – В).

Їх імплантація можлива через мінімальний доступ до підтаранного синуса, що дозволяє зменшити інтраопераційну травматизацію м'яких тканин і судинних структур. Такий підхід узгоджується з положеннями ангіосомної теорії, оскільки доступ здійснюється у прикордонній зоні між DPA та LCA ангіосомами, де ризик порушення магістрального кровопостачання є мінімальним.

У власній практиці ми відзначали, що імплантація таких пластин часто можлива через доступ до 4 см із додатковими точковими отворами для блокування дистальних гвинтів за принципом техніки MIPO.

Канюльовані спонгіозні гвинти 6,5 мм (рис. 3.4 – С) можуть дозволити зберегти позакісткове кровопостачання п'яткової кістки, хоча потенційно матимуть негативний вплив на внутрішньокісткову частину живильної системи.

Однак питання стабільності остеосинтезу такими гвинтами, на нашу думку, залишається дискутабельним, а максимально гарний ефект можливий у випадках простих переломів на рівні тіла або п'яtkового горба, де найкращу компресію по лінії зламу зможуть забезпечити лише фіксатори схожого типу.

П'яткові блоковані стрижні залишаються менш поширеними порівняно з пластинами, що пояснюється вищою вартістю та потребою в додатковому навігаційному обладнанні. Згідно з нашими спостереженнями, цей тип фіксації сприяє скороченню термінів загоєння м'яких тканин і тривалості госпіталізації (рис. 3.4 – D). Однак залишається відкритим питання впливу таких імплантів на внутрішньокісткове кровопостачання, зокрема щодо можливого порушення так званої “вододільної зони” – місця зустрічі медіальних і латеральних внутрішньокісткових артерій.

Отже, результати аналізу ангіоархітектоніки п'яткової ділянки та топографії живильних отворів підтверджують ключову роль судинного фактора у виборі хірургічного доступу та типу фіксації. Встановлено, що класичні латеральні пластини, хоча й забезпечують високу механічну стабільність, проте їх імплантація супроводжується більшою травматизацією

м'яких тканин і ризиком порушення кровопостачання латеральної поверхні в п'яткової кістки в ділянці п'яткового горба та переднього відділу [169].

Натомість застосування малоінвазивних доступів і премодельованих мініпластин дозволяє зберегти судинні анастомози в межах відповідних артерій та живильні отвори на поверхні кістки, що створює сприятливі умови для збереження регіонарної перфузії та перебігу репаративного остеогенезу. Подальші дослідження впливу внутрішньокісткових імплантів на інтрамедулярну перфузію можуть сприяти удосконаленню хірургічних стратегій лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки.

3.2 Анатомо-топографічний аналіз взаємовідношення місць інсерції сухожильно-зв'язкових структур із типовими уламками п'яткової кістки

З метою уточнення топографії місць прикріплення сухожильно-зв'язкових структур п'яткової кістки та визначення їх ролі у формуванні типових ліній перелому при внутрішньосуглобових ушкодженнях було проведено анатомо-топографічний аналіз. Робота спрямована на визначення просторових взаємовідношень зв'язкового апарату заднього відділу стопи, його морфологічних особливостей і потенційного біомеханічного внеску у стабілізацію або зміщення кісткових уламків під час травми.

Після виявлення ділянок кріплення сухожилків і зв'язок на поверхні п'яткової кістки проводили їх документування шляхом цифрової фотографії. Детальний аналіз препаратів дозволив ідентифікувати футпринти всіх відомих анатомічних структур у вигляді характерних підвищень, виступів або горбиків на відповідних ділянках поверхні кістки.

На основі сформованих цифрових фотографічних зображень анатомічних препаратів п'яткової кістки з графічною розміткою зон прикріплення та характерних ліній перелому, було проведено аналіз топографічних взаємовідношень між сухожильно-зв'язковим апаратом і типовими кістковими фрагментами.

Отримані результати представлені у вигляді фотоматеріалів відповідних поверхонь п'яткової кістки (рис. 3.5).

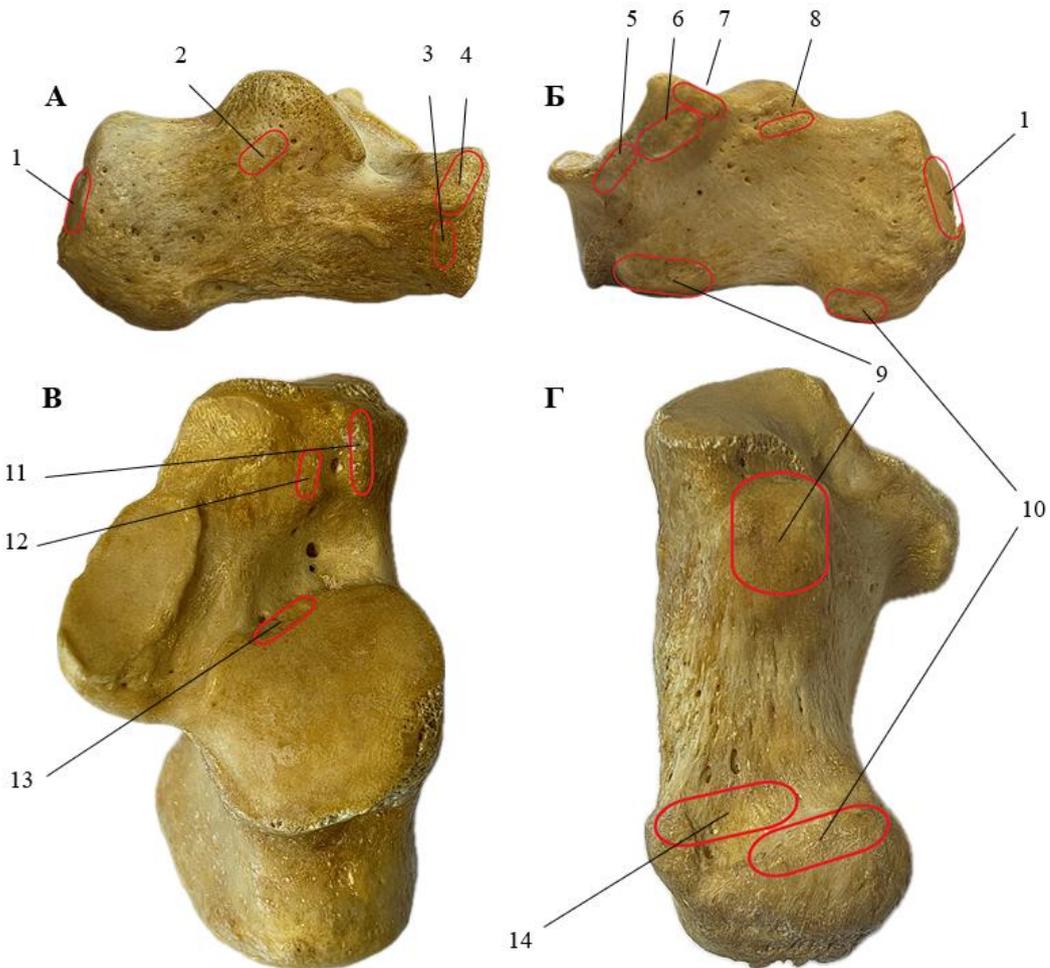


Рис. 3.5. Фотографії анатомічного препарату п'яткової кістки людини: А – латеральна поверхня п'яткової кістки з футпринтами: 1 – Ахіллового сухожилля; 2 – п'ятково-малогомілкової зв'язки; 3 – дорзальної п'ятково-кубоподібної зв'язки; 4 – роздвоєної зв'язки. Б – медіальна поверхня п'яткової кістки з футпринтами: 5 – плантарної п'ятково-човноподібної зв'язки; 6 – великогомілково-п'яткової зв'язки; 7 – медіальної таранно-п'яткової зв'язки; 8 – задньої таранно-п'яткової зв'язки; 1 – Ахіллового сухожилля; 9 – плантарної п'ятково-кубоподібної зв'язки; 10 – підшовного апоневрозу. В – дорзальна поверхня п'яткової кістки з футпринтами: 11 – шийкової зв'язки; 12 – міжкісткової таранно-п'яткової зв'язки; 13 – передньої капсулярної зв'язки. Г – підшовна поверхня п'яткової кістки з футпринтами: 9 – плантарної п'ятково-кубоподібної зв'язки; 10 – підшовного апоневрозу; 14 – довгої підшовної зв'язки.

Зіставлення отриманих анатомічних даних із типовими лініями перелому п'яtkової кістки показало, що більшість відомих “стандартних” уламків в тій чи іншій кількості мають на своїй поверхні ділянки прикріплення відповідних сухожильно-зв'язкових структур (рис. 3.6). Ці елементи, фіксуючись до суміжних кісток у взаємно перпендикулярних напрямках, очевидно, забезпечують стабілізацію окремих фрагментів, запобігаючи їх подальшому зміщенню під дією травмуючої сили.

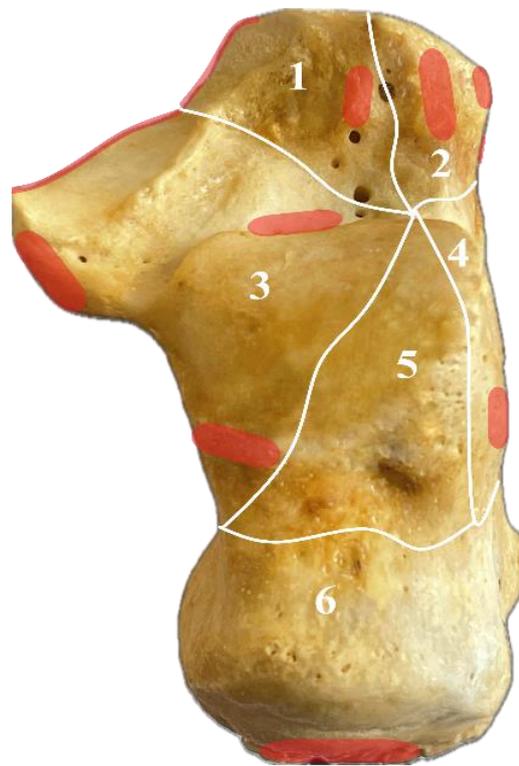


Рисунок 3.6. Цифрове фотографічне зображення відношення кісткових фрагментів та ліній переломів до футпринтів зв'язкових структур:
 1 – передньо-медіальний фрагмент; 2 – передньо-латеральний фрагмент; 3 – медіальний фрагмент; 4 – латеральний позасуглобовий фрагмент зовнішньої стінки п'яtkової кістки; 5 – задній фрагмент; 6 – фрагмент п'яtkового горба.

Таким чином, енергія, що передається від травмуючого агента через тіло таранної кістки, розповсюджуючись по площині п'яtkової кістки, у більшості випадків не здатна подолати опір потужних зв'язкових структур. Унаслідок цього відбувається локалізація навантаження в певних ділянках, де

формується первинна лінія перелому, а також вторинні лінії, що визначають подальший напрямок руйнування кісткової тканини.

Детальні результати зіставлення зон інсерції сухожильно-зв'язкового апарату заднього відділу стопи з типовими уламками п'яtkової кістки наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

**Розподіл місць інсерції елементів сухожильно-зв'язкового апарату
навколо типових уламків п'яtkової кістки**

№	Уламки п'яtkової кістки	Футпринти сухожильно-зв'язкових структур
1	Передньо-медіальний	- Плантарна п'яtkово-човноподібна зв'язка - Міжкісткова таранно-п'яtkова зв'язка
2	Передньо-латеральний	- Шийкова зв'язка - Роздвоєна зв'язка - Дорзальна п'яtkово-кубоподібна зв'язка
3	Медіальний (опора таранної кістки)	- Плантарна п'яtkово-човноподібна зв'язка - Великогомілково-п'яtkова зв'язка - Медіальна таранно-п'яtkова зв'язка - Задня таранно-п'яtkова зв'язка - Передня капсулярна зв'язка
4	Латеральний фрагмент зовнішньої стінки п'яtkової кістки	- Малогомілково-п'яtkова зв'язка
5	Задній фрагмент підтаранної суглобової поверхні	
6	Уламок п'яtkового горба	- Ахіллове сухожилля - Довга підошовна зв'язка - Підошовний апоневроз

Встановлено, що обидва уламки переднього відділу п'яtkової кістки оточені кількома потужними зв'язками, орієнтованими у взаємно перпендикулярних площинах, що забезпечують їх стабільність навіть при дії високоенергетичних травмуючих навантажень.

Особливої уваги заслуговує медіальний уламок п'яtkової кістки, який характеризується наявністю множинних зв'язкових прикріплень у різних площинах. Серед них ключову роль відіграє пружинна зв'язка, що підтримує голівку таранної кістки та медіальну поздовжню арку стопи, приймаючи на себе значну частину ваги тіла під час фізіологічного навантаження.

Саме завдяки цьому опора таранної кістки (*sustentaculum tali*) є одним із найбільш стабільних фрагментів при переломах п'яtkової кістки та практично не зміщується навіть при значному руйнуванні інших ділянок.

Додаткову стабілізацію медіального фрагмента забезпечує комплекс потужних зв'язкових структур – великогомілково-п'яtkова, медіальна таранно-п'яtkова, передня капсулярна та задня таранно-п'яtkова зв'язки, які формують анатомічний блок, що утримує уламок у його природному положенні.

Також аналіз цифрових фотографічних зображень анатомічних препаратів п'яtkової кістки з графічною розміткою дав змогу краще зрозуміти причини депресії латеральної частини задньої суглобової фасетки п'яtkової кістки. Було встановлено, що в ділянці цього фрагмента відсутні будь-які зв'язкові утворення, які могли б забезпечувати його додаткову стабілізацію. Таким чином, енергія, що передається від таранної кістки під час осьового навантаження, скеровується переважно на цю ділянку, спричиняючи її імпакцію (депресію) у напрямку нейтрального трикутника.

Дослідження бокової поверхні п'яtkової кістки з урахуванням напрямків типових ліній переломів і зон інсерції сухожильно-зв'язкових структур (рис. 3.7) дало змогу вкотре підтвердити біомеханічну роль Ахіллового сухожилля, підшовного апоневрозу та довгої підшовної зв'язки у формуванні язикоподібного фрагмента п'яtkової кістки.

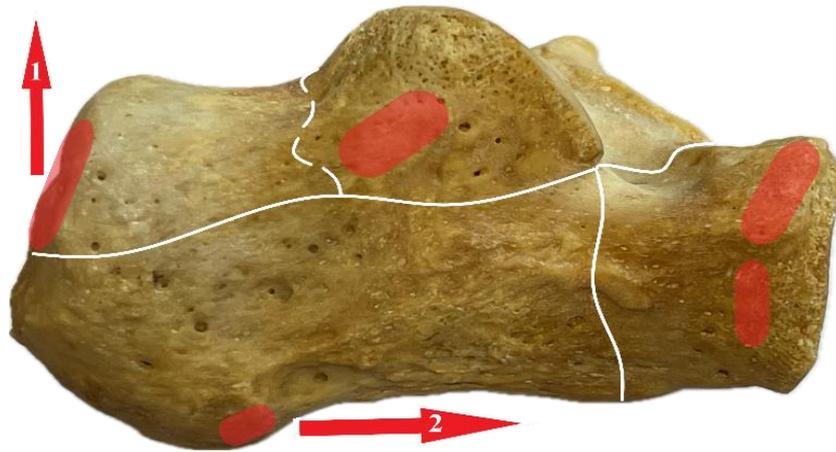


Рисунок 3.7. Цифрове фотографічне зображення відношення ліній переломів до футпринтів зв'язкових структур: 1 – вектор дії сили тяги литкового м'яза через Ахіллове сухожилля; 2 – вектор дії протидіючої тяги підшовного апоневрозу та довгої підшовної зв'язки.

Тяга литкового м'яза через Ахіллове сухожилля сприяє ротації заднього фрагмента п'яткової кістки навколо фронтальної осі, утворюючи зміщення за типом “качиного дзьоба”.

Водночас підшовний апоневроз і довга підшовна зв'язка, що натягуються від медіальної частини п'яткового горба до кісток переднього відділу стопи, чинять вплив у єдиному векторі, сприяючи зміщенню задньої частини кістки вперед і донизу. Це, у свою чергу, призводить до вкорочення п'яткової кістки в аксіальній площині та формування типової варусної деформації.

Отримані дані дослідження топографії місць інсерції сухожильно-зв'язкового апарату заднього відділу стопи на поверхні п'яткової кістки свідчать про виражений біомеханічний вплив цих структур на механогенез складних переломів даної ділянки. Ми переконані, що стабільність окремих фрагментів необхідно враховувати при передопераційному плануванні для вибору оптимальної методики фіксації та мінімізації ризику вторинних зміщень [167, 168].

3.3 Алгоритм передопераційного планування хірургічної техніки з урахуванням сухожильно-зв'язкової стабілізації фрагментів

Незважаючи на значний прогрес у хірургічному лікуванні переломів п'яtkової кістки, питання оптимального вибору тактики лікування залишається дискусійним. Існуючі класифікаційні системи, зокрема АО та Sanders, ґрунтуються переважно на морфологічній оцінці перелому за даними рентгенографії та комп'ютерної томографії. Водночас вони не враховують анатомо-топографічні особливості сухожильно-зв'язкового апарату заднього відділу стопи, який, як показано в даному дослідженні, відіграє значну роль у формуванні сталих патернів переломів, стабільності окремих кісткових фрагментів та напрямках їх зміщення.

Результати аналізу місць інсерції сухожильно-зв'язкових структур на поверхні п'яtkової кістки свідчать про нерівномірний розподіл стабілізуючих елементів навколо типових уламків. Зокрема, медіальний фрагмент має найбільшу кількість зв'язкових кріплень, розташованих у різних площинах, що забезпечує його високу анатомо-топографічну стабільність навіть при складних внутрішньосуглобових переломах.

Водночас отримані дані дозволили встановити, що не лише медіальний, а й обидва передні фрагменти п'яtkової кістки часто зберігають відносну стабільність. Передньомедіальний та передньолатеральний фрагменти оточені комплексом зв'язкових структур, серед яких міжкісткова таранно-п'яtkова, передня капсулярна, шийкова, роздвоєна та плантарна п'яtkово-човноподібна зв'язки. Їх інсерції розташовані у взаємно перпендикулярних напрямках, що створює своєрідний "зв'язковий каркас", здатний обмежувати зміщення фрагментів навіть за умов дії значних осьових навантажень. У зв'язку з цим передні фрагменти можуть розглядатися як додаткові або альтернативні ключові структури під час репозиції та фіксації.

Принципово інша ситуація спостерігається в ділянці латеральної частини задньої суглобової фасетки п'яtkової кістки. Проведений аналіз не

виявив наявності будь-яких зв'язкових інсерцій у цій зоні, що зумовлює її високу вразливість до дії травмуючої сили. Саме відсутність стабілізуючого сухожильно-зв'язкового апарату пояснює типову депресію латеральної фасетки в зоні нейтрального трикутника та її значне зміщення при внутрішньосуглобових переломах.

З урахуванням наведених анатомо-біомеханічних закономірностей було розроблено алгоритм передопераційного планування хірургічної техніки для внутрішньосуглобових переломів п'яtkової кістки (додаток А), що поєднує стандартну морфологічну оцінку з аналізом сухожильно-зв'язкової стабільності окремих фрагментів. Алгоритм передбачає поетапну оцінку потенційних ключових структур, починаючи з медіального фрагмента (опори таранної кістки) та, за необхідності, залучення передніх фрагментів як додаткових орієнтирів для репозиції. Подальший вибір тактики залежить від стану латеральної частини задньої суглобової фасетки.

Також відмічено особливості тактики при домінантному впливі сухожильної тяги на задній фрагмент п'яtkового горба. У випадках домінування сухожильної тяги відсутність цілеспрямованої корекції та фіксації заднього фрагмента значно підвищує ризик вторинного зміщення навіть після, здавалося б, адекватної репозиції інших елементів перелому.

Таким чином, запропонований алгоритм дозволяє перейти від суто морфологічного підходу до біомеханічно обґрунтованої моделі передопераційного планування хірургічної. Його застосування сприяє більш раціональному передопераційному плануванню, вибору оптимального доступу та методу фіксації, а також потенційно знижує ризик післяопераційних ускладнень і незадовільних функціональних результатів.

Водночас слід зазначити низку обмежень, які необхідно враховувати при його клінічному застосуванні.

По-перше, алгоритм базується переважно на даних анатомічного та морфологічного аналізу і не враховує індивідуальні біомеханічні особливості пацієнтів, зокрема варіанти будови зв'язкового апарату, щільність кісткової

тканини та функціональний стан м'язово-сухожильного комплексу, які можуть впливати на характер зміщення фрагментів і стабільність репозиції.

По-друге, запропонований підхід орієнтований насамперед на переломи, що виникають унаслідок осьового навантаження, і може мати обмежену застосовність при нетипових механізмах травми, зокрема комбінованих або ротаційних ушкодженнях заднього відділу стопи.

По-третє, алгоритм не враховує клінічні чинники, такі як стан м'яких тканин, супутні ушкодження, вік пацієнта та коморбідність, які в реальній клінічній практиці можуть визначати вибір лікувальної тактики незалежно від морфології перелому.

З огляду на це запропонований алгоритм слід розглядати як допоміжний інструмент клінічного прийняття рішень, що доповнює, але не замінює індивідуалізований підхід до лікування пацієнтів із переломами п'яркової кістки. Подальші клінічні та біомеханічні дослідження необхідні для валідації алгоритму та оцінки його прогностичної цінності.

За матеріалами розділу опубліковано:

[167] **Hoduadze HN**, Pelypenko OV. The role of the foot ligaments in the formation of complex calcaneal fractures. *TRAUMA*. 2025;26(3):119–127. doi:10.22141/1608-1706.3.26.2025.1012.

[168] **Годуадзе ГН**. Особливості впливу сухожильно-зв'язкового апарату заднього відділу стопи на формування складних переломів п'яркової кістки. Збірник матеріалів конгресу студентів та молодих учених “Майбутнє за наукою”; 2025 Квіт 9-12; Тернопіль; 2025, с. 410–411.

[169] **Hoduadze HN**, Pelypenko OV. Anatomical and topographical characteristics of nutrient foramina in the calcaneus: implications for surgical approach and fixation. *Azerbaijan Medical Journal*. 2025;(4):110–117. doi:10.34921/amj.2025.4.018.

РОЗДІЛ 4

ОСОБЛИВОСТІ ХІРУРГІЧНОГО ЕТАПУ ЛІКУВАННЯ

4.1 Особливості клінічних груп пацієнтів

До дослідження увійшли 73 пацієнти з 89 внутрішньосуглобовими переломами п'яткової кістки зі зміщенням, що проходили лікування в умовах травматологічного відділення Комунального підприємства “1-а міська клінічна лікарня Полтавської міської ради” та були прооперовані з використанням однієї з досліджуваних методик.

У 100% відібраних для дослідження пацієнтів було діагностовано закриті переломи без ушкодження шкірних покривів. У 78,1% (57) травмованих спостерігалися монолатеральні пошкодження, у 21,9% (16) пацієнтів – білатеральні одномоментні переломи [170].

Усім пацієнтам було проведено МСКТ пошкодженого сегменту [171]. У своєму дослідженні при аналізі та оцінці типу перелому було використано кілька відомих систем класифікацій: за Essex-Lopresti, АО/ОТА та за Sanders.

На нашу думку, класифікація за Essex-Lopresti – це перший критерій, згідно з яким планувалося майбутнє втручання в залежності від типу перелому: з утворенням язикоподібного фрагмента або з центральною депресією задньої суглобової фасетки (рис. 1.8).

Класифікація АО дуже зручно ділить різні типи переломів в залежності від залученості суглобової поверхні та комбінує в собі принципи механогенезу за Essex-Lopresti та Sanders (рис. 1.10). Класифікація АО є універсальною системою, що використовується для стандартизації опису переломів, планування лікування та порівняння результатів у різних дослідженнях. Однак, на нашу думку, дана класифікація має недоліки з точки зору вибору імплантів для фіксації тих чи інших внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки.

Класифікацію за Sanders використовували лише у порівняльних статистичних методах дослідження. Наш досвід показує, що даної класифікаційної системи недостатньо для вибору методу фіксації переломів п'яткової кістки.

За класифікацією АО переломи п'яткової кістки типу "В" склали 34,8% (31 випадок), а переломи типу "С" – 65,2% (58 випадків). Більш поглиблене розподілення по підтипам виглядало наступним чином:

- тип 82В1 – 28,1%;
- тип 82В3 – 6,8%;
- тип 82С1 – 15,7%;
- тип 82С2 – 33,7%;
- тип 82С3 – 15,7%.

Як видно на графіку (рис. 4.1) переважна більшість простих переломів типу В за класифікацією АО/ОТА припадала на осіб середнього та похилого віку. Натомість, більш складні уламкові переломи діагностувалися у осіб молодого віку.

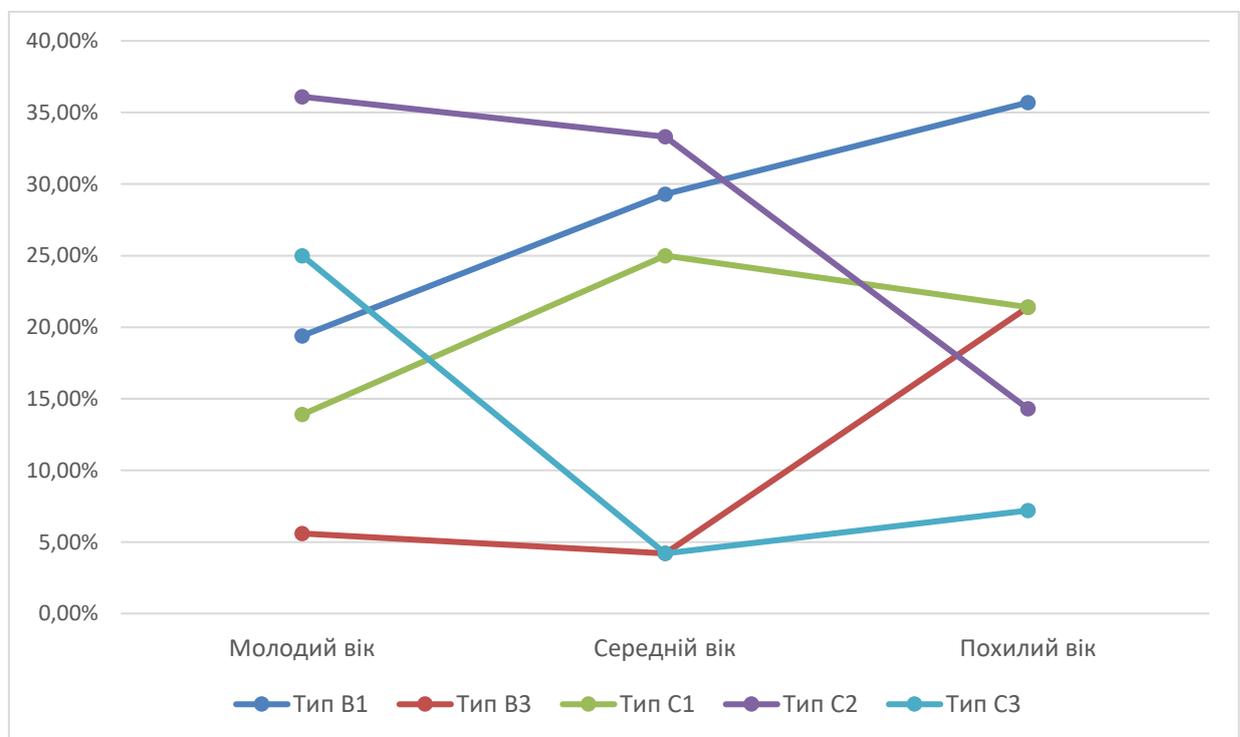


Рис. 4.1. Розподіл типів переломів згідно з класифікації АО/ОТА між різними віковими групами пацієнтів.

За класифікацією Sanders переломи були розподілені наступним чином:

- тип 1 – 1,1%;
- тип 2 – 39,3%;
- тип 3 – 42,7%;
- тип 4 – 16,9%.

Розподіл клінічних груп здійснювався в залежності від проведеної методики хірургічного лікування. Хворі були розподілені наступним чином:

I клінічна група складалася з 17 пацієнтів (22 внутрішньосуглобові переломи), яким було виконано відкриту репозицію через латеральний розширений L-подібний доступ, та внутрішній остеосинтез з допомогою титанової пластини з кутовою стабільністю типу АО (Calcaneal Locking Plate).

II клінічна група складалася з 35 пацієнтів (42 внутрішньосуглобові переломи), яким було виконано малоінвазивну репозицію п'яткової кістки через доступ до підтаранного синуса, та внутрішній остеосинтез з допомогою титанової спеціальної п'яткової міні-пластини з кутовою стабільністю за технікою MIPO (Minimally Invasive Plate Osteosynthesis).

До *III клінічної групи* увійшли 21 пацієнт (25 внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки), які були прооперовані в обсязі мінімальноінвазивної репозиції уламків з подальшою фіксацією канюльованими спонгіозними гвинтами через точкові транскутанні доступи.

Всі три групи були схожими за розподілом переломів різних типів переломів за класифікаціями АО/ОТА та Sanders. Порівняння розподілу типів переломів між групами проводили за допомогою критерію χ^2 Пірсона. Статистично значущих відмінностей не виявлено ($p > 0,05$) (таблиця 4.1.).

Варто відмітити, що малоінвазивні методики здебільшого застосовували пацієнтам старшого віку, хворим з супутніми патологіями (компенсований цукровий діабет, атеросклероз судин нижніх кінцівок тощо), пацієнтам із тривалим анамнезом тютюнопаління а також у випадках виражених післятравматичних змін з боку м'яких тканин п'яткової ділянки (набряковий синдром, підшкірні гематоми або садна).

Таблиця 4.1

Порівняльні характеристики груп пацієнтів.

Тип перелому		Група I		Група II		Група III		p (χ^2 test)
		n	%	n	%	n	%	
За АО/ОТА	82В1	7	31,8%	11	26,2%	7	28,0%	0,088
	82В3	-	-	2	4,8%	4	16,0%	
	82С1	-	-	8	19,0%	6	24,0%	
	82С2	11	50,0%	13	31,0%	6	24,0%	
	82С3	4	18,2%	8	19,0%	2	8,0%	
За Sanders	I	-	-	-	-	1	4,0%	0,060
	IIA	-	-	4	9,5%	7	28,0%	
	IIB	5	22,7%	11	26,2%	8	32,0%	
	IIC	-	-	-	-	-	-	
	IIIB	7	31,8%	15	35,7%	5	20,0%	
	IIIC	4	18,2%	3	7,2%	1	4,0%	
	IIIC	2	9,1%	-	-	1	4,0%	
	IV	4	18,2%	9	21,4%	2	8,0%	

Оперативне втручання у всіх випадках виконувалося під спинномозковою анестезією. Пацієнт розташовувався на ортопедичному операційному столі на контрлатеральному боці. Контрлатеральна верхня кінцівка з венозним доступом відводилася на підставці для кінцівки. Іпсилатеральна – на подушці/виносному фіксаторі. Розташовували м'які підкладки під кісткові виступи між колінами (рис. 4.2).

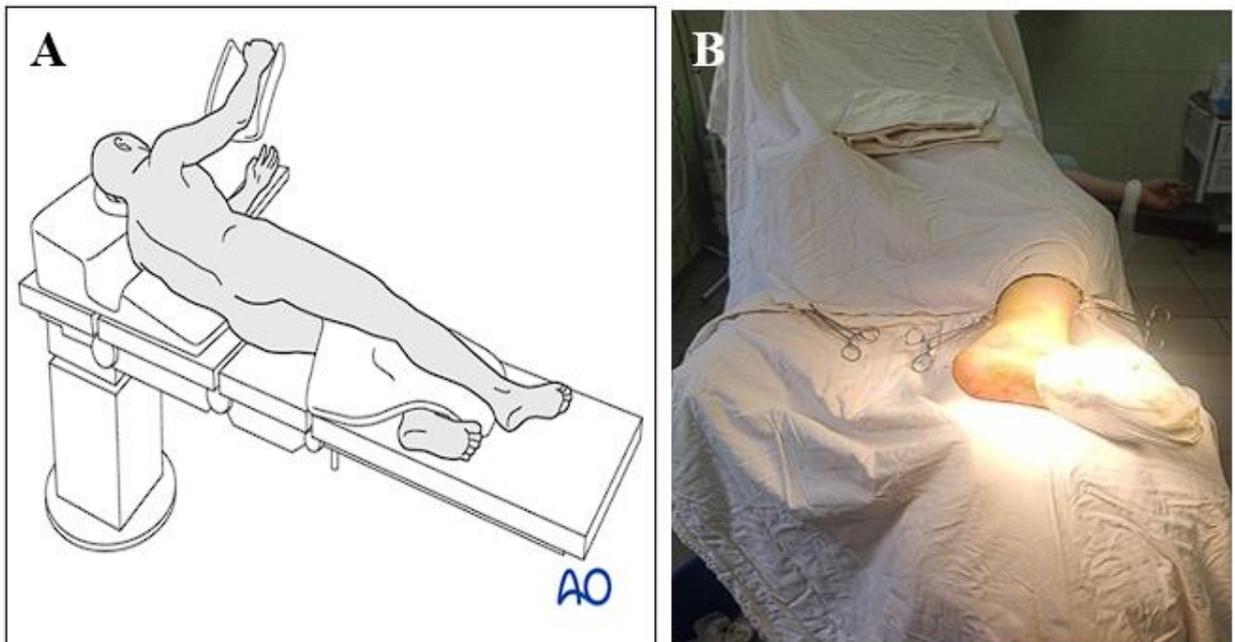


Рис. 4.2. Позиціонування пацієнта на операційному столі: А – схематична демонстрація з ресурсу AO Surgery Reference; В – фотографія типово підготовленого операційного поля.

Передопераційна профілактика інфекційних ускладнень забезпечувалася внутрішньовенним введенням антимікробного препарату (АМП) з ряду цефалоспоринів першого покоління за 30 - 60 хвилин до розрізу.

В післяопераційному періоді антибіотики призначалися від однієї до п'яти діб залежно від тривалості втручання та складності пошкодження сегменту, що потенційно могло підвищувати ризики інфекційних ускладнень.

У разі тривалого (> 2 годин) оперативного втручання – проводилося інтраопераційне внутрішньовенне введення додаткової дози АМП згідно з локальними стандартними операційними процедурами.

Хірургічний етап лікування виконували за однаковими схемами в межах кожної з клінічних груп. Післяопераційний період пацієнтів кожної з груп мав схожі обмеження та рекомендації.

В післяопераційному періоді кінцівці надавалося періодичне підвищене положення у ліжку. З метою контролю набрякового синдрому застосовували місцеві холодові компреси протягом перших 2-х діб, інфузійну протинабрякову терапію. Використовували знеболення за потреби.

Через 3-5 днів дозволяли пасивні та активні рухи у гомілковостопному суглобі та пальцях стопи в межах больового синдрому. Заміну асептичних пов'язок здійснювали на наступний день після втручання та кожні 3-5 днів в подальшому до моменту зняття швів. Рекомендували виключати навантаження на оперовану стопу протягом 8 тижнів після оперативного втручання.

Рентгеноконтролі в боковій та аксіальній проекціях з подальшим аналізом кутів Беллера та Гіссана виконували на наступний день після втручання та на повторних візитах через 2, 4 та 10 місяців. У ті самі строки проводили оцінку больового синдрому за VAS, оцінку функції оперованого сегменту за шкалами FFI та AOFAS. Детально занотовували особливості лікування кожного з випадків а також післяопераційні ускладнення у ранньому та пізньому періодах відновлення.

4.2 Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яткової кістки

В рамках клінічної роботи постала задача розробити допоміжний пристрій для якісної інтраопераційної репозиції та точного утримання репонованих співвідношень під час проведення остаточної фіксації кісткових уламків. Було проаналізовано вже існуючі варіації таких девайсів.

Відомо не так багато репозиційних та дистракційних пристроїв для п'яткової кістки. Серед них є: класичний стрижень Шанца, стрижньовий ретрактор Штейнмана. Серед пристроїв, які потенційно можуть виконувати тотожну функцію можна виділити пристрій для стрижневої керованої фіксації переломів п'яткової кістки, пристрій для репозиції та зовнішньої фіксації внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки а також пристрій для позаосередкового остеосинтезу п'яткової кістки.

Недоліком стрижньових пристроїв є травмування кісткової тканини за рахунок великого діаметру стрижня, ризик виникнення ятрогенного перелому, обмеження переміщення уламку у різних площинах, неможливість

довготривалої фіксації після відновлення анатомічних співвідношень. Недоліками пристроїв позаосередкового та черезкісткового остеосинтезу є їх розмір та складність конструкції, що зумовлює захаращення операційного простору, неможливість якісної маніпуляції уламками у рані, збільшення операційного часу.

Серед відомих є пристрій для репозиції та зовнішньої фіксації внутрішньосуглобових переломів п'яtkової кістки. Пат. UA62333, МПК А61В17/66. Пристрій для репозиції та зовнішньої фіксації внутрішньосуглобових переломів п'яtkової кістки / Нікітін Петро Віталійович; Анкін Лев Миколайович; Лакша Андрій Михайлович [172].

Недоліками даного пристрою є те, що він має складну конструкцію, потребує багато часу для монтування, обтяжений ризиком ятрогенного пошкодження м'яких та кісткової тканин стрижнями, а також не дає можливості усунення варусної деформації.

Також відомий пристрій для позаосередкового остеосинтезу п'яtkової кістки. Пат. UA29275, МПК А61В17/58 (2006.01). Пристрій для позаосередкового остеосинтезу переломів п'яtkової кістки / Бабоша Валентин Олександрович; Кривенко Сергій Миколайович; Бодня Олександр Іванович [173].

Недоліками даного пристрою є те, що він занадто громіздкий та має складну конструкцію, що потребує тривалого часу для його монтування, а також заважає проведенню відкритої репозиції суглобової поверхні п'яtkової кістки. Крім того, за рахунок великої кількості металевих деталей погіршується якість інтраопераційного рентгенологічного контролю репозиції.

Найбільш близьким до запропонованого нами пристрою є пристрій для стрижневої керованої фіксації переломів п'яtkової кістки, що складається з зовнішньої опори у вигляді гвинтової шпильки та сегмента кільця $\frac{1}{4}$ кола з розташованими на ньому стрижнетримачами. Пат. UA140187, МПК А61В17/58 (2006.01). Пристрій для стрижневої керованої фіксації переломів

п'яткової кістки / Бодня Олександр Іванович [174].

Недоліками даного інструменту є те, що збільшується ризик ятрогенного пошкодження кісткової тканини за рахунок великої кількості стрижнів, що мають відносно великий діаметр. Крім того, даний пристрій не дає можливості імплантації накісткових металофіксаторів за рахунок розташування елементів пристрою в зоні хірургічного доступу.

Рішенням поставленої задачі став дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яткової кістки (патент України на корисну модель №159519 від 11.06.2025р. – додаток Г) (рис. 4.3) [175, 176].

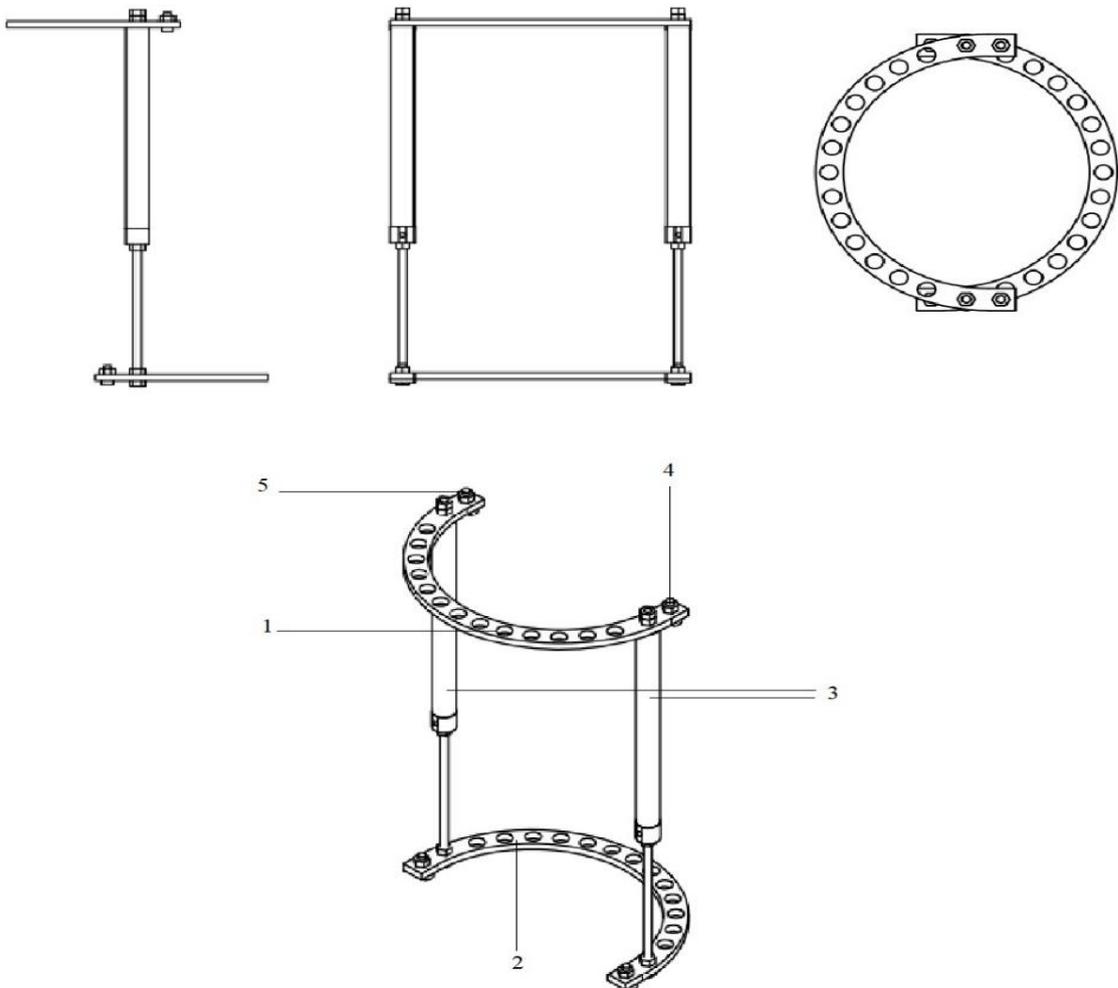


Рис. 4.3. Схематичне зображення дистракційного пристрою для репозиції уламків п'яткової кістки: 1 – статичне напівкільце; 2 – динамічне напівкільце; 3 – телескопічні різьбові штанги; 4, 5 – спицетримачі.

Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яткової кістки поєднує у собі низьку собівартість, компактність, простоту будови та монтажу, полегшує роботу для хірурга, дає можливість проводити репозицію у кількох площинах з подальшою надійною фіксацією досягнутої репозиції при мінімальних ризиках ятрогенного пошкодження тканин.

Даний запатентований пристрій включає в себе стандартні компоненти апарату Ілізарова, такі як напівкільця діаметром 130 мм., різьбові штанги та гайки М10. Він має в основі паралельно проведені спиці Кіршнера, які за допомогою зажимного (5) та натягуючого (6) спицетримачів кріпляться до двох напівкільць: статичного (1) та динамічного (2), до яких під кутом 90° монтується дві паралельно розташовані телескопічні різьбові штанги (3), які за рахунок обертання гайки (4), що виштовхує одну частину штанги з іншої, створюють тракцію уламків, штовхаючи динамічне напівкільце (рис. 4.4).

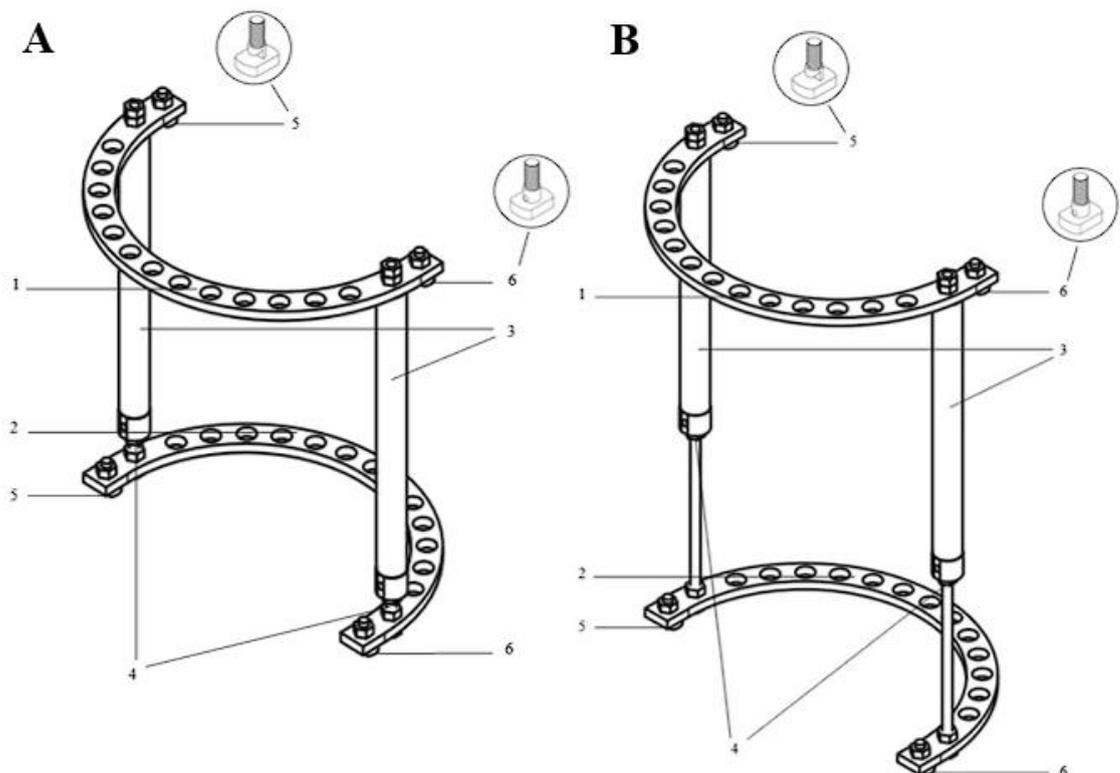


Рис. 4.4. Схематичне зображення пристрою у вихідному (А) та робочому (В) положеннях: 1 – статичне напівкільце; 2 – динамічне напівкільце; 3 – телескопічні різьбові штанги; 4 – гайка для виштовхування штанги; 5 – зажимний спицетримач; 6 – натягуючий спицетримач.

Пристрій використовували наступним чином. Після виконання анестезії та обробки операційного поля, незалежно від типу перелому, спиці Кіршнера проводили однотипно: через п'ятковий горб (нахил спиці з урахуванням варусного зміщення фрагментів), через передній край великогомілкової кістки у нижній третині (перпендикулярно осі кістки).

Монтували пристрій, розташовуючи динамічне напівкільце дистальніше, закріплювали та натягували спиці за рахунок відповідних спицетримачів. Відновлення анатомічних співвідношень п'яткової кістки досягалося за рахунок тракції на телескопічних різьбових штангах шляхом обертання гайки, яка у свою чергу виштовхує одну частину штанги з іншої цим самим штовхаючи динамічне напівкільце (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Практичне використання дистракційного пристрою для репозиції уламків п'яткової кістки. А – вихідне положення; В – положення після репозиційних маневрів.

Усунення варусної деформації досягалося за рахунок більшої кількості обертів гайки на медіальній телескопічній штанзі. Якість репозиції контролювалася інтраопераційно за допомогою рентгеноскопічної апаратури.

Після досягнення бажаних результатів пристрій дає можливість утримування репозиції під час подальших маніпуляцій.

Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яткової кістки апробовано у травматологічному відділенні комунального підприємства “1-а міська клінічна лікарня Полтавської міської ради” протягом 2022-2025 років.

4.3 Особливості хірургічних методик лікування

4.3.1 Відкрита репозиція з накістковим остеосинтезом (ORIF)

Після позиціонування пацієнта та обробки операційного поля, проводили накладання кровоспинного бинта Мартенса на ділянку нижньої третини гомілки (рис. 4.6). Час накладання турнікету озвучувався вголос та занотовувався молодшою медичною сестрою. У випадках необхідності використання кровоспинного бинта більше 60 хвилин, проводили тимчасове (в середньому 10 хвилин) послаблення останнього з метою реперфузії тканин стопи.



Рис. 4.6. Оброблене операційне поле з накладеним кровоспинним бинтом Мартенса.

Шкірний доступ виконували лезом скальпеля №23, формуючи два взаємно перпендикулярні розрізи. Перший з них розташовувався вертикально в проекції між переднім краєм Ахіллового сухожилля та заднім краєм малогомілкової кістки. Другий – горизонтально по ходу підшовної фасції близько 1 – 1.5 см від підшовного краю стопи, по осі V плеснової кістки (рис. 4.7).

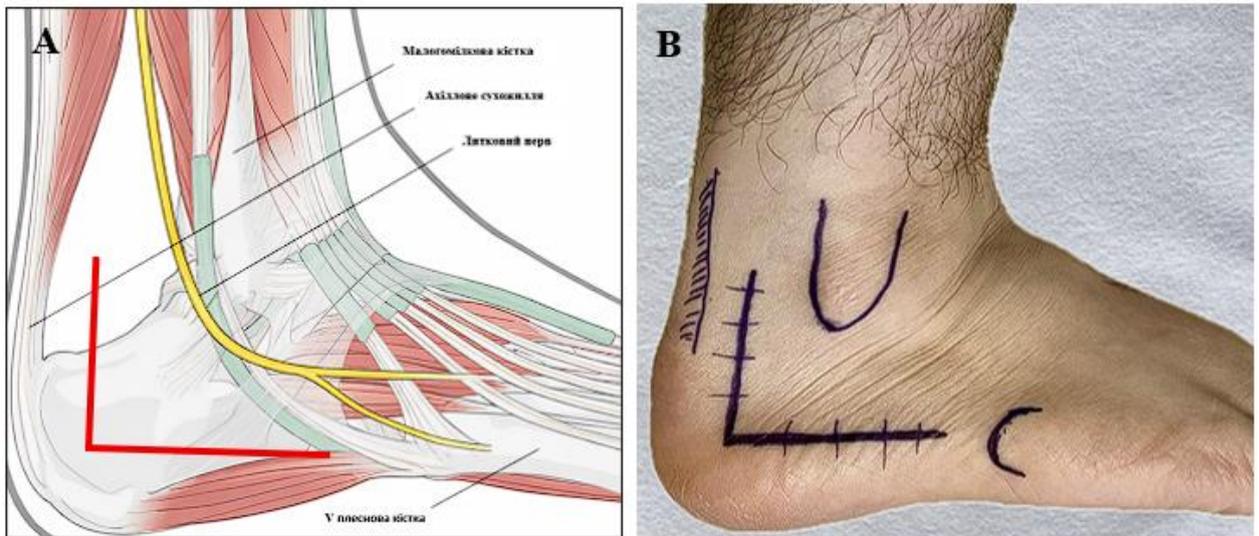


Рис. 4.7. Схематичне розташування шкірних розрізів (А) та приклад розмітки операційного поля (В).

Лезо скальпеля розташовували строго перпендикулярно до шкіри. Після шкірного доступу проводили повношарове розсічення шкірно-жирового клапотя в тому ж напрямку за допомогою леза №11. Обидва розрізи перетиналися під прямим кутом в ділянці п'яткового горба.

Надалі здійснювали супраперіостальну дисекцію шкірно-жирового клапотя, проявляючи надзвичайну обережність у виділенні та мобілізації сухожиль короткого та довгого малогомілкових м'язів а також можливого розташування підшовного нерва в зоні втручання. Кінцевою точкою у викроєні клапотя слугувала артротомія підтаранного та таранно-кубоподібного суглобів.

Шкірно-жировий клапоть розташовувався на спицях-тримачах, що вводилися в основу V плеснової кістки, тіло та шийку таранної кістки та у

верхівку малогомілкової кістки. Шкірно-жировий клапоть ізольовувався стерильною серветкою, змоченою у фізіологічному розчині хлориду натрію.

Далі, за стандартною схемою виконувалася трепанація латеральної стінки п'яtkової кістки, відведення її вбік з метою візуалізації імпактованої суглобової поверхні (рис. 4.8).

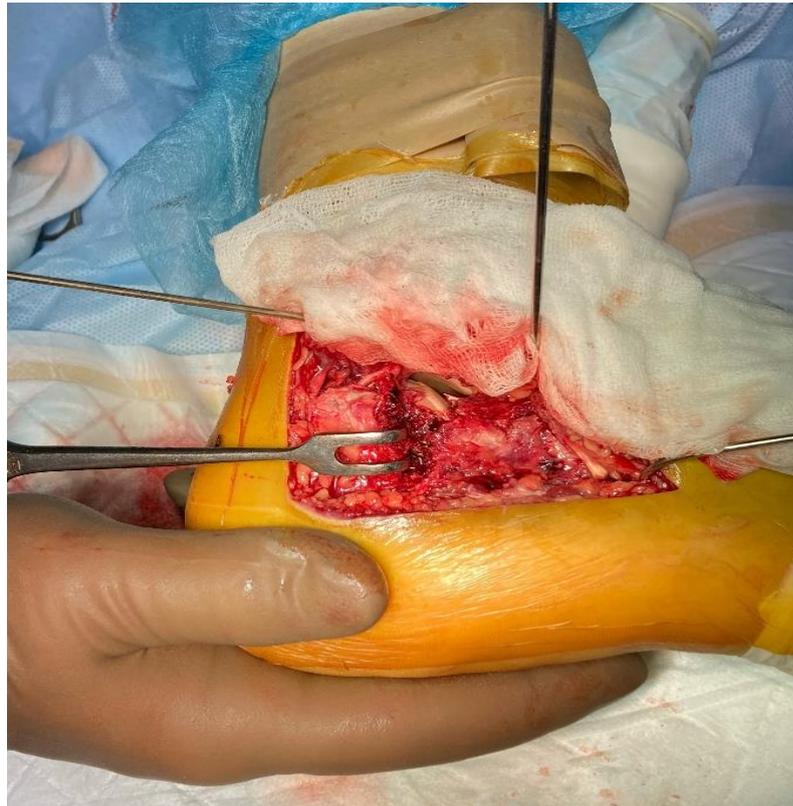


Рис. 4.8. Латеральний доступ до п'яtkової кістки з відокремленням шкірно-жирового клапоть, відкриттям латерального кортикального шару та візуалізацією імпактованої суглобової поверхні.

Під час усього втручання використовували електронно-оптичний перетворювач у трьох проекціях: боковій, аксіальній та проекції Broden.

З метою відновлення довжини кістки та усунення типової варусної деформації із додаткового точкового заднього доступу в ділянку п'яtkового горба після попереднього монокортикального розсвердлювання вводився стрижень Шанца, за який виконувалася мануальна тракція асистентом. Після досягнення задовільних параметрів репозиції під флюороскопічним

контролем проводилася провізорна фіксація спицями Кіршнера трансартикулярно до таранної та кубоподібної кісток (рис. 4.9).

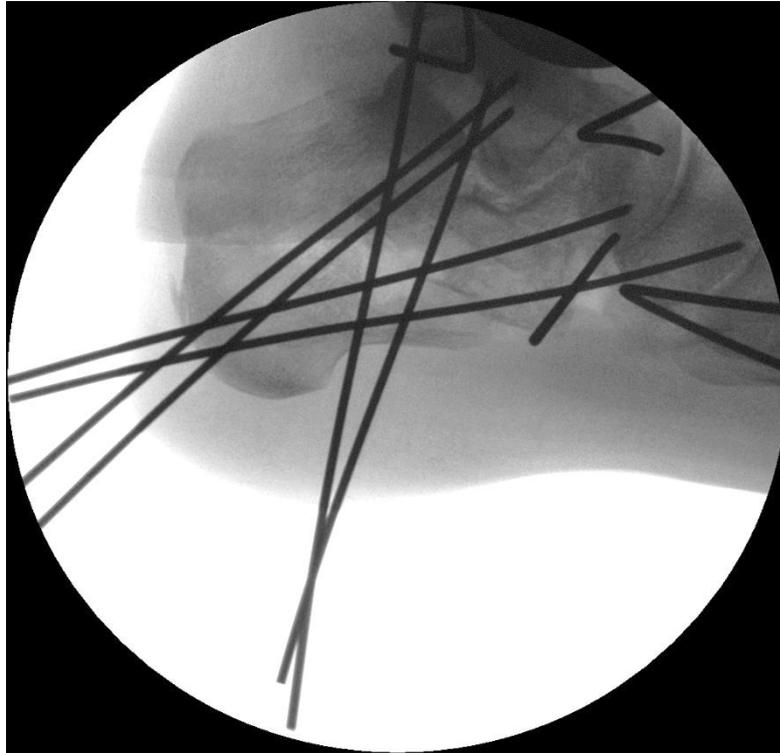


Рис. 4.9. Етап відновлення довжини п'яткової кістки з провізornoю фіксацією спицями Кіршнера.

У випадку перелому з формуванням так званого язикоподібного фрагмента – стрижень Шанца вводився в його дорзальний відділ та за рахунок типового маневру проводилося вправлення фрагмента із закриттям так званого “качиного дзьобу”.

Після відновлення довжини та усунення деформації з'являлося достатньо місця для репозиції вдавненого суглобового фрагмента. Виконували його обережне підняття за допомогою кісткових елеваторів та провізорно фіксували до інтактної медіальної частини під контролем проекції Broden.

Після отримання задовільних інтраопераційних рентгенограм – проводили остаточну фіксацію уламків латеральною пластиною з кутовою стабільністю типу АО, адаптуючи її до поверхні кістки (рис. 4.10).



Рис. 4.10. Позиціонування та фіксація латеральної пластини з кутовою стабільністю типу АО.

У жодному з випадків не було застосовано кістково-пластичних матеріалів для заміщення дефекту в зоні нейтрального трикутника, натомість виповнення та консолідація цієї ділянки відбувалася фізіологічним шляхом.

В подальшому проводили ретельну іригацію рани, видалення спиць-тримачів, адаптацію та ушивання шкірного клапотя. Ушивання проводили поліфіламентним матеріалом із застосуванням вертикального шва за Донаті, прошиваючи шкірно-жировий клапоть у повну товщину (рис. 4.11).



Рис. 4.11. Вигляд післяопераційної рани.

Асептична пов'язка з розчином антисептику накладалася на післяопераційну рану із застосуванням невеликого валика в ділянку дистальніше верхівки зовнішньої кісточки з метою уникнення формування супраперіостальної гематоми.

4.3.2 Малоінвазивна репозиція з накістковим остеосинтезом (МІРО)

Передопераційний період пацієнтів даної клінічної групи був коротшим за рахунок планованого меншого пошкодження м'яких тканин. За необхідності проводилася інфузійна протинабрякова та знеболююча терапія, підвищене положення травмованої кінцівки та гіпсова іммобілізація задньою гіпсовою лонгетою в передопераційному періоді.

Позиціонування пацієнтів на операційному столі відбувалося за однаковою стандартною схемою. Після обробки операційного поля проводили накладання дистракційного пристрою для репозиції уламків п'яткової кістки.

Кровоспинний джгут не використовували у пацієнтів оперованих даною

методикою у зв'язку з мінімальними обсягами крововтрати. Розсічення шкіри проводилось лезом №23 від точки що на 1 см нижче апексу малогомілкової кістки в напрямку до основи IV плеснової кістки (рис. 4.12). Під час втручання виконували додаткові точкові доступи для інтраопераційної репозиції/маніпуляції фрагментами за необхідності.

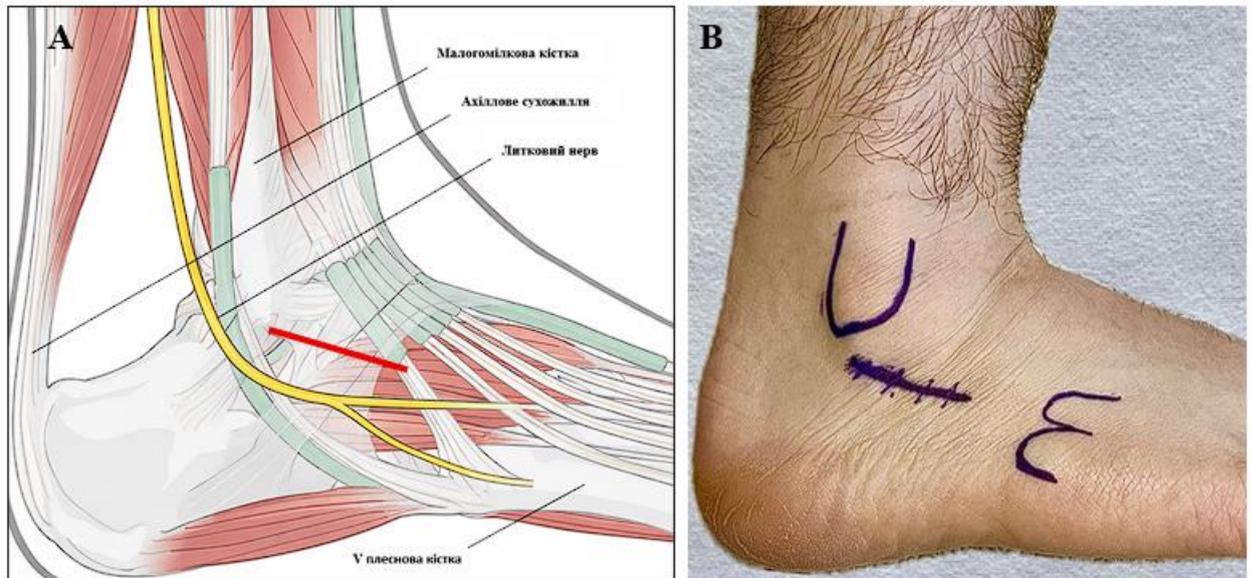


Рис. 4.12. Схематичне розташування шкірного розрізу (А) та приклад розмітки операційного поля (В).

Після розрізу шкіри проводили тупу дисекцію з уважністю до можливого розташування литкового нерва в проекції доступу. Проводили розсічення ретинакулума та виділяли сухожилля довгого та короткого малогомілкових м'язів. Мобілізували сухожилля та нерв за необхідності.

Проводили артротомію підтаранного суглобу, ретельну санацію гемартрозу. За допомогою періостального елеватора проводили підшкірну супраперіостальну дисекцію зовнішньої поверхні п'яткової кістки в проекції майбутнього розташування металоконструкції.

Репозицію внутрішньосуглобового фрагмента задньої суглобової поверхні виконували кістковим елеватором та ортопедичним інструментом "BallSpikePusher" під флюороскопічним контролем. Контроль конгруентності підтаранного суглобу проводили в проекції Broden (рис. 4.13).

Після досягнення задовільних параметрів репозиції під флюороскопічним контролем проводилася провізорна фіксація спицями Кіршнера трансартикулярно до таранної та кубоподібної кісток. Надалі проводився демонтаж дистракційного пристрою (рис. 4.13).

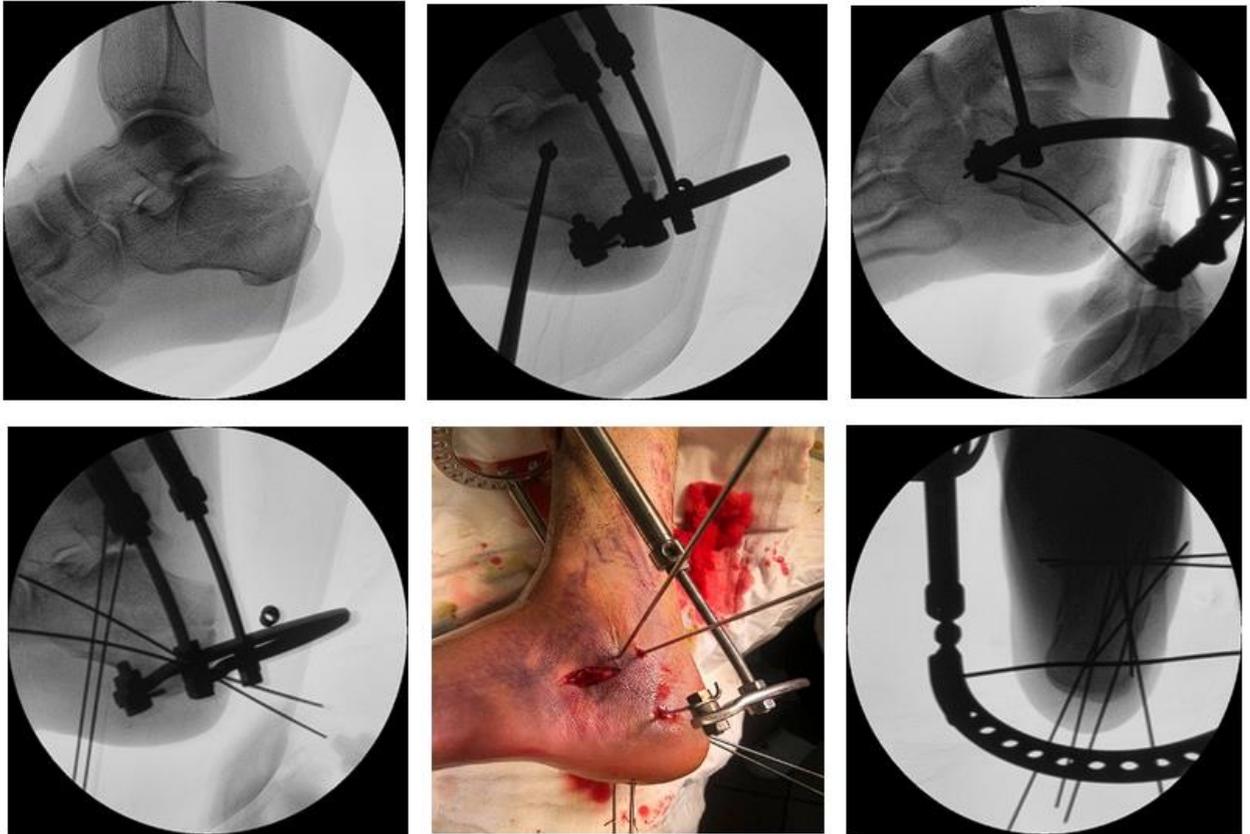


Рис. 4.13. Етапність репозиції уламків з провізornoю фіксацією спицями Кіршнера.

Надалі проводили остаточну фіксацію уламків п'ятковою міні-пластиною з кутовою стабільністю. У жодному з випадків не було застосовано кістково-пластичних матеріалів для заміщення дефекту в зоні нейтрального трикутника, натомість виповнення та консолідація цієї ділянки відбувалася фізіологічним шляхом (рис. 4.14).

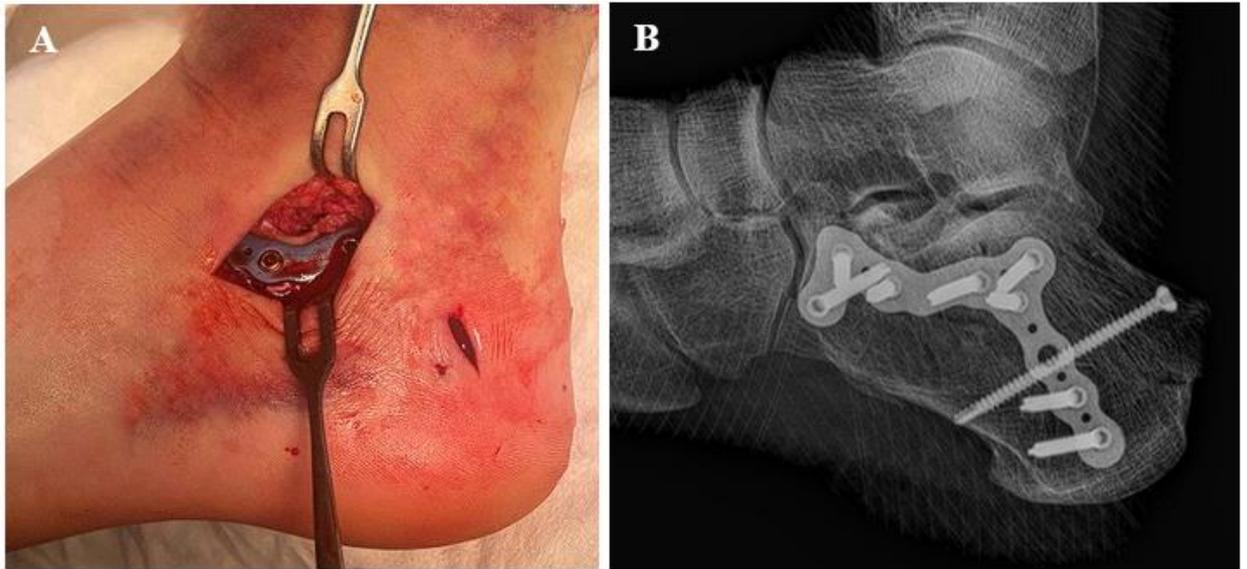


Рис. 4.14. Позичіонування та фіксація п'яткової міні-пластини з кутовою стабільністю.

В подальшому проводили ретельну іригацію рани, контроль розташування сухожиль малоюмілкових м'язів з метою запобігання їх імпінджменту. Ушивали шкіру. Накладали легко тиснучу асептичну пов'язку з валиком по шву для запобігання утворення підшкірної гематоми.

4.3.3 Малоінвазивна репозиція з остеосинтезом канюльованими спонгіозними гвинтами (МІО)

Позичіонування пацієнтів на операційному столі відбувалося за стандартною схемою. Після обробки операційного поля за необхідності проводили накладання дистракційного пристрою для репозиції уламків п'яткової кістки. Кровоспинний джгут не застосовували через мінімальні обсяги крововтрати у таких пацієнтів.

Згідно з передопераційним плануванням проводили точкові транскутанні доступи в місцях де в подальшому застосовувалися додаткові інструменти для репозиції фрагментів. З метою ротації язикоподібного фрагмента проводили інсерцію стрижня Шанца за його поздовжньою віссю з дорзального краю (рис. 4.15).



Рис. 4.15. Застосування стрижня Шанца для маніпуляції та репозиції уламків п'яткової кістки.

Додатково для адаптації та міжуламкової компресії язикоподібного фрагмента використовували гострокінцевий кісткотримач, бранші якого розташовували на верхній та підошовній поверхнях п'яткового горба (рис. 4.16).



Рис. 4.16. Застосування гострокінцевого кісткотримача для створення міжуламкової компресії по лінії зламу.

За необхідності, з метою адекватної репозиції внутрішньосуглобових фрагментів, проводили кілька малоінвазивних доступів, в тому числі доступ до підтаранного синуса.

Репозицію внутрішньосуглобового фрагмента задньої суглобової поверхні виконували кістковим елеватором та ортопедичним інструментом “BallSpikePusher” під флюороскопічним контролем. Контроль конгруентності підтаранного суглобу проводили в проекції Broden.

Після досягнення задовільних параметрів репозиції під флюороскопічним контролем проводилася провізорна фіксація спицями Кіршнера трансартикулярно до таранної та кубоподібної кісток. Проводили демонтаж дистракційного пристрою у випадках його застосування та під флюороскопічним контролем проводили направляючі спиці для позиціонування майбутніх гвинтів. Для фіксації застосовували канюльовані спонгіозні гвинти діаметром 6,5 мм з неповним різьбовим тілом з метою створення міжуламкової компресії (рис. 4.17).

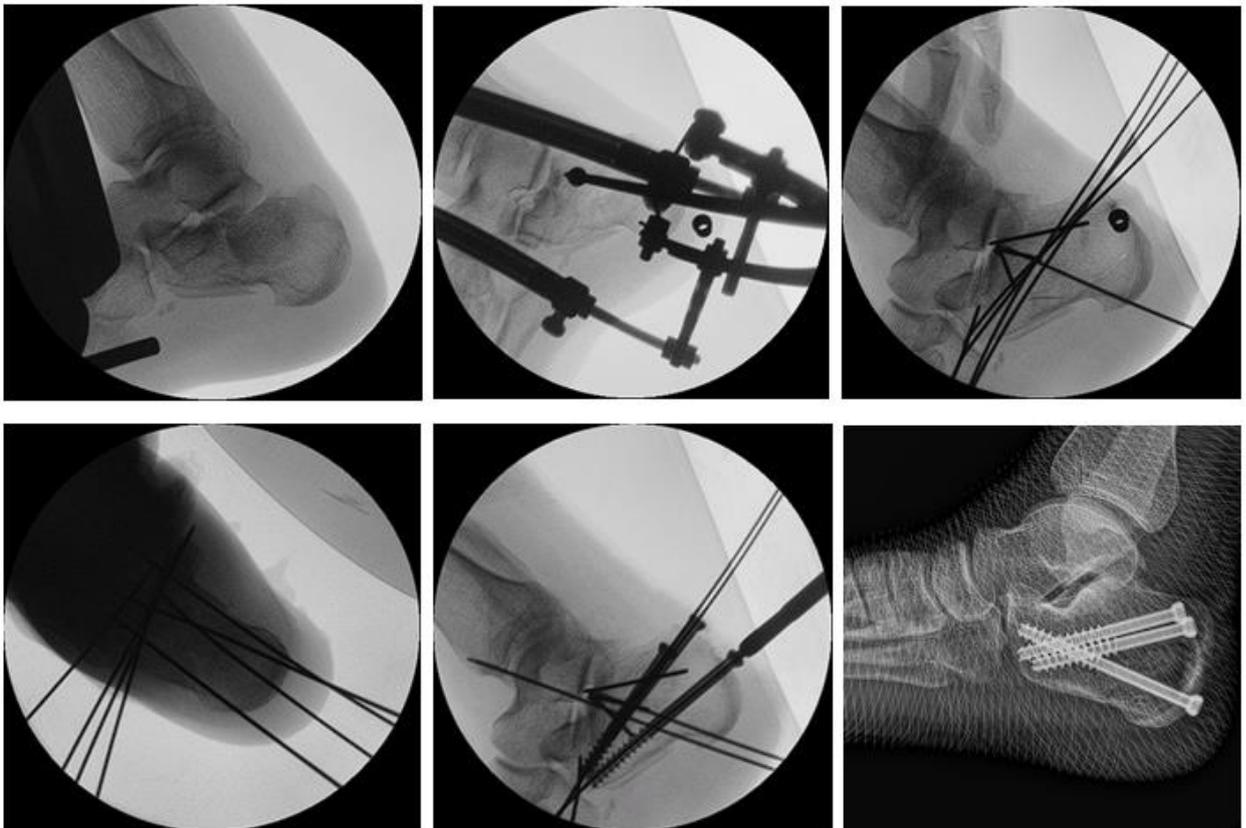


Рис. 4.17. Етапність репозиції та фіксації перелому п'яткової кістки канюльованими спонгіозними гвинтами 6,5 мм.

Після задовільного позиціонування направляючих спиць вздовж поздовжньої вісі п'яtkової кістки проводили розсвердлювання кортикального шару ділянки п'яtkового горба канюльованим свердлом. Надалі після вимірювання довжини гвинтів проводили їх імплантацію звертаючи увагу на те, щоб різьбова частина заходила за межі лінії зламу з метою якісної міжуламкової компресії.

У випадках фіксації переломів за типом “качиного дзьобу” гвинти виконували здебільшого компресійну функцію. При лікуванні пошкоджень з формуванням центральної депресії – гвинти виконували опорну функцію для репонованого суглобового фрагмента та компресійну функцію для тіла п'яtkової кістки. Хірургічне лікування завершувалося ушиванням точкових транскутанних доступів та накладання асептичних пов'язок [177].

За матеріалами розділу опубліковано:

[170] Годуадзе ГН. Медико-соціальні особливості лікування пацієнтів з білатеральними переломами п'яtkової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених “Медична наука – 2024”; 2024 Груд 5; Полтава; 2024, с. 44–45.

[171] Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ. Роль комп'ютерної томографії у плануванні оперативних втручань при внутрішньосуглобових переломах п'яtkової кістки. Збірка тез та статей науково-практичної інтернет-конференції з міжнародною участю “Сучасні проблеми вивчення медико-екологічних аспектів здоров'я людини”; 2023 Жовт 19–20; Полтава; 2023, с. 35–37.

[175] Годуадзе ГН. Методика закритої непрямой інтраопераційної репозиції при остеосинтезі складних переломів п'яtkової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених “Медична наука – 2023”; 2023 Груд 1; Полтава; 2023, с. 48–50.

[176] Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ, винахідники; Полтавський державний медичний університет, патентовласник.

Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яtkової кістки. Патент України №159519. 2025 Черв 11.

[177] Годуадзе ГН. Варіанти оперативного лікування переломів п'яtkової кістки. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції лікарів-інтернів; 2022 Трав 25; Полтава; 2021, с. 57–58.

[202] Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Малик СВ, Гончаров АВ. Використання малоінвазивних методів оперативного лікування внутрішньосуглобових переломів п'яtkової кістки. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. 2023;23(1):8–12. doi: 10.31718/2077-1096.23.1.8.

[204] Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ. Оперативне лікування складних переломів п'яtkової кістки. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю “Сучасні принципи діагностики та лікування ортопедо-травматологічної патології”; 2021 Серпня 20; Полтава. Полтава; 2021, с. 4.

РОЗДІЛ 5

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОГО ЕТАПУ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛІКУВАННЯ

5.1. Біомеханіка навантаження опорного відділу нижньої кінцівки

Як відомо, під час ходьби стопа виконує роль опори та важеля для пересування тіла. Цикл ходи прийнято умовно поділяти на фазу опори ($\approx 60\%$ циклу) та фазу маятника/маху ($\approx 40\%$). У фазі опори вагове навантаження проходить від п'яти (початкова контактна фаза) через середній відділ стопи до переднього відділу при відштовхуванні. Розподіл тиску по підошві змінюється залежно від фази: при стоянні переважає навантаження на п'ятковий відділ, під час ходи – на передній та середній відділи. Ці загальні закономірності лежать в основі розуміння того, які ділянки п'яткової кістки піддаються найбільшому навантаженню у різні моменти циклу ходи [178, 179, 1180].

Ахіллове сухожилля прикріплюється до п'яткового горба і створює постійну тягнучу силу, що діє на задній відділ кістки під час пересування. У свою чергу, плантарна фасція та довга підошовна зв'язка виконують стабілізуючу функцію поздовжньої арки стопи, прямо перпендикулярно протидіють силі тяги п'яткового сухожилля [118, 129, 133].

Під час пересування тяга Ахіллового сухожилля формує момент, що прагне повернути п'ятку у плантарну флексію. Цей момент змінює розподіл напружень у тілі п'яткової кістки відповідно до трабекулярної структури кістки.

Експериментальні та чисельні моделі показують, що під час ходьби і бігу в п'ятковій кістці виникають локалізовані зони підвищеного навантаження, особливо у ділянці тіла кістки й суглобової поверхні підтаранного відділу. Рівень пікових напружень залежить від величини зовнішньої сили, кута атаки п'яти та від положення підтаранного суглоба. Моделювання також показало, що підвищені вертикальні навантаження при осьових ударних механізмах

(наприклад, падіння з висоти) здатні згенерувати внутрішні напруги, що перевищують міцність кістки [181, 182].

Важливим у питання правильності реабілітаційних заходів є розуміння механізмів та сил, що спричиняють формування переломів та зміщення уламків. Переломи п'яtkової кістки (особливо внутрішньосуглобові варіанти) змінюють анатомічну конфігурацію заднього відділу стопи (зміна висоти та ширини п'яти, кута Беллера, ретро/антеверсії). Такі деформації змінюють плечі сил Ахіллового сухожилля і вектор прикладання реакції опори – внаслідок цього зменшується ефективний важіль дії м'язово-сухожильного апарату.

Перерозподіл контактного тиску у підтаранному відділі веде до компенсаторного підвищення навантаження в сусідніх суглобах (передній відділ стопи, гомілковостопний суглоб), що ускладнює реабілітацію і може провокувати розвиток вторинних артрозних змін у них.

Тяга Ахіллового сухожилля сприяє відносному зміщенню трьох основних фрагментів (верхньої ділянки п'яти, тіла і переднього відростка), що є важливим для розуміння в контексті реабілітації після хірургічної фіксації, адже порушення цілісності кістки веде до прямих порушень її біомеханіки. Таким чином, тимчасовий стабілізуючий елемент, яким виступає той чи інший металофіксатор – несе надмірні навантаження у кількох площинах, забезпечуючи абсолютну або відносну стабільність кісткових уламків під час повного періоду їх кісткового зрощення [183, 184].

Через змінений розподіл навантаження пацієнти після операцій на п'яtkовій кістці часто мають: болючість у зоні підшви й п'яти при контакті, зниження сили плантарної флексії, обмеження амплітуди руху у підтаранному та гомілковостопному суглобах, а також підвищений ризик втрати стабільності фіксації за передчасного навантаження.

Біомеханічні дослідження вказують, що навіть при адекватній фіксації внутрішньоартикулярних уламків слабкість відновлених конструкцій може призводити до мікрорухів фрагментів ($>150 \mu\text{m}$ у деяких експериментальних

та чисельних моделях), що спричиняє ускладнення та потребує контролю навантаження [185, 186].

Інтеграція знання про фазний розподіл навантажень, роль сухожильно-зв'язкового апарату та характер зміни внутрішніх напружень при переломі може бути надзвичайно корисною у реабілітаційній практиці для запобігання зміщенню уламків і перевантаженню імплантів [187].

5.2 Особливості використання функціональних пов'язок при переломах п'яtkової кістки

Наведені біомеханічні закономірності розглядаються нами як теоретичне підґрунтя для вибору режиму навантаження та розробки функціонального забезпечення післяопераційного періоду. На нашу думку, жодне хірургічне втручання не може гарантувати успішного відновлення функції без якісної та своєчасно розпочатої реабілітації.

Згідно зі світовими стандартами реабілітації та відновлення після переломів п'яtkової кістки, що лікуються консервативно або хірургічним шляхом, прийнято застосовувати загальноприйняті підходи. Ці підходи передбачають часткове або повне виключення навантаження на кінцівку протягом 6-8 тижнів і часто супроводжуються обмеженням активних рухів у прилеглих суглобах стопи [52, 53, 54, 57, 152, 188, 189, 190].

Такий підхід, хоча й спрямований на забезпечення стабільності зони перелому, має значні недоліки – він сприяє розвитку контрактур, прогресуванню локального остеопорозу та дистрофічним змінам у м'язово-зв'язковому апараті.

В Україні більшість ортопедів та реабілітологів орієнтуються на міжнародні протоколи (АО, BOFAS – British Orthopaedic Foot and Ankle Society, настанови від провідних клінік), але адаптують під локальні умови (доступність обладнання, рівень хірургії, стан пацієнта). Багато клінік в Україні публікують практичні рекомендації, які в цілому повторюють

міжнародні підходи: повне обмеження навантажень протягом 6–8 тижнів з переходом на часткове в залежності від складності клінічного випадку та методу фіксації перелому п'яtkової кістки.

Використання функціональних ортезів, що розвантажують п'яtkовий відділ і одночасно дозволяють контрольовану передачу навантаження можуть мати позитивний вплив на кісткове зрощення, ранню розробку фізіологічної амплітуди рухів у прилеглих суглобах та виступати гарним методом профілактики постімобілізаційних контрактур та явищ остеопенії [191, 192].

Серед варіантів функціональних пристроїв після операцій на п'яtkовій кістці та при консервативному лікуванні ми найчастіше зустрічали:

1. Статичні гіпсові чи синтетичні (scotch-cast) лонгети (рис. 5.1). Вони забезпечують повну іммобілізацію у функціонально-вигідному положенні що становить традиційний підхід до лікування на ранніх етапах. Серед переваг таких пристроїв – це достатньо стабільна іммобілізація та гарна дисциплінуюча міра щодо ненавантаження кінцівки, а також низька вартість. Серед недоліків, на наш погляд, – утруднений догляд за післяопераційною ділянкою. Також ймовірні атрофія м'язів, розвиток контрактур суглобів та імовірність розвитку локального остеопорузу [193, 194].



Рис. 5.1. Іммобілізація стопи та гомілковостопного суглоба пов'язкою scotch-cast.

2. Знімні фіксуючі ортези та брейси (removable orthosis / calcaneal fracture brace) (рис. 5.2). Вони дозволяють часткову мобілізацію, контроль за амплітудою рухів і застосування поступового навантаження. Деякі дослідження, а також наш особистий досвід – показали кращі функціональні результати у ранньому післяопераційному періоді порівняно з лонгетою [195, 196].

Основним недоліком, на наш погляд, є фіксований прямий кут між гомілкою та стопою, що може негативно впливати на вторинне зміщення у зв'язку з тягою Ахіллового сухожилля, навіть за умов часткового навантаження. Серед інших недоліків можна виділити високу вартість таких засобів та необхідність у ретельному індивідуальному підборі за розміром кінцівки.



Рис. 5.2. Знімний фіксуючий ортез.

3. П'яткові розвантажувальні ортези (heel-unloading boots/orthoses) (рис. 5.3) мають конструкцію, яка знижує прямий контактний тиск на п'ятковий бугор (через підп'ятник зі зміщеним центром тиску), що особливо корисно при переломах п'яtkового горба. Деякі клінічні дослідження

показують швидше повернення до активності та кращі короткострокові функціональні показники при використанні таких ортезів [197, 198].



Рис. 5.3. П'ятковий розвантажувальний ортез.

Однак, подібно до попередніх пристроїв, п'яткові розвантажувальні ортези часто не передбачають можливості розвантаження задньої ділянки п'ятки від впливу тяги Ахіллового сухожилля, що є дуже важливим при лікуванні внутрішньосуглобових переломів, зокрема і переломів з формуванням язикоподібного фрагмента. У своїй практиці ми застосовували такі ортези з обережністю та за умов відсутності схильності перелому до зміщення.

4. Функціональні ортопедичні ортези AFO (ankle-foot orthoses) (рис. 5.4) використовують для корекції порушень ходи та підтримки підтаранного суглоба. Такі пристрої гарно контролюють супінацію/пронацію і обмежують надмірну інверсію/еверсію ступні. Вони допомагають відновити механіку стопи при цьому мінімізуючи ризик вторинного ушкодження підтаранного суглоба [199, 200].



Рис. 5.4. Функціональний ортопедичний ортез АФО.

З нашого досвіду можна зробити висновки, що дані пристрої не позиціонуються як такі, що дозволяють навантажувати кінцівку, розвантажуючи п'яткову ділянку. Їхня роль полягає у підтримці правильної механіки руху стопи на етапах реабілітації, коли застосовується дозоване навантаження (зазвичай не раніше ніж через 6-8 тижнів).

5. Смарт-ортези та сенсорні системи. Інтеграція сенсорів тиску та інерційних вимірювальних пристроїв у ортези дає змогу моніторити розподіл навантаження і ходові параметри в реальному часі, що потенційно покращує адаптацію програми реабілітації та раннє виявлення аномалій статико-динамічних показників. Обмеженням до використання таких систем, на наш погляд, слугує саме економічна сторона та рутинна доступність таких пристроїв [199].

Систематичні огляди та оглядові статті підтверджують, що хоча окремі ортопедичні пристрої (наприклад, heel-unloading orthosis, жорсткі walking boots) корисні для контролю болю і захисту загоєння, немає універсального протоколу, який би підходив для всіх пацієнтів.

5.3 Досвід застосування універсального п'яtkового розвантажувального ортезу

У своїй практиці, на основі власних спостережень щодо післяопераційного лікування пацієнтів з переломами п'яtkової кістки, неодноразово ставало питання застосування ортезу, який би комбінував у собі кілька ключових завдань:

- Індивідуальність до анатомії стопи пацієнта;
- Можливість раннього навантаження оперованої кінцівки;
- Розвантаження підошовної поверхні п'яtkової ділянки;
- Мінімізація впливу Ахіллового сухожилля на задній відділ п'яtkової кістки;
- Низька собівартість пристрою.

В ході тривалого аналізу вже існуючих моделей, а також доступних можливостей було вирішено поставлену задачу шляхом створення універсального п'яtkового розвантажувального ортезу (рис. 5.5).



Рисунок 5.5. Зовнішній вигляд універсального п'яtkового розвантажувального ортезу.

Біомеханічна ефективність даного виду ортезу полягає в комбінації використання сучасного термопластичного матеріалу та жорсткої регульованої конструкції. Пристрій складається з двох ключових компонентів: індивідуального фіксуючого та універсального опорного.

Фіксуючим компонентом в даному випадку виступає індивідуально сформований з низькотемпературного пластику сплінт (шина). Це широко відомий низькотемпературний термопластичний матеріал з тонким пінопластовим покриттям з обох боків, який використовували наступним чином: після підготовки кінцівки, попередньо заготовлений лист даного матеріалу зі спеціальною застібкою занурювали в нагріту до 60-65°C воду приблизно на 1 хвилину. В результаті матеріал набував еластичності та контрольованості для придання відповідної форми.

Надалі проводили аплікацію до кінцівки та формування сплінту з урахуванням помірною еквінусного положення стопи з метою подальшого зменшення тракційного впливу Ахіллового сухожилля на п'яткову кістку (рис. 5.6 – А).



Рис. 5.6. Робочий вигляд ортезу (А) та його опорний елемент (В).

Опорний компонент складається з П-подібно вигнутої металеві пластини товщиною 2 мм та шириною 40 мм, яка з'єднана проксимально з кільцеподібно-вигнутою тотожною металеві пластиною, що охоплює підвиросткову ділянку гомілки, беручи на себе осьове навантаження (рис. 5.6 – В).

В дистальному відділі П-подібної пластини фіксується дубліката у вигляді іншої, короткої, П-подібно вигнутої пластини, що фіксується до основної та забезпечує можливість телескопічного видовження з метою формування необхідної довжини “підбора” (рис. 5.6 – В).

Готові частини ортезу з'єднуються та фіксуються за допомогою стрічок Velcro для зручності та швидкості одягання. Опора в даному випадку відбувається на передній відділ стопи та на ділянку виростків гомілки через П-подібну металеву опору, яка транслює це навантаження на ділянку “підбора”.

В межах клінічного етапу дослідження, з метою оцінки ефективності та зручності використання запропонованого нами універсального п'яtkового розвантажувального ортезу було проведено порівняльне дослідження вибірки із 34 пацієнтів, розподілених на *основну групу* (17 пацієнтів), яким застосовували даний девайс, та *контрольну групу* (17 пацієнтів), яким виконували іммобілізацію стандартною гіпсовою лонгетою.

Оцінювали інтенсивність больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою через 14 днів від моменту втручання строки безболісної вертикалізації та суб'єктивну переносимість іммобілізації за 5-ти бальною шкалою.

За матеріалами розділу опубліковано:

[187] Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ. Особливості реабілітаційного періоду у пацієнтів зі складними переломами п'яtkової кістки. Актуальні проблеми ортопедії та травматології: Ювілейний збірник наукових праць. [Інтернет]; 2024; Харків; 2024, с. 35–40. Доступно: <https://archive.sytenko.org.ua/handle/123456789/1573>.

РОЗДІЛ 6

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КЛІНІЧНОГО ЕТАПУ ДОСЛІДЖЕННЯ

З метою підтвердження статистичної однорідності клінічних груп проведено порівняльний аналіз вихідних гендерно-вікових, клінічних та рентгенологічних показників. Для порівняння кількісних показників застосовано однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA). Для категоріальних змінних – критерій χ^2 Пірсона.

Проведений аналіз не виявив статистично значущих відмінностей між клінічними групами пацієнтів ($p > 0,05$), що свідчить про їх однорідність та дозволяє пов'язувати подальші відмінності результатів із застосованою хірургічною тактикою (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1

Порівняльні характеристики клінічних груп

	Група I ORIF (n=22)	Група II MPO (n=42)	Група III MIO (n=25)	p
Вік	43,55 ± 11,71	44,26 ± 12,72	49,60 ± 11,34	0,148
Чоловіки (%)	90,9%	95,2%	88%	0,551
АО 82С (%)	68,2%	69%	56%	0,524
Середній кут Беллера до втручання	2,42° ± 14,7°	6,57° ± 8,6°	8,92° ± 14,2°	0,18
Середній кут Гіссана до втручання	78,69° ± 23,6°	82,83° ± 17,1°	89,64° ± 26,8°	0,22

6.1 Аналіз ранніх післяопераційних результатів

Задля порівняння ранніх результатів лікування в залежності від методики хірургічного втручання було використано ряд критеріїв, таких як: тривалість хірургічного втручання, інтенсивність больового синдрому в першу

післяопераційну добу, якість репозиції уламків п'яткової кістки, загальна тривалість стаціонарного лікування (в тому числі кількість днів післяопераційного періоду в умовах відділення) та порівняння швидкості загоєння післяопераційних ран.

Згідно з отриманими даними, при оцінці тривалості хірургічного втручання, у групі I середній час операції становив $91,83 \pm 21,7$ хвилин. У групі II та III цей критерій складав $86,31 \pm 21,6$ та $54,00 \pm 22,6$ хвилин відповідно. Різниця була статистично значущою ($p < 0,001$). Отже, відкритий класичний остеосинтез в середньому займав на 6,40% більше часу за малоінвазивний остеосинтез пластиною, та на 70,06% більше ніж остеосинтез канюльованими гвинтами (таблиця 6.2).

Але варто уточнити, що для групи малоінвазивного остеосинтезу пластиною (група II), показник часу втручання рахувався з урахуванням накладання дистракційного пристрою для репозиції уламків п'яткової кістки. Порівняння тривалості хірургічного втручання від розрізу до ушивання, без урахування часу монтажу пристрою, показало, що хірургічний етап у групі I був на 35,3% довшим ніж у групі II.

При порівнянні больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою середня кількість балів серед пацієнтів у групі I склала в середньому $7,23 \pm 1,8$ балів. У свою чергу, серед пацієнтів групи II та III цей показник складав $4,86 \pm 1,4$ та $4,48 \pm 1,3$ балів відповідно. Тобто, больовий синдром за VAS у першу післяопераційну добу був вищим у пацієнтів I групи на 48,8% та 61,4%, ніж у хворих групи II та III відповідно, а відмінність показників між групами була статистично значущою ($p < 0,001$) (таблиця 6.2).

Середні значення кута Беллера становили $25,27^\circ \pm 11,9^\circ$ для пацієнтів I групи, $30,64^\circ \pm 8,0^\circ$ серед травмованих у групі II, та $24,00^\circ \pm 9,6^\circ$ у групі III (таблиця 6.2). Показники кожної з груп були в межах стандартизованої норми.

Схожий розподіл спостерігався при оцінці середнього значення кута Гіссана в післяопераційному періоді: $109,96^\circ \pm 11,5^\circ$; $121,14^\circ \pm 7,9^\circ$; $113,5^\circ \pm 11,9^\circ$ для кожної з клінічних груп відповідно. Виявлено статистично значущі

відмінності між трьома групами пацієнтів за величиною кута Гіссана в післяопераційному періоді ($p < 0,001$). У групі II середня величина кута Гіссана серед усіх пацієнтів мала найкращий результат та відповідала стандартизованій величині норми, порівняно з іншими групами пацієнтів (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2

Порівняльні характеристики клінічних груп у ранньому післяопераційному періоді

	Група I ORIF (n=22)	Група II МІРО (n=42)	Група III МІО (n=25)	p
Час операції (хв.)	91,83 ± 21,7	86,31 ± 21,6	54,00 ± 22,6	<0,001
Біль за VAS в ранньому п/о періоді	7,23 ± 1,8	4,86 ± 1,4	4,48 ± 1,3	<0,001
Середній кут Беллера після втручання	25,27° ± 11,9°	30,64° ± 8,0°	24,00° ± 9,6°	0,013
Середній кут Гіссана після втручання	109,96° ± 11,5°	121,14° ± 7,9°	113,5° ± 11,9°	<0,001

Апостеріорний аналіз показав, що показники болю у групі I були статистично значуще вищими порівняно з групами II та III ($p < 0,001$ для обох порівнянь). Водночас статистично значущої різниці між групами II та III не виявлено ($p > 0,05$). Для кута Беллера статистично значуща різниця спостерігалась між групами II та III ($p < 0,05$), тоді як між групами I та II відмінностей не виявлено ($p > 0,05$). Порівняння I та II груп продемонструвало тенденцію до відмінностей без досягнення високого рівня статистичної значущості. Показники кута Гіссана були статистично значуще вищими у групі II порівняно з групами I та III ($p < 0,05$). Між групами I та III статистично значущих відмінностей не встановлено ($p > 0,05$).

Загальна тривалість стаціонарного випадку за групами в середньому становила $20,04 \pm 7,9$, $10,4 \pm 7,0$ та $11,76 \pm 5,9$ днів відповідно для кожної з груп. Аналізуючи ці дані, встановлено, що пацієнти, яким виконується відкритий остеосинтез пластиною через розширений латеральний доступ перебували в умовах відділення на 92,69% та 70,41% більше часу, ніж хворі після малоінвазивних втручань з остеосинтезом пластиною за технікою МІРО та фіксацією канюльованими гвинтами, а статистичні відмінності виявилися значущими ($p < 0,001$) (таблиця 6.3).

Більша частина всього епізоду лікування, згідно з результатами аналізу, припадала на післяопераційний період. У хворих групи I це становило $14,81 \pm 6,4$ дні, що у свою чергу складало 73,9% від всього епізоду стаціонарного лікування. Це може бути пов'язано з більш непрогнозованим характером післяопераційного періоду за рахунок можливих проблем з загоєнням м'яких тканин.

У групі II та III тривалість стаціонарного лікування в післяопераційному періоді складала $6,00 \pm 5,6$ та $7,72 \pm 4,8$ днів відповідно, та відповідала 57,7% та 65,6% від загальної кількості ліжко-днів за своїми клінічними групами (таблиця 6.3.).

Таблиця 6.3

Порівняльні характеристики клінічних груп у ранньому післяопераційному періоді

	Група I ORIF (n=22)	Група II МІРО (n=42)	Група III МІО (n=25)	p
Тривалість стаціонарного лікування (в днях)	$20,04 \pm 7,9$	$10,4 \pm 7,0$	$11,76 \pm 5,9$	<0,001
Тривалість етапу стаціонарного лікування після втручання (в днях)	$14,81 \pm 6,4$	$6,00 \pm 5,6$	$7,72 \pm 4,8$	<0,001

Наступним кроком було порівняння тривалості загоєння післяопераційних ран. Отримані дані свідчать про важливість малотравматичності у хірургії заднього відділу стопи, адже саме у групі закритої транскутанної фіксації відмічалися найкращі результати – $11,56 \pm 2,2$ днів проти $67,92 \pm 74,0$ днів у групі I та $15,14 \pm 5,8$ днів у групі II.

Значна варіабельність показника тривалості загоєння післяопераційної рани у групі відкритого остеосинтезу (I група) зумовлена наявністю поодиноких клінічних випадків тяжких ускладнень з боку м'яких тканин. У трьох пацієнтів цієї групи спостерігався пролонгований перебіг ранового процесу, що вимагав повторних хірургічних втручань та тривалого лікування. Саме ці випадки суттєво вплинули на середнє значення показника та обумовили високе стандартне відхилення.

У групі малоінвазивного остеосинтезу (II група) зафіксовано лише один випадок тривалого загоєння, тоді як у групі транскутанної фіксації (III група) подібних ускладнень не спостерігалось.

Отримані дані відображають клінічну специфіку розширеного латерального доступу та підкреслюють його вищий ризик ранових ускладнень порівняно з малоінвазивними методиками.

В контексті оцінки ранніх післяопераційних результатів, провели аналіз ефективності застосування дистракційного пристрою для репозиції уламків п'яткової кістки. На окремій вибірці пацієнтів порівнювали запропоновану методику із класичною технікою з використанням стрижня Шанца.

Аналізуючи ефективність застосування дистракційного пристрою для репозиції уламків п'яткової кістки порівнювали якість отриманої репозиції шляхом підрахунку кутів Беллера та Гіссана на післяопераційних рентгенограмах, вплив застосування такого девайсу на тривалість оперативного втручання, наявність інтраопераційних ускладнень під час репозиції.

При аналізі післяопераційних рентгенограм пацієнтів, яким застосовували мануальну тракцію за стрижень Шанца – у 80% кути Беллера та

Гіссана відповідали загальноприйнятому діапазону норми. Серед пацієнтів, котрим було застосовано дистракційний пристрій, цей показник склав 95,5%.

Середній час оперативного втручання у підгрупі з використанням класичної методики склав 94 хвилини, що було на 38% більше, ніж серед випадків, де було застосовано дистракційний пристрій.

Щодо інтраопераційних ускладнень – було зафіксовано один випадок ятрогенного перелому 5%, який виник під час тракції за стрижень Шанца. У групі з використанням запатентованого пристрою випадків ятрогенних пошкоджень кісткової тканини не було.

6.2 Аналіз віддалених післяопераційних результатів

При оцінці віддалених результатів клінічного етапу дослідження враховували ряд критеріїв, таких як: якість анатомічних співвідношень кістки за кутами Беллера та Гіссана через 4 місяці, інтенсивність больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою, оцінку функціонального стану стопи за шкалами AOFAS та FFI через 4 та 10 місяців після втручання.

Згідно нашого аналізу, середні значення кута Беллера становили $21,08^\circ \pm 15,8^\circ$ для пацієнтів I-ї групи, $29,38^\circ \pm 10,1^\circ$ серед травмованих у групі II, та $21,00^\circ \pm 13,0^\circ$ у групі III. Виявлено статистично значущі відмінності між трьома групами пацієнтів за величиною кута через 4 місяці після втручання ($p < 0,05$), хоча середній показник серед кожної з груп перебував в межах стандартизованої норми (таблиця 6.4).

Схожий розподіл спостерігався при оцінці середнього значення кута Гіссана через 4 місяці: $115,85^\circ \pm 11,0^\circ$; $122,24^\circ \pm 7,3^\circ$; $115,9^\circ \pm 10,5^\circ$ для кожної з клінічних груп відповідно. Виявлено статистично значущі відмінності між трьома групами пацієнтів за величиною кута Гіссана в післяопераційному періоді ($p < 0,05$). У групі II середня величина кута Гіссана серед усіх пацієнтів мала найкращий результат та відповідала стандартизованій величині норми, порівняно з іншими групами пацієнтів (таблиця 6.4).

**Характеристика кутів Беллера та Гіссана у віддаленому
післяопераційному періоді**

	Група I ORIF (n=22)	Група II МІРО (n=42)	Група III МІО (n=25)	p
Середній кут Беллера через 4 міс	21,08° ± 15,8°	29,38° ± 10,1°	21,00° ± 13,0°	0,009
Середній кут Гіссана через 4 міс	115,85° ± 11,0°	122,24° ± 7,3°	115,9° ± 10,5°	0,007

Апостеріорний аналіз показав, що показники кута Беллера у групі II були статистично значуще кращими порівняно з групами I та III ($p < 0,05$ для обох порівнянь). Між групами I та III статистично значущих відмінностей не встановлено ($p > 0,05$). В свою чергу, показники кута Гіссана у групі II також були статистично значуще кращими порівняно з групами I та III ($p < 0,05$). Водночас між групами I та III достовірної різниці не виявлено ($p > 0,05$).

Тобто, у групі II середня величина кутів Беллера та Гіссана серед усіх пацієнтів мала найкращий результат та відповідала стандартизованій величині норми. Отримані результати свідчать про кращу рентгенологічну корекцію у групі II у віддаленому післяопераційному періоді.

Аналіз больового синдрому за шкалою VAS через 4 та 10 місяців показав, що найкращі результати спостерігаються у групі закритої репозиції з транскутанною фіксацією гвинтами (група III) (таблиця 6.5). Отримані дані свідчать, що це пов'язано з меншим ступенем хірургічної агресії та інтраопераційною травматизацією м'яких тканин, адже розподіл типів переломів не показав статистично значущої різниці між простими та складними випадками в межах групи пацієнтів.

Середні значення індексу функції стопи FFI через 4 місяці після оперативного втручання у пацієнтів I групи становило $60,23 \pm 27,8$ бала, у пацієнтів II групи – $31,24 \pm 14,2$ бала, а у пацієнтів III групи – $27,76 \pm 11,5$ бала

та мали статистично значущі відмінності ($p < 0,001$). Через 10 місяців після хірургічного втручання відповідні показники становили $25,00 \pm 12,8$ бала, $10,95 \pm 7,6$ бала та $9,28 \pm 7,4$ бала відповідно та мали статистично значущі відмінності ($p < 0,001$) (таблиця 6.5).

З урахуванням того, що менші значення індексу FFI відповідають кращому функціональному стану стопи, встановлено, що через 4 місяці після втручання значення індексу FFI у пацієнтів III групи були кращими на 11,1% порівняно з II групою та на 53,9% – порівняно з I групою. Водночас у пацієнтів II групи значення індексу FFI були кращими на 48,1% порівняно з I групою. Через 10 місяців після операції різниця між показниками індексу FFI становила 15,3% між III та II групами, 62,9% – між III та I групами та 56,2% – між II та I групами.

Середні значення оцінки функціональності стопи за шкалою AOFAS через 4 місяці після операції у пацієнтів I групи становили $62,77 \pm 16,7$ бала, у пацієнтів II групи – $81,60 \pm 10,0$ бала, а у пацієнтів III групи – $81,56 \pm 8,2$ бала та мали статистично значущі відмінності ($p < 0,001$). Через 10 місяців після операції показники оцінки функціональності стопи зросли відповідно до $84,38 \pm 12,8$ бала, $96,81 \pm 5,8$ бала та $99,00 \pm 2,5$ бала, також маючи достовірні відмінності між групами ($p < 0,001$) (таблиця 6.5).

З урахуванням того, що вищі значення за шкалою AOFAS відповідають кращому функціональному результату, встановлено, що через 4 місяці після втручання функціональні показники у пацієнтів II групи були кращими на 30,0% порівняно з I групою ($p < 0,001$), а у пацієнтів III групи – на 29,9% порівняно з I групою ($p < 0,001$). Водночас відмінності між II та III групами на цьому етапі були мінімальними (різниця 0,05%) і статистично недостовірними ($p > 0,05$). Через 10 місяців після операції значення за шкалою AOFAS у пацієнтів II групи перевищували відповідні показники I групи на 14,7% ($p < 0,001$), тоді як у пацієнтів III групи – на 17,3% ($p < 0,001$). При цьому функціональні результати у пацієнтів III групи були вищими на 2,3% порівняно з II групою, що відповідало статистично значущій різниці ($p < 0,05$).

Порівняльна характеристика клінічних показників у віддаленому післяопераційному періоді

	Група I ORIF (n=22)	Група II MPO (n=42)	Група III MIO (n=25)	p
VAS через 4 міс.	2,35 ± 1,2	1,17 ± 1,0	0,92 ± 1,0	<0,001
VAS через 10 міс.	1,31 ± 1,0	0,21 ± 0,6	0,00 ± 0,0	<0,001
FFI через 4 міс.	60,23 ± 27,8	31,24 ± 14,2	27,76 ± 11,5	<0,001
FFI через 10 міс.	25,00 ± 12,8	10,95 ± 7,6	9,28 ± 7,4	<0,001
AOFAS через 4 міс.	62,77 ± 16,7	81,60 ± 10,0	81,56 ± 8,2	<0,001
AOFAS через 10 міс.	84,38 ± 12,8	96,81 ± 5,8	99,00 ± 2,5	<0,001

Апостеріорний аналіз продемонстрував, що показники у групі I були статистично значуще гіршими порівняно з групами II та III ($p < 0,001$ для більшості порівнянь). Між групами II та III у більшості випадків статистично значущих відмінностей не встановлено.

Отримані результати клінічного етапу дослідження дозволили підтвердити перевагу малоінвазивних методик над традиційним відкритим остеосинтезом, що проявляється покращенням функціональних результатів лікування, зменшенням больового синдрому, прискоренням процесу лікування та загоєння післяопераційних ран з мінімізацією ранніх та віддалених післяопераційних ускладнень [203, 205, 206].

В контексті оцінки віддалених післяопераційних результатів, провели аналіз ефективності застосування універсального п'яткового розвантажувального ортезу. На окремій вибірці пацієнтів порівнювали запропонований девайс із класичною задньою гіпсовою лонгетою.

Аналізуючи ефективність застосування універсального п'яткового розвантажувального ортезу, на 14-ту добу лікування середній рівень больового синдрому за шкалою VAS у пацієнтів основної групи становив ($3,1 \pm 0,4$) бала, тоді як у контрольній групі – ($4,6 \pm 0,5$) бала, що відповідало

статистично значущій різниці ($p < 0,001$). Строки безболісної вертикалізації та можливість раннього навантаження на оперовану кінцівку у пацієнтів яким застосовували універсальний п'ятковий розвантажувальний ортез – становили в середньому $17,8 \pm 1,6$ діб, тоді як у пацієнтів контрольної групи, які лікувалися із застосуванням гіпсової іммобілізації, – $52,4 \pm 3,1$ доби, що відповідало статистично значущій різниці ($p < 0,001$).

За результатами анкетування, 82,4% пацієнтів основної групи оцінили ортез як “зручний” або “дуже зручний”, тоді як у контрольній групі аналогічну оцінку стандартній гіпсовій іммобілізації надали лише 47,1% пацієнтів.

Таким чином, застосування універсального п'яткового розвантажувального ортезу забезпечує достовірне зменшення больового синдрому, покращення ранніх функціональних результатів та скорочення строків для безболісної вертикалізації пацієнтів в післяопераційному періоді з можливістю ранньої функції опори на оперовану кінцівку. Отримані результати свідчать про доцільність використання запропонованого ортезу як ефективного засобу функціонального забезпечення післяопераційного та, не виключено, консервативного лікування пацієнтів із переломами п'яткової кістки.

6.3 Основні типи післяопераційних ускладнень

Аналіз післяопераційних ускладнень є важливою складовою оцінки ефективності та безпечності хірургічного етапу лікування. Виникнення ускладнень у післяопераційному періоді може бути зумовлене як загальним станом пацієнта, супутньою патологією, так і місцевими чинниками, зокрема обсягом оперативного втручання, станом м'яких тканин, особливостями кровопостачання та технікою виконання операції. Тому систематизація та детальний аналіз післяопераційних ускладнень дає змогу об'єктивно оцінити перебіг післяопераційного періоду та визначити напрями його оптимізації.

У ході проведеного дослідження післяопераційні ускладнення реєструвалися як ранні та віддалені випадки. Перші з них, здебільшого, відмічалися у вигляді локальних змін з боку післяопераційної рани та навколишніх м'яких тканин. Більшість з них мали місцевий характер, були своєчасно діагностовані та піддавалися консервативній або хірургічній корекції без істотного впливу на загальний стан пацієнтів. Віддалені ж – стосувалися здебільшого приєднання та розвитку вторинного інфекційного процесу, який фіксувався у вигляді хронічного вогнища запалення глибоких тканин та кістки.

6.3.1 Ранні післяопераційні ускладнення

Найбільш поширеною групою стали різні форми ускладнень з боку м'яких тканин. До них належали крайові некрози по периметру рани, некрози кута рани, глибокі некрози шкірного клаптя, формування лігатурних норниць, а також поява епідермальних пухирів (рис. 6.1) [207, 208].



Рис. 6.1. Найпоширеніші типи м'якотканинних ускладнень: А – крайовий некроз по периметру рани; В – некроз кута рани; С – глибокий некроз м'яких тканин післяопераційної ділянки.

Крайовий некроз по периметру післяопераційної рани спостерігався у випадках порушення мікроциркуляції в зоні оперативного втручання, як

наслідок надмірного натягу тканин або компресії судин. У більшості випадків крайовий некроз мав обмежений характер та не призводив до значного погіршення загального перебігу післяопераційного періоду.

Некроз кута рани виникав переважно в місцях найбільшого напруження тканин або при порушенні кровопостачання в зоні формування кутів шкірних клаптів. Дане ускладнення характеризувалося локальністю процесу та за умови своєчасного лікування не супроводжувалося поширенням некротичних змін.

Глибокий некроз шкірного клаптя відзначався рідше, проте мав більш виражений клінічний перебіг. Його виникнення було пов'язане з істотними порушеннями кровопостачання клаптя, що могло бути зумовлено як індивідуальними анатомічними особливостями, так і обсягом оперативного втручання. У таких випадках виникала необхідність у більш тривалому місцевому лікуванні та ретельному спостереженні за перебігом репаративних процесів.

Всі ці типи ускладнень становили порушення процесів загоєння післяопераційної рани, що в подальшому зумовлювало загоєння під кіркою або вторинним натягом.

Загоєння під кіркою або вторинним натягом супроводжувалося подовженням термінів післяопераційного лікування, потребою у регулярних перев'язках та застосуванні місцевих засобів, спрямованих на стимуляцію грануляції та епітелізації. Водночас, незважаючи на збільшення тривалості реабілітаційного періоду, даний тип загоєння дозволяв досягти задовільного кінцевого результату без суттєвого погіршення функціонального стану.

До окремої підгрупи ранніх післяопераційних ускладнень були віднесені лігатурні нориці та нориці післяопераційного рубця. Дані ускладнення виникали внаслідок реакції тканин на шовний матеріал або при його інфікуванні. У більшості випадків усунення даного ускладнення досягалось шляхом видалення лігатури та місцевого лікування, що забезпечувало подальше загоєння рани.

Серед менш поширених ранніх післяопераційних ускладнень відзначалися епідермальні пухирі. Виникнення таких ускладнень могло бути пов'язане з недостатньо адекватним підбором терміну оперативного втручання та схильністю пацієнта до набрякового синдрому.

В таблиці 6.6 наведено кількісно-відсоткове співвідношення різних типів м'якотканинних ускладнень в різних клінічних групах пацієнтів. Як свідчать статистичні дані, у групі відкритого остеосинтезу (ORIF) відмічалася значущо більша кількість ранніх післяопераційних ускладнень.

Таблиця 6.6

Кількісно-відсоткове співвідношення різних типів м'якотканинних ускладнень в клінічних групах пацієнтів

Тип ускладнення	Група пацієнтів та кількість травмованих кінцівок					
	ORIF (n = 22)		MPO (n = 42)		MIO (n = 25)	
	n	%	n	%	n	%
Крайовий некроз	4	18,2%	3	7,1%	1	4,0%
Некроз кута рани	3	13,6%	0	-	0	-
Глибокий некроз	3	13,6%	0	-	0	-
Лігатурні нориці	2	9,1%	0	-	0	-
Епідермальні пухирі	1	4,5%	1	2,4%	0	-

6.3.2 Віддалені післяопераційні ускладнення

Серед віддалених післяопераційних ускладнень реєструвалися випадки уповільненої консолидації, інфекційно-запальні процеси, що вражали кісткову тканину (остеомієліт п'яткової кістки), розвиток деформуючого післятравматичного артрозу підтаранного суглобу (рис. 6.2).

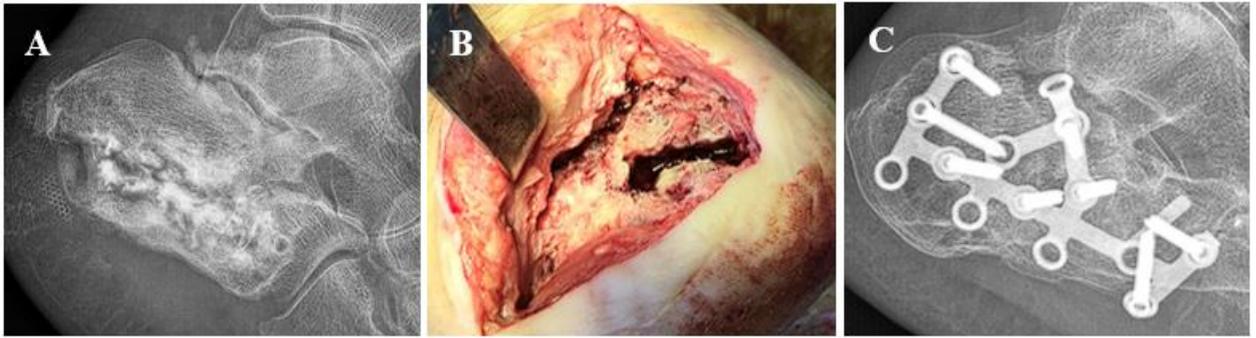


Рис. 6.2. Основні типи віддалених ускладнень: А – остеомієліт; В – хірургічна санація вогнища; С – деформуючий остеоартроз підтаранного суглоба.

Уповільнена консолидація проявлялася на контрольних рентгенографіях через 2 та 4 місяці та в більшості випадків зустрічалася в групі з відкритим остеосинтезом.

Розвиток остеомієліту розглядався як серйозне ускладнення, що вимагало комплексного підходу до лікування з використанням антибактеріальної терапії, хірургічної санації вогнища інфекції та тривалого динамічного спостереження (рис. 6.2 – А, В).

Післятравматичний артроз діагностувався здебільшого у пацієнтів, що мали в анамнезі тяжкі багатоуламкові переломи п'яткової кістки з руйнуванням задньої суглобової поверхні п'яткової кістки (рис. 6.2 – С).

Більш детальні характеристики розподілу ускладнень зображено на таблиці 6.7.

Таблиця 6.7

Розподіл віддалених ускладнень в різних клінічних групах пацієнтів

Тип ускладнення	Група пацієнтів та кількість травмованих кінцівок					
	I (n = 22)		II (n = 42)		III (n = 25)	
	n	%	n	%	n	%
Уповільнене зрощення	1	4,5%	0	-	0	-
Остеомієліт	1	4,5%	0	-	0	-
Деформуючий артроз	6	27,3%	11	26,2%	5	20,0%

Таким чином, проведений аналіз показав, що післяопераційні ускладнення, які виникали у пацієнтів під час хірургічного етапу лікування, мали переважно місцевий характер та були представлені некротичними змінами, порушеннями загоєння рани, інфекційно-запальними процесами та ускладненнями, пов'язаними з шовним матеріалом. Більшість із них піддавалася корекції за допомогою стандартних лікувальних заходів і не призводила до критичних порушень загального стану пацієнтів.

Резюмуючи отримані результати клінічного етапу дослідження слід зазначити, що основні функціональні та рентгенологічні показники (AOFAS, FFI, відновлення кутів Böhler та Gissane), загалом відповідають наведеним у літературі даним. Порівняння отриманих результатів із даними сучасних систематичних оглядів та метааналізів демонструє їх загальну узгодженість із результатами інших дослідників. Зокрема, у метааналізах X. Zeng, J. Zhang, а також у систематичних оглядах T. Schepers і R. Meena показано, що малоінвазивні підходи до остеосинтезу внутрішньосуглобових переломів п'яркової кістки дозволяють досягти функціональних результатів, співставних або кращих порівняно з традиційною відкритою репозицією через розширений латеральний доступ. Більшість авторів відзначають достовірно нижчу частоту післяопераційних ранових ускладнень, інфекцій та некрозу м'яких тканин при використанні малоінвазивних хірургічних технік.

Водночас результати досліджень свідчать, що застосування малоінвазивних методів остеосинтезу є особливо доцільним у пацієнтів із супутньою соматичною патологією, у яких ризик порушення загоєння м'яких тканин та розвитку інфекційних ускладнень після широких хірургічних доступів є вищим. Менша інтраопераційна травматизація м'яких тканин, скорочення тривалості операції та зниження частоти ранових ускладнень створюють передумови для більш безпечного хірургічного лікування саме у коморбідних пацієнтів, що має важливе клінічне значення при виборі оптимальної тактики лікування внутрішньосуглобових переломів п'яркової кістки.

Таким чином, отримані результати узгоджуються з даними сучасної літератури та свідчать про те, що малоінвазивні методи остеосинтезу можуть розглядатися як ефективна та більш безпечна альтернатива традиційним відкритим втручанням, особливо у пацієнтів із підвищеним ризиком післяопераційних ускладнень.

За матеріалами розділу опубліковано:

[203] Годуадзе ГН, Дідик НР. Аналіз ефективності основних видів оперативного лікування складних переломів п'яткової кістки. Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції лікарів-інтернів, присвяченої 100-річчю Полтавського державного медичного університету; 2021 Трав 27; Полтава; 2021. с. 16.

[205] Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ. Порівняльний аналіз методів оперативного лікування складних переломів п'яткової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Актуальні питання хірургії стопи та інші актуальні питання ортопедії та травматології”; 2021 Лист 27; Київ; 2021.

[206] Годуадзе ГН. Ефективність мінімальноінвазивних хірургічних методів при лікуванні внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки. Матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції “Світ наукових досліджень” [інтернет]; 2023 Лют 15; Київ; 2023. Доступно: <https://www.economy-confer.com.ua/full-article/4255/>

[207] Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ. М'якотканинні ускладнення в ранньому післяопераційному періоді після остеосинтезу п'яткової кістки. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. 2023;23(2.1):8–12. doi:10.31718/2077-1096.23.2.1.8.

[208] Годуадзе ГН. Ускладнення хірургічного лікування складних переломів п'яткової кістки та методи їх профілактики. Збірник матеріалів конгресу студентів та молодих учених “Майбутнє за наукою”; 2023 Квіт 10–12; Тернопіль; 2023, с. 125.

ВИСНОВКИ

В дисертації наведено теоретичне узагальнення та запропоновано вирішення актуального наукового завдання – покращення результатів лікування хворих із внутрішньосуглобовими переломами п'яткової кістки, що має суттєве значення для сучасної медицини, а саме травматології та ортопедії.

1. Аналіз сучасних підходів до лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки показав, що, попри значний прогрес у розвитку хірургічних технологій, проблема вибору оптимальної тактики лікування залишається актуальною. Традиційні методи відкритого накісткового остеосинтезу через розширений латеральний доступ забезпечують адекватну візуалізацію уламків, тим не менш поставлені під сумнів за рахунок високої травматичності доступу, порушенням кровопостачання та порівняно високим ризиком післяопераційних ускладнень. Малоінвазивні методики остеосинтезу, як свідчать дослідження, дозволяють зменшити хірургічну агресію, скоротити тривалість операційного втручання та госпіталізації, а також покращити функціональні результати лікування.

2. Проведене анатомо-топографічне дослідження поширеності та морфологічних особливостей живильних отворів п'яткової кістки демонструє їх кількісну перевагу на латеральній (в середньому $52,57 \pm 2,67$ отворів) та медіальній поверхнях (в середньому $29,00 \pm 0,70$ отворів), що склало 44,40% та 24,84% відповідно. При цьому на зовнішній поверхні переважна більшість отворів (70,69%) локалізується в ділянці п'яткового горба, і лише 29,31% отворів знаходяться в ділянці тіла та переднього відділу. Тоді як на внутрішній поверхні спостерігали більш рівномірний розподіл (41,73% у задній частині та 58,27% у ділянці тіла та переднього відділу). З огляду на це, хірургічна тактика повинна бути спрямована на максимальне збереження кровопостачання та живильних отворів латеральної поверхні ділянки п'яткового горба та переднього відділу п'яткової кістки, що є важливою передумовою оптимальної репаративної регенерації та консолідації кісткової тканини.

3. Проведений аналіз співвідношення місць інсерції елементів сухожильно-зв'язкового апарату на поверхні п'яткової кістки до типових фрагментів при переломах продемонстрував, що стабільність медіального фрагмента та обох уламків переднього відділу п'яткової кістки зумовлені наявністю множинних зв'язкових прикріплень у різних площинах. Було встановлено, що в ділянці латеральної частини задньої суглобової поверхні відсутні будь-які зв'язкові утворення, які могли б забезпечувати його додаткову стабілізацію. Аналіз цифрових фотографічних зображень з графічною розміткою дозволив підтвердити біомеханічну роль Ахіллового сухожилля, підшовного апоневрозу та довгої підшовної зв'язки у формуванні язикоподібного фрагмента та у патогенезі вкорочення та варусної деформації кістки внаслідок травми.

4. На основі отриманих анатомо-топографічних даних запропоновано алгоритм передопераційного планування хірургічної техніки з урахуванням сухожильно-зв'язкової стабілізації фрагментів, який ґрунтується на оцінці ступеня сухожильно-зв'язкової стабільності медіального та передніх фрагментів п'яткової кістки, а також бере до уваги ступінь депресії латеральної частини задньої суглобової поверхні. Також передбачено оцінку впливу Ахіллового сухожилля на задній фрагмент п'яткового горба. Використання запропонованого алгоритму сприятиме більш раціональному передопераційному плануванню, вибору оптимального доступу та методу фіксації, а також потенційно знижуватиме ризик післяопераційних ускладнень і незадовільних функціональних результатів лікування.

5. Удосконалена методика інтраопераційної репозиції уламків з використанням дистракційного пристрою для репозиції уламків п'яткової кістки дозволила підвищити точність відновлення анатомічних співвідношень (досягнувши нормальних параметрів кутів Беллера та Гіссана) у 95,5% оперованих пацієнтів, у порівнянні з 80% ефективності класичної техніки з використанням стрижня Шанца. Використання запропонованої методики репозиції внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки дозволило

скоротити час оперативного втручання в середньому на 38% та мінімізувати ризику ятрогенного пошкодження тканин пацієнта.

6. Удосконалення методики післяопераційної реабілітації із застосуванням запропонованого п'яtkового універсального розвантажувального ортезу дозволило скоротити строки безболісної вертикалізації пацієнтів на 66%, зменшити інтенсивність больового синдрому в середньому на 32,6% та покращити суб'єктивну переносимість на 15,5% у порівнянні з стандартними іммобілізаційними девайсами. Запропонований підхід сприяє профілактиці постіммобілізаційних контрактур та вторинних дегенеративних змін, в тому числі у суміжних ділянках.

7. Аналіз результатів лікування пацієнтів із внутрішньосуглобовими переломами п'яtkової кістки в залежності від методу хірургічного втручання показав, що, порівняно з накістковим остеосинтезом через розширений латеральний доступ, малоінвазивні методи хірургічного втручання дозволяють скоротити час втручання на 35,3% та 70,06% відповідно; зменшити тривалість стаціонарного лікування в середньому на 48,1% та 41,3% відповідно; знизити рівень післяопераційного болю на 48,8% та 61,4% відповідно; покращити показники індексу функції стопи (FFI) на 48,1% та 53,9% через 4 місяці та на 56,2% та 62,9% через 10 місяців після оперативного втручання; а також покращити функціональний стан опорного відділу нижньої кінцівки за шкалою AOFAS на 30,0% та 29,9% через 4 місяці та на 14,7% та 17,3% через 10 місяців після хірургічного втручання.

Загалом отримані результати підтверджують, що комплексний анатомо-біомеханічний підхід до лікування внутрішньосуглобових переломів п'яtkової кістки, поєднаний із малоінвазивними хірургічними технологіями та функціонально обґрунтованою реабілітацією, дозволяє достовірно покращити результати лікування та якість життя пацієнтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Chirayath A, Dhaniwala N, Kawde K. A comprehensive review on managing fracture calcaneum by surgical and non-surgical modalities. *Cureus*. 2024 Feb 23;16(2):e54786. doi:10.7759/cureus.54786.
2. Davis D, Seaman TJ, Newton EJ. Calcaneus fractures. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Aug 1.
3. Kowal I, Pelc M, Pili D, Tomczyk Ł, Operacz R, Morasiewicz P. Assessment of biomechanics following calcaneal fracture treatment with internal plate fixation or Ilizarov external fixation: a retrospective two-center study. *J Clin Med*. 2025;14:6651. doi:10.3390/jcm14186651.
4. Gougoulas N, McBride D, Maffulli N. Outcomes of management of displaced intra-articular calcaneal fractures. *Surgeon*. 2021 Oct;19(5):e222–e229. doi:10.1016/j.surge.2020.10.003.
5. Chapman MW. Fractures and fracture-dislocation of the ankle and foot. *J Am Med Assoc*. 1963;184:98–101.
6. Loudon AJ, Chiodo CP. Fractures of the calcaneus. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan.
7. Нікітін ПВ. Діагностика та лікування пошкоджень кісток стопи. Київ: Фенікс; 2005.
8. Biz C, Refolo M, Zinnarello FD, Crimì A, Dante F, Ruggieri P. A historical review of calcaneal fractures: from the crucifixion of Jesus Christ and Don Juan injuries to the current plate osteosynthesis. *Int Orthop*. 2022 Jun;46(6):1413–1422. doi:10.1007/s00264-022-05384-3.
9. Cotton F, Henderson F. Results of fracture of the os calcis. *Am J Orthop Surg*. 1916 May;14(5):290–298.
10. Лябах АП. Ускладнення після переломів п'яткової кістки та їх хірургічне лікування. *Вісник ортопедії травматології та протезування*. 2000;2(25):17–19.

11. Корж МА, Яременко ДО, Горидова ЛД, Романенко КК. Помилки та ускладнення в ортопедо-травматологічній практиці. Вісник ортопедії, травматології та протезування. 2010;2(579):5–10. doi:10.15674/0030-5987201025-10.
12. Leite CBG, Macedo RS, Saito GH, Sakaki MH, Kojima KE, Fernandes TD. Epidemiological study on calcaneus fractures in a tertiary hospital. *Rev Bras Ortop.* 2018 Jun;53(4):472–476. doi:10.1016/j.rboe.2018.05.014.
13. Нікітін ПВ. Тактика лікування пошкоджень кісток стопи у хворих із множинною та поєднаною травмою. Вісник ортопедії травматології та протезування. 2005;3(46):45–49.
14. Ahrberg AB, Leimcke B, Tiemann AH, Josten C, Fakler JK. Missed foot fractures in polytrauma patients: a retrospective cohort study. *Patient Saf Surg.* 2014;8:10. doi:10.1186/1754-9493-8-10.
15. Rammelt S, Zwipp H. Fractures of the calcaneus: current treatment strategies. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2014;81(3):177–196. PMID:24945387.
16. Gougoulas N, Khanna A, McBride DJ, Maffulli N. Management of calcaneal fractures: systematic review of randomized trials. *Br Med Bull.* 2009;92:153–167. doi:10.1093/bmb/ldp030.
17. Guerado E, Bertrand ML, Cano JR. Management of calcaneal fractures: what have we learnt over the years? *Injury.* 2012 Oct;43(10):1640–1650. doi:10.1016/j.injury.2012.05.011.
18. Allegra PR, Rivera S, Desai SS, Aiyer A, Kaplan J, Gross CE. Intra-articular calcaneus fractures: current concepts review. *Foot Ankle Orthop.* 2020 Jul 28;5(3):2473011420927334. doi:10.1177/2473011420927334.
19. Bruce J, Sutherland A. Surgical versus conservative interventions for displaced intra-articular calcaneal fractures. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(1):CD008628. doi:10.1002/14651858.CD008628.pub2.
20. Aslan A, Sargın S, Gülcü A, Konya MN. Clinical, radiological and patient-reported outcomes in intra-articular calcaneal fractures: comparison of

conservative and surgical treatment. *Eklemler Hastalik Cerrahisi*. 2019 Aug;30(2):143–148. doi:10.5606/ehc.2019.66447.

21. Li B, Wu G, Yang Y. Conservative versus surgical treatment for displaced fracture of the medial process of the calcaneal tuberosity. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2016 Aug;24(2):163–166. doi:10.1177/230949901602400208.

22. Jiang N, Lin QR, Diao XC, Wu L, Yu B. Surgical versus nonsurgical treatment of displaced intra-articular calcaneal fracture: a meta-analysis. *Int Orthop*. 2012 Aug;36(8):1615–1622. doi:10.1007/s00264-012-1563-0.

23. Бодня ОІ. Клініко-біомеханічне обґрунтування малоінвазивного остеосинтезу при лікуванні переломів кісток заднього відділу стопи та їх наслідків [дисертація]. Одеса: Одеський національний медичний університет; 2021. 344 с.

24. Griffin D, Parsons N, Shaw E, Kulikov Y, Hutchinson C, Thorogood M, et al. Operative versus nonoperative treatment for closed, displaced, intra-articular fractures of the calcaneus: a randomized controlled trial. *BMJ*. 2014;349:g4483. doi:10.1136/bmj.g4483.

25. Schepers T. Displaced intra-articular fractures of the calcaneus with an emphasis on minimally invasive surgery [thesis]. Rotterdam: Erasmus Universiteit Rotterdam; 2009.

26. Lewis SR, Pritchard MW, Solomon JL, Griffin XL, Bruce J. Surgical versus non-surgical interventions for displaced intra-articular calcaneal fractures. *Cochrane Database Syst Rev*. 2023 Nov 7;11(11):CD008628. doi:10.1002/14651858.CD008628.pub3.

27. Лябах АП, Міхневич ОЕ, Нанинець ВЯ. Переломи п'яркової кістки: порівняльний аналіз оперативного та консервативного лікування. *Вісник ортопедії травматології та протезування*. 2009;3:37–40.

28. Vasa E, Koluman A. Modified percutaneous fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures. *Eklemler Hastalik Cerrahisi*. 2019 Aug;30(2):168–174. doi:10.5606/ehc.2019.66386.

29. Majeed H, Barrie J, Munro W, McBride D. Minimally invasive reduction and percutaneous fixation versus open reduction and internal fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures: a systematic review. *EFORT Open Rev.* 2018 Jul;3(7):418–425. doi:10.1302/2058-5241.3.170043.
30. Miyamura S, Ota H, Okamoto M, Namba J, Yamamoto K. Surgical Treatment of Calcaneal Avulsion Fracture in Elderly Patients Using Cannulated Cancellous Screws and Titanium Wire. *J Foot Ankle Surg.* 2016 Jan-Feb;55(1):157-60. doi: 10.1053/j.jfas.2015.08.008.
31. Ene R, Popescu D, Panaitescu C, Circota G, Cirstoiu M, Cirstoiu C. Low complications after minimally invasive fixation of calcaneus fracture. *J Med Life.* 2013;6(1):80–83.
32. Zhang G, Ding S, Ruan Z. Minimally invasive treatment of calcaneal fracture. *J Int Med Res.* 2019 Aug;47(8):3946–3954. doi:10.1177/0300060519853402.
33. Bondi M, Piotto L, Zanetti G, Pizzoli A. Minimally invasive treatment of calcaneus fracture. *Joints.* 2025;3:e1651. doi:10.26355/joints_20259_1651.
34. Siromeatnicov M. Current concepts in the management of calcaneal fractures. *Mold J Health Sci.* 2025;1(12):69–77. doi:10.52645/MJHS.2025.1.11.
35. Zwipp H, Rammelt S, Barthel S. Calcaneal fractures– open reduction and internal fixation (ORIF). *Injury.* 2004 Sep;35 Suppl 2:SB46–SB54. doi:10.1016/j.injury.2004.07.011.
36. Kumar SV, Krishna LG, Singh D, Kumar P, Arora S, Dhaka S. Evaluation of functional outcome and complications of locking calcaneum plate for fracture calcaneum. *J Clin Orthop Trauma.* 2015;6(3):147–152. doi:10.1016/j.jcot.2015.05.006.
37. Лябах АП, Міхневич ОЕ, Нанинець ВЯ. Оперативне лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки. *Травма.* 2010;11(2):204–208.

38. Катаєв ІА, Танцюра ВП, Лобко ОЯ. Уніфікована комбінована спицестрижнева система черезкісткової керованої фіксації “Остеомеханік”. Київ; Реєстр медико-біологічних і науково-технічних нововведень. Київ. 1995.
39. Бодня ОІ, Сухін ЮВ. Лікування хворих з переломами п'яткової кістки методом комбінованого остеосинтезу. Вісник ортопедії травматології та протезування. 2019;4(103):88–96.
40. Gamal O, Shams A, El-Sayed Semaya AA. A protocol for percutaneous transarticular fixation of Sanders type II and III calcaneal fractures with or without an added mini-open approach. *J Foot Ankle Surg.* 2016;55(6):1202–1209. doi:10.1053/j.jfas.2016.07.013.
41. Pezzoni M, Salvi AE, Tassi M, Bruneo S. A minimally invasive reduction and synthesis method for calcaneal fractures: the “Brixian bridge” technique. *J Foot Ankle Surg.* 2009 Jan-Feb;48(1):85–88. doi:10.1053/j.jfas.2008.10.008.
42. Arastu M, Sheehan B, Buckley R. Minimally invasive reduction and fixation of displaced calcaneal fractures: surgical technique and radiographic analysis. *Int Orthop.* 2014 Mar;38(3):539–545. doi:10.1007/s00264-013-2235-4.
43. Mattiassich G, Litzlbauer W, Ponschab M, Ortmaier R, Rodemund C. Minimal-invasive Versorgung intraartikulärer Fersenbeinfrakturen mit dem 2-Punkt-Distraktor. *Oper Orthop Traumatol.* 2017 Apr;29(2):149–162. doi:10.1007/s00064-016-0478-0.
44. Pavone V, Sapienza M, Carnazza M, Vaccalluzzo MS, Leotta G, Sergi F, et al. Open reduction and internal fixation with plate and screw versus triplanar external fixation in the surgical treatment of calcaneal fractures: a retrospective cohort study. *J Clin Med.* 2024 Jun 27;13(13):3770. doi:10.3390/jcm13133770.
45. Silva LC, Heck JM, Guerra MT. Surgical treatment of intra-articular fractures of the calcaneus: comparison between flat plate and calcaneal plate. *Rev Bras Ortop.* 2016;52(1):29–34. doi:10.1016/j.rboe.2016.05.007.

46. Нікітін ПВ, Солдатенко СВ, Ріхтер ОА. Результати лікування хворих із внутрішньосуглобовими переломами п'яткових кісток після остеосинтезу пластинами. *Травма*. 2004;5(3):343–347.
47. Wu Z, Su Y, Chen W, Zhang Q, Liu Y, Li M, et al. Functional outcome of displaced intra-articular calcaneal fractures: a comparison between open reduction/internal fixation and a minimally invasive approach featuring an anatomical plate and compression bolts. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012 Sep;73(3):743–751. doi:10.1097/TA.0b013e318253b5f1.
48. Jin C, Weng D, Yang W, He W, Liang W, Qian Y. Minimally invasive percutaneous osteosynthesis versus ORIF for Sanders type II and III calcaneal fractures: a prospective randomized trial. *J Orthop Surg Res*. 2017;12:10. doi:10.1186/s13018-017-0511-5.
49. Lu B, Liu P, Wang Y, Yuan JB, Tang XM, Wei D, et al. Minimally invasive manipulative reduction with poking K-wire fixation in the treatment of various types of calcaneal fractures. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015;19(22):4220–4226.
50. Wallin KJ, Cozzetto D, Russell L, Hallare DA, Lee DK. Evidence-based rationale for percutaneous fixation technique of displaced intra-articular calcaneal fractures: a systematic review of clinical outcomes. *J Foot Ankle Surg*. 2014;53(6):740–743. doi:10.1053/j.jfas.2014.03.018.
51. Peng Y, Wang J, Feng B, Li Y, Zhu Y, Yuan W, et al. Calcaneus interlocking nail treatment for calcaneus fracture: a multicenter retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022 Oct 13;23(1):911. doi:10.1186/s12891-022-05871-z.
52. Verstappen C, Driessen MLS, Kalmet PHS, Brandts L, Kimman M, Edwards M, Hermans E, Poeze M. Permissive weight bearing versus restrictive weight bearing in surgically treated trauma patients with displaced intra-articular calcaneal fractures (the PIONEER study): study protocol for a multicenter randomized controlled trial. *Trials*. 2024 Nov 18;25(1):778. doi: 10.1186/s13063-024-08617-5.

53. Новакова ЛВ, Отрошко ВР. Фізична реабілітація при переломах кісток нижніх кінцівок. Медсестринство. 2024. doi:10.11603/2411-1597.2024.4.15048.
54. Hyer CF, Atway S, Berlet GC, Lee TH. Early weight bearing of calcaneal fractures fixated with locked plates: a radiographic review. *Foot Ankle Spec.* 2010 Dec;3(6):320–323. doi:10.1177/1938640010374121.
55. Sengodan VC, Sengodan MM. Early weight-bearing using percutaneous external fixator for calcaneal fracture. *J Surg Tech Case Rep.* 2012 Jul;4(2):98–102. doi:10.4103/2006-8808.110263.
56. Chen W, Liu B, Lv H, Su Y, Chen X, Zhu Y, et al. Radiological study of the secondary reduction effect of early functional exercise on displaced intra-articular calcaneal fractures after internal compression fixation. *Int Orthop.* 2017 Sep;41(9):1953–1961. doi:10.1007/s00264-017-3533-z.
57. Li Y, Xie L, Li W. Effect of early partial weight-bearing rehabilitative exercise on postoperative functional recovery of Sanders IV calcaneal fractures. *Am J Transl Res.* 2021 Jul 15;13(7):8316–8322.
58. World Health Organization. Injuries and violence: key facts [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2024.
59. Державна служба статистики України. Методологічні положення щодо статистичного аналізу причин смерті населення. Київ; 2023.
60. Guriev SO, Kushnir VA, Solovyov OS. Clinical and anatomical characteristics of road traffic injuries: mortality of victims. *Ukr J Clin Surg.* 2023. doi:10.26779/2786-832X.2023.4.46.
61. Ryngach NO. The mortality due to external causes in Ukraine: lives that could be saved. *Stat Ukr.* 2020;2–3:96–106.
62. Krishtafor AA. The structure of modern civilian multiple trauma at the stage of providing tertiary care in the intensive care unit of a regional hospital. *Emerg Med.* 2019;1(96):96–100. doi:10.22141/2224-0586.1.96.2019.158753.
63. Maskill JD, Bohay DR, Anderson JG. Calcaneus fractures: a review article. *Foot Ankle Clin.* 2005 Sep;10(3):463–489. doi:10.1016/j.fcl.2005.03.002.

64. Mitchell MJ, McKinley JC, Robinson CM. The epidemiology of calcaneal fractures. *Foot (Edinb)*. 2009 Dec;19(4):197–200. doi:10.1016/j.foot.2009.05.001.
65. Rubenson A, Mohaddes M, Carling M, Bergdahl C. Calcaneus fractures, epidemiology and treatment: data on 3949 fractures from the Swedish Fracture Register. *Foot Ankle Surg*. 2025 Jun;31(4):306–312. doi:10.1016/j.fas.2024.11.004.
66. Abdelwahab A, Elgouhary A, Abdelmagid M, Samy BM, Al-Ismaily H. Epidemiology of calcaneal fractures in a level one trauma center in the United Arab Emirates. *Saudi J Med Med Sci*. 2025 Jul-Sep;13(3):218–221. doi:10.4103/sjmms.sjmms_803_24.
67. Brauer CA, Manns BJ, Ko M, Donaldson C, Buckley R. An economic evaluation of operative compared with nonoperative management of displaced intra-articular calcaneal fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2005 Dec;87(12):2741–2749. doi:10.2106/JBJS.E.00166.
68. Clement RC, Lang PJ, Pettett BJ, Overman RA, Ostrum RF, Tennant JN. Sanders II/III calcaneus fractures in laborers: a cost-effectiveness analysis. *J Orthop Trauma*. 2017 Jun;31(6):299–304. doi:10.1097/BOT.0000000000000813.
69. Yoshimura I, Ichimura R, Kanazawa K. Simultaneous use of lateral calcaneal osteotomy and subtalar arthroscopic debridement for residual pain after a calcaneal fracture. *Foot Ankle Surg*. 2015;21:37–40. doi:10.1053/j.jfas.2014.09.049.
70. Сіменач Бі, Снісаренко Пі, Бабуркіна Оп. Артроз як теоретично-методологічна проблема. Харків: Крокус; 2004.
71. Нікітін Пв, Калашніков Ав, Попов Об. Помилки та ускладнення у лікуванні хворих із переломами та переломо-вивихами кісток стопи. Вісник ортопедії травматології та протезування. 2004;2(41):75–77.
72. Gardner MJ, Nork SE, Barei DP, Kramer PA, Sangeorzan BJ, Benirschke SK. Secondary soft tissue compromise in tongue-type calcaneus

fractures. *J Orthop Trauma*. 2008 Aug;22(7):439–445. doi:10.1097/BOT.0b013e31817ace7e.

73. Лябах АП, Нанинець ВЯ, Омельченко ТМ, Хомич СВ. Підтаранний артродез у лікуванні хворих з неправильно-консолідованими переломами п'яткової кістки. *Вісник ортопедії травматології та протезування*. 2012;2(73):15–19.

74. Нанинець ВЯ, Турчин АМ, Кулева ОВ. Реконструктивно-відновні операції при наслідках переломів п'яткової кістки. *Літопис травматології та ортопедії*. 2018;1–2(37–38):236–237.

75. Al-Ashhab MEA. Treatment for calcaneal malunion. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2013;23(8):961–966. doi:10.1007/s00590-012-1110-0.

76. Atkins RM. The treatment of calcaneal malunion. *Foot Ankle Clin*. 2014;19(3):521–540. doi:10.1016/j.fcl.2014.06.016.

77. DeVries JG, Scharer BJ. Hindfoot deformity corrected with double versus triple arthrodesis: radiographic comparison. *J Foot Ankle Surg*. 2015;54(3):424–427. doi:10.1053/j.jfas.2014.09.020.

78. Yu GR, Hu SJ, Yang YF. Reconstruction of calcaneal fracture malunion with osteotomy and subtalar joint salvage: technique and outcomes. *Foot Ankle Int*. 2013;34(5):726–733. doi:10.1177/1071100713479766.

79. Rawicki N, Wyatt R, Kusnezov N, Kanlic E, Abdelgawad A. High incidence of postoperative infection after sinus tarsi approach for treatment of intra-articular calcaneal fractures. *Patient Saf Surg*. 2015;9:25. doi:10.1186/s13037-015-0065-6.

80. Coughlin MJ. Calcaneal fractures in the industrial patient. *Foot Ankle Int*. 2000 Nov;21(11):896–905. doi:10.1177/107110070002101102.

81. Mortelmans LJ, Du Bois M, Donceel P, Broos PL. Impairment and return to work after intra-articular fractures of the calcaneus. *Acta Chir Belg*. 2002 Oct;102(5):329–333. doi:10.1080/00015458.2002.11679325.

82. Peters S, Persson J, Loughlin PO, Krettek C, Gaulke R. Long-term economical effects of isolated calcaneus fracture depending on insurance status, age, occupation and fracture type. *Clin Res Foot Ankle*. 2017;5:225.
83. Balu AR, Baumann AN, Burkhead D, Talaski GM, Anastasio AT, Walley KC, et al. Assessing the biomechanical, kinematic, and force distribution properties of the foot following tarsometatarsal joint arthrodesis: a systematic review. *Appl Sci (Basel)*. 2024;14(2):765.
84. Guenka LC, Carrasco AC, Pelegrinelli ARM, et al. Influence of the medial longitudinal arch of the foot in adult women on ankle isokinetic performance: a cross-sectional study. *J Foot Ankle Res*. 2021;14:43. doi:10.1186/s13047-021-00461-0.
85. Salathe EP, Arangio GA. A biomechanical model of the foot: the role of muscles, tendons, and ligaments. *J Biomech Eng*. 2002 Jun;124(3):281–287. doi:10.1115/1.1468865.
86. Netter FH. *Atlas of human anatomy*. 7th ed. Philadelphia: Elsevier; 2019.
87. Гринь ВГ, Рябушко ММ, Білаш ВП, Свінцицька НЛ, Устенко РЛ, Пілюгін АВ та ін. Структурні особливості п'яткової кістки та їх клінічне значення в ортопедії і реабілітації. *Вісник проблем біології і медицини*. 2025;3:19–27.
88. McNutt EJ, Zipfel B, DeSilva JM. The evolution of the human foot. *Evol Anthropol*. 2018 Sep;27(5):197–217. doi:10.1002/evan.21713.
89. Гринь ВГ, Тихонова ОО, Тарасенко ЯА, Білаш ВП, Северин ЮМ, Стриженок ВП та ін. Кісткова опора стопи: анатомія та варіативність п'яткової кістки. *Вісник проблем біології і медицини*. 2025;2:82–87. doi:10.26641/1997-9665.2025.2.82-87.
90. Figus C, Carlson KJ, Bortolini E, Saers J, Seghi F, Sorrentino R, et al. The ontogeny of the human calcaneus: insights from morphological and trabecular changes during postnatal growth. *Am J Biol Anthropol*. 2025 Feb;186(2):e70007. doi:10.1002/ajpa.70007.

91. Latimer B, Lovejoy CO. The calcaneus of *Australopithecus afarensis* and its implications for the evolution of bipedality. *Am J Phys Anthropol.* 1989 Mar;78(3):369–386. doi:10.1002/ajpa.1330780306.
92. Prang TC. Calcaneal robusticity in Plio-Pleistocene hominins: implications for locomotor diversity and phylogeny. *J Hum Evol.* 2015 Mar;80:135–146. doi:10.1016/j.jhevol.2014.09.001.
93. Bajraliu M, Walley KC, Kwon JY. Rationale for the hypodense calcaneal region of Ward’s neutral triangle. *Orthop J Harv Med Sch.* 2016;17:63–67.
94. Sabry FF, Ebraheim NA, Mehalik JN, Rezcallah AT. Internal architecture of the calcaneus: implications for calcaneus fractures. *Foot Ankle Int.* 2000 Feb;21(2):114–118. doi:10.1177/107110070002100204.
95. Yu Q, Li Z, Li J, Yu Q, Zhang L, Liu D, et al. Calcaneal fracture maps and their determinants. *J Orthop Surg Res.* 2022 Jan 21;17(1):39. doi:10.1186/s13018-022-02930-y.
96. Gupton M, Özdemir M, Terreberry RR. Anatomy, bony pelvis and lower limb: calcaneus. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
97. Stephan D, Panzer S, Göttliger M, Augat P. Analysis of the intra-individual differences of the joint surfaces of the calcaneus. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2014;17(15):1635–1641. doi:10.1080/10255842.2012.759564.
98. Böhler L. Diagnosis, pathology, and treatment of fractures of the os calcis. *J Bone Joint Surg Am.* 1931;13:75–89.
99. Harrison SH. Accident surgery– the life and times of William Gissane. *Injury.* 1984;16(3):145–154. doi:10.1016/0020-1383(84)90150-5.
100. Su Y, Chen W, Zhang T, Wu X, Wu Z, Zhang Y. Böhler’s angle’s role in assessing injury severity and functional outcome of internal fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures. *BMC Surg.* 2013 Sep 24;13:40. doi:10.1186/1471-2482-13-40.

101. Court-Brown CM, Heckman JD, McQueen MM, Ricci WM, Tornetta P, McKee MD, editors. *Rockwood and Green's fractures in adults*. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2020. p. 2867–2875.
102. Sanders R. Displaced intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am*. 2000 Feb;82(2):225–250. doi:10.2106/00004623-200002000-00009.
103. Ruzik K, Gonera B, Podgórski M, et al. Anatomical variations of the calcaneofibular ligament in human foetuses. *Sci Rep*. 2023 Jul;13(1):11016. doi:10.1038/s41598-023-37799-2.
104. Michels F, Vereecke E, Matricali G. Role of the intrinsic subtalar ligaments in subtalar instability and consequences for clinical practice. *Front Bioeng Biotechnol*. 2023;11:1047134. doi:10.3389/fbioe.2023.1047134.
105. Robbins JB, Stahel SA, Morris RP, Jupiter DC, Chen J, Panchbhavi VK. Radiographic anatomy of the lateral ankle ligament complex: a cadaveric study. *Foot Ankle Int*. 2024 Feb;45(2):179–187. doi:10.1177/10711007231213355.
106. Ruzik K, Czech A, Drobniowski M, Borowski A, Olewnik Ł. A previously unknown variant of the calcaneofibular ligament. *Folia Morphol (Warsz)*. 2025;84(1):276–280. doi:10.5603/fm.100002.
107. Szaro P, Ghali Gataa K, Polaczek M, Ciszek B. Double fascicular variations of the anterior talofibular and calcaneofibular ligaments correlate with interconnections between lateral ankle structures on MRI. *Sci Rep*. 2020;10(1):20801. doi:10.1038/s41598-020-77856-8.
108. Michels F, Clockaerts S, Van Der Bauwhede J, Stockmans F, Matricali G. Does subtalar instability really exist? A systematic review. *Foot Ankle Surg*. 2020 Feb;26(2):119–127. doi:10.1016/j.fas.2019.02.001.
109. Edama M, Takabayashi T, Inai T, Hirabayashi R, Ikezu M, Kaneko F, et al. Morphological features of the cervical ligament. *Surg Radiol Anat*. 2020 Feb;42(2):215–218. doi:10.1007/s00276-019-02364-y.

110. Fayed AM, Mansur NSB, Fatemi N, Femino JE. A case report of isolated cervical ligament rupture with hyper-pronation injury: specific MRI protocol and surgical reconstruction. *Iowa Orthop J.* 2024;44(1):23–29.
111. Jotoku T, Kinoshita M, Okuda R, Abe M. Anatomy of ligamentous structures in the tarsal sinus and canal. *Foot Ankle Int.* 2006 Jul;27(7):533–538. doi:10.1177/107110070602700709.
112. Tochigi Y, Yoshinaga K, Wada Y, Moriya H. Acute inversion injury of the ankle: magnetic resonance imaging and clinical outcomes. *Foot Ankle Int.* 1998 Nov;19(11):730–734. doi:10.1177/107110079801901103.
113. Iglesias-Durán E, Guerra-Pinto F, Ojeda-Thies C, Vilá-Rico J. Reconstruction of the interosseous talocalcaneal ligament using allograft for subtalar joint stabilization. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2023 Dec;31(12):6080–6087. doi:10.1007/s00167-023-07622-6.
114. Edama M, Ikezu M, Kaneko F, et al. Morphological features of the bifurcated ligament. *Surg Radiol Anat.* 2019;41(1):3–7. doi:10.1007/s00276-018-2089-y.
115. Baumbach SF, Kistler M, Gaube FP, Bartz B, Traxler H, Throckmorton Z, et al. Anatomical and biomechanical evaluation of the lateral calcaneocuboid and bifurcate ligaments. *Foot Ankle Surg.* 2022 Dec;28(8):1300–1306. doi:10.1016/j.fas.2022.06.007.
116. Aoki A, Makihara Y, Tamura A, Ishii T, Kawagishi K. Anatomical analysis of ligaments surrounding the calcaneocuboid joint: implications for foot stability. *Surg Radiol Anat.* 2024 Apr;46(4):425–431. doi:10.1007/s00276-024-03303-2.
117. Edama M, Takabayashi T, Yokota H, Hirabayashi R, Sekine C, Kageyama I. Morphological characteristics of the plantar calcaneocuboid ligaments. *J Foot Ankle Res.* 2021;14(1):3. doi:10.1186/s13047-020-00443-7.
118. Long X, Du X, Yuan C, Xu J, Liu T, Zhang Y. Finite element analysis of the plantar support for the medial longitudinal arch with flexible flatfoot. *PLoS One.* 2025 Jan;20(1):e0313546. doi:10.1371/journal.pone.0313546.

119. Loozen L, Veljkovic A, Younger A. Deltoid ligament injury and repair. *J Orthop Surg.* 2023;31(2). doi:10.1177/10225536231182345.
120. Dalmau-Pastor M, Malagelada F, Guelfi M, Kerkhoffs G, Karlsson J, Calder J, et al. The deltoid ligament is constantly formed by four fascicles reaching the navicular, spring ligament complex, calcaneus and talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2024 Dec;32(12):3065–3075. doi:10.1002/ksa.12173.
121. Feger J, Luong D, Weerakkody Y, et al. Tibiocalcaneal ligament [Internet]. *Radiopaedia.org*; 2025 [cited 2025 Apr 11]. Available from: <https://radiopaedia.org/articles/tibiocalcaneal-ligament-1>
122. Jiang JT, Wang X, Li J, Huang W. Ipsilateral talus and calcaneus fracture associated with deltoid ligament rupture and peroneal tendon subluxation. *Asian J Surg.* 2024 Jun;47(6):2707. doi:10.1016/j.asjsur.2024.03.102.
123. Martinez-Franco A, Gijon-Nogueron G, Franco-Romero AG, Tejero S, Torrontegui-Duarte M, Jimenez-Diaz F. Ultrasound examination of the ligament complex within the medial aspect of the ankle and foot. *J Ultrasound Med.* 2022 Nov;41(11):2897–2905. doi:10.1002/jum.15964.
124. Mania S, Beeler S, Wirth S, Viehofer A. Talocalcaneal ligament reconstruction kinematic simulation for progressive collapsing foot deformity. *Foot Ankle Int.* 2024 Feb;45(2):166–174. doi:10.1177/10711007231213361.
125. Pastore D, Cerri GG, Haghghi P, Trudell DJ, Resnick DL. Ligaments of the posterior and lateral talar processes: MRI and MR arthrography of the ankle and posterior subtalar joint with anatomic and histologic correlation. *AJR Am J Roentgenol.* 2009 Apr;192(4):967–973. doi:10.2214/AJR.08.1207.
126. Cankaya B, Ogul H. An inconspicuous stabilizer of the subtalar joint: MR arthrographic anatomy of the posterior talocalcaneal ligament. *Skeletal Radiol.* 2021 Apr;50(4):705–710. doi:10.1007/s00256-020-03615-5.
127. Vadell AM, Peratta M. Calcaneonavicular ligament: anatomy, diagnosis, and treatment. *Foot Ankle Clin.* 2012 Sep;17(3):437–448. doi:10.1016/j.fcl.2012.07.002.

128. Mizuno D, Otsuka S, Shan X, Umemoto K, Naito M. Variation in the origin of the plantar aponeurosis and its relationship to the origin of the abductor hallucis muscle. *Clin Anat*. 2024 Nov;37(8):925–929. doi:10.1002/ca.24164.
129. Chen DW, Li B, Aubeeluck A, Yang YF, Huang YG, Zhou JQ, Yu GR. Anatomy and biomechanical properties of the plantar aponeurosis: a cadaveric study. *PLoS One*. 2014 Jan 2;9(1):e84347. doi:10.1371/journal.pone.0084347.
130. Turchin O, Hrygorovska A, Snisarevskiy P, Lyabakh A. Plantar aponeurosis features according to the results of anatomical research. *ORTHOPAEDICS TRAUMATOLOGY and PROSTHETICS*. 2020;(4):70–74. doi:10.15674/0030-59872019470-74.
131. Levenets V, Osadchaya L. The diagnosis and treatment of plantar fasciitis. *ORTHOPAEDICS TRAUMATOLOGY and PROSTHETICS*. 2009;(3):80–85. doi:10.15674/0030-59872009380-85.
132. Turchin O, Liabakh A, Burianov O, Omelchenko T, Osadcha L. Ultrasonographic changes of plantar fascia in patients with plantar fasciitis due to acquired flat foot. *Ann Rheum Dis*. 2022 Jun;81(Suppl 1):1795. doi:10.1136/annrheumdis-2022-eular.5097.
133. Naňka O, Sedmera D, Rammelt S, Bartoníček J. Anatomy of the Achilles tendon: a pictorial review. *Orthopadie (Heidelb)*. 2024 Oct;53(10):721–730. doi:10.1007/s00132-024-04555-x.
134. Andermahr J, Helling HJ, Rehm KE, Koebke J. The vascularization of the os calcaneum and the clinical consequences. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;(363):212–218.
135. Donders JCE, Klinger CE, Shaffer AD, et al. Quantitative and qualitative assessment of the relative arterial contributions to the calcaneus. *Foot Ankle Int*. 2018;39(5):604–612. doi:10.1177/1071100717749229.
136. Wakode NS, Wakode S, Kujur B. Morphometric analysis of vascular foramina in Indian dry calcanei and its clinical applications. *J Nat Sci Biol Med*. 2018;9:132–136. doi:10.4103/jnsbm.JNSBM_35_18.

137. Flores R, Bui-Mansfield LT. Vascular anatomy of the calcaneus and its implication in stress fractures and avascular necrosis. *Contemp Diagn Radiol*. 2013;36(5):1–6. doi:10.1097/01.CDR.0000427469.46775.48.
138. Attinger CE. Vascular territories of the foot and ankle. *Plast Reconstr Surg*. 2006;117(7 Suppl):261S–293S. doi:10.1097/01.prs.0000222582.84385.54.
139. Alexandrescu V, Söderström M, Venermo M. Angiosome theory: fact or fiction? *Scand J Surg*. 2012;101(2):125–131. doi:10.1177/145749691210100209.
140. Cotton FJ. Os calcis fracture. *Ann Surg*. 1916 Oct;64(4):480–486. doi:10.1097/00000658-191610000-00010.
141. Meinberg EG, Agel J, Roberts CS, Karam MD, Kellam JF. Fracture and dislocation classification compendium– 2018. *J Orthop Trauma*. 2018 Jan;32(Suppl 1):S1–S170. doi:10.1097/BOT.0000000000001063.
142. Sanders R, Fortin P, DiPasquale T, Walling A. Operative treatment in 120 displaced intra-articular calcaneal fractures: results using a prognostic computed tomography scan classification. *Clin Orthop Relat Res*. 1993 May;(290):87–95.
143. Daftary A, Haims AH, Baumgaertner MR. Fractures of the calcaneus: a review with emphasis on CT. *Radiographics*. 2005 Sep-Oct;25(5):1215–1226. doi:10.1148/rg.255045713.
144. Galluzzo M, Greco F, Pietragalla M, De Renzis A, Carbone M, Zappia M, et al. Calcaneal fractures: radiological and CT evaluation and classification systems. *Acta Biomed*. 2018 Jan 19;89(1 Suppl):138–150. doi:10.23750/abm.v89i1-S.7017.
145. Essex-Lopresti P. The mechanism, reduction technique and results in fractures of the os calcis. *Br J Surg*. 1952;39(156):395–419.
146. Zwipp H, Tscherne H, Wülker N, Grote R. Der intraartikuläre Fersenbeinbruch. Klassifikation, Bewertung und Operationstaktik. *Unfallchirurg*. 1989 Mar;92(3):117–129.
147. Козопас ВС. Аналіз сучасного стану лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткових кісток. *Травма*. 2017;18(2):103–105. doi:10.22141/1608-1706.2.18.2017.102566.

148. Razik A, Harris M, Trompeter A. Calcaneal fractures: where are we now? *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2018 Apr;13(1):1–11. doi:10.1007/s11751-017-0297-3.

149. Schepers T, van Lieshout EMM, van Ginhoven TM, Heetveld MJ, Patka P. Current concepts in the treatment of intra-articular calcaneal fractures: results of a nationwide survey. *Int Orthop.* 2008 Oct;32(5):711–715. doi:10.1007/s00264-007-0385-y.

150. AO Foundation. AO surgery reference: calcaneus– ORIF with plate fixation [Internet]. Davos: AO Foundation; 2018. Available from: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/calcaneous>

151. Xia S, Lu Y, Wang H, Wu Z, Wang Z. Open reduction and internal fixation with conventional plate via L-shaped lateral approach versus percutaneous plate via sinus tarsi approach for calcaneal fractures: a randomized controlled trial. *Int J Surg.* 2014;12(5):475–480. doi:10.1016/j.ijssu.2014.03.001.

152. Santosha GS, Singh AM, Waikhom S, Pakhrin V, Mukherjee S, Debbarma R, et al. Open reduction and internal fixation of displaced intra-articular calcaneum fractures by locking calcaneal plate. *J Clin Diagn Res.* 2016 Oct;10(10):RC18–RC21. doi:10.7860/JCDR/2016/22332.9051.

153. Clare MP, Crawford WS. Managing complications of calcaneus fractures. *Foot Ankle Clin.* 2017 Mar;22(1):105–116. doi:10.1016/j.fcl.2016.09.007.

154. Hu W, Huang C, Zhang Y, Wang X, Jiang Y. A nomogram for predicting postoperative wound complications after open reduction and internal fixation for calcaneal fractures. *Int Wound J.* 2022 Dec;19(8):2163–2173. doi:10.1111/iwj.13822.

155. Larose G, Tufescu T, Vidal R, Laxdal I. Soft tissue complications following extensile lateral compared with minimally invasive surgical approaches in operative treatment of calcaneus fractures. *Can J Surg.* 2022 Nov;65(6):E792–E797. doi:10.1503/cjs.021221.

156. Eltabbaa AY, El-Rosasy MA, El-Tabbakh MR, et al. Minimally invasive K-wire fixation of displaced intra-articular calcaneal fractures through a minimal sinus tarsi approach. *J Orthop Traumatol*. 2023;24:4. doi:10.1186/s10195-022-00680-5.

157. Wang Y, Ye G, Zhang Y. Effectiveness of minimally invasive plate and medial supporting cannulated screw fixation via tarsal sinus approach for Sanders type II and III calcaneal fractures. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2022 Dec 15;36(12):1471–1478.

158. Бодня ОІ, винахідник; Бодня ОІ, патентовласник. Спосіб малоінвазивного остеосинтезу переломів п'яткової кістки. Патент України № 120307; 2019 Лист 11.

159. Reed LA, Mihas A, Andrews NA, Agarwal A, Wall KC, Spitler CA, et al. Complication rates are similar between patients aged <50 and >50 years in calcaneus fractures treated with the sinus tarsi approach. *Foot Ankle Orthop*. 2022 Aug 2;7(3):24730114221115678. doi:10.1177/24730114221115678.

160. Meena S, Gangary SK, Sharma P. Operative versus nonoperative treatment for displaced intra-articular calcaneal fracture: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2016;24(3):411–416. doi:10.1177/1602400328.

161. Law GW, Yeo NE, Yeo W, Koo K, Chong KW. Subtalar arthroscopy and fluoroscopy in percutaneous fixation of intra-articular calcaneal fractures. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2017;25(1):2309499016684995. doi:10.1177/2309499016684995.

162. Tomesen T, Biert J, Frölke JPM. Treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures with closed reduction and percutaneous screw fixation. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93-A:920–928. doi:10.2106/JBJS.H.01834.

163. Радомський ОА, Рябокони ПВ. Розробка способу остеосинтезу внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки блокованим стрижнем (остеометричне дослідження). *Травма*. 2014;15(3):76–79. doi:10.22141/1608-1706.3.15.2014.81628.

164. Zhang J, Ebraheim N, Lausé GE, Baiping X, Rongming X. A comparison of absorbable screws and metallic plates in treating calcaneal fractures: a prospective randomized trial. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;72(2):E106–E110. doi:10.1097/TA.0b013e3182231811.

165. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 1994;15(7):349–353. doi:10.1177/107110079401500701.

166. Budiman-Mak E, Conrad K, Roach K. The Foot Function Index: a measure of foot pain and disability. *J Clin Epidemiol.* 1991;44(6):561–570. doi:10.1016/0895-4356(91)90220-4.

167. Hoduadze HN, Pelypenko OV. The role of the foot ligaments in the formation of complex calcaneal fractures. *TRAUMA.* 2025;26(3):119–127. doi:10.22141/1608-1706.3.26.2025.1012.

168. Годуадзе ГН. Особливості впливу сухожильно-зв'язкового апарату заднього відділу стопи на формування складних переломів п'яткової кістки. Збірник матеріалів конгресу студентів та молодих учених “Майбутнє за наукою”; 2025 Квіт 9-12; Тернопіль; 2025, с. 410–411.

169. Hoduadze HN, Pelypenko OV. Anatomical and topographical characteristics of nutrient foramina in the calcaneus: implications for surgical approach and fixation. *Azerbaijan Medical Journal.* 2025;(4):110–117. doi:10.34921/amj.2025.4.018.

170. Годуадзе ГН. Медико-соціальні особливості лікування пацієнтів з білатеральними переломами п'яткової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених “Медична наука – 2024”; 2024 Груд 5; Полтава; 2024, с. 44–45.

171. Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ. Роль комп'ютерної томографії у плануванні оперативних втручань при внутрішньосуглобових переломах п'яткової кістки. Збірка тез та статей науково-практичної інтернет-конференції з міжнародною участю “Сучасні проблеми вивчення медико-

екологічних аспектів здоров'я людини"; 2023 Жовт 19–20; Полтава; 2023, с. 35–37.

172. Нікітін ПВ, винахідник; Державна установа «Інститут травматології та ортопедії національної академії медичних наук України», патентовласник. Пристрій для репозиції та зовнішньої фіксації внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки. Патент України № 62333; 2003 Груд 15.

173. Бабоша ВО, Кривенко СМ, Бодня ОІ, винахідники; Донецький національний медичний університет, патентовласник. Пристрій для позаосередкового остеосинтезу переломів п'яткової кістки. Патент України № 29275; 2000 Жовт 16.

174. Бодня ОІ, винахідник; Бодня ОІ, патентовласник. Пристрій для стрижневої керованої фіксації переломів п'яткової кістки. Патент України № 140187; 2020 Лют 10.

175. Годуадзе ГН. Методика закритої непрямой інтраопераційної репозиції при остеосинтезі складних переломів п'яткової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених “Медична наука – 2023”; 2023 Груд 1; Полтава; 2023, с. 48–50.

176. Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ, винахідники; Полтавський державний медичний університет, патентовласник. Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яткової кістки. Патент України №159519. 2025 Черв 11.

177. Годуадзе ГН. Варіанти оперативного лікування переломів п'яткової кістки. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції лікарів-інтернів; 2022 Трав 25; Полтава; 2021, с. 57–58.

178. Arzehgar A, Nia RGNN, Hoseinkhani M, Masoumi F, Sayyed-Hosseini SH, Eslami S. An overview of plantar pressure distribution measurements and its applications in health and medicine. *Gait Posture*. 2025 Mar;117:235–244. doi:10.1016/j.gaitpost.2024.12.022.

179. Hulshof CM, van Netten JJ, Dekker MG, Pijnappels M, Bus SA. In-shoe plantar pressure depends on walking speed and type of weight-bearing activity in people with diabetes at high risk of foot ulceration. *Clin Biomech (Bristol)*. 2023 May;105:105980. doi:10.1016/j.clinbiomech.2023.105980.
180. Wolff C, Steinheimer P, Warmerdam E, Dahmen T, Slusallek P, Schlinkmann C, et al. Characteristic changes of the stance-phase plantar pressure curve when walking uphill and downhill. *J Med Internet Res*. 2024;26:e44948. doi:10.2196/44948.
181. Giddings VL, Beaupré GS, Whalen RT, Carter DR. Calcaneal loading during walking and running. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(3):627–634. doi:10.1097/00005768-200003000-00012.
182. Talbott H, Jha S, Gulati A, Brockett C, Mangwani J, Pegg EC. Clinically useful finite element models of the natural ankle: a review. *Clin Biomech (Bristol)*. 2023 Jun;106:106006. doi:10.1016/j.clinbiomech.2023.106006.
183. Wu J, Zhang L, Shen C, Wang X, Zhou X. Comparative 3D finite element analysis of intramedullary fixation versus locking plate fixation in calcaneal fractures using micro-CT image technology. *BMC Musculoskelet Disord*. 2024;25(1):1044. doi:10.1186/s12891-024-08020-w.
184. Peng Y, Luo G, Ni W. A finite element analysis of the optimal longitudinal screw trajectory for Sanders II and III calcaneal fractures fixed with percutaneous screws. *BMC Surg*. 2025;25(1):261. doi:10.1186/s12893-025-02949-y.
185. Lv ML, Ni M, Sun W, Wong DW, Zhou S, Jia Y, et al. Biomechanical analysis of a novel double-point fixation method for displaced intra-articular calcaneal fractures. *Front Bioeng Biotechnol*. 2022;10:791554. doi:10.3389/fbioe.2022.791554.
186. Han H, Li X, Ha C, et al. Finite element analysis and clinical application of percutaneous sustentaculum tali screw fixation for Sanders type II and III calcaneal fractures. *Sci Rep*. 2026. doi:10.1038/s41598-026-35521-6.

187. Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ. Особливості реабілітаційного періоду у пацієнтів зі складними переломами п'яткової кістки. Актуальні проблеми ортопедії та травматології: Ювілейний збірник наукових праць. [Інтернет]; 2024; Харків; 2024, с. 35–40. Доступно: <https://archive.sytenko.org.ua/handle/123456789/1573>

188. Calcaneus (heel) fracture: early weight bearing advice [Internet]. St Helens and Knowsley Teaching Hospitals NHS Trust; 2023 [cited 2026 Jan 11]. Available from: <https://sthk.merseywestlancs.nhs.uk>

189. Adhya B. Rehabilitation protocols for calcaneus fractures [Internet]. J Foot Ankle Surg Asia Pac. 2020 [cited 2026 Jan 11]. Available from: <https://www.jfasap.com>

190. Calcaneal fractures [Internet]. British Orthopaedic Foot & Ankle Society; [cited 2026 Jan 11]. Available from: <https://www.bofas.org.uk>

191. Zhang H, Lv ML, Liu Y, Sun W, Niu W, Wong DW, et al. Biomechanical analysis of minimally invasive crossing screw fixation for calcaneal fractures: implications for early weight-bearing rehabilitation. Clin Biomech (Bristol). 2020;80:105143. doi:10.1016/j.clinbiomech.2020.105143.

192. Kagami Y, Tokutake K, Takegami Y, Okui N, Sakai T, Inoue H, et al. Do heel-unloading orthoses improve clinical outcomes in patients after surgical treatment of calcaneal fracture? Prosthet Orthot Int. 2022;46(6):569–575. doi:10.1097/PXR.000000000000168.

193. Halanski M, Noonan KJ. Cast and splint immobilization: complications. J Am Acad Orthop Surg. 2008;16(1):30–40. doi:10.5435/00124635-200801000-00005.

194. Micheli LJ. Thromboembolic complications of cast immobilization for injuries of the lower extremities. Clin Orthop Relat Res. 1975;(108):191–195. doi:10.1097/00003086-197505000-00031.

195. Haque A, Parsons H, Parsons N, Costa ML, Redmond AC, Mason J, et al. Use of cast immobilization versus removable brace in adults with an ankle

fracture: two-year follow-up of a multicentre randomized controlled trial. *Bone Joint J.* 2023;105-B(4):382–388. doi:10.1302/0301-620X.105B4.BJJ-2022-0602.R3.

196. Yoo CH, Kang C, Hwang DS, Hwang JM, Lee GS, Park YC. Radiological and clinical effectiveness of a novel calcaneal fracture brace after intra-articular calcaneal fracture surgery. *Clin Orthop Surg.* 2018;10(3):374–379. doi:10.4055/cios.2018.10.3.374.

197. Münch T. Proof of functionality of the heel-unloading orthosis according to Dr Settner/Münch. *Orthop Tech.* 2002;2:646D145.

198. Schmal H, Larsen AH, Froberg L, Erichsen JL, Madsen CF, Pedersen L. The effect of a heel-unloading orthosis in short-term treatment of calcaneus fractures on physical function, quality of life and return to work: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2019;20(1):324. doi:10.1186/s13063-019-3447-8.

199. Atallah H, Qufabz T, Bakhsh HR, Ferriero G. The current state of 3D-printed orthoses clinical outcomes: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2025;26(1):822. doi:10.1186/s12891-025-09070-4.

200. Leigh M, Codors F, Samaila EM, Mazzotti A, Villafane JH, Bosetti M et al. Current concepts about calcaneal fracture management: a review. *Appl Sci (Basel).* 2023;13(4):2461.

201. Cai YT, Song YK, He MC, He XM, Wei QS, He W. Global research trends and hotspots in calcaneal fracture: a bibliometric analysis (2000–2021). *Front Surg.* 2023;9:940432. doi:10.3389/fsurg.2022.940432.

202. Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Малик СВ, Гончаров АВ. Використання малоінвазивних методів оперативного лікування внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. 2023;23(1):8–12. doi: 10.31718/2077-1096.23.1.8.

203. Годуадзе ГН, Дідик НР. Аналіз ефективності основних видів оперативного лікування складних переломів п'яткової кістки. Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції лікарів-інтернів, присвяченої

100-річчю Полтавського державного медичного університету; 2021 Трав 27; Полтава; 2021. с. 16.

204. Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ. Оперативне лікування складних переломів п'яткової кістки. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю “Сучасні принципи діагностики та лікування ортопедо-травматологічної патології”; 2021 Серпня 20; Полтава. Полтава; 2021, с. 4.

205. Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ. Порівняльний аналіз методів оперативного лікування складних переломів п'яткової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Актуальні питання хірургії стопи та інші актуальні питання ортопедії та травматології”; 2021 Лист 27; Київ; 2021.

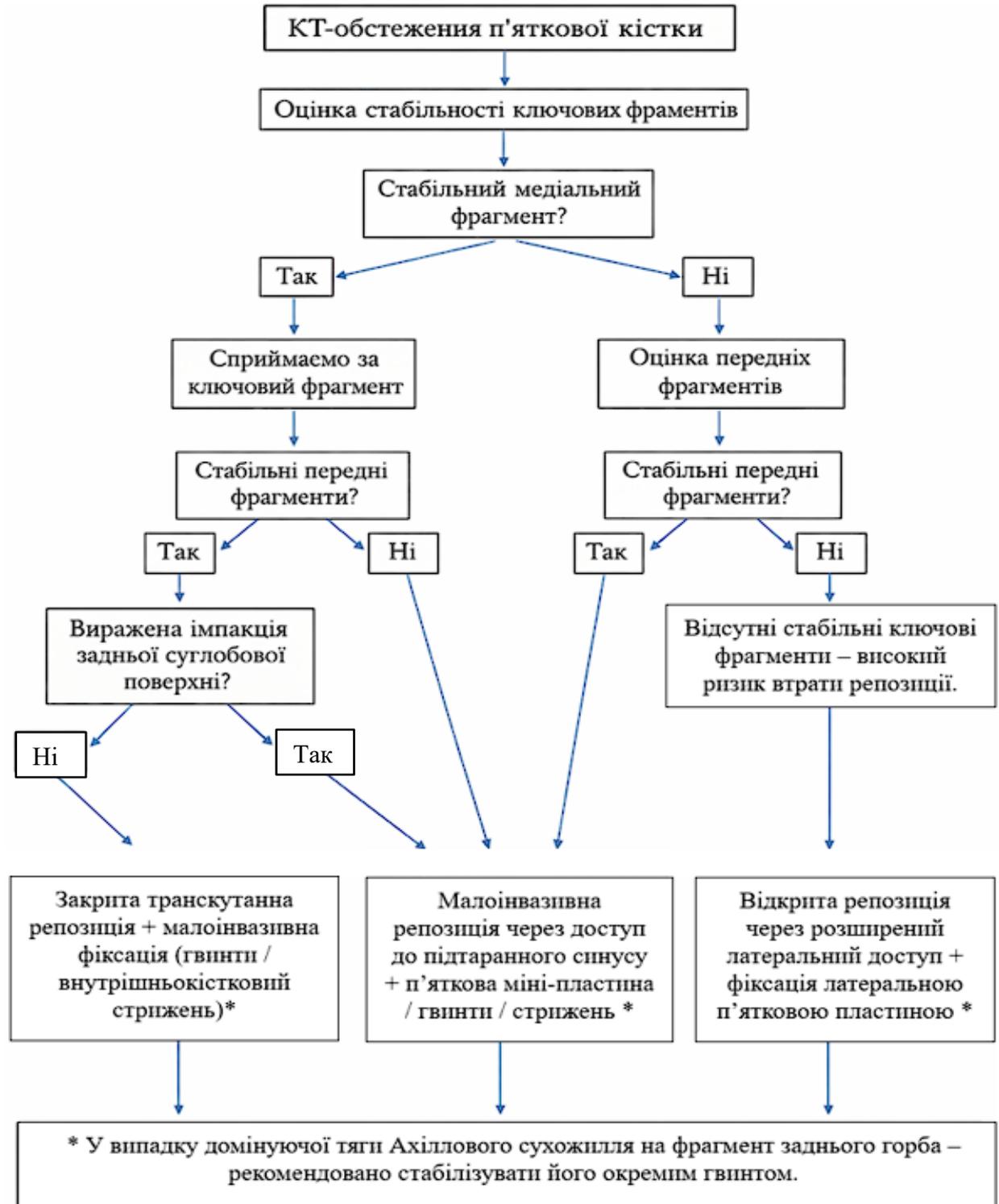
206. Годуадзе ГН. Ефективність мінімальноінвазивних хірургічних методів при лікуванні внутрішньосуглобових переломів п'яткової кістки. Матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції “Світ наукових досліджень” [інтернет]; 2023 Лют 15; Київ; 2023. Доступно: <https://www.economy-confer.com.ua/full-article/4255/>

207. Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ. М'якотканинні ускладнення в ранньому післяопераційному періоді після остеосинтезу п'яткової кістки. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. 2023;23(2.1):8–12. doi:10.31718/2077-1096.23.2.1.8.

208. Годуадзе ГН. Ускладнення хірургічного лікування складних переломів п'яткової кістки та методи їх профілактики. Збірник матеріалів конгресу студентів та молодих учених “Майбутнє за наукою”; 2023 Квіт 10–12; Тернопіль; 2023, с. 125.

ДОДАТОК А

Алгоритм передопераційного планування хірургічної техніки з урахуванням сухожильно-зв'язкової стабілізації фрагментів



ДОДАТОК Б

Елемент 1

Візуально аналогова шкала оцінки інтенсивності болю

П.І.П.: _____

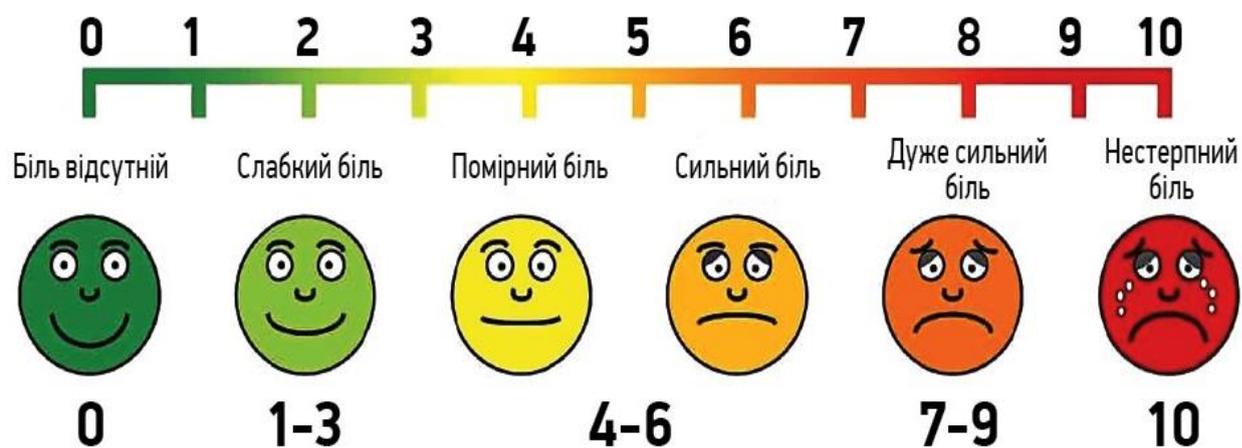
Вік: _____

Реєстраційний номер: _____ № історії хвороби: _____

Дата проходження опитування: _____

Подія: _____

** Будь-ласка, охарактеризуйте больовий синдром, обвівши відповідне число від 0 до 10*



AMERICAN ORTHOPAEDIC FOOT AND ANKLE SOCIETY

(Американське ортопедичне товариство стопи і гомілковостопного суглоба)

П.І.П.: _____

Вік: _____

Реєстраційний номер: _____ № історії хвороби: _____

Дата проходження опитування: _____

Подія: _____

* У кожному розділі позначте найбільш характерний для Вас варіант

Параметри	Кіл-ть балів	Результат
Больовий синдром		
Відсутність больового синдрому	40	
Помірний, періодичний больовий синдром	30	
Помірний, повсякденний больовий синдром	20	
Дуже виражений, постійно присутній больовий синдром	0	
Функція		
<i>Обмеження діяльності, необхідність додаткової опори</i>		
Ніяких обмежень, додаткова опора не потрібна	10	
Ніяких обмежень в повсякденній діяльності, але є обмеження в активній діяльності (спортивної), додаткова опора не потрібна	7	
Обмежені повсякденні та активні дії, використання тростини	4	
Серйозні обмеження повсякденних дій: додаткова опора – ходунки, милиці, інвалідне крісло, брейси	0	
<i>Максимальна прогулянкова дистанція (квартали)</i>		
Більше 6-ти	5	
4-6	4	
1-3	2	

	Менше 1-го	0	
<i>Ходьба по нерівній поверхні</i>			
	Ніяких труднощів на будь-якій поверхні	5	
	Незначні труднощі на нерівному ландшафті, по сходах і похилій поверхні	4	
	Значні труднощі при ходьбі на нерівному ландшафті, по сходах, по похилій поверхні	0	
<i>Розлади ходи</i>			
	Ні або незначна кульгавість	8	
	Очевидна кульгавість	4	
	Виражена кульгавість	0	
<i>Рухи в сагітальній площині (згинання / розгинання) в градусах</i>			
	Повний об'єм або помірно обмеження (30° або більше)	8	
	Помірно обмеження (15–29°)	4	
	Значне обмеження (менше 15°)	0	
<i>Рухи в задньому відділі стопи (інверсія / еверсія) у відсотках від норми</i>			
	Повний обсяг або помірно обмеження (75–100%)	6	
	Помірно обмеження (25– 4%)	3	
	Значне обмеження (менше 25%)	0	
<i>Оцінка стабільності заднього відділу стопи</i>			
	Стабільний	8	
	Виражена нестабільність	0	
Адаптація положення заднього відділу стопи до плоскої поверхні			
	Опороздатна стопа, задня частина стопи добре адаптована до поверхні	10	
	Незначне відхилення заднього відділу стопи по відношенню до гомілковостопного суглоба, немає симптоматики	5	
	Слабка, неопороздатна стопа, наявність симптоматики	0	
РАЗОМ:			

FOOT FUNCTION INDEX

(Індекс функції стопи)

П.І.П.: _____

Вік: _____

Реєстраційний номер: _____ № історії хвороби: _____

Дата проходження опитування: _____

Подія: _____

* На кожне запитання поставте від 0 до 10 балів у відповідне поле

Запитання		Кількість балів
Розділ 1 – Шкала болю <i>нема болю – 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 – нестерпний біль</i>		
1	Коли зранку робите перші кроки	
2	При ходьбі	
3	Коли стоїте на місці	
4	Біль в кінці дня	
5	Наскільки сильний пік болю	
Розділ 2 – Шкала порушення функції <i>немає складності – 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 – важко, не в змозі щось зробити</i>		
6	Під час ходи вдома	
7	Під час ходи на вулиці	
8	Під час проходження чотирьох кварталів	
9	Під час підйому сходами	
10	Під час спуску сходами	
11	Якщо піднятися на пальцях	
12	Коли встаєте з дивана/стілця/крісла	
13	При підйом на бордюр	
14	Під час бігу або швидкої ходи	
Розділ 3 – Шкала обмеження повсякденної активності <i>не буває – 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 – весь час</i>		
15	Чи використовуєте ви опору (тростину/ходунки/милиці) в приміщенні	
16	Чи використовуєте ви опору (тростину/ходунки/милиці) на вулиці	
17	Обмеження фізичних навантажень	
Разом:		

ДОДАТОК В

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ.** М'якотканинні ускладнення в ранньому післяопераційному періоді після остеосинтезу п'яtkової кістки. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. 2023;23(2.1):8–12. doi:10.31718/2077-1096.23.2.1.8.

Автор брав участь у відборі пацієнтів для дослідження, безпосередньо під час оперативних втручань, у оцінці та аналізі отриманих результатів та статистичній обробці отриманих даних.

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Малик СВ, Гончаров АВ.** Використання малоінвазивних методів оперативного лікування внутрішньосуглобових переломів п'яtkової кістки. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. 2023;23(1):8–12. doi: 10.31718/2077-1096.23.1.8.

Автор провів комплексний аналіз досвіду застосування малоінвазивних методів хірургічного лікування, приймав участь в оперативних втручаннях.

- **Hoduadze HN, Pelypenko OV.** The role of the foot ligaments in the formation of complex calcaneal fractures. TRAUMA. 2025;26(3):119–127. doi:10.22141/1608-1706.3.26.2025.1012.

Автор особисто провів морфологічний аналіз анатомічних препаратів, статистичну обробку та клінічну оцінку отриманих результатів.

- **Hoduadze HN, Pelypenko OV.** Anatomical and topographical characteristics of nutrient foramina in the calcaneus: implications for surgical approach and fixation. Azerbaijan Medical Journal. 2025;(4):110–117. doi:10.34921/amj.2025.4.018.

Автор провів детальний морфологічний аналіз анатомічних препаратів, оцінив особливості регіонарного кровопостачання п'яtkової кістки та розробив практичні рекомендації.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

- **Годуадзе ГН, Дідик НР.** Аналіз ефективності основних видів оперативного лікування складних переломів п'яtkової кістки. Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції лікарів-інтернів, присвяченої 100-річчю Полтавського державного медичного університету; 2021 Трав 27; Полтава; 2021. с. 16.

Автор провів обстеження пацієнтів, взяв участь у зборі та оцінці даних проведеного дослідження.

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ.** Оперативне лікування складних переломів п'яtkової кістки. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю “Сучасні принципи діагностики та лікування ортопедо-травматологічної патології”; 2021 Серпня 20; Полтава. Полтава; 2021, с. 4.

Автор безпосередньо приймав участь у лікуванні та аналізі результатів хірургічного лікування хворих з складними переломами п'яtkової кістки.

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ.** Порівняльний аналіз методів оперативного лікування складних переломів п'яtkової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Актуальні питання хірургії стопи та інші актуальні питання ортопедії та травматології”; 2021 Лист 27; Київ; 2021.

Автором було проведено розподіл пацієнтів по групам, детальний порівняльний аналіз та узагальнення отриманих результатів дослідження з подальшою статистичною обробкою отриманих даних.

- **Годуадзе ГН.** Варіанти оперативного лікування переломів п'яtkової кістки. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції лікарів-інтернів; 2022 Трав 25; Полтава; 2021, с. 57–58.

Автором було порівняно результати лікування пацієнтів в залежності від методики хірургічного втручання. Автор приймав участь у клінічному етапі лікування пацієнтів.

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ.** Роль комп'ютерної томографії у

плануванні оперативних втручань при внутрішньосуглобових переломах п'яркової кістки. Збірка тез та статей науково-практичної інтернет-конференції з міжнародною участю “Сучасні проблеми вивчення медико-екологічних аспектів здоров'я людини”; 2023 Жовт 19–20; Полтава; 2023, с. 35–37.

Автором особисто проаналізовано роль комп'ютерної томографії при плануванні хірургічних втручань, продемонстровано результати дослідження.

- **Годуадзе ГН.** Ефективність мінімальноінвазивних хірургічних методів при лікуванні внутрішньосуглобових переломів п'яркової кістки. Матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції “Світ наукових досліджень” [інтернет]; 2023 Лют 15; Київ; 2023. Доступно: <https://www.economy-confer.com.ua/full-article/4255/>.

Автором проведено комплексний аналіз ефективності малоінвазивних технік у хірургії п'яркової кістки. Автор особисто брав участь в оперативних втручаннях та веденні пацієнтів.

- **Годуадзе ГН.** Методика закритої непрямой інтраопераційної репозиції при остеосинтезі складних переломів п'яркової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених “Медична наука – 2023”; 2023 Груд 1; Полтава; 2023, с. 48–50.

Автором проведено аналіз ефективності застосування distraкційного пристрою для репозиції уламків п'яркової кістки.

- **Годуадзе ГН.** Ускладнення хірургічного лікування складних переломів п'яркової кістки та методи їх профілактики. Збірник матеріалів конгресу студентів та молодих учених “Майбутнє за наукою”; 2023 Квіт 10–12; Тернопіль; 2023, с. 125.

Автором проведено детальний аналіз основних типів ускладнень у післяопераційному періоді а також методів їх профілактики.

- **Годуадзе ГН.** Медико-соціальні особливості лікування пацієнтів з білатеральними переломами п'яркової кістки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених “Медична наука – 2024”;

2024 Груд 5; Полтава; 2024, с. 44–45.

Автор особисто приймав участь у веденні пацієнтів, провів порівняльний аналіз особливостей відновного періоду лікування між двома групами пацієнтів з білатеральними переломами п'яtkової кістки.

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ.** Особливості реабілітаційного періоду у пацієнтів зі складними переломами п'яtkової кістки. Актуальні проблеми ортопедії та травматології: Ювілейний збірник наукових праць. [Інтернет]; 2024; Харків; 2024, с. 35–40. Доступно: <https://archive.sytenko.org.ua/handle/123456789/1573>.

Автором проведено порівняння груп пацієнтів в залежності від тактики відновного лікування у післяопераційному періоді. Автор особисто брав участь у процесі лікування, аналізу результатів дослідження.

- **Годуадзе ГН.** Особливості впливу сухожильно-зв'язкового апарату заднього відділу стопи на формування складних переломів п'яtkової кістки. Збірник матеріалів конгресу студентів та молодих учених “Майбутнє за наукою”; 2025 Квіт 9-12; Тернопіль; 2025, с. 410–411.

Автором проведено комплексний анатомо-топографічний аналіз місць інсерції елементів сухожильно-зв'язкового апарату в ділянці п'яtkової кістки та досліджено їх вплив на формування складних переломів та характерних уламків.

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації:

- **Годуадзе ГН, Пелипенко ОВ, Гончаров АВ,** винахідники; Полтавський державний медичний університет, патентовласник. Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яtkової кістки. Патент України №159519. 2025 Черв 11.

Автором у співавторстві було розроблено, запатентовано та апробовано дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яtkової кістки.

ДОДАТОК Г

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 159519

ДИСТРАКЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ РЕПОЗИЦІЇ УЛАМКІВ
П'ЯТКОВОЇ КІСТКИ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі України корисних моделей
11.06.2025.

Директор
Державної організації «Український
національний офіс інтелектуальної
власності та інновацій»

О.П. Орлюк



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор комунального підприємства «1-а міська клінічна лікарня Полтавської міської ради»
 П. Селькіна
 2026 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція до впровадження:** Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яркової кістки.
2. **Установа-розробник:** Полтавський державний медичний університет, 36011, м. Полтава, вул. Шевченка, 23.
3. **Розробники:** аспірант кафедри хірургії №3 Годуадзе Г.Н., доцент кафедри хірургії №3, к. мед. н., доцент Пелипенко О.В., лікар ортопед-травматолог, завідувач ортопедо-травматологічним відділенням Гончаров А.В.
4. **Джерело інформації:** Пат. 159519 Україна, МПК А61В17/60 (2006.01), Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яркової кістки / Г. Н. Годуадзе, О. В. Пелипенко, А. В. Гончаров; заявник і патентовласник Полтавський державний медичний університет. – № u 2023 04944; заявл. 20.10.2023; опубл. 11.06.2025, Бюл. № 24.
5. **Базова установа, яка проводить впровадження:** травматологічне відділення комунального підприємства «1-а міська клінічна лікарня Полтавської міської ради».
6. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими у джерелі інформації:** відрізняється від відомих своєю компактністю, легкістю будови та монтажу, низькою вартістю, полегшує роботу оперуючого хірурга та дає можливість малоінвазивного і точного проведення репозиції, мінімізуючи ризик ятрогенного пошкодження тканин.
7. **Терміни впровадження:** з 12.06.2025 року до 12.01.2026 року.
8. **Загальна кількість спостережень:** 46.
9. **Зауваження, пропозиції:** пропонується для впровадження у лікувальний процес травматологічного відділення.

Завідувач травматологічним відділенням

OL» OL 2026 р.

Артем ГОНЧАРОВ

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор комунального
 некомерційного підприємства
 «Котелевська лікарня
 планового лікування»



І. ЛЕВІК
 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція до впровадження:** Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яркової кістки.
2. **Установа-розробник:** Полтавський державний медичний університет, 36011, м. Полтава, вул. Шевченка, 23.
3. **Розробники:** аспірант кафедри хірургії №3 Годуадзе Г.Н., доцент кафедри хірургії №3, к. мед. н., доцент Пелипенко О.В., лікар ортопед-травматолог, завідувач ортопедо-травматологічним відділенням Гончаров А.В.
4. **Джерело інформації:** Пат. 159519 Україна, МПК А61В17/60 (2006.01). Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яркової кістки / Г. Н. Годуадзе, О. В. Пелипенко, А. В. Гончаров; заявник і патентовласник Полтавський державний медичний університет. – № u 2023 04944; заявл. 20.10.2023; опубл. 11.06.2025, Бюл. № 24.
5. **Базова установа, яка проводить впровадження:** хірургічне відділення комунального некомерційного підприємства «Котелевська лікарня планового лікування».
6. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими у джерелі інформації:** відрізняється від відомих своєю компактністю, легкістю будови та монтажу, низькою вартістю, полегшує роботу оперуючого хірурга та дає можливість малоінвазивного і точного проведення репозиції, мінімізуючи ризик ятрогенного пошкодження тканин.
7. **Терміни впровадження:** з 01.07.2025 року до 01.02.2026 року.
8. **Загальна кількість спостережень:** 12.
9. **Зауваження, пропозиції:** пропонується для впровадження у лікувальний процес хірургічного відділення.

Завідувач хірургічним відділенням

Юрій ГРОЗА

« 15 » 02 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор закладу вищої освіти з науково-педагогічної роботи Полтавського державного медичного університету,
д. мед. н., професор

Валентин ДВОРНИК
25 лютого 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція до впровадження:** Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яtkової кістки.
2. **Установа-розробник:** Полтавський державний медичний університет, 36011, м. Полтава, вул. Шевченка, 23.
3. **Розроблювачі:** аспірант кафедри хірургії №3 Г.Н. Годуадзе, доцент закладу вищої освіти кафедри хірургії №3, к. мед. н., доцент О.В. Пелипенко, завідувач травматологічним відділенням КП «1-а МКЛ ПМР» А.В. Гончаров.
4. **Джерело інформації:** Пат. 159519 Україна, МПК (2006.01) А61В 17/60. Дистракційний пристрій для репозиції уламків п'яtkової кістки / Г. Н. Годуадзе, О. В. Пелипенко, А. В. Гончаров ; заявник і патентовласник Полтавський державний медичний університет. – № u 2023 04944 ; заявл. 20.10.2023 ; опубл. 11.06.2025, Бюл. № 24.
5. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Полтавський державний медичний університет.
6. **Результати застосування пропозицій:** за період з вересня 2025 року до лютого 2026 року матеріали використовуються у навчальному процесі кафедри хірургії №3 на практичних заняттях зі здобувачами вищої освіти 5 курсу медичного факультету №1, 2 та міжнародного факультету з теми «Сучасні принципи лікування переломів», «Травматичні вивихи» та «Ушкодження нижньої кінцівки. Методи паліативного лікування в травматології та ортопедії, показання і протипоказання до оперативного лікування в похилому віці».
7. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими у джерелі інформації:** Використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання здобувачів вищої освіти з приводу репозиції уламків при переломах п'яtkової кістки.
8. **Зауваження, пропозицій:** не вносилися.
9. **Затверджено** на засіданні кафедри хірургії №3 25 лютого 2026 р. (протокол №7).

Відповідальний за впровадження:

Т. в. о. завідувача кафедри хірургії №3,
доктор медичних наук, професор

25 лютого 2026 р.



Сергій МАЛИК