

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ТРАВМАТОЛОГІЇ ТА ОРТОПЕДІЇ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ»

Кваліфікаційна наукова праця

на правах рукопису

КУЧЕР ІВАН ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 616.718.56-001.513-089.844:[602.1:519.673+57.089](043.3)

**АНАТОМО-БІОМЕХАНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ
ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ОСТЕОСИНТЕЗУ ЗАДНЬОГО КРАЮ
ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ ПЕРЕЛОМАМИ В
ДІЛЯНЦІ НАДП'ЯТКОВО-ГОМІЛКОВОГО СУГЛОБА**

22 «Охорона здоров'я»; 222 – медицина

14.01.21 – травматологія та ортопедія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ І.В. Кучер

Науковий керівник : Лябах Андрій Петрович

доктор медичних наук, професор

Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Кучер І.В. **Анатомо-біомеханічне обґрунтування диференційованого остеосинтезу заднього краю великогомілкової кістки у пацієнтів із переломами в ділянці надп'яtkово-гомiлкового суглобу.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 14.01.21 – травматологія та ортопедія (222 – медицина). – Державна установа «Інститут травматології та ортопедії Національної академії медичних наук України», м. Київ, 2023.

Дисертація присвячена питанням вивчення та покращення результатів лікування пацієнтів з переломами заднього краю великогомілкової кістки при переломах кісточок гомілки на основі вивчення анатомічних та біомеханічних особливостей переломів в ділянці надп'яtkово-гомiлкового суглоба (НГС) та застосування диференційованого підходу до тактики лікування.

Одним із важливих питань сучасної травматології є правильний вибір методу лікування пацієнтів з переломами кісточок гомілки. За останніми літературними даними, майже 50% переломів кісточок поєднуються з переломом заднього краю великогомілкової кістки (ЗКВГК) [Neumann, A.P., Rammelt, S., 2022], що визначає необхідність коректної діагностики та диференційованого підходу до хірургічного лікування цих ушкоджень. Посттравматичний остеоартроз НГС залишається одним із найголовніших чинників, що погіршує віддалені результати лікування переломів кісточок із залученням ЗКВГК [Abarquero-Diezhandino, A., et al. 2020; Swierstra, B.A., 2022; Veltman, E.S., et al. 2016]. Враховуючи данні анатомічних та біомеханічних досліджень про те, що ЗКВГК служить важливим фактором стабільності НГС та дистального тiбіофiбулярного синдесмозу (ДТФС), показання до хірургічного лікування переломів ЗКВГК залишаються досить суперечливими. Останніми роками у вітчизняних і зарубіжних публікаціях дискусійним залишається питання щодо показань та вибору методу хірургічної фіксації ЗКВГК.

Зокрема відсутні чіткі критерії вибору фіксаторів та їх застосування в залежності від морфології та характеру ушкодження ЗКВГК.

Таким чином, основними питаннями, що залишаються невирішеними є відсутність поглибленого вивчення анатомо-біомеханічних аспектів впливу переломів заднього краю великогомілкової кістки на функціонування надп'яtkово-гомількового суглобу, відсутність повноцінних рекомендацій щодо вибору загальної тактики лікування у даної категорії хворих. В той же час, достатньо високий відсоток незадовільних результатів лікування вказує на необхідність подальшого вивчення проблеми лікування переломів ЗКВГК та створення додаткових досліджень у цьому напрямку.

Метою роботи стало покращення результатів лікування пацієнтів із переломами заднього краю великогомілкової кістки шляхом удосконалення діагностики та анатомо-біомеханічного обґрунтування диференційованого підходу до остеосинтезу заднього краю великогомілкової кістки.

Для досягнення мети проведено систематичний огляд літературних джерел, який встановив, що основними прогностичними факторами, що впливають на задовільні результати лікування ушкоджень ЗКВГК при переломах кісточок гомілки є відновлення площі та конгруентності суглобової поверхні плато великогомілкової кістки (ВГК), забезпечення стабільності НГС та анатомії дистального тібіофібулярного синдесмозу. Визначено, що тактика лікування цих ушкоджень потребує диференційованого підходу, що повинно обов'язково базуватись на морфологічних характеристиках переломів ЗКВГК та супутніх ушкодженнях медіальних та латеральних структур НГС.

Вивчено напружено-деформований стан в системі «фіксатор – кістка» з моделюванням морфологічних типів ушкоджень заднього краю великогомілкової кістки та остеосинтезом за різними методиками для визначення найбільш ефективного методу фіксації. У результаті імітаційного комп'ютерного моделювання встановлено, що найвищі показники значень напруги на металевій

конструкції при навантаженні 700 Н відзначено при фіксації ЗКВГК пластиною та гвинтами (від 97,1 до 106,15 МПа), в той час як найнижчі значення зареєстровані при використанні «anterior-to-posterior» (AP) гвинтів (23,99 МПа та 25,53 МПа) та «posterior-to-anterior» (PA) гвинтів (44,77 МПа та 39,2 МПа), що свідчить про максимальну біомеханічну стабільність фіксації перелому ЗКВГК за допомогою пластини та гвинтів, незалежно від морфології ушкодження. Окрім цього, встановлено, що розподіл навантажень на суглобову поверхню плато ВГК залежить від морфології ушкодження та виду остеосинтезу ЗКВГК. Зміни розподілу контактного тиску на суглобовій поверхні НГС можуть бути причиною розвитку посттравматичного остеоартрозу у пацієнтів із переломом кісточок гомілки та наявністю ЗКВГК.

На основі анатомічного дослідження ДТФС, проведеного на 10 свіжих ампутованих нижніх кінцівках, вивчено морфологію задньої нижньої тибіофібулярної зв'язки. Показано особливості прикріплення *lig. tibiofibulare posterius* до задньої поверхні дистального епіметафізу ВГК, що має вплив на механогенез утворення морфологічного типу ЗКВГК. Отримані результати поглибили анатомічні знання про морфологію *lig. tibiofibulare posterius* та надали кількісні дані для створення біомеханічної моделі та оцінки її адекватності, сприяли удосконаленню діагностичних та хірургічних підходів до лікування ушкоджень ЗКВГК та пов'язаних із ними ушкоджень ДТФС.

Для дослідження валідності гоніометричного, інклінометричного та рентгенологічного методів вимірювання обсягу рухів у НГС, обстежено 25 фізично здорових осіб (50 гомілковостопних суглобів, середній вік пацієнтів становив $25,8 \pm 5,2$ року; чоловіки — 18, жінок 7; середнє значення ІМТ — $25,01 \pm 5,01$). Показано, що значення куткових параметрів розгинання у НГС при навантаженні, виміряних при гоніометрії та інклінометрії, суттєво відрізняються від рентгенологічного способу і є більш точними. Інклінометрія та гоніометрія мають кращу відтворюваність та надійність при оцінці розгинання в НГС.

На основі порівняльного аналізу систем оцінки функціонального стану НГС, встановлено, що придатними для даного дослідження є система оцінки Н. Китаока (сегмент для НГС та заднього відділу стопи) та VAS (рівень болю), які дозволяють мінімізувати можливість “ризик упередженості”.

Було проаналізовано результати оперативного лікування переломів кісточок гомілки з та без застосування дистальної тібіофібулярної стабілізації (ДТФс) у 219 пацієнтів з переломами кісточок гомілки (типи ушкоджень В та С), вік пацієнтів - $43,6 \pm 5,9$ років (25 – 71). В результаті проведеного клінічного дослідження показано, що застосування ДТФс не вплинуло на функціональні результати хірургічного лікування переломів кісточок типів В та С, а при ушкодженнях типу В навіть погіршувало їх ($p = 0,03$). Відновлення анатомії зламаних кісток, відсутність інтерпозиції в ділянці синдесмозу, між суглобовими поверхнями надп'яtkової кістки та кісточок гомілки забезпечують відновлення співвідношень у дистальному тібіофібулярному зчленуванні. При дотриманні цих умов ДТФс не є обов'язковою у пацієнтів з ушкодженнями 44 – С1 та 44 – С2, а у пацієнтів із ушкодженнями типу В навіть погіршує функціональний результат.

Проведено ретроспективне вивчення помилок та ускладнень у разі лікування переломів кісточок гомілки із залученням ЗКВГК, матеріалом для яких стали результати хірургічного лікування та спостереження за 385 пацієнтів із наслідками переломів кісточок гомілки (АО/ОТА 44), вік пацієнтів становив від 18 до 78 років, давність ушкодження становила від 3 до 408 місяців (в середньому $29,9 \pm 6,8$ місяця). Аналіз отриманих даних показав, що дефекти рентгенологічної діагностики були присутніми у 28 випадках (7,3 %): 17 – ушкодження “В”, 23 – ушкодження “С”. При ушкодженнях “В” типовою помилкою було невиконання проекції з внутрішньою ротацією 20° , що унеможливило встановлення факту зміщення латеральної кісточки. При ушкодженнях типу С3 характерним було невстановлення високого перелому малогомілкової кістки (МГК). Необгрунтований вибір консервативного лікування встановлений у 47 випадках (12,2 %): 4 – ушкодження “А”, 20 – ушкодження “В”, 23 – ушкодження “С”.

Найчисельніша група помилок, що налічує 174 випадки (45,2 %), це невиконання остеосинтезу МГК при переломах “С” – 24 випадки (6,2 %), неадекватний хірургічний доступ – 45 випадків (11,7 %), неадекватний вибір фіксатора – 45 випадків (11,7 %), транскутанна фіксація спицями в якості остаточного остеосинтезу – 14 випадків (3,6 %), неадекватна тібіофібулярна стабілізація – 49 випадків (12,7 %). Відсутність анатомічної репозиції зламаних кісток у оперованих пацієнтів зареєстрована у 114 випадках: малогомілкової (включно з латеральною кісточкою) – 58 випадків, медіальної кісточки – 27 випадків, заднього краю ВГК – 29 випадків. Загалом помилки мали місце при діагностиці та лікуванні у 221 випадку (57,4 %); у 164 випадках (42,6 %) тяжкість первинного ушкодження та/або час від моменту травми були об’єктивними чинниками розвитку деформуючого остеоартрозу (ДОА) 3-4-ї стадій, що спричинило необхідність артродезування НГС. Неадекватне застосування дистального тібіо-фібулярного блокування відмічене у 12,7 % випадків, що поряд з іншими дефектами хірургічної техніки спричинило розвиток деформуючого остеоартрозу НГС, який швидко прогресує.

Окремо були проаналізовані результати лікування пацієнтів з ізольованими переломами ЗКВГК. Встановлено, що пацієнти з ізольованими переломами ЗКВГК мали ушкодження передньої порції ДМГС і зв’язок латеральної групи НГС, що у випадках ізольованих переломів ЗКВГК 3 та 4 морфологічних типів за класифікацією J.Bartoníček – S.Rammelt супроводжувались порушенням позиціонування малогомілкової кістки в *incisura fibularis tibiae* та порушенням конгруентності НГС, що вимагало хірургічного відновлення. Не було виявлено взаємозв’язку між розміром фрагменту ЗКВГК та його впливом на необхідність хірургічного лікування.

Створено та апробовано у клінічній практиці алгоритм диференційованого підходу до хірургічного лікування переломів заднього краю великогомілкової кістки. Впровадження результатів дисертації в роботу травматологічних відділень закладів охорони здоров’я дозволить покращити якість діагностики та лікування

пацієнтів із переломами ЗКВГК, що має практичне значення для практикуючих лікарів ортопедів-травматологів.

Ключові слова : надп'яtkово-гомiлковий суглоб, задній край великогомiлкової кiстки, переломи кiсточок гомiлки, гонiометрiя, iнклiнометрiя, класифiкацiя, дiагностика, алгоритм, хiрургiчне лiкування, iнфекцiя пiсля остеосинтезу, великогомiлкова кiстка, остеосинтез, перелом, мiжгомiлковий синдесмоз, шкала, математична модель, бiомеханiка, iмiтацiйне комп'ютерне моделювання.

SUMMARY

Kucher I.V. Anatomical and biomechanical substantiation of differentiated osteosynthesis of the posterior malleolus in patients with fractures in the area of the ankle joint. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for a Doctor of Philosophy degree in Medical Sciences, specialty 14.01.21 - orthopedics-traumatology (222 – medicine). - State Institution "The Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, 2023.

The dissertation is devoted to the study and improvement of treatment outcomes in patients with posterior malleolus fractures based on the study of anatomical and biomechanical features of fractures in the area of the ankle joint (AJ) and the application of a differentiated approach to treatment tactics.

One of the most important issues in modern traumatology is the correct choice of treatment method for patients with ankle fractures. According to the latest literature data, almost 50% of ankle fractures are combined with a posterior malleolus fracture (PMF), which determines the need for correct diagnosis and a differentiated approach to the surgical treatment of these injuries. Post-traumatic osteoarthritis of the AJ remains one of the main factors that worsens the long-term results of treatment of ankle fractures involving the posterior malleolus (PM). Given the data from anatomical and biomechanical studies that PM are an important factor in the stability of the AJ and distal tibiofibular syndesmosis (DTFS), the indications for surgical treatment of PMF remain quite controversial. In recent years, the issue of indications and choice of the method of surgical fixation of the PMF fracture has been debated in domestic and foreign publications. In particular, there are no clear criteria for choosing fixators and their application depending on the morphology and nature of the PM injury. Thus, the main issues that remain unresolved are the lack of an in-depth study of the anatomical and biomechanical aspects of the impact of PMF on the functioning of the AJ, and the absence of comprehensive recommendations for the choice of general treatment tactics in this

category of patients. At the same time, a rather high percentage of unsatisfactory treatment results indicates the need for further study of the problem of treatment of PMF and the creation of additional studies in this area.

The aim of the study was to improve the treatment outcomes of patients with PMF by improving the diagnosis and anatomical and biomechanical substantiation of a differentiated approach to osteosynthesis of the PM.

To achieve this goal, a systematic review of the literature was conducted, which established that the main prognostic factors affecting the satisfactory results of treatment of PM injuries in ankle fractures are the restoration of the area and congruence of the articular surface of the tibial plateau, ensuring the stability of the AJ and the anatomy of the DTFS. It has been determined that the treatment of these injuries requires a differentiated approach, which should be based on the morphological characteristics of PMF and concomitant injuries of the medial and lateral structures of the AJ.

The stress-strain state in the “fixator-bone” system was studied with modeling of morphological types of PMF and osteosynthesis by different methods to determine the most effective method of fixation. As a result of computer simulation, it was found that the highest values of stress on the metal implants at a load of 700N were observed when fixing the PMF with a plate and screws (from 97.1 to 106.15 MPa), while the lowest values were recorded when using anterior-to-posterior (AP) screws (23.99 MPa and 25.53 MPa) and posterior-to-anterior (PA) screws (44.77 MPa and 39.2 MPa), which indicates the maximum biomechanical stability of fixation of the PMF with a plate and screws, regardless of the morphology of the injury. In addition, it was found that the distribution of loads on the articular surface of the tibial plateau depends on the morphology of the injury and the type of PMF osteosynthesis. Changes in the distribution of contact pressure on the articular surface of the AJ may be the cause of posttraumatic osteoarthritis in patients with ankle fractures and the presence of PMF.

The morphology of the posterior inferior tibiofibular ligament was studied on the basis of an anatomical study, performed on 10 freshly amputated lower extremities. The

peculiarities of attachment of the lig. tibiofibulare posterius to the posterior surface of the distal tibia were shown, which has an impact on the mechanogenesis of the formation of the morphological type of PMF. The obtained results have deepened the anatomical knowledge of the morphology of the lig. tibiofibulare posterius and provided quantitative data for the creation of a biomechanical model and assessment of its adequacy, contributed to the improvement of diagnostic and surgical approaches to the treatment of PMF and related injuries.

To study the validity of goniometric, inclinometric and radiological methods of measuring the range of motion in the ankle joint, 25 physically healthy individuals were examined (50 ankle joints, the average age of patients was 25.8 ± 5.2 years; men - 18, women - 7; mean BMI - 25.01 ± 5.01). It has been shown that the values of angular parameters of extension in the AJ under load, measured by goniometry and inclinometry, differ significantly from the radiographic method and are more accurate. Inclinometry and goniometry have better reproducibility and reliability in assessing extension in the AJ.

Based on a comparative analysis of the patient reported outcome measures systems for assessing the functional state of the AJ, it was found that system H. Kitaoka (segment for the AJ and hindfoot) and VAS (pain level) are suitable for this study, which minimize the possibility of "risk of bias".

The results of surgical treatment of ankle fractures with and without distal tibiofibular stabilisation (DTFs) in 219 patients with ankle fractures (types B and C) were analysed, the age of patients was 43.6 ± 5.9 years (25 - 71). The clinical study showed that the use of DTFs did not affect the functional results of surgical treatment of type B and C ankle fractures, and in case of type B injuries, it even worsened them ($p = 0.03$). Restoration of the anatomy of the fractured bones, the absence of interposition in the area of syndesmosis, between the articular surfaces of the talus and the malleoli provide restoration of the ratios in the distal tibiofibular syndesmosis. If these conditions are met, DTFs is not mandatory in patients with 44-C1 and 44-C2 injuries, and in patients with type B injuries it even worsens the functional outcome.

A retrospective study of mistakes and complications in the treatment of ankle fractures with the PMF was conducted, based on the results of surgical treatment and follow-up of 385 patients with consequences of ankle fractures (AO/OTA 44), the age of the patients was aged from 18 to 78 years, the duration of the injury ranged from 3 to 408 months (mean 29.9 ± 6.8 months). The analysis of the data showed that defects in radiological diagnosis were present in 28 cases (7.3 %): 17 - "B" injuries, 23 - "C" injuries. In type B injuries, a typical mistake was the failure to perform a x-ray with an internal rotation of 20° , which made it impossible to establish the fact of lateral malleolus displacement. In C3 type injuries, the failure to detect a high fibula fracture was typical. An unreasonable choice of conservative treatment was established in 47 cases (12.2 %): 4 - type A injuries, 20 - type B injuries, 23 - type C injuries. The most numerous group of errors, comprising 174 cases (45.2 %), was failure to perform fibula osteosynthesis in "C" fractures - 24 cases (6.2 %), inadequate surgical access - 45 cases (11.7 %), inadequate choice of fixator - 45 cases (11.7 %), transcutaneous fixation with K-wires as final osteosynthesis - 14 cases (3.6 %), inadequate DTFs - 49 cases (12.7 %). The absence of anatomical repositioning of the fractured bones in the operated patients was recorded in 114 cases: fibula (including the lateral malleolus) - 58 cases, medial malleolus - 27 cases, posterior malleolus - 29 cases. In total, errors occurred in the diagnosis and treatment of 221 cases (57.4 %); in 164 cases (42.6 %), the severity of the primary injury and/or time since injury were objective factors in the development of deforming osteoarthritis of stages 3-4, which necessitated arthrodesis of the AJ. Inadequate use of distal tibiofibular screws was noted in 12.7 % of cases, which, along with other defects in surgical technique, led to the development of rapidly progressive deforming osteoarthritis of the AJ.

Separately, the results of treatment of patients with isolated PMF were analysed. The results of the study showed that all patients with isolated PMF had damage to the anterior portion of the DTFs and the ligament of the lateral group of the AJ, and in cases of isolated PMF of morphological types 3 and 4 according to the J.Bartoníček - S.Rammelt classification, they were accompanied by a violation of the positioning of the

lateral malleolus in the incisura fibularis tibiae and a violation of the congruence of the AJ, which required surgical repair. There was no correlation between the size of the PM fragment and its impact on the need for surgical treatment.

Algorithm for a differentiated approach to the surgical treatment of posterior tibial fractures was created and tested in clinical practice. The implementation of the results of the dissertation in the work of trauma departments of healthcare institutions will improve the quality of diagnosis and treatment of patients with PMF, which is of practical importance for practicing orthopedic surgeons.

Key words: ankle joint, posterior malleolus, ankle fractures, goniometry, inclinometry, classification, diagnosis, algorithm, surgical treatment, infection after osteosynthesis, tibia, osteosynthesis, fracture, distal tibiofibular syndesmosis, scale, mathematical model, biomechanics, computer simulation.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кучер, І., & Лябах, А. (2021). Сучасний стан концепції остеосинтезу заднього краю великогомілкової кістки у пацієнтів із переломами кісточок гомілки (Огляд літератури). *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (4(111)), 42-52. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-111-4-42-52> (Здобувач виконав пошук та аналіз літературних джерел, спільно з науковим керівником сформував висновки, підготував та подав публікацію до друку)
2. Лябах, А., & Кучер, І. (2020). Помилки та ускладнення при лікуванні пацієнтів із переломами кісточок гомілки. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (3(106)), 24-30. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2020-106-3-24-30> (Здобувач проводив збір та аналіз матеріалу, здійснював статистичний аналіз отриманих результатів та оформлення статті)
3. Лябах, А., Турчин, О., Пятковский, В., & Кучер, І. (2021). Порівняльний аналіз систем оцінки функції стопи. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (2(109)), 4-9. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-109-2-4-9> (Здобувач здійснив пошук статей у бібліографічній базі даних *Pubmed*, створив критерії включення та виключення, провів аналіз вибраних статей, написав та подав до друку статтю)
4. Кучер, І. (2022). Порівняльний аналіз валідності гоніометричного, інклінометричного та рентгенологічного методів вимірювання розгинання у гомілковостопному суглобі. *ТРАВМА*, 22(6), 26–31. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.6.22.2021.249598> (Здобувач створив дизайн дослідження, проводив вимірювання обсягу рухів та обробку даних, виконав статистичний аналіз результатів та сумісно з науковим керівником провів інтерпретацію отриманих даних. Дисертант написав чернетку цієї статті, подав кінцевий варіант публікації до друку.)
5. Kucher, I., & Liabakh, A. (2023). Biomechanical comparison of three posterior malleolus fracture fixation methods in relation to different fracture morphology: a finite

element analysis. *Georgian medical news*, (338), 33–40. PMID: 37419468. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37419468/> (Здобувач здійснював комп'ютерне моделювання морфологічних типів переломів заднього краю великогомілкової кістки та проводив вимірювання величини напруження, здійснював статистичний аналіз отриманих результатів та оформлення статті.)

6. Liabakh A., Kucher I. Comparative evaluation of AOFAS, AAOS –FAM and OMAS scales in ankle surgery // *Multidisciplinary academic research and innovation. Abstracts of XXVII International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands. 2021.* Pp. 261-263. <https://doi.org/10.46299/ISG.2021.I.XXVII> (Здобувач проводив збір та аналіз літературних джерел, здійснював оформлення публікації)

7. Liabakh A., Kucher I. Does the distal tibiofibular stabilization affect the functional outcome of ankle fractures? // *Topical issues of practice and science. Abstracts of XXVI International Scientific and Practical Conference. London, United Kingdom. 2021.* Pp. 300-302. <https://doi.org/10.46299/ISG.2021.I.XXVI> (Здобувач брав участь у проведенні оперативних втручань, провів порівняльний аналіз використання дистальної тібіофібулярної стабілізації, здійснював статистичну обробку даних)

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| АНОТАЦІЯ | 1 |
| СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ | 12 |
| ЗМІСТ | 14 |
| Перелік умовних позначень, символів, одиниць вимірювання, скорочень | 16 |
| ВСТУП | 17 |
| Розділ 1. Сучасний стан концепції остеосинтезу заднього краю великогомілкової кістки у пацієнтів із переломами дистального відділу кісток гомілки. Системи оцінки функції надп'яtkово-гомілкового суглобу (аналітичний огляд літератури) | 27 |
| 1.1 Хірургічна тактика у разі переломів кісточок гомілки із залученням ЗКВГК | 27 |
| 1.2 Діагностика пошкоджень ЗКВГК | 30 |
| 1.3 Класифікації переломів ЗКВГК | 32 |
| 1.4 Методики хірургічного лікування пацієнтів у разі переломів ЗКВГК | 34 |
| 1.5 Особливості післяопераційного ведення пацієнтів з переломами ЗКВГК | 40 |
| 1.6 Системи оцінки функціонального стану надп'яtkово-гомілкового суглобу | 40 |
| 1.7 Методи вимірювання амплітуди рухів у надп'яtkово-гомілковому суглобі | 43 |
| 1.8 Ізольовані ушкодження ЗКВГК | 45 |
| Роділ 2. Матеріал і методи дослідження | 49 |
| 2.1 Матеріал та методи системного порівняльного аналізу літературних даних | 49 |
| 2.2 Порівняльний аналіз систем оцінки функціонального стану НГС | 50 |
| 2.3 Дослідження гоніометричного, інклінометричного та рентгенологічного методів вимірювання розгинання у надп'яtkово-гомілковому суглобі | 57 |

| | |
|---|------------|
| 2.4 Анатомічне дослідження | 60 |
| 2.5 Математичне моделювання (метод скінчених елементів) | 62 |
| 2.6 Клінічне дослідження | 71 |
| 2.6.1 Ретроспективний аналіз ускладнень у разі лікування пацієнтів з переломами кісточок гомілки | 71 |
| 2.6.2 Клінічна характеристика пацієнтів з переломами кісточок НГС | 72 |
| 2.6.3 Загальна характеристика пацієнтів з ізольованими переломами ЗКВГК | 74 |
| Розділ 3. Анатомічні особливості будови задньої тибіофібулярної зв'язки | 76 |
| Розділ 4. Порівняльний аналіз валідності гоніометричного, інклінометричного та рентгенологічного методів вимірювання розгинання у надп'яtkово-гомілковому суглобі. | 81 |
| Розділ 5. Порівняльний біомеханічний аналіз диференційованого остеосинтезу переломів заднього краю великогомілкової кістки у пацієнтів з переломами кісточок гомілки (імітаційне комп'ютерне математичне моделювання). | 86 |
| Розділ 6. Результати хірургічного лікування переломів кісточок гомілки із залученням ЗКВГК | 97 |
| 6.1 Застосування дистальної тибіофібулярної стабілізації у пацієнтів з переломами ЗКВГК | 97 |
| 6.2 Результати лікування пацієнтів з ізольованими переломами ЗКВГК | 101 |
| Розділ 7. Помилки та ускладнення при лікуванні пацієнтів з переломами кісточок гомілки | 107 |
| ВИСНОВКИ | 112 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 114 |
| ДОДАТОК А. | 139 |
| ДОДАТОК Б. | 140 |
| Відомості про апробацію результатів дисертації | 142 |

Перелік умовних скорочень, позначень, символів і термінів

| Абревіатура | Значення |
|-------------|--|
| НГС | надп'яtkово-гомiлковий суглоб |
| ЗКВГК | задній край великогомілкової кістки |
| ВГК | великогомілкова кістка |
| ДМГС | дистальний тiбіофібулярний синдесмоз |
| ДТФс | дистальна тiбіофібулярна стабілізація |
| ЗНТФЗ | задня нижня тiбіофібулярна зв'язка |
| Q-3D-СТ | тривимірна комп'ютерна томографія |
| МРТ | магнітно-резонансна томографія |
| АР гвинти | гвинти введені в напрямку спереду-дозаду «anterior-to-posterior» |
| РА гвинти | гвинти введені в напрямку ззаду-допереду «posterior-to-anterior» |
| АО | Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthesefragen |
| АО/ОТА | Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthesefragen / Orthopaedic Trauma Association |
| АOFAS | American Orthopaedic Foot and Ankle Society |
| VAS | Visual Analogue Scale |
| VAS FA | Visual Analogue Scale Foot and Ankle |
| SF-36 | Short Form Quality of Life scale |
| FFI | Foot Function Index |
| FAOS | Foot and Ankle Outcome Score |
| FAAM | Foot Ankle Ability Measure |
| FFI-R | Foot Function Index revised |
| BFS | Bristol Foot Score |
| MOXFQ | Manchester-Oxford Foot Questionary |

ВСТУП

Травми НГС залишаються одними з найпоширеніших травм опорно-рухового апарату, на які припадає близько 20 % випадків щороку. Частота переломів кісточок гомілки у розвинених країнах коливається від 20 – 40 випадків у Данії та Швеції до 184 випадків на 100 000 осіб на рік у Сполучених Штатах і становить близько 9 % усіх переломів у дорослих [1, 2]. Зростання цих ушкоджень упродовж останніх десятиліть пов'язують із зростанням кількості фізично активних людей, які займаються спортом, а також зрушенням демографії в бік осіб похилого віку [3]. За останніми літературними даними, майже 50 % переломів кісточок поєднуються з переломом ЗКВГК [4], що визначає необхідність коректної діагностики та диференційованого підходу до хірургічного лікування цих ушкоджень. Посттравматичний остеоартроз НГС залишається одним із найголовніших чинників, що погіршує віддалені результати лікування переломів кісточок із залученням ЗКВГК, ризик якого збільшується від 4 % при бімалеолярних до 34 % при трималеолярних переломах кісточок гомілки [5]. Оптимальне лікування переломів ЗКВГК є предметом дискусій серед хірургів-ортопедів. Незважаючи на те, що лікування супутніх ушкоджень латеральних та медіальних структур НГС добре відоме, часто спостерігається тенденція нехтувати та недооцінювати ортопедами-травматологами важливість фрагменту ЗКВГК [6]. Переломи ЗКВГК часто є частиною більш складної травми НГС, і лише в рідкісних випадках він зустрічається як ізольована травма [7]. Враховуючи дані анатомічних та біомеханічних досліджень про те, що ЗКВГК служить важливим фактором стабільності НГС та дистального тібіофібулярного синдесмозу, показання до хірургічного лікування переломів ЗКВГК залишаються досить суперечливими [8]. Існуючі вказівки щодо лікування переломів ЗКВГК, які включають менше третини суглобової поверхні НГС, все ще базуються на рекомендаціях запропонованих Nelson and Jensen у 1940 році, на основі спостереження за 8 клінічними випадками [5, 9, 10].

Традиційно розмір фрагмента заднього краю вважають найважливішим показником для фіксації. Відповідно до діючих рекомендацій Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO), фіксація перелому заднього фрагмента ВГК показана лише у випадках з наявністю великого фрагмента ЗКВГК (> 25 % суглобової поверхні) або у випадках фрагментів ЗКВГК з меншою площею, коли наявна стійка нестабільність суглобу після фіксації латеральної та медіальної кісточок. Систематичний огляд публікацій, присвячених впливу ЗКВГК на віддалені результати лікування, проведений Verhage та співавт. [11] на основі баз даних PubMed, Embase та Cochrane показав, що розмір ЗКВГК не є чітким показником для його фіксації. Результати огляду 33 опублікованих досліджень, проведених Odak та співавт. [6] виявили недостатню кількість доказів, для підтвердження існуючої догми, що розмір ЗКВГК впливає на результат лікування. Автори переконані, що рішення про лікування цих переломів має визначатися іншими факторами. Vlom та співавт. [12] зазначають, що на результат лікування впливає саме морфологія, а не розмір ЗКВГК. Наведені дані визначають необхідність подальшого вивчення, систематизації інформації та визначення оптимального підходу до діагностики і лікування переломів кісточок, асоційованих з переломами ЗКВГК.

У публікаціях останніх років, що присвячені анатоμο-біомеханічним особливостям функціонування надп'яtkово-гомiлkового суглобу, більш широко акцентується увага на впливі перелому заднього краю великогомілkової кістки на стабільність НГС та на дистальний міжгомiлkовий синдесмоз (ДМГС), а також аналізуються результати та віддалені наслідки консервативного та оперативного лікування. Зокрема, можливість хiрургiчної фіксації ЗКВГК, як альтернатива транссиндесмозної фіксації гвинтом при переломах кісточок гомiлки із залученням ЗКВГК, була розглянута в ряді публікацій [13–17]. Так, автори вказують на необхідність анатомічної репозиції та фіксації перелому ЗКВГК, оскільки це може впливати на точність положення малогомiлkової кістки у вирiзці великогомілkової кістки [15]. Li та співавт. [17] показали, що фіксація фрагмента ЗКВГК за

допомогою синтезу опорною пластиною виключає необхідність в дистальній тібіофібулярній стабілізації.

Останніми роками у вітчизняних і зарубіжних публікаціях дискусійним залишається питання щодо показань та вибору методу хірургічної фіксації ЗКВГК. Зокрема відсутні чіткі критерії вибору фіксаторів та їх застосування в залежності від морфології та характеру ушкодження ЗКВГК. Anwar та співавт. [18] оцінюючи результати різних методів фіксації, показали, що збільшення розміру фрагменту ЗКВГК вимагає більш жорсткої конструкції фіксації. Задня опорна пластина забезпечує найкращу стійкість і найнижчий ризик розвитку відносного зміщення у моделях перелому ЗКВГК, незалежно від розміру фрагмента. McHale та співавт. [19] рекомендують пряму анатомічну репозицію та жорстку фіксацію при наявності фрагментів ЗКВГК, які залучають більше 10 % суглобової поверхні. Tosun та співавт. [14] на підставі ретроспективного дослідження, метою якого було оцінити якість репозиції, розвиток остеоартрозу НГС та функціональні наслідки при лікуванні трьохкісточкових переломів, продемонстрували, що фіксація ЗКВГК тісно пов'язана з успішними рентгенологічними та функціональними результатами. Автори рекомендують фіксувати всі переломи ЗКВГК незалежно від розміру фрагменту. Kalem та співавт. [20] провели дослідження, метою якого було порівняти результати фіксації ЗКВГК при трьохкісточкових переломах трьома різними методами: гвинтами проведеним в напрямку спереду-дозаду «anterior-to-posterior» (AP screws), гвинтами проведеним в напрямку ззаду-допереду «posterior-to- anterior» (PA screws) та опорною пластиною (buttres plating). Кращі результати за шкалою American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) були отримані в групі PA фіксації гвинтами та у групі з використанням опорної пластини, порівняно з групою AP фіксації гвинтами.

Визначення точних параметрів розгинання в НГС залишається важливим завданням сучасної ортопедії. Поряд із традиційною гоніометрією упродовж останнього часу було створено багато інструментів, які використовують для визначення амплітуди рухів у ділянці НГС, кожен з яких характеризується різним

рівнем технічної складності та вірогідності отриманих результатів. Незважаючи на широкий спектр наявних засобів, серед науковців немає єдиної узгодженої думки щодо переваг використання конкретного методу, що значно ускладнює порівняння клінічних досліджень та застосування в практичній медицині [21–23]. В той же час, обмеження розгинання в гомілковостопному суглобі тісно пов'язане з низкою травм і захворювань нижніх кінцівок, зокрема наслідками переломів кісточок та ушкоджень зв'язкового комплексу над'яtkово-гомілкового суглобу [24]. Розуміння клініцистами взаємозв'язку між амплітудою розгинання та функціональними характеристиками НГС, точна оцінка та динаміка відновлення розгинання залишаються важливим компонентом визначення ефективності та якості ортопедичної діагностики та оцінки віддалених результатів пацієнтів з переломами кісточок гомілки.

Оцінка стану стопи та НГС на основі клініко-рентгенологічних показників лишається класичним інструментом дослідження в експертній, лікувальній та дослідницькій практиці. Попри безумовну об'єктивність багатьох клінічних тестів та скіалогічних показників, їх дослідження, реєстрація та інтерпретація проводиться за безпосередньої участі спеціаліста, що виводить за рамки дослідження пацієнта з його власним тлумаченням доопераційного стану та результату лікування. Через це в останні десятиріччя значну увагу приділяють розробці так званих пацієнтоорієнтованих систем оцінки функціонального стану стопи (patient reported outcome measures – PROMs), причому така тенденція буде зберігатись і у майбутньому [25]. Це обумовлено зростанням ролі доказової медицини, оцінкою економічної ефективності лікувальних та профілактичних заходів, стандартизацією медичної діяльності та широкою міжнародною інтеграцією медичної науки. За даними літератури на 2013 рік, існувало 139 унікальних шкал для оцінки функції стопи та ГС [26]. Кожна з них має сильні та слабкі сторони, деякі призначені для оцінювання конкретної анатомічної ділянки, деякі дають можливість оцінити стан стопи і НГС загалом, деякі придатні для застосування в будь-якій медичній спеціальності (наприклад, SF-36).

Порівняльний якісний аналіз найбільш поширених систем оцінки функціонального стану стопи та НГС повинен допомогти у виборі оптимальної системи оцінки для конкретних поставлених цілей, методології та дизайну дослідження, а також мінімізувати ризик упередженого використання.

Анатомічні особливості будови зв'язкового комплексу ДТФС тісно пов'язані з біомеханікою ушкодження кісточок гомілки, що в значній мірі пояснює закономірності виникнення переломів ЗКВГК, та є основою розуміння правильного підходу до лікування цих ушкоджень. Незважаючи на той факт, що будова ДТФС упродовж останніх років була достатньо висвітлена у ряді наукових публікацій [27–30], все ще продовжують існувати розбіжності в термінології, найменуванні та морфології певних анатомічних утворень, зокрема задньої нижньої тібіофібулярної зв'язки (ЗНТФЗ). Наявний інтерес до вивчення анатомії ДТФС, можна пояснити його впливом на стабільність НГС, що навіть за умови прецизійного відновлення положення перелому кісточок гомілки, у багатьох випадках вимагає додаткового хірургічного лікування. Поглиблене дослідження анатомічних особливостей будови ЗНТФЗ сприятиме уточненню патогенезу переломів ЗКВГК та може допомогти розв'язати ряд дискусійних практичних питань щодо лікування цих ушкоджень.

Адекватний вибір виду лікування та методики хірургічного втручання залишається складним та багатокомпонентним процесом. Сучасним інструментом для прогнозування ефективності тих чи інших видів реконструктивного лікування є побудова імітаційних комп'ютерних моделей конкретної клінічної ситуації та моделювання хірургічного втручання із подальшою оцінкою напружено-деформованих станів у системі імплант - кістка, оцінкою біомеханічних змін в оперованому сегменті [31].

Поширеність переломів в ділянці НГС із залученням ЗКВГК, значна кількість незадовільних результатів лікування і великий відсоток ускладнень свідчать про значну медико-соціальну проблему, яка вимагає пошуку оптимальних методів

лікування, які дозволять знизити рівень ускладнень та покращити віддалені результати лікування пацієнтів.

Таким чином, проблема лікування та діагностики переломів ЗКВГК містить ряд суперечливих та недоопрацьованих питань. Зокрема потребують більш поглибленого вивчення анатомо-біомеханічні аспекти впливу заднього краю великогомілкової кістки на функціонування НГС, що дозволяє вважати подальший пошук важливим та актуальним завданням сучасної травматології та ортопедії. Відсутність повноцінних рекомендацій щодо вибору загальної тактики лікування у даної категорії хворих та достатньо високий відсоток незадовільних результатів лікування вказує на необхідність подальшого вивчення проблеми лікування переломів ЗКВГК та створення додаткових досліджень у цьому напрямку.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота є фрагментом планової науково-дослідної роботи відділу патології стопи та складного протезування ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» № держ. Реєстрації 0115U000601 «Розробити заходи з діагностики та хірургічного лікування пацієнтів з наслідками травм гомілковостопного суглоба», 2018 – 2020 рр.

Мета дослідження : покращити результати лікування пацієнтів із переломами заднього краю великогомілкової кістки шляхом удосконалення діагностики та анатомо-біомеханічного обґрунтування диференційованого підходу до остеосинтезу заднього краю великогомілкової кістки.

Завдання дослідження :

1. Вивчити сучасний стан проблеми діагностики та лікування переломів заднього краю великогомілкової кістки при переломах кісточок гомілки.
2. Провести порівняльний аналіз систем оцінки функціонального стану надп'яtkово-гомілкового суглобу.

3. Дослідити анатомічні особливості будови задньої нижньої тибіофібулярної зв'язки та визначити їх зв'язок із ушкодженнями кісточок гомілки.
4. Провести порівняльний аналіз валідності гоніометричного, інклінометричного та рентгенологічного методів вимірювання обсягу рухів у надп'яtkово-гомілковму суглобі.
5. На основі вивчення напружено-деформованого стану імітаційної біомеханічної моделі «надп'яtkово-гомілковий суглоб - металофіксатор» обґрунтувати ефективність різних методик хірургічного лікування переломів заднього краю великогомілкової кістки.
6. Провести порівняльний аналіз методик фіксації заднього краю великогомілкової кістки та розробити систему хірургічного лікування пацієнтів з переломами даної локалізації.
7. Вивчити результати лікування пацієнтів із переломами заднього краю великогомілкової кістки.

Об'єкт дослідження : структурно-функціональні зміни надп'яtkово-гомілкового суглоба при переломах заднього краю великогомілкової кістки, методики остеосинтезу заднього краю великогомілкової кістки у разі його перелому.

Предмет дослідження: хірургічне лікування при переломах заднього краю великогомілкової кістки, ефективність способів фіксації заднього краю великогомілкової кістки, діагностика переломів кісток у ділянці надп'яtkово-гомілкового суглоба.

Методи дослідження: клінічні, інструментальні (рентгенографія, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія), анатомічне дослідження, імітаційне комп'ютерне моделювання з використанням методу скінченних елементів, анкетування, статистичний.

Наукова новизна:

1. Вперше показано що при переломах кісточок гомілки із залученням ЗКВГК, морфологія фрагменту заднього краю має більший вплив на стабільність НГС ніж його розміри.
2. Вперше досліджено варіанти прикріплення *lig. tibiofibulare posterius* та *lig. transversum inferior* до задньої поверхні великогомілкової кістки; у 70 % випадків має місце суміжна точка прикріплення, що визначає можливість утворення задньомедіального морфологічного типу ЗКВГК
3. Вперше за допомогою математичного моделювання доведено, що найвищі показники значень напруги на металевій конструкції при навантаженні 700 Н відзначено при фіксації ЗКВГК пластиною та гвинтами (від 97.1 до 106,15 МПа), в той час як найнижчі значення зареєстровані при використанні АР гвинтів (23,99 МПа та 25,53 МПа) та РА гвинтів (44,77 МПа та 39,2 МПа), що свідчить про максимальну біомеханічну стабільність фіксації перелому ЗКВГК за допомогою пластини та гвинтів, не залежно від морфології ушкодження. Розподіл навантажень на суглобову поверхню плато ВГК залежить від морфології ушкодження та виду остеосинтезу ЗКВГК.
4. Вперше показано, що інклінометрія та гоніометрія мають кращу відтворюваність та надійність при дослідженні рухів у НГС, особливо розгинання, у порівнянні з рентгенологічним методом.
5. Вперше на підставі ретроспективного вивчення помилок та ускладнень у разі лікування переломів НГС було виявлено, що порушення діагностики та неадекватний вибір методики лікування - застосування дистального тібіо-фібулярного блокування поряд з іншими дефектами хірургічної техніки спричиняє розвиток деформуючого остеоартрозу НГС, який швидко прогресує.

Практична значимість результатів роботи.

Вдосконалено систему лікування ушкоджень ЗКВГК у хворих з переломами кісточок гомілки, що забезпечує диференційований підхід до хірургічного лікування.

Впровадження результатів дисертаційної роботи в діяльність лікувальних закладів надасть можливість поліпшити якість діагностики та лікування у пацієнтів з переломами кісточок гомілки та залученням ЗКВГК, що має практичне значення для роботи лікарів-ортопедів-травматологів.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною завершеною науковою працею здобувача. Автором обрано напрямок роботи, визначені мета і завдання дослідження, проаналізовано стан проблеми. Автору належить ідея анатомічного дослідження, її реалізація та узагальнення результатів. Автор приймав участь у створенні імітаційних комп'ютерних моделей ушкоджень ЗКВГК та інтерпретації результатів біомеханічного дослідження.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень оприлюднені на таких заходах: 1. Науково-практичні читання імені Є.Т. Скляренка “Впровадження наукових розробок в практику охорони здоров'я” (Київ, 2020). 2. XXVI International Science Conference «Topical issues of practice and science» (London, Great Britain May 18 – 21, 2021). 3. XXVII International Science Conference «Multidisciplinary academic research and innovation» (Amsterdam, Netherlands; May 25 – 28, 2021). 4. Науково - практична конференція (вебінар) DoctorThinking Platform «Помилки та ускладнення при остеосинтезі переломів кісточок гомілки» (Київ, 2021). 5. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Актуальні проблеми хірургії стопи» (Київ, 2021). 6. Участь у конференціях молодих вчених ДУ «ІТО НАМН України» за 2020 – 2022 рр.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 7 наукових праць, із них 4 статті у наукових фахових виданнях переліку ДАК України МОН молоді та спорту України, 1 статтю опубліковано у виданні, що входить до міжнародних

наукометричних баз (Scopus), опубліковано 2 тези в матеріалах науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Робота викладена на 142 сторінках машинописного тексту і складається зі вступу, 7 розділів, висновків, переліку літератури, який містить 197 джерел інформації, зокрема 11 вітчизняних та 186 іноземних авторів. Дисертація ілюстрована 34 рисунками та діаграмами і включає 10 таблиць.

Висловлюю щире подяку всім колегам, співпраця з якими допомогла у створенні цієї роботи.

РОЗДІЛ 1.

СУЧАСНИЙ СТАН КОНЦЕПЦІЇ ОСТЕОСИНТЕЗУ ЗАДНЬОГО КРАЮ ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ ПЕРЕЛОМАМИ ДИСТАЛЬНОГО ВІДДІЛУ КІСТОК ГОМІЛКИ. СИСТЕМИ ОЦІНКИ ФУНКЦІЇ НАДП'ЯТКОВО-ГОМІЛКОВОГО СУГЛОБУ (аналітичний огляд літератури)

1.1. Хірургічна тактика у разі переломів кісточок гомілки із залученням ЗКВГК.

Лікування переломів ЗКВГК є предметом постійного інтересу понад 200 років та залишається найбільш суперечливою темою у лікуванні травм НГС [32]. Згідно даних сучасних літературних джерел, ушкодження ЗКВГК зустрічаються в 50 % випадків переломів кісточок гомілки [4], що значно підвищує ризик виникнення посттравматичного остеоартрозу НГС [33, 34] та погіршує віддалені результати лікування [35]. Починаючи з 20-х років минулого сторіччя, коли вперше були виконані спроби хірургічного лікування переломів ЗКВГК [36], упродовж тривалого часу, вирішальними показами до оперативного лікування були розмір заднього краю $> 25\%$ суглобової поверхні плато ВГК та зміщення фрагменту більше 2 мм визначених на боковій рентгенограмі надп'яtkово-гомілкового суглоба. Ці рекомендації були засновані на дослідженні Nelson та Jensen, які у 1940 році поділили переломи ЗКВГК на «класичні» та «малі» та запропонували правило «однієї третини» для хірургічного лікування переломів ЗКВГК, що включають більше $1/3$ суглобової поверхні плато ВГК, яке, на жаль, використовується деякими хірургами і до теперішнього часу [37]. Відсутність єдиного уніфікованого погляду на лікування цих ушкоджень пояснюється наявністю контрверсійних результатів ряду експериментальних та клінічних досліджень [6, 11], та переважним вибором хірургічної стратегії в залежності від досвіду та переконань хірурга [34, 38].

У зв'язку з поглибленням знань про біомеханіку та морфологію ушкоджень ЗКВГК, збільшенням уваги до важливості ушкодження ДМГС та широким

використанням на практиці КТ, дозволило деяким авторам висловити сумнів щодо ефективності існуючих принципів хірургічного лікування та сформуванню сучасні стандарти хірургічної стабілізації ЗКВГК, які знайшли своє відображення у «концепції відновлення структурної цілісності НГС» [39]: реконструкція початкового розміру та конгруентності суглобової поверхні плато ВГК; відновлення натягу задньої міжгомількової зв'язки (ЗМГЗ) від «кістки до кістки» та відновлення анатомії малогомількової вирізки (*incisura fibularis*) ВГК. Дотримання цих умов не лише сприяє відновленню стабільності ДМГС, а й полегшує репозицію дистального відділу малогомількової кістки, особливо при високих переломах малогомількової кістки типу Weber C та переломів Maisonneuve [4, 36]. Вибір методу лікування в значній мірі також залежить і від загальної моделі перелому кісточок, що обумовлено типом ушкодження малогомількової кістки та медіальних структур НГС (перелом медіальної кісточки, розрив дельтоподібної зв'язки або комбіноване їх ураження) [37]. Відновлення стабільності НГС, яке досягається за допомогою фіксації медіальної та латеральної кісточок, при відсутності проміжних уламків та значного ушкодження плато ВГК, може не мати переваг від остеосинтезу ЗКВГК, враховуючи наявність додаткових ризиків [40]. Останнім часом, все більше авторів схиляються до думки, що оптимальна хірургічна тактика та використання імплантатів мають враховувати ступінь пошкодження м'яких тканин, мінеральну щільність кістки (наявність остеопорозу) та функціональні потреби пацієнтів, зважаючи на високу частоту цих ушкоджень серед пацієнтів літнього віку [2]. Складний механізм травми, надмірна вага та наявність супутніх захворювань залишаються важливими незалежними факторами поганого функціонального результату, що необхідно обов'язково брати до уваги при прогнозуванні віддалених наслідків лікування пацієнтів з переломами кісточок гомілки та ЗКВГК [41–43].

Беручи до уваги той факт, що фрагменти ЗКВГК є тривимірними структурами, і їх характеристики на нейтральних осях можуть бути різними [44], серією недавніх досліджень акцентована увага на оцінці саме морфології фрагменту ЗКВГК, як

важливого прогностичного параметру віддалених функціональних результатів лікування [45, 46]. Поглиблення розуміння важливості морфологічного підходу до вирішення проблеми остеосинтезу ЗКВГК, в свою чергу, дозволило змінити сучасні погляди на фіксацію переломів ЗКВГК.

Переломи ЗКВГК із значним залученням задньомедіальних відділів плато великогомілкової кістки (Bartonicek type 3 / Haraguchi type 2), розглядають як особливий варіант «ушкодження пілона»[47], який вимагає в кожному конкретному випадку індивідуального підходу в залежності від характеру ушкодження[48]. Ряд досліджень демонструють що ці травми становлять окремий патерн ушкодження[49], який характеризується складнішим механізмом виникнення та гіршими результатами хірургічного лікування. Так, мета-аналіз проведений Patel A. та спів.,[50] присвячений вивченню впливу морфології ЗКВГК на наслідки трьохкісточкових переломів гомілки, показав, що переломи 2 типу (medial extension type) за класифікацією Haraguchi, мають гірші функціональні результати лікування у порівнянні з ушкодженнями 1 типу (posterolateral-oblique type). Дослідження проведене Vosoughi та спів.[51], демонструє, що авульсивний тип (avulsion type) переломів задньомедіального фрагменту ЗКВГК, який частіше являється наслідком пронаційного механізму ушкодження, не вимагає обов'язкового оперативного лікування, оскільки слугує лише додатковим фактором стабілізації синдесмозу, в той час як тип пілону (pilon type), як наслідок комбінації супінації та осьового навантаження, враховуючи наявність внутрішньосуглобового ушкодження та порушення конгруентності ГС, повинен підлягати оперативному лікуванню. Цю думку також підтверджує дослідження Wang та спів.[52], які рекомендують анатомічну репозицію і фіксацію для пілонного типу ушкодження ЗКВГК, в той час як авульсивні переломи можуть потребувати лише консервативного лікування.

Нещодавні систематичні огляди літератури результатів лікування переломів ЗКВГК, наголошують на тому, що саме оцінка морфології фрагменту ЗКВГК, а не його розміру, залишається важливою умовою успішного лікування цих

ушкоджень [11, 53]. Усвідомлення важливості оцінки цього параметру покладена в основу відповідних класифікацій які допомагають прогнозувати віддалені наслідки та очікувані результати лікування [54–58]. Стратегія оптимального вибору методу остеосинтезу ЗКВГК, враховуючи наявність контроверсійних наукових даних [39, 59], все ще потребує подальшого розвитку та вдосконалення.

1.2. Діагностика пошкоджень ЗКВГК.

Безумовно, тактика і спосіб хірургічного втручання перш за все повинні базуватись на основі клінічного обстеження та результатах інструментальної діагностики. Рентгенографія НГС у латеральній проекції є найбільш інформативною, оскільки не лише дає певне уявлення про розмір фрагменту ЗКВГК, а й дозволяє візуалізувати зміщення надп'яtkової кістки дозад, що являє собою важливий прогностичний фактор очікуваних результатів лікування. Warner S.J. та ін. показали, що травматична дислокація надп'яtkової кістки у пацієнтів з переломами кісточок гомілки та ЗКВГК асоційована з гіршими віддаленими результатами лікування та більшою частотою неправильного відновлення конгруентності НГС [60]. Наявність патогномонічних рентгенологічних симптомів «flake fragment sign», «double dome sign», «double fibula sign» чи «spur sign» (Рис. 1) дозволяють запідозрити наявність задньомедіального фрагменту ЗКВГК, що характеризується більш складним механізмом ушкодження заднього відділу плато ВГК [1, 12]. Застосування додаткової косої латеральної проекції під кутом 50° проекції, запропоноване Ebraheim N. та ін. [61] є корисним для візуалізації перелому ЗКВГК, проте не дозволяє повністю верифікувати морфологію перелому ЗКВГК.



Рисунок 1.1. Рентгенограми пацієнта з переломом ЗКВГК. А - «double dome» симптом; Б - «flake fragment sign», «spur sign» симптом

Незважаючи на існуючі упродовж багатьох років переконання, про достатність рентгенографічного аналізу для діагностики та планування тактики лікування у пацієнтів із трьохкісточковими переломами гомілки, згідно даних останніх досліджень, доведено низьку інформативність та надійність традиційної рентгенографії у пацієнтів із переломом ЗКВГК [62]. На сьогодні комп'ютерна томографія (КТ) залишається «золотим стандартом» діагностики переломів ЗКВГК та має ряд переваг у порівнянні з рентгенографічним методом, який часто призводить не лише до недооцінки, а іноді й перебільшення тяжкості травми НГС [63]. Donohoe S. та ін. показали, що результати КТ призводять до зміни хірургічної тактики щодо стабілізації переломів ЗКВГК майже у 44 % випадків у порівнянні з традиційними рентгенограмами [64]. Згідно з класифікацією Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthesefragen / Orthopaedic Trauma Association (AO/OTA), комп'ютерна томографія рекомендована при наявності вертикального перелому медіальної кісточки, переломах типу 44В з ушкодженням ЗКВГК та всіх переломах типу 44С [65]. КТ особливо у поєднанні з 3D реконструкцією, допомагає визначити не лише морфологію та просторове розміщення перелому ЗКВГК, а й ступінь ушкодження суглобового плато ВГК та ушкодження дистального міжгомілкового синдесмозу

(ДМГС), що є надзвичайно важливими умовами при плануванні хірургічного лікування [66]. Незважаючи на те, що переважна більшість авторів вважають, що застосування рентгенографії втратило значимість в зв'язку із широким застосуванням комп'ютерної томографії, важко не погодитись з думкою White T.O. [40], який вважає, що застосування КТ необхідно використовувати лише для тих випадків, коли це дійсно буде забезпечувати клінічно корисною інформацією при плануванні хірургічного втручання та прогнозуванні результатів лікування, враховуючи додаткове іонізуюче випромінювання та вартість дослідження. Рутинне застосування КТ для кожного пацієнта з переломом ЗКВГК слід розглядати з обережністю. МРТ може дати додаткову інформацію про ушкодження ДМГС, зв'язкового комплексу НГС та наявність остеохондральних фрагментів, хоча вона використовується лише у виняткових випадках [67].

1.3. Класифікації переломів ЗКВГК.

Важливим інструментом, що впливає на вибір хірургічної тактики при лікуванні переломів кісточок гомілки, залишаються існуючі класифікації цих ушкоджень. Традиційні класифікації за N. Lauge-Hansen, B.G. Weber та АО/ОТА упродовж багатьох років отримали широке розповсюдження серед ортопедів-травматологів та дозволяють не лише отримати значну кількість інформації про механізм виникнення і тяжкість перелому кісточок, а й дають можливість прогнозувати супутнє ушкодження зв'язкового комплексу НГС. Проте, названі класифікаційні системи залишаються неспецифічними та мають ряд недоліків, які обмежують їх застосування у пацієнтів з трьохкісточковими переломами гомілки. Так, незважаючи на те, що класифікація за B.G. Weber достатньо проста у використанні, вона не є коректною для мультималеоларних переломів. Класифікація за N. Lauge-Hansen має високу інформативність, проте характеризується поганою відтворюваністю та має низьку між – та внутрішньоекспертну погодженість. Найсучасніша класифікація за АО/ОТА не враховує конфігурації перелому ЗКВГК, яка є надзвичайно важливим фактором для вибору стратегії хірургічного лікування [2]. Зважаючи на наявні недоліки, окремими дослідниками було створено

концептуально нові класифікації переломів ЗКВГК, які дозволяють диференціювати ці ушкодження на основі морфологічних характеристик ушкоджень плато ВГК відповідно до результатів комп'ютерної томографії.

Перша така класифікація була розроблена N. Haraguchi та спів. [68] у 2006 р. який виділив 3 найбільш розповсюджені типи переломів ЗКВГК : I тип (67 %) – задньолатеральний косий перелом ЗКВГК, включає великий фрагмент трикутної форми, відділений від задньобоккової частини дистального відділу великогомілкової кістки; II тип (19 %) – задньомедіальний фрагмент ЗКВГК, утворюється одним або двома уламками; III тип (14 %) – відривні “shell-shaped” переломи ЗКВГК, що включають невеликі фрагменти кортикального шару ВГК. Пацієнти з двокомпонентним задньомедіальним фрагментом ЗКВГК (Haraguchi II), мають набагато гірші результати лікування, у порівнянні з Haraguchi I та III [1]. L.W. Mason та ін. вдосконалили класифікацію N. Haraguchi, більш детально дослідивши патомеханізм виникнення та важкість переломів ЗКВГК [69]. На сьогодні, широке використання в клінічній практиці отримала класифікація J. Bartoníček та S. Rammelt (Рис. 1.1) [70], яка розподіляє переломи ЗКВГК на 5 типів в залежності від залучення вирізки малоомілкової кістки (*incisura fibularis tibiae*): I тип (8 %) – фрагмент ЗКВГК з інтактною *incisura fibularis tibiae*; II тип (52 %) - задньолатеральний фрагмент, що включає 1/4 – 1/3 *incisura fibularis tibiae*; III тип (28 %) - задньомедіальний двохкомпонентний фрагмент ЗКВГК, що охоплює задню частину *incisura fibularis tibiae* латерально та *colliculus posterior* медіальної кісточки медіально; IV тип (9 %) - великий задньолатеральний трикутний фрагмент, що включає 50% задньої частини *incisura fibularis tibiae*; V тип – атипові переломи ЗКВГК, не класифіковані в інших рубриках. Автори наголошують на важливості анатомічного відновлення *incisura fibularis tibiae*, оскільки цілісність цієї структури сприяє покращенню стабільності ДМГС. Цікавим є і той факт, що на відміну від інших дослідників, Bartoníček та Rammelt не спостерігали жодних позасуглобових фрагментів ЗКВГК.

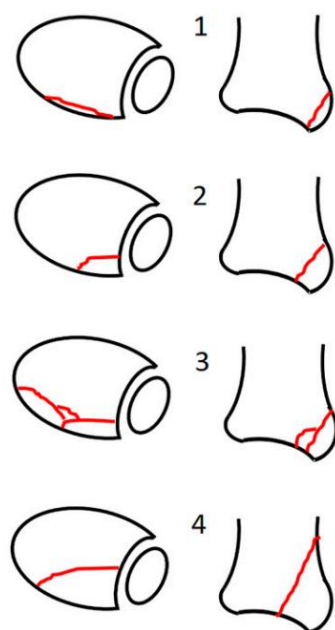


Рисунок 1.2. Морфотипи переломів заднього краю великогомілкової кістки за J. Bartoníček та S. Rammelt., 2015.

1.4. Методики хірургічного лікування пацієнтів у разі переломів ЗКВГК.

Хірургічне лікування рекомендоване для більшості випадків переломів кісточок із залучення ЗКВГК. Оперативне лікування спрямоване на відновлення площі та конгруентності суглобової поверхні плато великогомілкової кістки; забезпечення стабільності НГС та анатомічного положення ДМГС. Запропоновані класифікації за J. Bartoníček – S. Rammelt та L.W.Mason є корисними інструментами для прийняття тактичних рішень. Традиційні методики хірургічного лікування переломів ЗКВГК включають непряму репозицію та металоостеосинтез (МОС) за допомогою гвинтів введених у «anterior-to-posterior» чи «posterior-to-anterior» напрямках або відкриту репозицію та МОС пластиною та гвинтами. Використання дистальної тибіофібулярної стабілізації в окремих випадках може розглядатися, як аналог хірургічної фіксації для певного типу переломів ЗКВГК [69]. Непряма репозиція та остеосинтез гвинтами рекомендований для великих фрагментів ЗКВГК без наявності проміжних фрагментів [36]. Методики імплантації металофіксаторів з передньої чи задньої поверхні дистального епіметафізу ВГК мають схожі функціональні та рентгенологічні результати, тому застосування

конкретного варіанту повинно базуватися переважно на досвіді хірурга [71]. Техніка остеосинтезу передбачає репозицію ЗКВГК за рахунок лігаментотаксису та фіксацію фрагмента 1 або 2-ма канюльованими чи кортикальними гвинтами. Використання гвинтів з повною та частковою різьбою мають однакові функціональні результати, проте застосування кортикальних гвинтів характеризується меншим ризиком подразнення м'яких тканин та скарг у післяопераційному періоді [72]. Незважаючи на широку популярність, відносну простоту виконання, скорочення часу оперативного втручання та низьку частоту місцевих ускладнень, хірурги повинні враховувати той факт, що цей метод синтезу має ряд значних недоліків, серед яких збільшення частоти використання дистальної тибіофібулярної стабілізації, відсутність можливості здійснювати прецизійну репозицію та фіксацію фрагментів ЗКВГК, підвищений ризик позиціонування гвинтів у ділянці ДМГС та ушкодження сухожилків розгиначів і судинно-нервових структур [73, 74]. Фіксація гвинтами має нижчу біомеханічну стабільність у порівнянні з використанням опорних пластин (buttress plating) [75]. Крім цього, для забезпечення максимальної компресії перелому при використанні канюльованих гвинтів важливо переконатися, що вся різьба гвинтів перетинає лінію перелому, а це часто буває складно візуалізувати на операційних знімках, враховуючи наявність додаткових металоконструкцій на латеральній та медіальній кісточках. Використання правильних анатомічних та рентгенологічних орієнтирів, коректне позиціонування гвинтів може максимально мінімізувати ризики виникнення ускладнень та забезпечує максимальну ефективність та безпечність цього методу лікування [76–79]. Трансфібулярний доступ за В.Г.Вебер дає можливість виконувати остеосинтез ЗКВГК гвинтами під частковим візуальним контролем за рахунок інтраопераційної зовнішньої ротації та зміщення дистального фрагмента латеральної кісточки у випадках довгого косоного перелому типу Weber B [80]. Проте, цей метод отримав обмежене використання на практиці у зв'язку із значними труднощами у техніці виконання та недостатньою візуалізацією плато ВГК [32].

Перевагами відкритої репозиції та остеосинтезу ЗКВГК за допомогою пластини та гвинтів є забезпечення стабільної фіксації переломів ЗКВГК, можливість видаляти чи репонувати проміжні фрагменти та виявляти остеохондральні ушкодження НГС [81]. Ряд досліджень продемонстрували більшу біомеханічну стабільність та менший ступінь осьового зміщення під дією сил навантаження при фіксації перелому ЗКВГК за допомогою пластини та гвинтів; краще відновлення анатомічного положення латеральної кісточки у вирізці малогомілкової кістки за рахунок більшого натягу ЗМГЗ, а також кращі клінічні результати у порівнянні з пацієнтами, у яких застосовувалась методика непрямой репозиції та МОС гвинтами [82, 83].

Вибір найбільш оптимального доступу для виконання прямої репозиції та остеосинтезу ЗКВГК за допомогою пластини та гвинтів повинен базуватися на морфології перелому та досвіді хірурга [62, 84]. Задньолатеральний доступ рекомендований для переломів ЗКВГК 2-4 типу за класифікацією Bartoníček – Rammelt, а також при наявності проміжних уламків, які не можуть бути реоновані та фіксовані шляхом непрямой репозиції [85]. За літературними даними, наявність додаткових фрагментів спостерігається в 43 % випадків переломів кісточок із наявністю ЗКВГК та 29 % нестабільних ушкоджень НГС [86]. Задньомедіальний доступ має перевагу при переломах ЗКВГК з медіальним розширенням лінії перелому та залученням медіальної кісточки (Bartoníček – Rammelt тип 3) [87, 88]. Комбінація обох доступів дає гарну візуалізацію у випадках переломів ЗКВГК із значним ушкодженням заднього відділу плато ВГК [89]. Окрім традиційних доступів, на практиці використовують також ряд їх модифікацій, які сприяють не лише візуалізації значної частини заднього відділу НГС, а й дозволяють виконувати одночасний остеосинтез супутніх ушкоджень латеральної та медіальної кісточок з одного доступу [90]. Особливу зацікавленість викликають доступи з дислокацією стопи, що дозволяє оглянути значну частину суглобової поверхні ВГК, проте такий підхід здається надмірно агресивним і може додатково збільшувати ушкодження надп'яtkово-гомiлкового суглоба [91, 92]. Незважаючи на наявні переваги,

недоліками відкритої репозиції та остеосинтезу пластиною та гвинтами є утруднення синтезу медіальної кісточки, за рахунок положення пацієнта на животі під час операції; підвищений ризик ушкодження медіального судинно-нервового пучка та подразнення сухожилка заднього великогомілкового м'язу при занадто медіальному розміщенні металофіксаторів; деваскуляризація фрагментів ЗКВГК та можливість внутрішньосуглобового проведення гвинтів [93]. Використання опорної пластини може неоптимально протистояти латеральному зміщенню фрагменту ЗКВГК під час рухів, що може потребувати використання додаткових металофіксаторів. Mertens M. та ін. показали, що майже 30 % пацієнтів повідомляють про тимчасовий дефіцит згинання великого пальця та 38 % - про гіпостезію на латеральній поверхні стопи після остеосинтезу ЗКВГК пластиною та гвинтами [94]. Jeyaseelan L. та ін. продемонстрували, що фіксація перелому ЗКВГК підвищує ризик ускладнень пов'язаних з наявністю металокопункцій та частотою повторних операцій майже у 2 рази [95].

Останнім часом все більше дослідників схилиються до думки, що фіксація ЗКВГК забезпечує відновлення задньої частини синдесмозу і тим самим знижує потребу у дистальній тибіофібулярній стабілізації, або є її еквівалентом [17, 96]. Багатоцентрове когортне дослідження проведене Stringfellow T.D. та спів. показало, що необхідність у дистальній тибіофібулярній стабілізації виникає лише у 9.6 % випадків, за умови хірургічної стабілізації перелому ЗКВГК [97]. Marques Ribeiro H. та ін. показали, що у пацієнтів із трьохкісточковими переломами гомілки, остеосинтез ЗКВГК значно знижує частоту використання даної стабілізації (0 %) у порівнянні з групою без остеосинтезу (15.9 %), а також значно підвищує показники якості життя за шкалами AAOS, AOFAS та VAS [98]. Evers J. та спів. продемонстрували, що остеосинтез навіть мінімальних переломів ЗКВГК більш ефективно нейтралізує ротаційні сили в НГС у порівнянні з дистальною тибіофібулярною стабілізацією, що має актуальне клінічне значення враховуючи рухомість ДМГС в окремі фази ходи [99]. Vaumbach S.F. та ін. рекомендують, незалежно від розміру, фіксувати усі переломи ЗКВГК за допомогою відкритої

репозиції та внутрішньої фіксації, оскільки це призводить до кращого відновлення анатомії ДМГС у порівнянні з консервативним лікуванням та непрямими методами остеосинтезу [13].

На сьогодні більшість авторів притримуються думки, що наявність позитивних інтраопераційних тестів нестабільності ДМГС (тест Cotton, Hook-тест) після фіксації перелому ЗКВГК, все ще залишається необхідним показом до використання додаткової дистальної тибіофібулярної стабілізації. Neumann A. та Rammelt S. зазначають, що найбільша частота використання даної стабілізації виникає в 15 % випадків ушкоджень типу Weber C та Bartonicek – Rammelt 2 [4]. Залишкова нестабільність ДМГС при трьохкісточкових переломах пояснюється супутнім ушкодженням передньої порції ДМГС та зв'язок латеральної групи НГС, так як фіксація ЗКВГК відновлює лише ту частину синдесмотичної стабільності, яку забезпечує задня міжгомілкова зв'язка (ЗМГЗ). Odak S. та ін. [6], показали, що стабільність над'яtkово-гомілкового суглобу забезпечується переважно передньою і задньою міжгомілковими зв'язками, а також медіальною та латеральною колоною НГС, в той час, як участь ЗКВГК в цьому мінімальна. Дослідження проведене Warner S.J. та ін. повідомляє, що задня нестабільність НГС може виникати навіть при неушкодженому ЗКВГК, що обумовлено травматичним відшаруванням задньої міжгомілкової зв'язки від задньої поверхні дистального епіметафізу ВГК у 97 % випадків при ротаційно нестабільних переломах кісточок гомілки [100]. Levack A.E. та спів. показали, що відновлення перелому ЗКВГК не має переваг у порівнянні з відновленням задньої порції ДМГС при ротаційних ушкодженнях кісточок [101]. Анатомічне дослідження Ogilvie-Harris D.J. та ін. виявило, що передня та задня міжгомілкові зв'язки є однаково важливими структурами НГС, які забезпечують 35 % і 33 % стабільності ДМГС відповідно [102]. Raasch W.G. та ін. показали, що основним стримуючим фактором задньої нестабільності таранної кістки переважною мірою є не ЗКВГК, а комплекс латеральних зв'язок НГС (таранно-малогомілкова та п'яtkово-малогомілкова зв'язки, латеральна кісточка), таким чином відновлення анатомії латеральних

структур НГС (зокрема латеральної кісточки) має значний вплив на стабільність суглоба [103]. Zhan Y. та спів. показали, що при переломах ЗКВГК, аугментація передньої міжгомількової зв'язки за допомогою якірної фіксації має кращі функціональні результати та менше ускладнень у порівнянні з транссиндесмозною фіксацією за допомогою гвинта [104]. Цікавим є дослідження Myers D.M. та ін. який повідомляють, що додаткова дистальна тибіофібулярна стабілізація після остеосинтезу ЗКВГК, пришвидшує терміни консолідації кісточок у 2.5 рази, та дозволяє розпочинати раннє навантаження кінцівки починаючи з 3-го тижня із задовільним ефектом [105]. Результати нещодавніх досліджень показали, що відновлення авульсивних ушкоджень передньої порції синдесмозу та переломів типу Le Fort-Wagstaffe та Chaput («передня» або «четверта» кісточка) є важливим компонентом лікування трьохкісточкових переломів гомілки [106]. Консервативне лікування цих ушкоджень значно підвищує ризик виконання ревізійних хірургічних втручань та погіршує віддалені наслідки лікування [107].

На сьогодні також відсутній консенсус з приводу етапності синтезу між латеральною кісточкою та ЗКВГК. Деякі дослідження рекомендують фіксувати латеральну кісточку в першу чергу, переконуючи, що відновлення довжини малогомількової кістки полегшує репозицію ЗКВГК завдяки приєднанню до задньої міжгомількової зв'язки, хоча у багатьох випадках це неможливо за рахунок інтерпозиції проміжних фрагментів та наявності гематоми (рубців) в місці перелому [93]. Навпаки, інші дослідження стверджують, що це може утруднювати інтраопераційну візуалізацію репозиції перелому ЗКВГК, за рахунок наявності додаткових конструкцій в ділянці латеральної чи медіальної кісточок [108]. Mason L.W. та ін. наголошують, що при двокомпонентних переломах ЗКВГК типу 2В, першочерговий остеосинтез латерального фрагменту ЗКВГК може утруднювати анатомічну репозицію задньомедіального фрагменту [69]. Через ці обставини, переважна більшість дослідників пропонують виконувати анатомічну репозицію цих ушкоджень одночасно, а вибір послідовності фіксації ЗКВГК та латеральної кісточки здійснювати в кожному випадку окремо [109]. Відсутнє також

погодження, щодо оптимальних термінів хірургічного лікування закритих трьохкісточкових переломів гомілки. Найважливішими факторами, які впливають на час проведення оперативного втручання, залишаються оцінка стану м'яких тканин та можливості персоналу і операційного блоку [2, 93].

1.5 Особливості післяопераційного ведення пацієнтів з переломами ЗКВГК.

Післяопераційний протокол лікування передбачає гіпсову іммобілізацію в короткій гіпсовій лонгеті упродовж 2 тижнів з початком ранніх функціональних вправ спрямованих на тренування м'язу довгого згинача великого пальця упродовж 2 – 6 тижнів. Повне навантаження після клінічного та рентгенологічного підтвердження консолідації кісток рекомендовано через 6 тижнів [110]. Firoozabadi R. та ін. для певної групи пацієнтів, рекомендували розпочинати навантаження нижньої кінцівки відразу після остеосинтезу переломів кісточок гомілки відповідно до індивідуальної переносимості болю, що дозволяє пацієнтам швидше повернутися до повсякденної діяльності та полегшує реабілітацію [111]. Parachristou G. та ін. запропонували початок дозованого навантаження у функціональних ортезах починаючи з 1 тижня після оперативного лікування переломів ЗКВГК [112]. Незважаючи на гарні функціональні результати отримані цими дослідниками, жодні інші дослідження не показали переваг раннього навантаження для цих ушкоджень. Вибір конкретного методу реабілітації, в кожному конкретному випадку, повинен залежати від характеру травми, наявності супутніх захворювань та комплаєнсу пацієнта [113].

1.6 Системи оцінки функціонального стану надп'яtkово-гомілкового суглобу

Різноманітна патологія стопи посідає значне місце в структурі ортопедичної патології сучасного суспільства. Особливості будови стопи вродженого або набутого характеру, патологічні процеси та їх локалізація, механізми компенсації визначають зміни у нормальному функціонуванні стопи, що потребує інтегральної оцінки. Перелік систем оцінки для кількісного визначення функції стопи достатньо великий. Кожна з них має сильні та слабкі сторони, деякі призначені для

оцінювання конкретної анатомічної ділянки, деякі дають можливість оцінити стан стопи і надп'ятково-гомількового суглоба (НГС) загалом, деякі придатні для застосування в будь-якій медичній спеціальності (наприклад, SF-36). Безумовними перевагами більшості з них є кількісна оцінка, можливість інтерв'ю у віддаленому форматі, простота заповнення. Загальним недоліком є особливості перекладу з мови оригіналу, що потребує адаптації обраної шкали в національний медичний простір. Проте знайомство з найбільш поширеними системами оцінки стопи та НГС є, безумовно, корисним, тому що недосконалість наявних систем оцінки обумовлює використання двох або більше шкал для посилення якості оцінки. Оцінка стану стопи та НГС на основі клініко-рентгенологічних показників лишається класичним інструментом дослідження в експертній, лікувальній та дослідницькій практиці. Попри безумовну об'єктивність багатьох клінічних тестів та скіалогічних показників, їх дослідження, реєстрація та інтерпретація проводиться за безпосередньої участі спеціаліста, що виводить за рамки дослідження пацієнта з його власним тлумаченням доопераційного стану та результату лікування. Через це в останні десятиріччя значну увагу приділяють розробці так званих пацієнтоорієнтованих систем оцінки функціонального стану стопи (patient reported outcome measures – PROMs), причому така тенденція буде зберігатись і у майбутньому [25]. Це обумовлено зростанням ролі доказової медицини, оцінкою економічної ефективності лікувальних та профілактичних заходів, стандартизацією медичної діяльності та широкою міжнародною інтеграцією медичної науки. PROMs є стандартизованими анкетами, які заповнюються пацієнтами і відображають сприйняття функціонального стану, самопочуття та якості життя [114]. За даними літератури на 2013 рік, існувало 139 унікальних шкал для оцінки функції стопи та НГС [26]. Таке різноманіття суттєво ускладнює надійну інтерпретацію результатів лікування, що стимулювало ряд консенсусів щодо перевірки достовірності оцінювальних шкал [115]. На думку ініціаторів цих консенсусів, такий підхід сприятиме вибору високоякісних PROMs для застосування у практичній та дослідницькій діяльності. Як б перспективи не майоріли на обрії, реальне життя повертає нас до аналізу найуживаніших систем

оцінки функції стопи та НГС, серед яких перше місце займає шкала AOFAS. Ця стандартизована система оцінки відрізняється зручністю та простотою, відсутністю потреби у складному обладнанні, високим рівнем надійності. Поряд із цим шкалу AOFAS не можна класифікувати як PROMs, оскільки достатньо багато параметрів функціонального статусу оцінює дослідник [25]. Негативним є також двозначність деяких дескрипторів, зокрема “no (ні)” та “none (немає)”, які можуть бути інтерпретовані як рівнозначні поняття. Суттєвим психометричним недоліком шкали AOFAS є недостатня кількість запитань, що стосуються оцінки болю, в той час, як понад 80 % пацієнтів вказують на біль як головну проблему, пов’язану зі зверненням до лікаря [116]. У 2018 році колегія директорів AOFAS опублікувала офіційну заяву, в якій було наголошено на необхідності використання цієї системи оцінки; однак, враховуючи її суттєві недоліки, рекомендованим є паралельне використання будь-якої іншої системи з гарним психометричним профілем та достатнім рівнем валідності [117]. FFI та FFI-R – друга за частотою використання система оцінки, що пройшла мовну адаптацію у 14 країнах, має гарні показники надійності та валідності, потребує мінімального напруження респондента. Не вимагає формального тренінгу для підрахунку та/або інтерпретації. Безкоштовна, рекомендована AOFAS для широкого кола питань, пов’язаних із патологією стопи та НГС. FAOS, FAAM, FADI є найбільш оптимальними системами оцінки для пацієнтів із нестабільністю НГС, мають гарні показники надійності та валідності. Певним недоліком є необхідність переведення значень сумативної шкали R. Likert у числовий показник, що ускладнює оцінку. Потребують формального тренінгу. MOXFQ – також заснована на сумативній шкалі R. Likert, потребує переведення результату у метричну систему. Психометричні властивості, надійність та валідність дозволяють застосовувати цей опитувальник не лише в розділі ортопедичної хірургії, але і для клінічних випробувань медикаментів та виробів ортопедичного призначення. Відповідає рекомендаціям FDA. BFS була розроблена для подіатричних пацієнтів і відображає швидше стан здоров’я стопи, аніж її функцію. Не знайшла широкого ужитку в аспекті оцінки результатів хірургічного лікування власне ортопедичної патології. Психометричні властивості не

досліджували, контентна валідність низька ($r = 0,14$; кореляція зі шкалою загального здоров'я та іншою подіатричною шкалою). Roles and Maudsley scale – проста у використанні чотириступенева шкала, що дозволяє визначити якість життя. Повністю пацієнтоорієнтована, ідеально підходить для оцінки станів, що проявляються болем. Може мати більш широке застосування для оцінки стопи та НГС. VAS FA – відносно новий інструмент для оцінки стану стопи та НГС, широкого розповсюдження не отримала. Має непогані психометричні характеристики, однак її застосування обмежене переважно німецькомовними країнами.

1.7 Методи вимірювання амплітуди рухів у надп'яtkово-гомiлковому суглобі.

Поряд з традиційною гоніометрією, упродовж останнього часу було створено багато інструментів, які використовують для визначення амплітуди рухів в ділянці надп'яtkово-гомiлкового суглоба, кожен з яких характеризується різним рівнем технічної складності та достовірності отриманих результатів. Незважаючи на широкий спектр наявних засобів, серед науковців немає єдиної узгодженої думки щодо переваг використання конкретного методу, що значно ускладнює порівняння клінічних досліджень та застосування в практичній медицині [21–23]. Рентгенографія залишається «золотим» (evidence based) стандартом вимірювання амплітуди рухів у суглобах [118], однак ця методика має обмежене використання на практиці з огляду на наявність променевого навантаження [119]. Необхідність покращити ефективність вимірювань призвели до пошуків дослідниками нових методів оцінки діапазону розгинання в НГС, які б мали значний рівень надійності та відтворюваності. Так, поряд з традиційною гоніометрією, нещодавно були розроблені додатки інклінометра для смартфонів, що робить їх популярним вибором для клініцистів [120–124]. Систематичний огляд, проведений J. Keogh et al. [125] продемонстрував вагомі докази на підтримку використання мобільних інклінометрів для вимірювання рухів у суглобах. Проте, незважаючи на велику кількість публікацій, присвячених визначенню обсягу розгинання у НГС з використанням гоніометрів та мобільних інклінометрів, досліджень, які б

порівнювали ці методи з рентгенографічним методом на жаль, недостатньо, що обумовлює важливість та актуальність подальших пошуків.

Обмеження розгинання в НГС тісно пов'язане з рядом травм і захворювань нижніх кінцівок: плантарним фасциїтом [126], ахілобурситом [127], наслідками переломів кісточок та ушкоджень зв'язкового комплексу надп'яtkово-гомiлкового та колінного суглобів [24]. Розуміння клініцистами взаємозв'язку між амплітудою розгинання та функціональними характеристиками НГС, точна оцінка та динаміка відновлення розгинання залишаються важливим компонентом визначення ефективності та якості ортопедичної діагностики. Вимірювання діапазону рухів в положенні навантаження отримало широку популярність серед дослідників, оскільки краще відображає функціональні можливості суглоба (хода, біг, підйом по сходах), має більшу надійність та репрезентативність у порівнянні з показниками, отриманими в положенні без навантаження [23]. Систематичний огляд, проведений Powden et al. [128] показав, що WBLT має високу чутливість та експертну погодженість при оцінці активного розгинання у НГС, що робить його зручним інструментом для клінічних досліджень.

Використання рентгенографії для рутинної оцінки рухів у НГС в клінічних умовах не застосовують, проте це дозволяє використовувати її для встановлення обґрунтованості інших методів, таких як гоніометрія чи інклінометрія. Незважаючи на високу відтворюваність гоніометричного та інклінометричного методів вимірювання, недоліком цих засобів залишається висока вірогідність виникнення потенціальної помилки, пов'язаної із складнощами позиціонування заднього відділу стопи при обстеженні, що надає рентгенологічному дослідженню додаткову перевагу та інформативність у визначенні істинного діапазону розгинання у НГС. Так, Р. Dayton та ін. [129] порівнюючи вплив супінованого, нейтрального і пронованого положення заднього відділу стопи на показники розгинання в НГС, виявили мінімальну різницю у скіалогічних показниках при кожному з трьох положень стопи із загальною різницею в $0,35^\circ$, в той час як клінічне вимірювання розгинання виявило середню різницю в 14° між супінованим

і пронованим положенням стопи. Схоже дослідження K.Cady та ін. [130] показало, що обсяг розгинання у НГС також суттєво відрізняється в залежності від позиції заднього відділу стопи при виконанні WBLT. З клінічної точки зору оцінка розгинання у НГС переважно залежить від його мобільності. Незважаючи на це, все більше дослідників акцентують увагу на важливості оцінки впливу суміжних суглобів (колінного, підтаранного, заплесна) на результуючі показники амплітуди рухів у надп'ятково-гомільковому суглобі. Так, M. Smith та ін. [23] показали, що під час виконання WBLT тесту кінцевий результат амплітуди розгинання на 91,8 % залежить від обсягу рухів у самому НГС, а 8,2 % припадає на дистально розташовані суглоби стопи. J.A. Russell [131] отримав подібні результати (70 % гомількостопний суглоб; 30 % стопа) оцінюючи флексію та екстензію НГС у професійних артистів балету

1.8 Ізольовані переломи ЗКВГК

Ізольовані переломи заднього краю великогомілкової кістки (ЗКВГК) є рідкісною формою ушкоджень надп'яткового - гомількостопного суглоба, які зустрічаються в 0.5 % - 4 % випадків серед усіх переломів кісточок [132] та залишаються одними з найскладніших в діагностиці травм, що пов'язано з недостатньою обізнаністю ортопедів-травматологів та складністю рентгенологічної візуалізації цих пошкоджень [133, 134]. Виникнення «parachute jumper's fracture», вперше описаного Tobin 1943 г, пояснює найчастіший етіологічний фактор, що спричинює ці травми, проте точний патофізіологічний механізм виникнення ізольованих переломів ЗКВГК досі залишається предметом дискусій [132, 133]. Згідно сучасних уявлень ізольовані переломи ЗКВГК являють собою компонент більш складного ушкодження НГС, що в деяких випадках може впливати на порушення стабільності НГС та як наслідок, збільшувати ризик виникнення вторинного (посттравматичного) остеоартрозу. Більшість досліджень присвячених ізольованим ушкодженням ЗКВГК наголошують, що ізольовані переломи ЗКВГК мають супутнє ушкодження зв'язок НГС [135, 136], вплив яких

на кінцевий результат лікування недостатньо висвітлений в літературних джерелах [7, 137]

Ізольовані переломи ЗКВГК становлять важливу проблему в лікуванні травм ГС, що зумовлено рідкістю клінічних випадків, складним механізмом пошкодження, нетиповою клінічною картиною, труднощами візуалізації при рентгенологічному дослідженні та потенційними ризиками подальшого розвитку посттравматичного остеоартрозу ГС[137].

Ушкодження структур ГС, що виникають при переломах кісточок гомілки з біомеханічної точки зору добре пояснюються класифікацією Lauge – Hansen, хоча ізольований перелом ЗКВГК не внесений до цієї класифікації [138]. Більшість дослідників розглядають цей варіант перелому, як кістковий варіант ротаційного ушкодження задньої порції ДМГС, що виникає при супінаційній зовнішній ротації (SER) 3 стадії, пронації зовнішній ротації (PER) та пронації-абдукції (РА) 2 стадії за класифікацією Lauge - Hansen, або виникає як наслідок плантарної гіперфлексії в поєднанні з вертикальною компресією. Інші вважають, що це ушкодження завжди є частиною перелому проксимального відділу малогомілкової кістки (Maisonneuve) який часто залишається недіагностованим [36, 135].

Наявні наукові публікації присвячених вивченню ізольованих переломів ЗКВГК, являють в основному опис поодиноких клінічних випадків [7, 136], серед яких більшість авторів виступають за консервативне лікування цих пошкоджень із задовільними результатами лікування. Незважаючи на наведені переконливі докази ефективності консервативного лікування, більшість з цих публікацій містять в собі іноді суперечливі дані, що не дозволяє однозначно оцінювати отриману інформацію. Так, Smeeing DPJ та спів.[7] провівши систематичний огляд літератури, виявили всього 75 зареєстрованих випадків ізольованих переломів ЗКВГК, серед яких а 85 % підлягали консервативному лікуванню. Автори зазначають, що майже у всіх пацієнтів відновлення проходило без ускладнень, випадків порушення зрощення переломів ЗКВГК не зареєстровані. Donken CC та спів. [135] оцінюючи довгострокові (20 років) результати консервативного

лікування у 19 пацієнтів з ізольованим переломом ЗКВГК спостерігали відмінний або хороший результат лікування, проте повідомляють про 63 % випадків розвитку рентгенологічних ознак деформуючого остеоартрозу ГС. Автори повідомляють про методологічні недоліки дослідження, зокрема про недостатній розмір вибірки та сумнівність оцінки достовірності результатів за допомогою шкали Olerud-Molander Ankle Score (OMAS), що може бути недостатньо дискримінуючою для оцінки віддалених результатів лікування. Дослідження Comat G. та спів.[139], наголошує що встановлення недостатньо раннього діагнозу ізольованого перелому ЗКВГК у 75 % призвело до більш тривалої непрацездатності та серйозніших наслідків травми, такими як біль, обмеження рухів та вазомоторні розлади, при цьому у жодного пацієнта з своєчасною діагностикою та адекватним лікуванням не було виявлено ускладнень.

Незважаючи на сформовані упродовж багатьох років переконання, щодо консервативного лікування ізольованих переломів ЗКВГК, сучасними дослідженнями акцентується увага на зміну парадигми лікування переломів ЗКВГК, з більшим акцентом на необхідність хірургічного лікування в окремих випадках з метою покращення функціональних результатів лікування та мінімізації віддалених наслідків травми ГС. Serbest S та спів[140]. наводить приклад хірургічного лікування ізольованого перелому ЗКВГК за допомогою 1 компресуючого гвинта проведено в передньо-задньому напрямку. Автори отримали гарні функціональні результати через 8 тижнів після травми (AOFAS – 96 балів). Rammelt S. та Bartoníček J. [36] повідомляють, що ізольовані переломи ЗКВГК без зміщення можуть підлягати консервативному лікуванню, за умови виключення нестабільності ГС.

Резюме: Нині відсутній обґрунтований діагностично – лікувальний алгоритм та чіткий уніфікований протокол лікування переломів ЗКВГК. Все це, в свою чергу призводить в ряді випадків до надмірного або ж недостатнього лікування певних ушкоджень ЗКВГК серед пацієнтів з переломами кісточок гомілки. Висока кількість незадовільних результатів лікування та різноманітність існуючих методів

оперативних втручань вимагають додаткової систематизації, удосконалення показів та пошуків оптимального диференційованого підходу до лікування цих ушкоджень. Аналіз літературних джерел свідчить про відсутність єдиного консенсусу з приводу лікування переломів ЗКВГК у пацієнтів з переломами кісточок гомілки. Тактика лікування цих ушкоджень потребує диференційованого підходу, що повинно обов'язково базуватись на морфологічних характеристиках переломів ЗКВГК та супутніх ушкодженнях медіальних та латеральних структур НГС. Основними прогностичними факторами, що впливають на задовільні результати лікування є відновлення площі та конгруентності суглобової поверхні плато ВГК, забезпечення стабільності НГС та анатомії дистального тибіофібулярного синдесмозу.

За результатами розділу опубліковано:

1. [141] Кучер, І., & Лябах, А. (2021). Сучасний стан концепції остеосинтезу заднього краю великогомілкової кістки у пацієнтів із переломами кісточок гомілки (Огляд літератури). *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (4(111)), 42-52. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-111-4-42-52>
2. [142] Лябах, А., Турчин, О., Пятковский, В., & Кучер, І. (2021). Порівняльний аналіз систем оцінки функції стопи. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (2(109)), 4-9. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-109-2-4-9>
3. [143] Liabakh A., Kucher I. Comparative evaluation of AOFAS, AAOS –FAM and OMAS scales in ankle surgery // *Multidisciplinary academic research and innovation. Abstracts of XXVII International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands. 2021*. Pp. 261-263. DOI: 10.46299/ISG.2021.I.XXVII

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

План дисертаційного дослідження та відповідність його виконання сучасним біоетичним вимогам виконані з урахуванням положень Комітету з біоетики ДУ «ІТО НАМН України» (протокол №3 від 3 листопада 2020 р.), а також Гельсінкської декларації 1964 року та її пізнішим змінам, вимог Європейської конвенції (Страсбург, 18 березня 1986 р.), Статуту Української асоціації з біоетики та типового Положення з питань етики МОЗ України №281 від 01 листопада 2000 р.

2.1 Матеріал та методи системного порівняльного аналізу літературних даних

Для системного пошуку літератури було застосовано бібліографічні бази даних: PubMed, Web of Science та Scopus за ключовими словами : «posterior malleolus fracture» OR «trimalleolar fracture» OR «Maisonneuve fracture» OR «Volkman's fracture» AND «osteosynthes» OR «fixation method» OR «management» OR «treatment» з використанням відповідних MeSH terms та логічних (Boolean) операторів. Матеріалом для роботи стали дані, отримані в результаті пошуку за бібліотечними базами даних PubMed із 1946 по 2021 рік.

Критеріями включення до системного аналізу були:

- наявність у публікації даних діагностики переломів ділянки НГС з переломом ЗКВГК;
- опис методики хірургічного лікування переломів ЗКВГК;
- вік пацієнтів, данні яких аналізувалися ≥ 18 років;
- наявність систем (або шкал) оцінки функції стопи та НГС;
- публікації англійською, українською мовами.

Критерії виключення із аналізу літературних даних були:

- дослідження, в яких аналізувалися переломи ЗКВГК пов'язані з іпсилатеральними переломами діяфізу великогомілкової кістки,

- дослідження, в яких аналізувалися переломи ЗКВГК пов'язані з переломами дистального епіметафізу великогомілкової кістки (переломи «пілона»),
- дослідження, в яких аналізувалися переломи ЗКВГК пов'язані з відкритими та патологічними переломами;
- технічні примітки та поради;
- дитячий вік пацієнтів;
- відсутність опису методів та результатів діагностики, методик хірургічного лікування;
- відсутність функціональної оцінки результатів лікування за системами (або шкалами) оцінки.

Відповідні тези після визначення необхідних параметрів були включені в аналіз, повнотекстові статті були отримані та ретельно оцінені. Крім того, списки літератури вибраних досліджень були перевірені щодо додаткових статей. У цьому контексті було виявлено ще 4 систематичні огляди літератури за тематикою пошуку.

2.2 Порівняльний аналіз систем оцінки функціонального стану НГС

Враховуючи велику кількість систем (шкал) оцінки функції стопи та НГС, що можуть бути використані для оцінки результатів лікування переломів ЗКВГК, для їхнього аналізу було відібрано ті системи (шкали) оцінки, які зустрічалися у не менше, ніж у 40 публікаціях кожна (критерій включення шкали у дослідження).

Таким чином, всього було виявлено 8898 джерел літератури, в яких були застосовані системи оцінки функції стопи та НГС. Згідно з обраним критерієм включення, було відібрано 5705 публікацій. Кількість публікацій за кожною системою оцінки наведена в табл. 2.1. При аналізі враховували методологію (філософію) дослідження, покладену в основу шкали: VAS, шкалу R. Likert, числову оцінку; орієнтацію шкали (дослідник, пацієнт); методику доведення надійності.

Таблиця 2.1. Кількість публікацій (PubMed) виявлених за результатами пошуку системи оцінки функції стопи та НГС.

| Назва системи оцінки | Кількість джерел |
|--|-------------------------|
| AOFAS score (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) | 2818 |
| VAS pain score (Visual Analogue Scale)- всього для стопи | 20707- 947 |
| SF-36 (Short Form Quality of Life scale)- всього для стопи | 806-657 |
| FFI (Foot Function Index) | 283 |
| FAOS (Foot and Ankle Outcome score) | 259 |
| FAAM (Foot Ankle Ability Measure) | 213 |
| FFI-R (Foot Function Index reviswed) | 163 |
| BFS (Bristol Foot Score) | 111 |
| MOXFQ (Manchester-Oxford Foot Questionary) | 87 |
| FADI (Foot and Ankle Disability Index) | 76 |
| Roles and Maudsley scale – всього для стопи | 199-48 |
| VAS FA (Visual Analogue Scale Foot and Ankle) | 43 |

Візуальна аналогова шкала (Visual Analogue Scale, VAS). Загальна назва для шкал, градація в яких представлена лінійною шкалою від 0 до 10 см (100 мм); застосовують для обраної ознаки, що досліджують.

Шкала R. Likert [144] або шкала сумарних оцінок – психометрична шкала, поділена на прості несуперечливі судження від однієї критичної точки через

нейтральну до протилежної критичної точки. У розглянутих системах оцінки використана сумативна шкала R. Likert (трактування рейтингової шкали як інтервальної), яка дозволяє робити підрахунок результату у балах. Числова оцінка пунктів опитувальника є дуже поширеною і присутня у більшості систем оцінки. Орієнтацію оцінювальної системи визначають за питомою вагою питань (пунктів), на які пацієнт може дати відповідь без участі лікаря. Якщо кількість таких пунктів перевищує 50 %, оцінювальну систему вважають пацієнтоорієнтованою. Якість системи оцінки характеризують такі основні показники, як надійність та валідність. Надійність – гарна відтворюваність результату, тобто отримання однакових результатів для кожного об'єкту при повторних вимірюваннях (в межах похибки). Найчастіше надійність досліджують процедурою тест-ретест. Процедура полягає у дослідженні за допомогою обраної шкали однієї групи респондентів через певний проміжок часу. Результати оцінюють за коефіцієнтом кореляції Пірсона, надійною вважають шкалу при $r \geq 0,7$. Іншою методикою оцінки надійності є аналіз внутрішньої консистентності (α Кронбаха). Валідність – комплексна характеристика тесту, що відображує досліджуване явище і репрезентативність діагностичної процедури стосовно нього. Розрізняють валідність змістовну, конструктну і критеріальну. Змістовну валідність оцінюють за допомогою міжекспертної погодженості (к Коуена), конструктну – кореляцією з іншими шкалами, критеріальну – кореляцією результатів за тестом та показником об'єктивного (інструментального) дослідження. В результаті дослідження було проаналізовано 12 шкал, що оцінюють функцію стопи та НГС та виявлено основні їхні недоліки та переваги.

АOFAS score (American Orthopaedic Foot and Ankle Society). Шкала функції стопи та НГС рекомендована Американським ортопедичним товариством стопи та НГС. Розроблена Н. Китаока у 1994 році [145], складається з чотирьох доменів (НГС – задній відділ стопи, середній відділ стопи, 1-й палець, 2-5-й пальці), кожен із яких містить субшкали. Кожна субшкала складається з пунктів, відповідь на які дає певну кількість балів, сума яких у 100 балів визначає повну

функціональну придатність відповідного відділу стопи (домену). Позитивними моментами AOFAS score є адаптованість субшкал до особливостей відповідного відділу стопи, простота використання та підрахунку результатів, відносна інтегральність; негативними – обов'язкова участь лікаря при заповненні деяких субшкал (обсяг рухів у доменах ГС – задній відділ стопи, 1-й палець, 2-5-й пальці).

VAS (Visual Analogue Scale). Найчастіше VAS застосовують для дослідження болю. Позитивними моментами VAS є наочність та простота, негативними – суб'єктивність та висока залежність від характеру та локалізації патологічного процесу (неспецифічність). Так, пацієнти із hallux rigidus та мієломною хворобою можуть вказувати однаковий рівень болю (наприклад, 7), однак зрозуміло, що порівнювати між собою ці дані некоректно.

SF-36 (Short Form Quality of Life scale). Ще коротший варіант опитувальника EQ-5D-3 запроваджений у 90-х роках минулого сторіччя [146] і складається з двох частин: описової та візуальної аналогової шкали (EQ VAS). Описова частина містить п'ять доменів: мобільність, самообслуговування, щоденна активність, біль/дискомфорт, тривога/депресія. Кожен домен передбачає три відповіді, які кодують цифрою: немає проблем (1), деякі проблеми (2), виражені проблеми (3). Повний добробут виглядає як 11111. Цифри коду не підлягають арифметичним діям. Інша частина представлена у вигляді VAS і дозволяє респонденту оцінити стан свого здоров'я від 0 до 100, де 100 – найкращий стан здоров'я. Переваги: наочність; недоліки: неспецифічність стосовно патології стопи, представлення результатів у вигляді профілів.

FFI (Foot Function Index). Запропонований у 1991 році E. Budiman-Mak та ін. [147] для оцінки стану стопи у пацієнтів із ревматоїдним артритом, проте доволі швидко набув поширення на всю патологію стопи. Складається з 23 питань, які згруповані у три модулі: больовий синдром (9 пунктів), порушення функції (9 пунктів), обмеження фізичної активності (5 пунктів). Відповідь на кожне питання оцінюють за шкалою ВАШ від 0 до 10 (0 – відсутність скарг, 10 – максимальне неблагополуччя). У межах кожного модуля підсумовують отримані дані, а

загальний результат розраховують як середнє арифметичне між просумованими значеннями кожного модуля. Переваги: простота, швидкість заповнення, можливість дистанційного анкетування; відображає якість життя, пов'язану зі станом стопи; інтегральність.

FAOS (Foot and Ankle Outcome Score). Розроблена Е.М. Roos та ін. [148] з метою оцінки проблем, пов'язаних зі стопою та НГС, у первинному вигляді для латеральної нестабільності, тендинопатії АС, плантарного фасціїту. Ґрунтується на KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score), містить п'ять субшкал: біль, інші симптоми, щоденна функція, спортивна активність; якість життя, пов'язана зі стопою та НГС (foot and ankle related Quality of Life – QOL). Стандартизовані відповіді відмічають за шкалою R. Likert – п'ять пунктів від 0 до 4 (0 – повне здоров'я, 4 – найгірший стан). За наданими формулами розраховують рівень кожної субшкали (0 – найгірший стан, 100 – повне здоров'я). Результати представляють у вигляді цифрового або графічного профілю. Переваги: простота, швидке заповнення. Недоліки: необхідність розрахунків, представлення результатів у вигляді профілю.

FAAM (Foot Ankle Ability Measure). Вперше опублікована у 2005 році [149], розроблена для оцінки щоденної фізичної активності осіб із патологією гомілки, НГС та стопи. Складається із двох субшкал (Activity of Daily Living Subscale, Sports Subscale), які містять 21 та 7 запитань відповідно. Відповіді відмічають за шкалою R. Likert, передбачено пункт “не маю відповіді”. Результат у відсотках за кожною субшкалою розраховують окремо (0 % – повна неспроможність, 100 % – повне здоров'я). Переваги: простота, швидке заповнення. Недоліки: необхідність розрахунків, концентрація питань на можливості та ефективності ходьби.

FFI-R (Foot Function Index revised). У 2006 році FFI був переглянутий через нарікання певної частини дослідників та клініцистів, були додані субшкали психосоціальна активність та залежної від стопи якості життя [150]. Фінальна повна версія FFI-R (FFI-R L, long form) складається з 4 субшкал та 68 питань; існує

також коротка версія (FFI-R S, short form), яка містить 34 питання. Обидві версії мають гарні психометричні властивості. Переваги та недоліки подібні до FFI.

BFS (Bristol Foot Score). Ця шкала була розроблена таким чином, щоб максимально врахувати вплив проблем зі стопою на щоденне життя з позицій пацієнта, тому структура та лексика BFS були розроблені за участю хворих. Цим BFS відрізняється від інших оцінювальних шкал, які були розроблені спеціалістами-медиками. Опитувальник складається з 15 питань, відповіді на які стандартизовані від 1 (найкраща ситуація) до 3 – 6 (найгірша ситуація). Підрахунок проводять додаванням значень за відповідями, згідно з якими найкраща ситуація має 15, а найгірша – 73 бали. Якщо згрупувати запитання за підшкалами: стан стопи та біль, користування взуттям та загальне здоров'я стопи (foot health), мобільність; відповідні значення становитимуть 7 – 36, 4 – 20, 3 – 12 балів. Цільова популяція – подіатричні пацієнти, а також вивчення ефективності лікування грибкових уражень нігтів та операцій на стопі.

MOXFQ (Manchester-Oxford Foot Questionnaire). Опитувальник розроблений у 2006 році [151] для оцінки результатів операцій на стопі та НГС, потенційно для клінічних досліджень ліків та ортезів, аудиту та індивідуального спостереження пацієнта. Складається з 16 запитань, відповіді на які стандартизовані 5-ступеневою шкалою R. Likert (від 0 до 4, де 4 означає “найбільш тяжкий”). Отримані дані переводять у метричну форму від 0 до 100, де 100 відповідає найвищому рівню здоров'я стопи.

FADI (Foot and Ankle Disability Index). Опитувальник розроблений Martin та ін. у 1999 році для оцінки функціональних обмежень, пов'язаних із стопою та ГС; має два домени (щоденна активність та FADI Sport). Домен “щоденна активність” складається з 26 запитань, домен FADI Sport – із 8. Відповіді на запитання формалізовані 5-ступеневою шкалою R. Likert (від 0 до 4). Підрахунок та переведення у метричну систему проводять окремо для кожного домену, результати представляють у відсотках (100 % – повне здоров'я, 0 % – повне нездоров'я).

Roles and Maudsley scale. Лаконічний опитувальник, запропонований у 1972 році [152] для швидкої оцінки якості життя пацієнтів після декомпресії променевого нерва на рівні передпліччя, однак його застосовують і при іншій ортопедичній патології. Складається з 4 рівнів (1 – відмінна якість життя, 4 – незадовільна якість життя), кожен з яких містить градації болю та функціональної активності. Пацієнтоорієнтований.

VAS FA (Visual Analogue Scale Foot and Ankle). Запропонована у 2006 році дослідниками з Ганновера (Німеччина) для визначення якості життя, пов'язаного з патологією стопи [153]. Складається з 20 запитань, відповідь на які пацієнт дає за візуальною шкалою. Отриману суму ділять на 20 і отримують інтегральний показник якості життя. Пацієнтоорієнтована система оцінки. Основні характеристики всіх систем оцінки наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Характеристики систем оцінки функції стопи та НГС.

| Назва шкали | Методологія, орієнтація | Надійність/валідність |
|--------------------------|-------------------------|--|
| AOFAS score | числова, дослідник | тест-ретест: $r > 0,9$ [147] валідність – низька[145] |
| VAS pain score | VAS, пацієнт | тест-ретест: $r > 0,9$ [154] |
| SF-36 | VAS, пацієнт | як інструмент для порівняння |
| FFI | числова, пацієнт | тест-ретест: $r > 0,81$ валідність: 0,7 (AOFAS)[155] |
| FAOS | шкала Likert, пацієнт | тест-ретест: $r = 0,7 - 0,92$ [156] валідність: 0,58 – 0,67 (Keller score)[156] |
| FAAM | шкала Likert, пацієнт | α Кронбаха $> 0,9$ [156] валідність: 0,18 – 0,84 (SF-36)[156] |
| FFI-R | числова, пацієнт | тест-ретест: $r = 0,96$ валідність: 0,64 – 0,7 |
| BFS | числова, пацієнт | α Кронбаха = 0,9 валідність: 0,14 (дерматологічні шкали) |
| MOXFQ | шкала Likert, пацієнт | α Кронбаха = 0,93 валідність: 0,34 – 0,70 (SF-36) |
| FADI | шкала Likert, пацієнт | тест-ретест: $r = 0,84 - 0,94$ валідність: немає даних |
| Roles and Maudsley scale | числова, пацієнт | надійність: немає валідність: немає даних |
| VAS FA | VAS, пацієнт | надійність: немає даних валідність: $> 0,5$ (SF-36 German version) |

Встановлено, що найбільш придатними для нашого дослідження є система оцінки функціонального стану Н. Kitaoka (рекомендована AOFAS) та VAS (рівень болю).

2.3. Дослідження гоніометричного, інклінометричного та рентгенологічного методів вимірювання розгинання у надп'ятково-гомільковому суглобі

Матеріалом для роботи стали результати обстеження 25 фізично здорових осіб (50 надп'ятково-гомількових суглобів) на базі КНП «Ірпінська центральна міська лікарня». Середній вік пацієнтів становив $25,8 \pm 5,2$ років; переважали чоловіки – 17, жінок було 5; середнє значення індексу маси тіла – $25,01 \pm 5,01$. Критеріями виключення із дослідження були: наявні неврологічні та вестибулярні захворювання, анамнез травм чи хірургічних втручань на нижніх кінцівках, перенесений в минулому перелом кісток стопи та гомілки. Письмова інформована згода була отримана від усіх учасників дослідження. Проведення дослідження схвалено Комітетом з біоетики біоетики ДУ «ІТО НАМН України».

Вимірювання амплітуди активного розгинання у НГС проводили у положенні навантаження (тест «випаду» - weight - bearing lunge test, WBLT) згідно рекомендацій American Medical Association [157, 158]. Оцінку діапазону розгинання у НГС проводили за допомогою універсального двоплощинного гоніометра (діапазон градусної шкали 1°) та інклінометра на основі додатку до смартфона (The Clinometer Smartphone Application™) [159], який використовує внутрішній акселерометр пристрою для визначення просторового положення та вимірювання кутових показників.

Методика дослідження: Обстежуваний знаходився у вертикальному положенні, стопа розташовувалась перпендикулярно до стіни. Учасникам було запропоновано здійснити нахил вперед, згинаючи колінний суглоб обстежуваної кінцівки (паралельно 2 пальцю стопи) до моменту контакту зі стіною, при цьому п'ятка залишалась на опорній поверхні. Правильне положення заднього відділу стопи контролювалося дослідником. Після досягнення учасником максимального положення «випаду», дослідник проводив вимірювання амплітуди розгинання,

використовуючи стандартний двоплощинний гоніометр, проксимальне плече якого було розміщено паралельно діафізу 5 плеснової кістки, а дистальне плече розміщувалось паралельно латеральному краю малогомілкової кістки з центром ротації в ділянці латеральної кісточки (рис. 2.1). Після реєстрації гоніометричних показників, не змінюючи положення кінцівки, дослідник розміщував інклінометр на передній поверхні гомілки, на 2 см дистальніше горбистості великогомілкової кістки та фіксував значення максимального показника інклінометра. Перед початком кожного вимірювання цифровий інклінометр був відкалібрований відносно вертикальної площини, з метою забезпечення єдиної узгодженої вихідної точки (рис. 2.2).



Рисунок 2.1. Методика вимірювання гоніометричного діапазону дорзифлексії

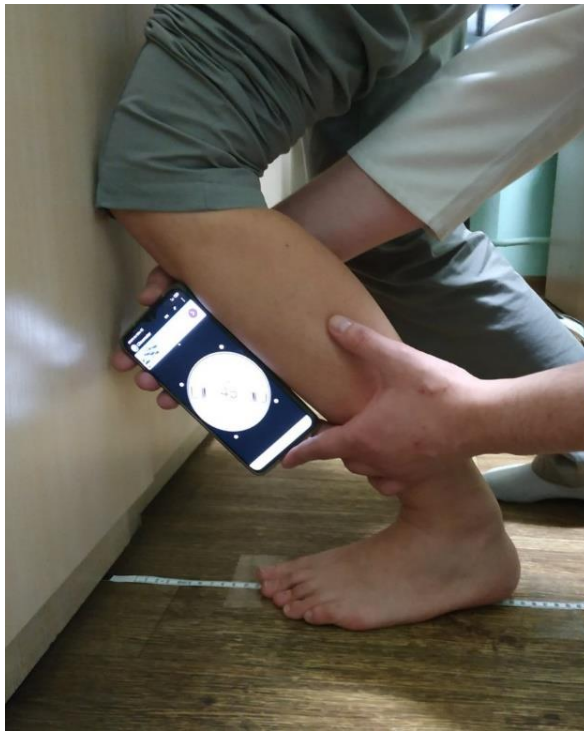


Рисунок 2.2. Методика визначення інклінометричного діапазону дорзифлексії

Усім учасникам виконували рентгенографію обох НГС з навантаженням у стандартній медіолатеральній проекції в положенні максимального розгинання. Латеральний край стопи був позиціонований з боку рентгенологічної касети. На отриманих рентгенограмах вимірювали рентгенологічні (скіалогічні) показники: кут утворений лініями, що з'єднують діафізарні центри малогомілкової кістки та 5 плесневої кістки (малогомілково – 5 плесневий кут, Fibula – MT5) (рис. 2.3); латеральний тало – 1 метатарзальний кут (латеральний кут Meary`s) за рекомендованою методологією [160]. Рентгенологічні параметри вимірювали з інтервалами 1° за допомогою програмного забезпечення для редагування рентгенологічних зображень (Vidar Dicom Viewer; ООО Видар-ИнфоРад). Усі вимірювання проводились на кожній кінцівці тричі, середнє значення кожного виміру використовували як репрезентативне значення для аналізу даних.



Рисунок 2.3. Методика визначення малогомілково- 5 плесневого кута (Fibula – МТ5)

Отримані дані та результати вимірювань заносили в електронні таблиці, застосовували методи описової статистики (середнє, стандартна помилка). Суттєві відмінності визначали за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). У разі виявлення статистично значимих відмінностей між групами, додатково проводилося порівняння сукупностей попарно за допомогою апостеріорного критерію Шеффе. Коефіцієнт варіації (CV) був розрахований для визначення відтворюваності вимірювань. Апріорна статистична значимість була встановлена на рівні $p \leq 0,001$. Усі розрахунки проводили в Microsoft Office Excel 2016 з використанням наданого пакету програм.

2.4 Анатомічне дослідження

Матеріалом для дослідження стали 10 свіжих ампутованих нижніх кінцівок, на яких досліджували анатомію задньої нижньої тибіофібулярної зв'язки. Середній вік пацієнтів становив 64.7 ± 9.3 (діапазон 50-78) років. Чоловіків було 7, жінок — 3. Нозологічні форми, внаслідок яких виконано ампутацію нижньої кінцівки: облітеруючі ангіопатії артерій н\кінцівок — 7, наслідки травм — 3. Критерії включення ампутованих нижніх кінцівок до дослідження: відсутність анатомічних

дефектів та ушкоджень тканин ділянки НГС, контрактури НГС та суглобів стопи, виражені некротичні зміни м'яких тканин гомілки та стопи. Усі анатомічні зразки препаратів не мали жодних зовнішніх ознак попереднього хірургічного втручання, вроджених та набутих деформацій або ознак ревматичних захворювань. Використання анатомічних препаратів проведено з урахуванням вимог Комітету з біоетики ДУ «ІТО НАМН України», а також Гельсінкської декларації 1964 року та її пізнішим змінам.

Методика анатомічного дослідження. Ретельне препарування (дисекція) була проведена з метою ідентифікації морфології задньої нижньої тибіофібулярної зв'язки. Ампутований сегмент нижньої кінцівки фіксували до стола вентральною поверхнею гомілки, при цьому надп'яtkово-гомілковий суглоб займав нейтральне положення за межами препарувального стола. Серед досліджуваних 10 НГС 6 були лівими, 4 - правими. Результати препарування зафіксувались в цифровому форматі для порівняння морфологічних характеристик досліджуваних зразків. Усі анатомічні зразки препарували в однаковій послідовності. Першим етапом із задньої поверхні гомілки видаляли шкіру разом з підшкірно-жировою клітковиною. Ахіловий сухожилок відсікали від місця прикріплення на горбі п'яtkової кістки і разом з комплексом *gastrosoleus* та жировою подушкою *Kager's* акуратно виділяли в проксимальному напрямку. Глибокі фасції гомілки, м'язи та сухожилки *m. flexor hallucis longus*, *mm. peronei*, *m. flexor digitorum longus* та *m. tibialis posterior* обережно видаляли у всіх зразках разом із судинно-нервовими пучками. Оболонку сухожилків розрізали по середній лінії та видаляли сухожилля, залишивши основу оболонки. Штангенциркуль (відкалібрований до 0,1 мм) використовували для проведення прямих вимірювань лінійних параметрів ЗНТФЗ. Результати препарування всіх анатомічних зразків оцінювалися обома авторами. Досліджували макроскопічні характеристики, інсерцію, орієнтацію по відношенню до відповідних кісткових та зв'язкових анатомічних структур, а також проводили лінійні вимірювання ЗНТФЗ в ідентичній послідовності (рис. 2.4). Кожне

вимірювання повторювали тричі, розраховували середні показники. Обраховані дані заносили в електронну таблицю та розраховували описову статистику.

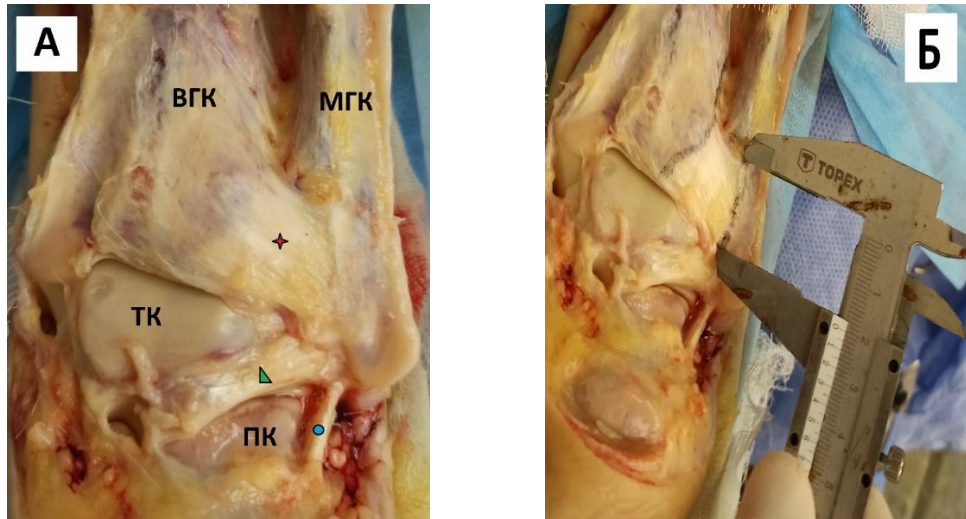


Рисунок 2.4. Вигляд анатомічного препарату надп'яtkовогомілкового суглобу (А): ТК – надп'яtkова кістка, ПК – п'яtkова кістка, МГК – малогомілкова кістка, ВГК – великогомілкова кістка, червона зірка – задня нижня тибіофібулярна зв'язка, зелений трикутник – задня таранно-малогомілкова зв'язка, блакитне коло – п'яtkово-малогомілкова зв'язка; (Б) – методика визначення довжини прикріплення ЗНТФЗ на малогомілковій кістці.

2.5. Імітаційне комп'ютерне моделювання (метод скінчених елементів)

Загалом було створено 6 індивідуальних моделей НГС з системами “кістка-фіксатор”, які включали кістки гомілки та заднього відділу стопи із застосуванням трьох методів остеосинтезу ЗКВГК. Тривимірна (3D) модель правого НГС в положенні без навантаження виконана на основі спіральних КТ здорового 30 річного волонтера, отриманих на комп'ютерному томографі 64 – зрізового Toshiba Asteion Super 4 (Japan). Попереднього анамнезу травми та анатомічних відхилень від норми, підтверджених рентгенологічно, виявлено не було. КТ-зображення гомілковостопного суглобу були зроблені з інтервалом 0,625 мм. Дані

комп'ютерної томографії, що склалися з 680 зображень у формі DICOM, були потім імпортовані в програмне забезпечення Mimics 10.1 (Materialise, Leuven, Belgium), де в автоматичному та напівавтоматичному режимах відтворено просторову геометрію великогомілкової, малогомілкової, таранної та п'яtkової кісток. Структуру кожної кістки було експортовано у формат файлів IGS, та передано дані в програмне забезпечення Geomagic Studio 11.0 (Raindrop Company, США), отримані моделі кісток та експортовані, як файли STP для SolidWorks 2018 (DS SolidWorks Corp., США), де за допомогою відповідних інструментів створено імітаційні геометричні 3-D моделі НГС з моделюванням задньолатерального та задньомедіального фрагментів заднього краю великогомілкової кістки. Суглобовим поверхням, що утворюють НГС задавались параметри з механічними властивостями хрящової тканини. Об'єктами дослідження стали моделі біомеханічних систем НГС з модельованими фрагментами заднього краю дистального епіметафізу великогомілкової кістки та фіксацією із застосуванням трьох клінічно використовуваних методів металоостеосинтезу : гвинтами проведеними в напрямку «anterior-to-posterior» (AP lag screws); гвинтами проведеними в напрямку «posterior-to-anterior» (PA lag screws) та остеосинтез пластиною і гвинтами («posterior plate»). Методологія остеосинтезу відповідали рекомендаціям АО (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese Fragen). Моделі перелому заднього краю великогомілкової кістки були розділені на групи в залежності від морфологічного типу ушкодження (тип 3 та тип 4 за класифікацією Bartoníček та Rammelt) [36] : задньомедіальний перелом ЗКВГК (Група А) та задньолатеральний перелом ЗКВГК (Група В). Загальний вигляд моделей перелому заднього краю великогомілкової кістки з різними методами остеосинтезу наведено на рис. 2.5.

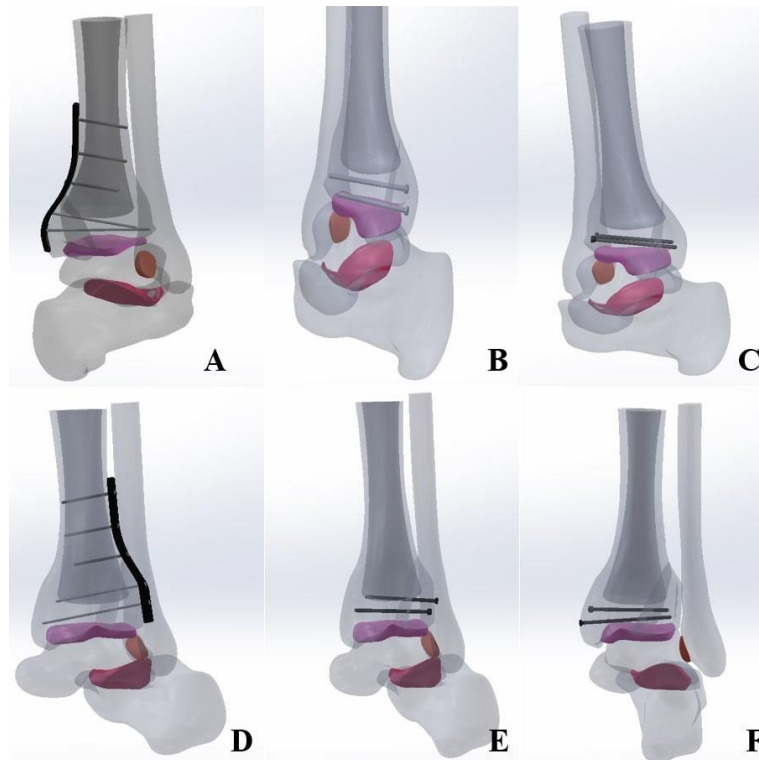


Рисунок 2.5. Моделі біомеханічних систем «фіксатор – кістка» з моделюванням перелому заднього краю великогомілкової кістки та остеосинтезом: А - задньомедіального перелому ЗКВГК пластиною та гвинтами; В- задньомедіального перелому ЗКВГК гвинтами «posterior-to-anterior»; С - задньомедіального перелому ЗКВГК гвинтами «anterior-to-posterior»; D - задньолатерального перелому ЗКВГК пластиною та гвинтами; Е- задньолатерального перелому ЗКВГК гвинтами «posterior-to-anterior»; F - задньолатерального перелому ЗКВГК гвинтами «anterior-to-posterior»

Геометричні параметри для відтворення морфологічних моделей перелому ЗКВГК були задані шляхом розділення суглобової поверхні плато великогомілкової кістки інترمалеолярною лінією, що з'єднує верхівки медіальної та латеральної кісточок та лінією, перпендикулярною до попередньої в напрямку задньої поверхні плато великогомілкової кістки. За заданими параметрами було сформовано задньолатеральний та задньомедіальний фрагменти ЗКВГК, що склали 25 % площі суглобового плато великогомілкової кістки кожен відповідно. Для взаємодії між різними частинами моделей використовувалися спеціальні функції програмного забезпечення. Реконструйовані 3D-моделі кісток у файлах

STEP AP214(*.step) були імпортовані в програмний комплекс аналізу кінцевих елементів ANSYS 19.2 (ANSYS Inc., Canonsburg, Pennsylvania, United States), де проведено скінченно-елементну (СЕ) дискретизацію моделей біомеханічних систем «фіксатор-кістка» в напівавтоматичному режимі з використанням тетраедричних та гексагональних скінченних елементів. У найбільш важливих перехідних ділянках моделі з різними механічними властивостями скінченно-елементна сітка згущувалась для підвищення точності розрахунків. Згенеровані СЕ моделі біомеханічних систем мали спільний порядок дискретизації з максимальним розміром СЕ не більше ніж 1 мм, сумарною кількістю вузлів 422 480, та налічували 240 409 елементів, що є оптимальним для забезпечення необхідної точності розрахунків. Моделі біомеханічних систем представлені як ізотропні, лінійно-еластичні. Усім матеріалам моделей задавали відповідні механічні властивості (модуль пружності Юнга (E) і коефіцієнт Пуассона (ν)). У розрахунках застосовували фізичні властивості кісткової та хрящової тканин отриманих за результатами натурних біомеханічних досліджень зразків людської кісткової тканини[161], для елементів фіксаторів обрано пружну ізотропну модель титанового сплаву ВТ16, характеристики штучних матеріалів обрано за даними технічної літератури[162] (табл. 2.3)

Таблиця 2.3. Механічні характеристики матеріалів біомеханічної системи «фіксатор-кістка», які використовувались при моделюванні

| № | Матеріал | Модуль Юнга, E, МПа | Коеф. Пуассона, ν | Гранично допустиме напруження σ_B , МПа |
|---|--------------------|---------------------|-----------------------|--|
| 1 | Кортикальна кістка | 10 000 | 0,25 | 120 |
| 2 | Спонгіозна кістка | 500 | 0,27 | 5 |
| 3 | Титан | 110 000 | 0,32 | 1100 |

У кожному випадку навантаження до системи були прикладені одиничні сили і момент (рис. 2.6).

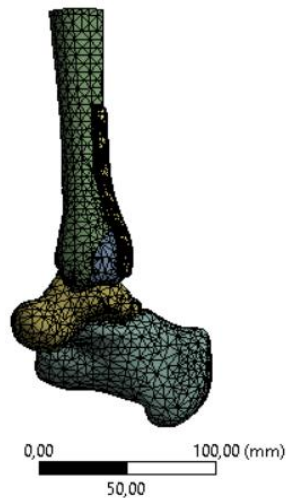


Рисунок 2.6. СЕ-модель біомеханічної системи «фіксатор – кістка» з остеосинтезом задньомедіального краю великогомілкової кістки пластиною та гвинтами

Напружений стан в будь-якій точці тіла біомеханічних конструкцій характеризується тензором напружень :

$$T_{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} \text{ або } T_{\sigma} = \sigma_{ij}, i, j = x, y, z, \quad (1)$$

де $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}$ – нормальні напруження, $\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{zy}, \dots$ – дотичні напруження.

В силу парності дотичних напружень ($\sigma_{ij} = \sigma_{ji}, i \neq j$) тензор напружень являється симетричним.

В загальному випадку тензор напружень може бути представлений у вигляді суми двох складових:

– шарового тензора напружень $T_{\sigma_0} = \begin{bmatrix} \sigma_0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_0 \end{bmatrix}$, де $\sigma_0 = \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz}}{3}$;

– тензора напружень зсуву, який називають девіатором напружень

$$D_{\sigma} = S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{bmatrix}, \text{ де } S_{ij} = \sigma_{ij} - \delta_{ij}\sigma_0. \quad (2)$$

Деформований стан твердого тіла біомеханічної конструкції характеризується тензором деформацій.

$$T_{\varepsilon} = \varepsilon_{ij} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} & \varepsilon_{xy} & \varepsilon_{xz} \\ \varepsilon_{yx} & \varepsilon_{yy} & \varepsilon_{yz} \\ \varepsilon_{zx} & \varepsilon_{zy} & \varepsilon_{zz} \end{bmatrix}, \text{ де } i, j = x, y, z, \quad (3)$$

де $\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}, \varepsilon_{zz}$ – характеризують відносні подовження, $\varepsilon_{xy}, \varepsilon_{xz}, \varepsilon_{zy}, \dots$ – деформації зсуву (кутові деформації).

Тензор деформацій може бути представлений у вигляді суми шарового тензора T_{ε_0} і девіатора деформацій D_{ε} :

$$T_{\varepsilon_0} = \begin{bmatrix} \varepsilon_0 & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_0 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_0 \end{bmatrix}, \text{ де } \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz}}{3} \text{ – середня деформація;}$$

$$D_{\varepsilon} = e_{ij} = \begin{bmatrix} e_{xx} & e_{xy} & e_{xz} \\ e_{yx} & e_{yy} & e_{yz} \\ e_{zx} & e_{zy} & e_{zz} \end{bmatrix}, \text{ де } e_{ij} = \varepsilon_{ij} - \delta_{ij}\varepsilon_0. \quad (4)$$

Співвідношення між компонентами вектора переміщень $u_i, i = x, y, z$ і компонентами тензора кінцевих деформацій (тензора Гріна) мають вид

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \frac{\partial u_k}{\partial x_j} \right), \text{ де } i, j, k = 1, 2, 3; x_1 = x, x_2 = y, x_3 = z. \quad (5)$$

На практиці зазвичай деформації в пружних тілах дуже малі, тому з математичної точки зору їх можна розглядувати як нескінченно малі. Тоді в тензорі Гріна можна нехтувати нелінійними членами і таким чином отримати лінійні залежності між деформаціями і переміщеннями

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad i, j, k = 1, 2, 3, \quad (6)$$

які називаються співвідношеннями Коші. Компоненти тензора деформацій в цьому випадку являються малими величинами по співвідношенню до одиниці.

Основними рівняннями теорії пружності являються статичні (або динамічні), кінематичні (співвідношення Коші) і фізичні рівняння (рівняння зв'язку між напруженнями і деформаціями), які приведені нижче.

Статичні (або динамічні) рівняння (рівняння рівноваги):

$$\sigma_{ij,i} + X_i = 0 \left(\rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} \right), \quad i, j = 1, 2, 3, \quad (7)$$

де σ_{ij} – тензор напружень, X_i – об'ємні сили, u_i – компоненти вектора переміщень, ρ – густина матеріалу.

Геометричні рівняння:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}), \quad i, j = 1, 2, 3, \quad (8)$$

де ε_{ij} – тензор деформацій Коші.

Узагальнений закон Гука для пружної середи з анізотропними властивостями має вид:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl} \quad i, j = 1, 2, 3; \quad k, l = 1, 2, 3, \quad (9)$$

де C_{ijkl}^T – фізичні сталі твердого тіла.

В частинному випадку, для ізотропного пружного тіла, рівняння рівноваги мають вид

$$\nabla^2 \sigma_{ij} + \frac{1}{1+\nu} \sigma_{kk,ij} = -(X_{i,j} + X_{j,i}) - \frac{\nu}{1-\nu} \delta_{ij} X_{k,k}. \quad (10)$$

в напруженнях або в переміщеннях (рівняння Нав'є)

$$\nu u_{i,jj} + (\lambda + \mu) u_{j,ji} + X_i = 0 \left(\rho \frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2} \right). \quad (11)$$

Останні можна отримати, якщо виразити деформації через напруження і отримані співвідношення підставити в умови сумісності деформацій.

Для ілюстрування прецизійної репозиції зони перелому, задавались параметри відсутності щілини між фрагментами перелому та коефіцієнт Пуассона 0,3 [163]. Осі координат моделі були визначені, як : вісь X спрямована у сагітальній площині (від пальців до п'яткової кістки), вісь Y у вертикальній площині (від коліного суглобу до п'яткової кістки), вісь Z у фронтальній площині (від медіальної до латеральної кісточок) (рис. 2.7)

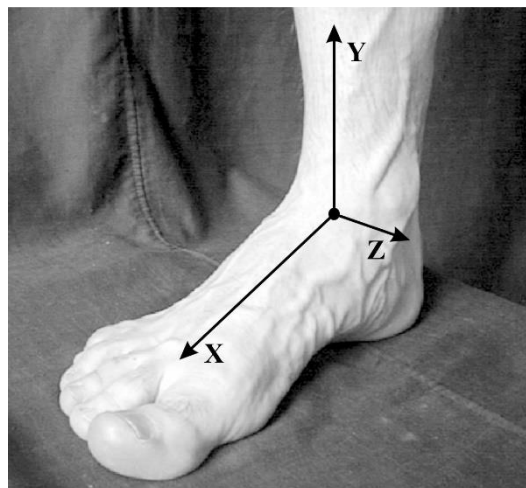


Рисунок 2.7. – Система координат прийнята в біомеханічних дослідженнях. YZ- фронтальна площина, XZ - горизонтальна площина, XY - сагітальна площина

Для здійснення навантаження моделі мали жорстке закріплення у всіх ступенях свободи на рівні кісток заднього та середнього відділу стопи з метою мінімізації похибок під час розрахунків. Вертикальне осьове навантаження на проксимальний кінець великогомілкової кістки здійснювали силою в 350 Н та 700 Н, що відповідає симуляції одно– та двохопрного навантаження на гомілковостопний суглоб (рис. 2.8).

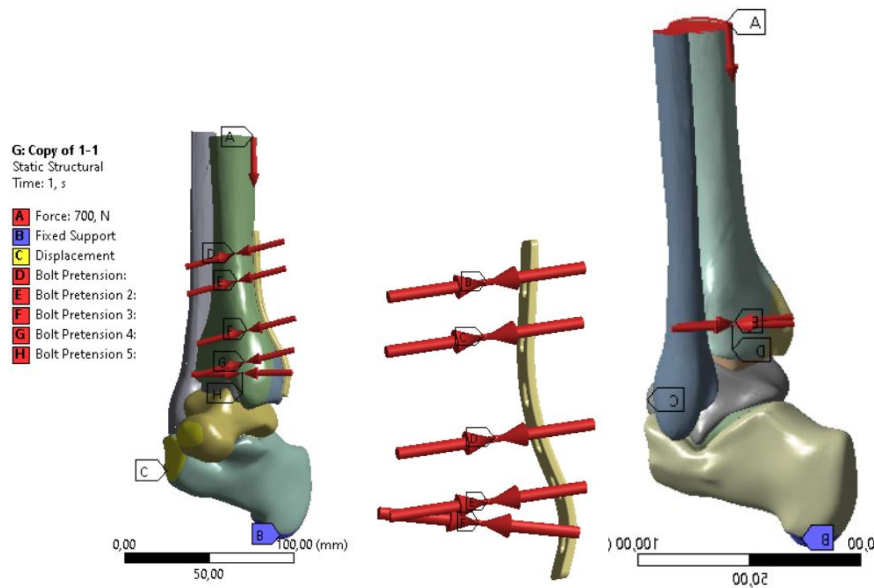


Рисунок 2.8. Розрахункова модель гомілкового суглоба з умовами закріплення та навантаження.

1. В точці А – навантаження вагою тіла 350 та 700 Н (35 та 70 кг);
2. В точці В введено жорстке закріплення на рівні п'яркової кістки
3. В точці С обмеження переміщень на рівні кісток середнього відділу стопи (продовження моделі)
4. D-H – зона компресії

При моделюванні досліджували величини максимальної напруги та величини відносних деформацій в елементах моделей. Аналіз напружень за von Mises та загальних переміщень (Total Deformation) здійснювали для моделі в цілому, а також окремо для елементів моделі один відносно одного, для чого задавали додаткові осі координат відносно яких визначали переміщення в кожній з площин.

2.6. Клінічне дослідження

2.6.1 Ретроспективний аналіз ускладнень у разі лікування пацієнтів з переломами кісточок гомілки

Проведений ретроспективний аналіз результатів спостереження та лікування 385 пацієнтів із наслідками переломів кісточок гомілки (АО/ОТА 44), що проходили стаціонарне лікування в клініці ДУ «ІТО НАМН України» з березня 2000 року по серпень 2020-го. Використання даних медичних карт та результатів клініко-інструментальних досліджень було проведено з дотриманням вимог Комітету з біоетики ДУ «ІТО НАМН України». Вік пацієнтів становив від 18 до 78 років (у середньому $40,9 \pm 3,5$ року), чоловіків було 280 (72,73 %), жінок – 105 (27,27 %) (Рис. 2.9)

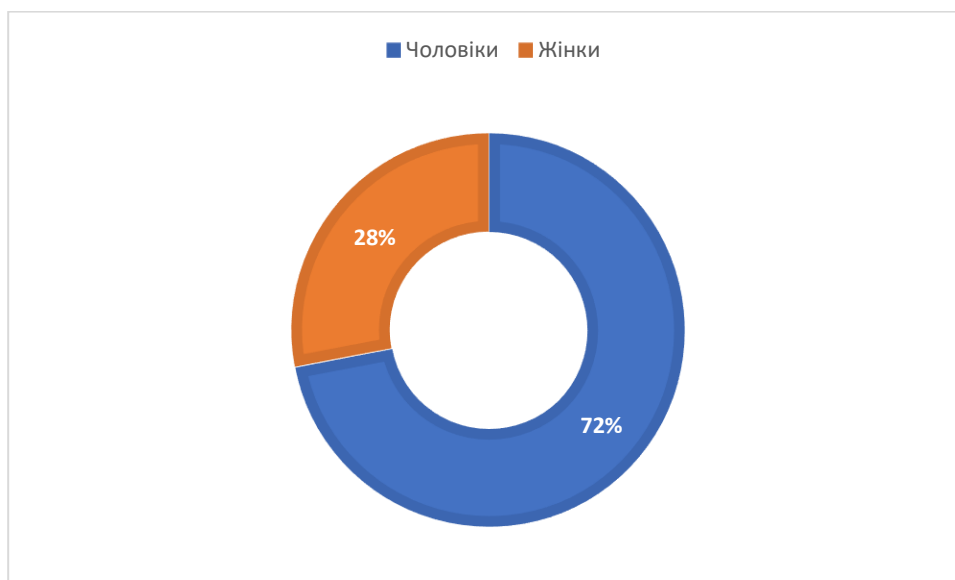


Рисунок 2.9. Розподіл пацієнтів досліджуваної групи за статтю.

Пошкодження в ділянці гомілковостопного суглоба в більшості випадків виникали внаслідок побутової травми, що становило 47 %. Іншими причинами пошкоджень були дорожньо-транспортна травма (21 %), спортивна (16 %), промислова травма (16 %). Давність ушкодження становила від 3 до 408 місяців (в середньому $29,9 \pm 6,8$ місяця). Характер та тяжкість первинного ушкодження визначали за класифікацією АО (44: А, В, С: 1, 2, 3) (рис. 2.10).

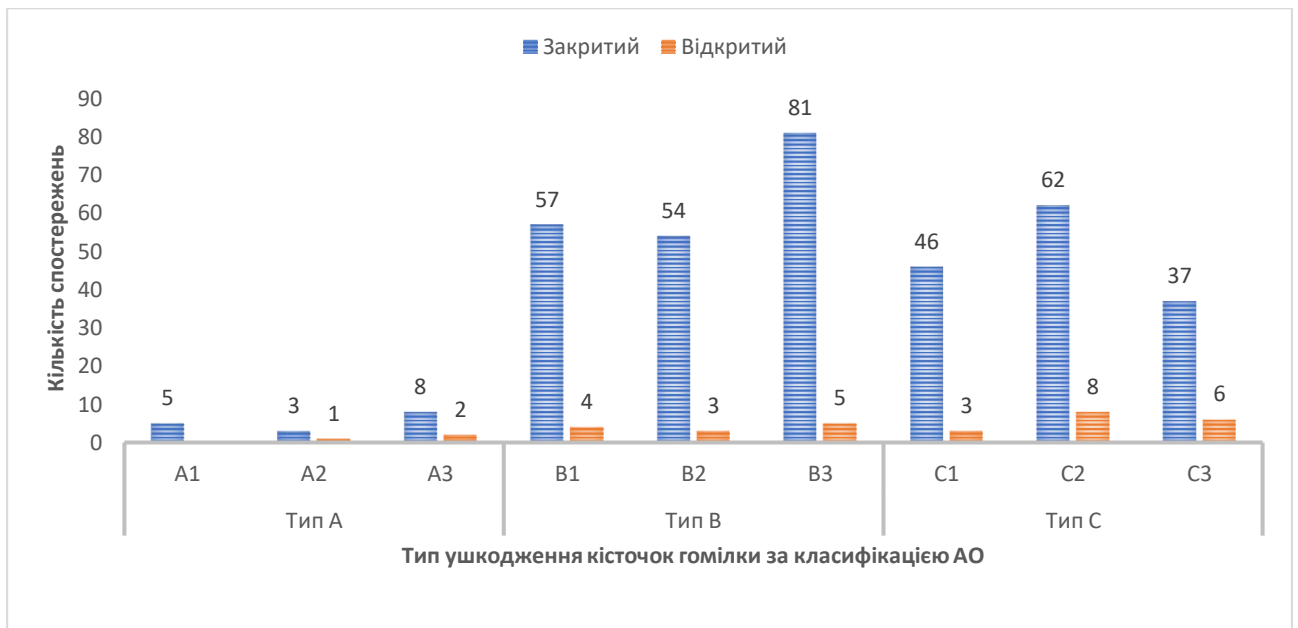


Рисунок 2.10. Діаграма розподілу випадків за тяжкістю первинного ушкодження.

Крім цього, пацієнти були розподілені на дві групи за спрямованістю хірургічного лікування: до I групи зараховані випадки, де були виконані реконструктивні втручання (остеосинтез, корегувальні остеотомії, відновлення зв'язок); до II групи – випадки, де був виконаний артродез гомілковостопного суглоба. Ретроспективний аналіз проведеного лікування був здійснений з урахуванням рекомендацій АО (<https://surgeryreference.aofoundation.org/>), настанов та клінічних протоколів ВГО “Українська асоціація ортопедів-травматологів” (<https://uaot.org.ua/guidelines/>). На основі проведеного аналізу були визначені помилки та ускладнення.

2.6.2 Клінічна характеристика пацієнтів з переломами кісточок НГС

Проведено порівняльний аналіз результатів хірургічного лікування переломів кісточок гомілки із залученням ЗКВГК з та без застосування ДТФС. Матеріалом для роботи стали результати хірургічного лікування та спостереження 219 пацієнтів з переломами кісточок гомілки (типи ушкоджень В та С за класифікацією Denis-Weber), що проходили лікування в клініці ДУ “ІТО НАМН України”. Вік пацієнтів становив $43,6 \pm 5,9$ років (25 – 71); чоловіків було 137 (62,55 %), жінок – 82 (37,45 %) (рис. 2.11)

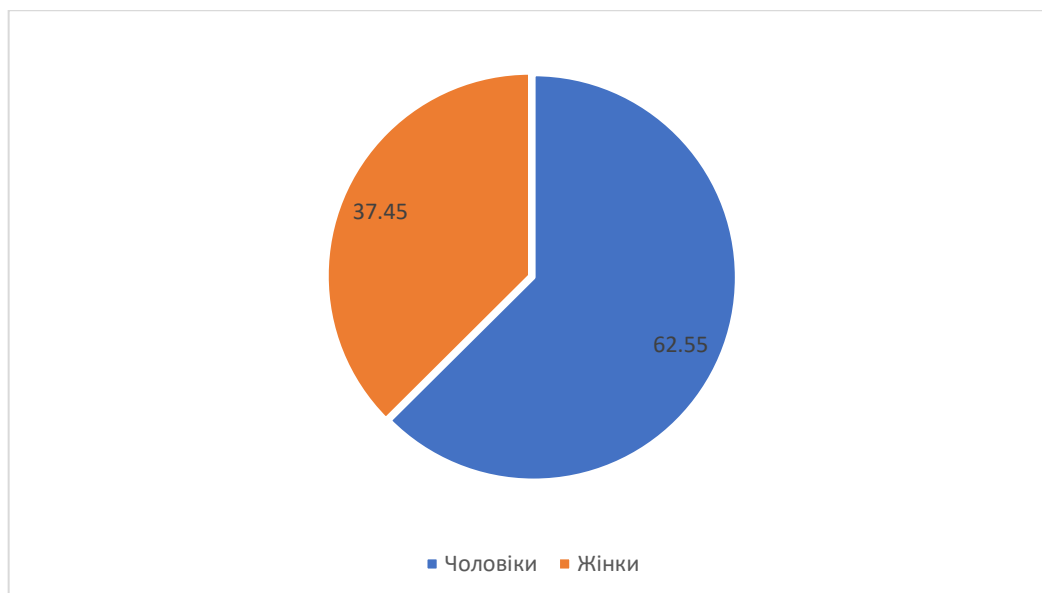


Рисунок 2.11. Розподіл пацієнтів за статтю.

Критерії включення до дослідження: переломи типу “В” (44-В1, 44-В2, 44-В3) та “С” (44-С1, 44-С2, 44С3); до дослідження не включали пацієнтів, у котрих одночасно з остеосинтезом відновлювали ушкоджені зв’язки (ligg. talofibulare anterior, deltoideum) і застосування ДТФС було обов’язковою для розвантаження ділянки шва. Обстеження пацієнтів включало рентгенографію гомілковостопного суглоба в двох стандартних проекціях та при внутрішній ротації 20°, для деталізації анатомії ушкодження у 78 пацієнтів виконали КТ.

Усіх хворих було розділено на чотири клінічні групи – пацієнти з переломами типу В і С, яким виконувалась ДТФС та пацієнти без ДТФС. Таким чином, для аналізу були відібрані 142 пацієнти з ушкодженнями типу “В” (57 із ДТФС, 85 без ДТФС) та 77 пацієнти із ушкодженнями типу “С” (31 із ДТФС, 46 без ДТФС) (рис.2.12). Клініко-рентгенологічні результати лікування вивчені в строки 6 – 38 місяців ($21,3 \pm 2,7$ місяці). Найближчі результати включали загоєння післяопераційних ран та динаміку зрощення переломів.

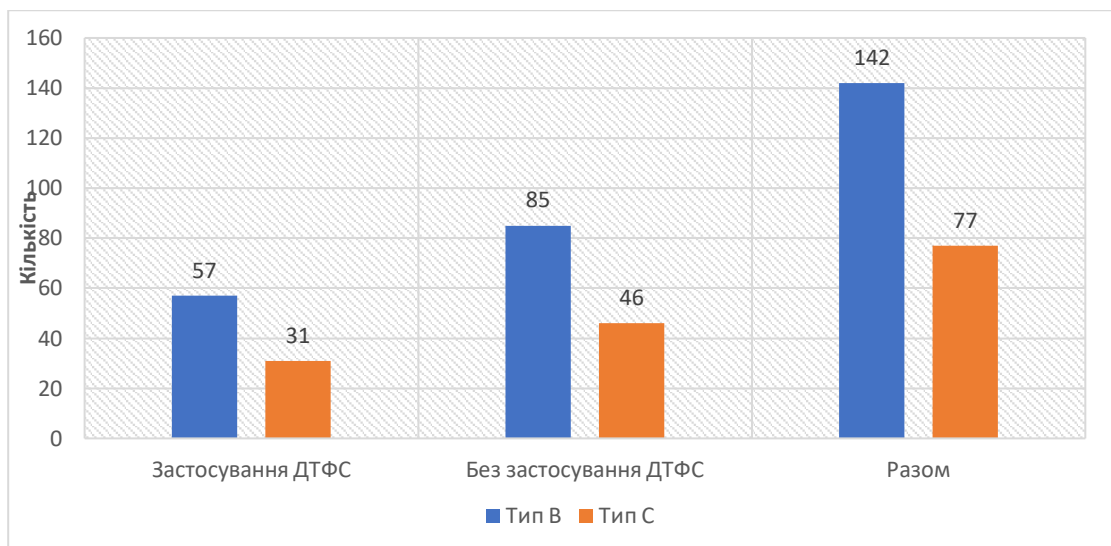


Рисунок 2.12. Розподіл пацієнтів в залежності від типу ушкодження кісточок гомілки та застосування ДТФС.

При оцінці віддалених результатів досліджували функцію стопи у балах за шкалою Н. Китаока (сегмент для заднього відділу стопи та НГС) та VAS (рівень болю), оцінку розгинання в НГС проводили за дослідженою методологією. Порівняння середніх проводили за допомогою двовибіркового t -тесту, розрахунки ($\alpha = 0,05$) проводили в середовищі Microsoft Office Excel 2010 з використанням наданого пакету програм.

2.6.3. Загальна характеристика пацієнтів з ізольованими переломами ЗКВГК

Матеріалом для роботи стало проспективне дослідження 5 клінічних випадків (термін спостереження лютий 2021 – жовтень 2022) пацієнтів з ізольованими переломами ЗКВГК. Дослідження затверджене комітетом біоетики ДУ «ІТО НАМНУ» та відповідає вимогам Гельсінської декларації 1964 р. і її більш пізнім змінам та/або порівняним етичним стандартам. Від усіх пацієнтів було отримано письмову інформовану згоду на публікацію даних та супроводжуючі зображення. Опис клінічних випадків зроблений відповідно до рекомендацій CARE Guidelines [164]. Середній вік пацієнтів складав – 35 ± 10 років, термін спостереження - 16.4 ± 9.6 місяців (6-27). Середній розмір фрагменту ЗКВГК становив $17.4 \pm 7.7\%$. Основним механізмом травми стали падіння на кінцівку в положенні

максимального підошовного згинання в НГС та різкий поворот стопи. Критерії виключення стали : пацієнти з наявністю супутнього перелому медіальної та\або латеральної кісточки, попередній анамнез травми чи хірургічного втручання на НГС. Усім пацієнтам при зверненні реєструвались дані анамнезу, клінічного огляду відповідно до Оттавських правил [165], та виконувалась стандартна рентгенографія ГС у передньо-задній боковій та проекції з внутрішньою ротацією 20*(mortise ankle view). Для виключення перелому в\3 малогомілкової кістки пацієнтам додатково виконано рентгенографію сегменту гомілки в 2-х проекціях. Пацієнтам з підтвердженим діагнозом та підозрою на ізольований перелом ЗКВГК виконано додатково комп'ютерну томографію (КТ) та у трьох випадках магнітно-резонансну томографію МРТ НГС. Віддалені результати лікування оцінювали відповідно до шкали American Orthopaedics Foot & Ankle Society (AOFAS) [145]. Загальна характеристика пацієнтів досліджуваної групи наведена в таб. 2.4.

Таблиця 2.4. Загальна характеристика пацієнтів досліджуваної групи з ізольованими переломами ЗКВГК.

| № | Пацієнти | Вік | Стать | Локалізація | Розмір фрагменту ЗКВГК, % | Тип пошкодження ЗКВГК за класифікацією Bartonicek-Rammelt | Лікування | Шкала (AOFAS) |
|---|----------|-----|-------|-------------|---------------------------|---|---------------|---------------|
| 1 | П. 1 | 22 | Ж | Правий | 9 % | 1 | Консервативне | 100 |
| 2 | П. 2 | 30 | М | Правий | 21 % | 2 | Консервативне | 88 |
| 3 | П. 3 | 38 | Ж | Лівий | 10 % | 2 | Консервативне | 93 |
| 4 | П.4 | 49 | М | Лівий | 20 % | 4 | Оперативне | 96 |
| 5 | П. 5 | 36 | Ж | Лівий | 27 % | 3 | Оперативне | 97 |

РОЗДІЛ 3

АНАТОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МАКРОСКОПІЧНОЇ БУДОВИ ЗАДНЬОЇ НИЖНЬОЇ ТИБФОФІБУЛЯРНОЇ ЗВ'ЯЗКИ

Поглиблене вивчення анатомії ДМГС забезпечує основу для розуміння механізму виникнення, діагностики та лікування ушкоджень НГС. Проведений Yammine та спів. [166] метааналіз анатомічних досліджень показує, що хоча ушкодження ДТФС часто зустрічаються в ортопедичній практиці, його анатомічні структури залишаються достатньо мало вивченими.

У нашому дослідженні ЗНТФЗ була виявлена в усіх зразках анатомічних препаратів. Візуально зв'язка складалась з добре виражених волокон по всій довжині, представляла мультифасцикулярну, міцну, компактну анатомічну структуру трапецієподібної або трикутної форми. ЗНТФЗ починалась на задній поверхні латеральної кісточки та поширювалась в верхньомедіальному напрямку прикріплюючись вздовж заднього краю великогомілкової кістки (трикутник Фолькмана) з поступовим переходом на задню поверхню дистального епіметафізу великогомілкової кістки, інтегруючись в окістя по периферії. В проксимальному напрямку ЗНТФЗ мала щільне з'єднання із задніми волокнами міжкісткової зв'язки (ligamentum interosseum). Проксимальна ширина ЗНТФЗ в середньому становила 20 ± 3.65 мм, дистальна - 36.6 ± 4.62 мм. Довжина прикріплення ЗНТФЗ на задньому відділі великогомілкової кістки становила 28.6 ± 5.13 мм, на латеральній кісточці - 17.4 ± 3.2 мм. Дані про результати лінійних параметрів ЗНТФЗ наведені в таб. 3.1. Результати нашого анатомічного дослідження узгоджуються із даними Jayatilaka та спів. [167], про те що ЗНТФЗ має щільне з'єднання з оболонкою сухожилка (перитендон) заднього великогомілкового м'язу медіально та із сухожилковим каналом малогомілкових м'язів латерально (рис. 3.1.) Зазначений Jayatilaka поділ поверхневої ЗНТФЗ на косу та поперечну порції, на нашу думку, важко піддається диференціюванню на анатомічних препаратах, що може бути обумовлено відсутністю чітких визначених анатомічних орієнтирів переходу поверхневої ЗТФЗ на зазначені відділи та плавним переходом зв'язки в окістя.

Однак слід відмітити, що латеральна частина ЗНТФЗ мала товстішу структуру, яка стоншувалась по мірі медіального розповсюдження на дистальний епіметафіз ВГК.

Таблиця 3.1. Результати вимірювань кутових та лінійних параметрів задньої нижньої тибіофібулярної зв'язки за результатами дослідження.

| Параметри | Результати вимірювань у мм ($M \pm \sigma$; min-max) |
|--|--|
| Проксимальна ширина ЗНТФЗ | 20 ± 3.65 ; (15 - 26) |
| Дистальна ширина ЗНТФЗ | 36.6 ± 4.62 ; (30 - 44) |
| Довжина ЗНТФЗ на великогомілковій кістці | 28.6 ± 5.13 ; (20 - 36) |
| Довжина ЗНТФЗ на малоогомілковій кістці | 17.4 ± 3.2 ; (12 - 22) |
| Кут ^o | $30^\circ \pm 4.35^\circ$ |

Примітки. $M \pm \sigma$ — середнє та стандартна помилка; min-max — мінімальне та максимальне значення.

Вимірювання лінійних параметрів ЗНТФЗ у нашому дослідженні добре корелюють з дослідженням Martins та спів. [168], проте автори наводять дещо менші значення лінійних параметрів, що може бути обумовлено антропометричними особливостями та різною методологією вимірювань. Ebraheim та спів. [169] описали форму ЗНТФЗ як трикутну, що звужується в місці переходу на малоогомілкову кістку, тоді як Williams та спів. [28] вказують на трапецієподібну, що узгоджується із результатами нашого дослідження. Кут між вертикальною віссю малоогомілкової кістки та ЗНТФЗ, становив $30^\circ \pm 4.35^\circ$.

У науковій літературі існує дискусія щодо анатомічного визначення нижньої поперечної зв'язки (lig. transversum inferior, НПЗ). Ряд анатомічних, рентгенологічних та клінічних досліджень описують lig. transversum inferior, як компонент ЗНТФЗ, в той час інші вказують на НПЗ, як окрему анатомічну структуру [29]. Так, Lilyquist та спів. [27] показали, що НПЗ виявляється в 70 %

анатомічних препаратів та є чітко окресленою анатомічною структурою. Ebraheim та ін., також описує НПЗ як окрему анатомічну структуру, та вказує що між ЗНТФЗ та НПЗ є додаткова фіброзно-жирова сполучна тканина [169]. Lee та ін. [170] продемонстрували, що МРТ-артрографія дозволяє розрізняти поверхневий і глибокий компоненти задньої великогомілкової зв'язки. Схоже дані отримали Muhle та спів. [171], які використовуючи МРТ високої роздільної здатності, чітко відрізняють ЗНТФЗ та НПЗ у всіх досліджуваних зразках при тильному або підшовному згинанні стопи. На противагу цим дослідженням, Bartonísek та спів. [172] виділяє поверхневі та глибокі волокна ЗНТФЗ, не описуючи НПЗ як окрему зв'язку. Martins та спів. [168], погоджуються з цією думкою, вказуючи на морфологічну та функціональну однорідність цих структур. Існуюча контрверсійність результатів цих даних, на нашу думку, може бути обумовлена різною методологією проведених досліджень та відповідними критеріями оцінки цих структур.

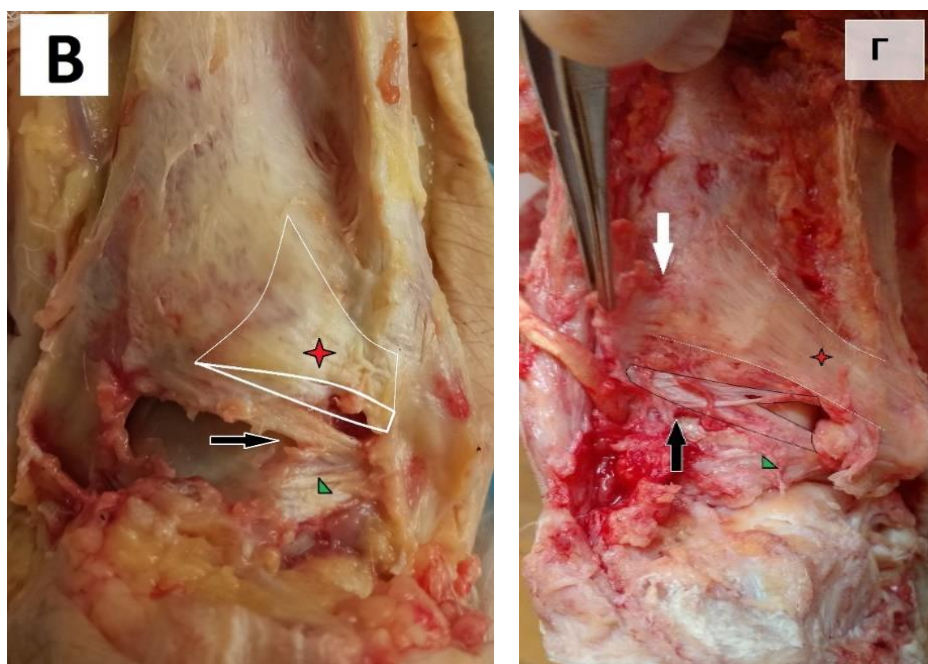


Рисунок 2.4. Вигляд анатомічного препарату надп'ятковогмілково суглобу. Нижня поперечна зв'язка (*lig. transversum inferior*) позначена чорною стрілкою, білою стрілкою вказано з'єднання ЗНТФЗ із оболонкою сухожилка заднього великогомілкового м'язу (червона зірка – задня нижня тибіофібулярна зв'язка, зелений трикутник – задня таранно-малогомілкова зв'язка).

У нашому дослідженні нижня поперечна зв'язка була виявлена в усіх випадках та щільно прилягала до ЗНТФЗ. Зв'язка бере початок нижче місця прикріплення ЗНТФЗ в ділянці fossa malleoli lateralis з подальшим прикріпленням в медіальних відділах дистального епіметафізу великогомілкової кістки. НПЗ була зв'язка розміщена більш горизонтально, та візуально характеризувалась більш щільними волокнами. Деякі анатомічні дослідження показують, що ЗНТФЗ та НПЗ формують своєрідну суглобову губу або «меніскоподібне доповнення» НГС, яка дозволяє збільшити суглобову поверхню та покращити конгруентність плато великогомілкової кістки [172–174].

Цікавим залишається той факт, що задня міжкісточкова зв'язка (posterior intermalleolar ligament, ЗМЗ), яка характеризується значною варіативною анатомією [168], має суміжне із НПЗ місце прикріплення до задньомедіального краю плато великогомілкової кістки. Анатомічне дослідження Edama M та спів. [175] показує, що у 70,3% випадків ці анатомічні структури мають між собою додаткові сполучення. В нашому дослідженні задня міжкісточкова зв'язка мала змінну морфологію від товстої «канатоподібної» структури до окремих тонких пучків, та представляла собою окрему анатомічну структуру, та у 70% випадків із НПЗ прикріплювалась до задньомедіального відділу ЗКВГК (рис 3 В, Г). Наведені морфологічні особливості, можуть бути важливим фактором, що впливає на патофізіологічний механізм виникнення задньомедіального фрагменту ЗКВГК при переломах кісточок гомілки.

Проведене дослідження демонструє особливості макроскопічної будови ЗНТФЗ. Отримані результати дослідження анатомії ЗНТФЗ повинні сприяти кращому розумінню анатомії заднього відділу НГС, надати кількісні дані для створення якісних біомеханічних досліджень, а також вдосконалювати діагностичні та хірургічні підходи до лікування ушкоджень ЗКВГК та пов'язаними з ними ушкодженнями ДТФС.

Резюме. ЗНТФЗ – міцна, компактна анатомічна структура трапецієподібної або трикутної форми, яка має широке прикріплення в ділянці ЗКВГК. Зв'язка має

щільне зрощення із *ligamentum interosseum*, *inferior transverse ligament*, а також із сухожилковими оболонками заднього великогомілкового та малогомілкових м'язів. Враховуючи високу частоту переломів кісточок гомілки із залученням ЗКВГК та пов'язану з цим необхідність в хірургічному лікуванні, поглиблені анатомічні знання про будову ЗНТФЗ дають клінічно значимі морфологічні дані, які повинні покращити хірургічний підхід до лікування цих ушкоджень.

РОЗДІЛ 4

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВАЛІДНОСТІ ГОНІОМЕТРИЧНОГО, ІНКЛІНОМЕТРИЧНОГО ТА РЕНТГЕНОЛОГІЧНОГО МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ РОЗГИНАННЯ У НАДП'ЯТКОВО-ГОМІЛКОВОМУ СУГЛОБІ

Враховуючи дані літературних джерел про відсутність суттєвої різниці в амплітуді рухів між правим та лівим НГС [176, 177], для статистичного аналізу в нашому дослідженні використали об'єднану вибірку. За результатами вимірів середнє значення розгинання у НГС виміряне за допомогою двоплощинного кутоміра склало: $37,62 \pm 5,56^\circ$; середнє значення інклінометра - $40,61 \pm 5,15^\circ$, що узгоджується з раніше повідомленими нормативними значеннями для здорових осіб [21, 178]. Середнє значення рентгенологічних параметрів (малогомілково – 5 плесневий кут, Fibula – МТ5) визначеного на бокових навантажувальних рентгенограмах склало: $23,69 \pm 7,25^\circ$, що значно менше у порівнянні з досліджуваними методами (рис. 4.1)

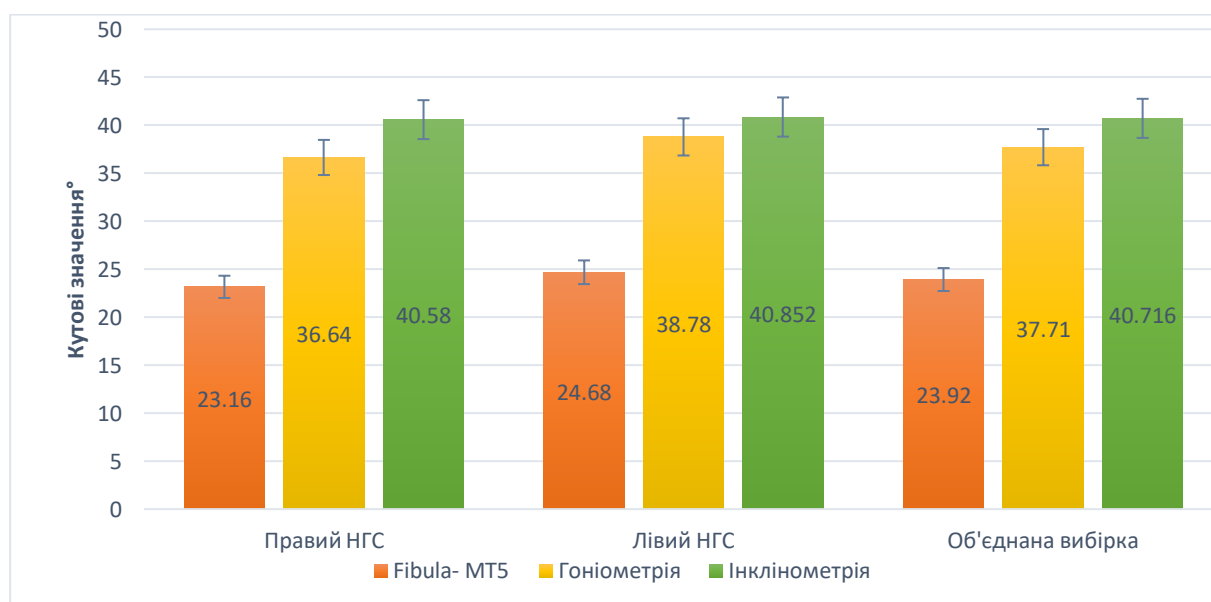


Рисунок 4.1. Гістограма середніх значень куткових показників розгинання в гомілковостопному суглобі за результатами інклінометричного, гоніометричного та рентгенологічного вимірювань.

Розрахунки показали статистично значиму різницю між значеннями малоюмілково – 5 плесневого кута та показниками інклінометричного і гоніометричного методів вимірювання тильного розгинання в НГС ($p < 0.001$). Між гоніометричним та інклінометричним методами вимірювання статистично значуща різниця виявлена не була ($p < 0,001$). Коефіцієнт варіації (CV) визначали за формулою:

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}}(100\%)$$

де : SD – середнє квадратичне відхилення, \bar{x} – середнє арифметичне значення

Отримані значення CV для трьох методів вимірювань, показали кращу відтворюваність інклінометрії (0,15) та гоніометрії (0,13) у порівнянні з рентгенологічним методом (0,31) ($p < 0,001$). Не було виявлено суттєвої різниці в CV між результатами вимірів у правому та лівому надп'ятково-гомількових суглобах (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 . Результати вимірів діапазону розгинання в НГС

| Гомільковостопний суглоб | | Середнє значення | Медіана | Діапазон (min-max) | N | Коефіцієнт варіації (CV) | P - value |
|--------------------------|----------------|------------------|---------|--------------------|----|--------------------------|-----------|
| Правий | Гоніометрія | 36,42 ± 4,83 | 37 | 30-48 | 25 | 0,13 | 0,001* |
| | Інклінометрія | 40,35 ± 4,13 | 39,75 | 32-49 | 25 | 0,1 | 0,001* |
| | Рентгенометрія | 22,92 ± 7,44 | 21,5 | 13-37 | 25 | 0,32 | 0,001* |
| Лівий | Гоніометрія | 40,35 ± 4,13 | 39,75 | 32-49 | 25 | 0,16 | 0,001* |

| | | | | | | | |
|--------------------------|----------------|-----------------|-------|---------|----|------|--------|
| | Інклінометрія | 40,61 ± 6,06 | 38,75 | 34-56,5 | 25 | 0,15 | 0,001* |
| | Рентгенометрія | 24,25 ± 7,22 | 24,5 | 13-39 | 25 | 0,3 | 0,001* |
| Об'єд нана вибірка | Гоніометрія | 37,62 ± 5,56 | 38 | 26-48 | 50 | 0,15 | 0,001* |
| | Інклінометрія | 40,61 ± 5,15 | 39,5 | 32-56,5 | 50 | 0,13 | 0,001* |
| | Рентгенометрія | 23,69 ± 7,25 | 23 | 13-39 | 50 | 0,31 | 0,001* |

Примітки : * - $p < 0.001$; однофакторний дисперсійний аналіз

Ми проаналізували зміну латерального тало – 1 метатарзального кута (латерального кута Meary`s), що виникає при екстензії НГС з навантаженням, тоді як більшість схожих за тематикою досліджень присвячені інтерпретації змін скіалогічних параметрів стопи саме при нейтральному положенні НГС. Відповідно до результатів нашого дослідження, середні показники латерального тало - 1 метатарзального кута, визначеного на бокових навантажувальних рентгенограмах за найбільш оптимальною методикою [179] (рис. 4.2) перевищують референтні значення за даними літератури [180, 181] та становлять $6,36^{\circ} \pm 3,26^{\circ}(1-14)$.



Рисунок 4.2. Методика визначення латерального кута Meary`s (Т – 1МТ)

Зазначені зміни параметрів латерального кута Meary`s пояснюється компенсаторним пристосуванням структурних елементів стопи у відповідь на положення розгинання з навантаженням в НГС – сплюсненням медіальної арки, збільшенням вальгусного положення заднього відділу стопи, зовнішньою ротацією та абдукцією на рівні суглобів середнього відділу стопи. М. Broos та ін. [182] порівнюючи 2D та 3D геометричні параметри, отримані при комп'ютерній томографії надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи, виявив суттєві відмінності скіалогічних параметрів у положенні з навантаженням та без навантаження. Т.Ж. Shelton [183] також виявив схожі зміни окремих скіалогічних параметрів стопи при збільшенні відсотка дозованого навантаження на нижні кінцівки, при цьому значення тало - 1 метатарзального кута у наведених дослідженнях залишались незмінними, що можна пояснити відсутністю впливу на суглоби заднього та середнього відділу стопи біомеханічних змін, які відбуваються за умов розгинання в НГС. На нашу думку, зміни кутових параметрів стопи при навантажувальних рентгенограмах, зокрема латерального тало – 1 метатарзального кута, повинні обов'язково враховуватись при рентгенологічній оцінці параметрів розгинання в НГС, так як їх сумарне значення може відображати реальну амплітуду розгинання в НГС та може бути корисним при обстеженні пацієнтів та плануванні тактики хірургічного лікування.

Резюме. Отримані значення кутових параметрів розгинання в надп'яtkово-гомiлковому суглобі з навантаженням, виміряних при гоніометричному та інклінометричному методах вимірювання, суттєво перевищують рентгенологічні показники. Вищі коефіцієнти варіації для рентгенологічного методу вимірювання вказують на те, що інклінометрія та гоніометрія мають кращу відтворюваність та надійність при оцінці розгинання в НГС. Навантажувальні рентгенограми надп'яtkово-гомiлкових суглобів в положенні максимального розгинання стопи показують компенсаторне збільшення латерального тало – 1 метатарзального кута у порівнянні із нормативними значеннями, що повинно враховуватись при рентгенологічній оцінці істинних значень показників розгинання в НГС.

За результатами розділу опубліковано:

[184] Кучер, І. (2022). Порівняльний аналіз валідності гоніометричного, інклінометричного та рентгенологічного методів вимірювання розгинання у гомілковостопному суглобі. *ТРАВМА*, 22(6), 26–31. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.6.22.2021.249598>

РОЗДІЛ 5

ПОРІВНЯЛЬНИЙ БІОМЕХАНІЧНИЙ АНАЛІЗ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ОСТЕОСИНТЕЗУ ПЕРЕЛОМІВ ЗАДНЬОГО КРАЮ ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ У ПАЦІЄНТІВ З ПЕРЕЛОМАМИ КІСТОЧОК ГОМІЛКИ (імітаційне комп'ютерне моделювання).

Було проведено порівняльний аналіз напружено-деформованого стану моделей задньолатерального та задньомедіального морфологічних типів перелому заднього краю дистального відділу великогомілкової кістки із використанням трьох методів остеосинтезу, шляхом дослідження параметрів жорсткості та міцності біомеханічних моделей «фіксатор – кістка» та було проведено оцінку відповідних зміни розподілу пікового контактного тиску на суглобову поверхню дистального епіметафізу великогомілкової кістки за допомогою імітаційного комп'ютерного моделювання методом скінчених елементів.

На першому етапі роботи проводили аналіз напружено-деформованого стану елементів моделей за умов навантаження в 700Н та 450Н при різних морфологічних типах ЗКВГК. Розподіл полів еквівалентних за Мізесом напружень у металоконструкціях біомеханічної системи «фіксатор — кістка» при моделюванні остеосинтезу задньолатерального та задньомедіального переломів ЗКВГК наведений в рис. 5.1, рис. 5.2 (навантаження 700 Н) та рис. 5.3, рис. 5.4 (навантаження 350 Н).

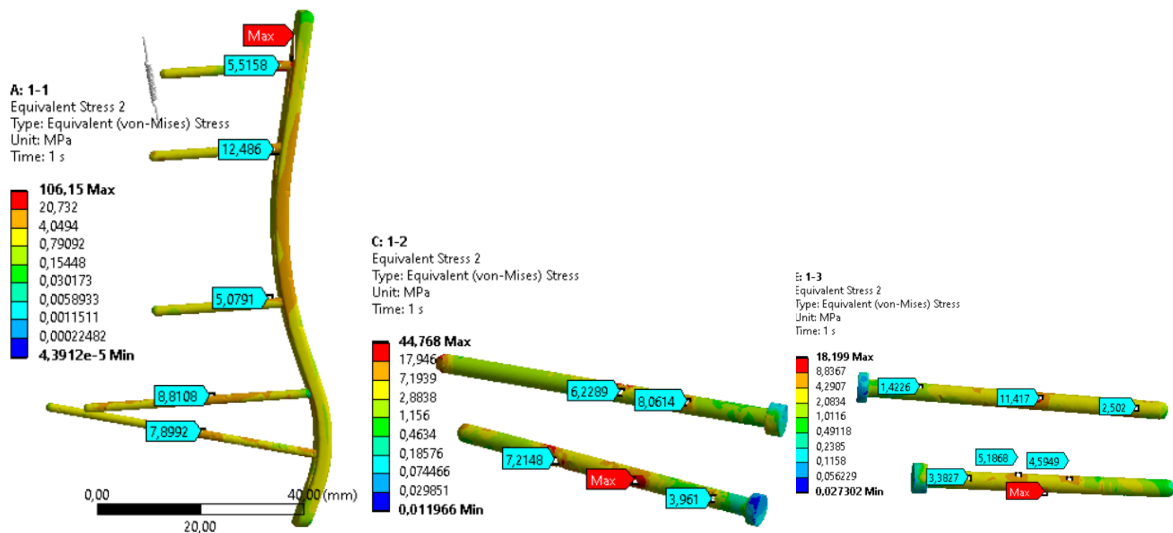


Рисунок 5.1. Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень у металофіксаторах біомеханічної системи «фіксатор - кістка» при моделюванні остеосинтезу задньомедіального фрагменту ЗКВГК з навантаженням 700 Н

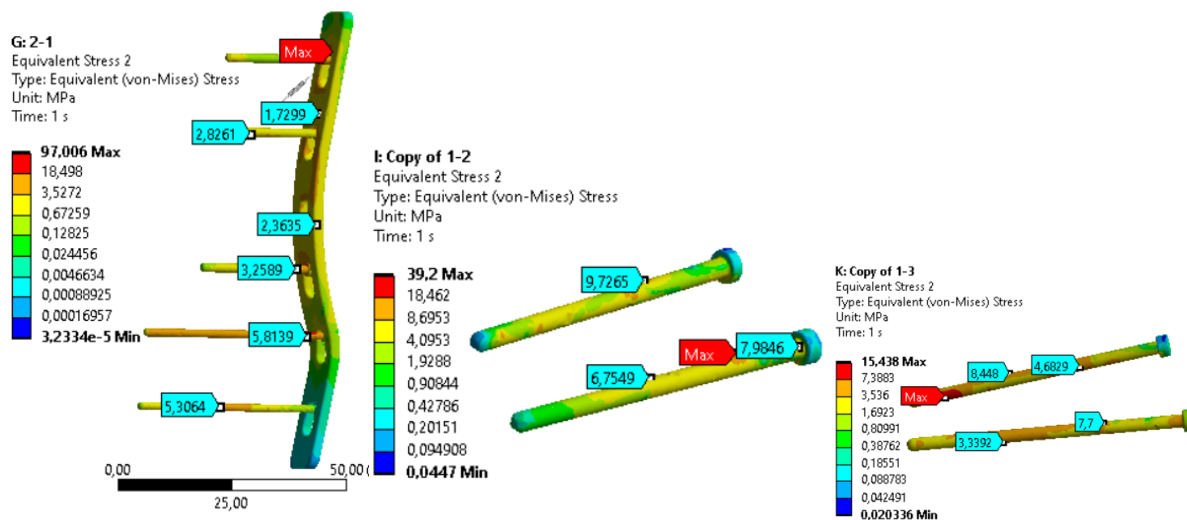


Рисунок 5.2. Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень у металофіксаторах біомеханічної системи «фіксатор - кістка» при моделюванні остеосинтезу задньолатерального фрагменту ЗКВГК з навантаженням 700 Н

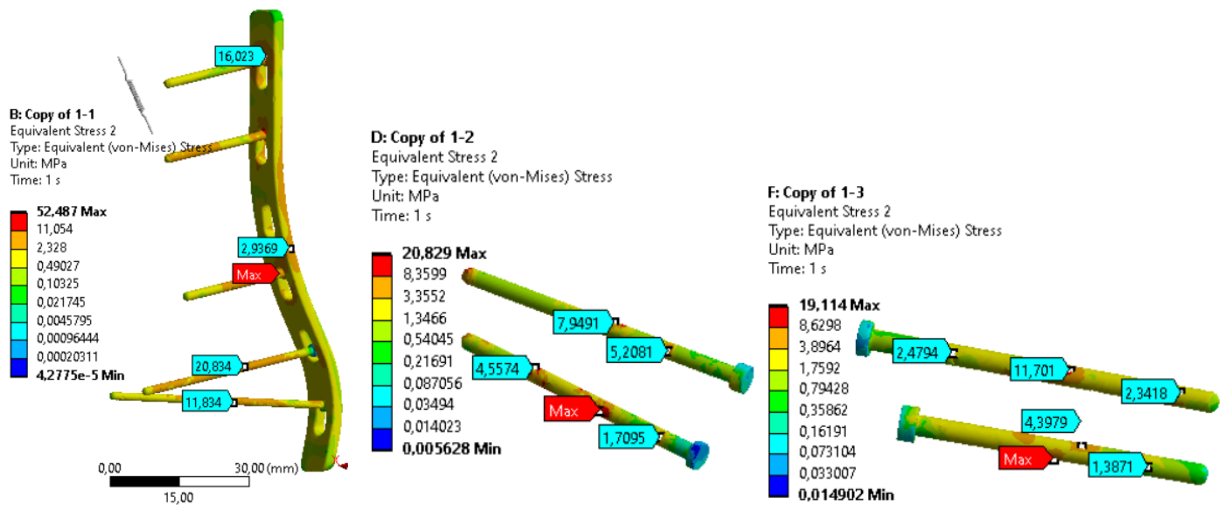


Рис. 5.3. Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень у металофіксаторах біомеханічної системи «фіксатор - кістка» при моделюванні остеосинтезу задньомедіального фрагменту ЗКВГК з навантаженням 350 Н

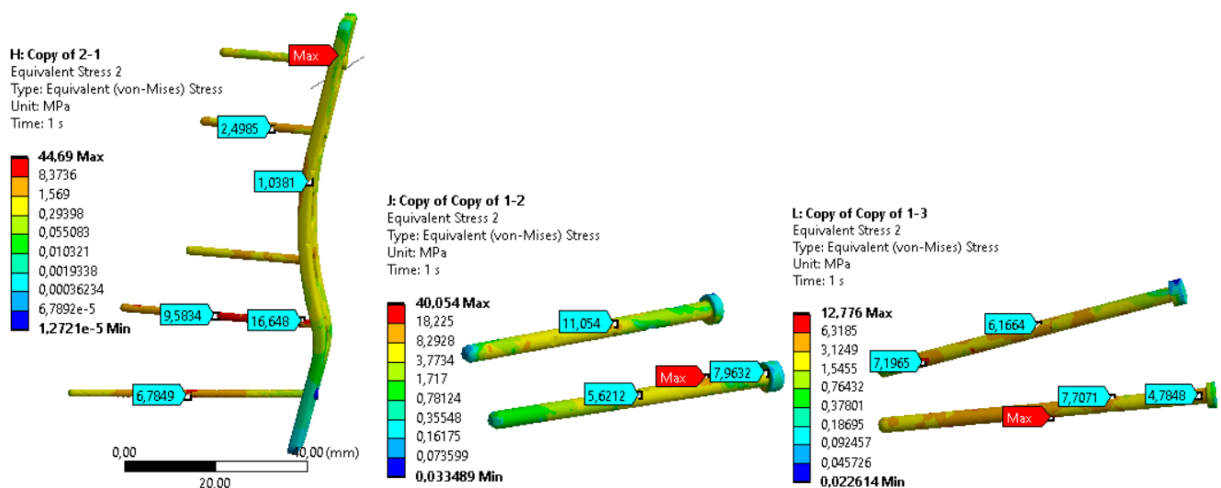


Рисунок 5.4 . Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень у металофіксаторах біомеханічної системи «фіксатор - кістка» при моделюванні остеосинтезу задньолатерального фрагменту ЗКВГК з навантаженням 350 Н.

Пікове значення напруги в імплантатах при навантаженні в 700 Н було найвищим у підгрупі остеосинтезу пластиною та гвинтами (задньомедіальний ЗКВГК - 106,15 МПа, задньолатеральний ЗКВГК - 97,01 МПа), що вдвічі перевищувало значення пікової напруги при двохопорному навантаженні та не сягало межі міцності металофіксаторів ($\sigma_{\max} = 236$ МПа). Найнижчі значення

напруги спостерігались у підгрупі АР гвинтів - 23,99 МПа та 25,53 МПа, та майже в 1,5 рази було меншим за аналогічні показники в підгрупі РА гвинтів (44,77 МПа та 39,2 МПа) відповідно (таб. 5.1). Показники напруги були сконцентровані переважно в центральній 1/3 гвинтів в обох підгрупах АР і РА гвинтів, що можна обумовити відображенням передачі ваги тіла на фіксатори в цих відділах та максимальною близькістю до лінії перелому, в той час як найбільш навантаженим елементом при остеосинтезі пластиною виявилась верхня частина пластини. Аналіз розподілу напружень і деформацій у разі використання різних пристроїв для фіксації під впливом навантаження 700 Н показав перевагу в аспекті жорсткості та стабільності фіксації при застосуванні остеосинтезу пластиною та гвинтами.

Таблиця 5.1. Показники напружень на елементах моделі при навантаженні

| Фізіологічні умови | Стратегія остеометалосинтезу | Група А (задньомедіальний фрагмент ЗКВГК) | | Група В (задньолатеральний фрагмент ЗКВГК) | | [σ] |
|--------------------------------|------------------------------|--|-------|---|-------|--------------|
| | | σ_{max} | N | σ_{max} | N | |
| Двохопорне навантаження (700Н) | Пластина | 106,15 | 2,22 | 97,01 | 2,43 | 236 |
| | РА гвинти | 44,77 | 5,07 | 39,2 | 5,80 | 227,2 |
| | АР гвинти | 18,2 | 12,48 | 15,44 | 14,72 | |
| Одноопорне навантаження (350Н) | Пластина | 52,49 | 4,50 | 44,69 | 5,28 | 236 |
| | РА гвинти | 20,83 | 10,91 | 40,05 | 5,67 | 227,2 |
| | АР гвинти | 19,11 | 11,89 | 12,78 | 17,78 | |

* σ_{max} – максимальні напруження на елементах моделі; [σ] – максимально допустимі значення напружень; n – запас міцності.

При навантаженні в 350 Н, що відповідає двохопорному навантаженню на ГС, найжорсткішою біомеханічною системою також виявилась підгрупа остеосинтезу пластиною та гвинтами незалежно від морфології ЗКВГК

(задньомедіальний фрагмент - 52,49 МПа; задньолатеральний фрагмент - 44.69 МПа). СЕ аналіз не виявив суттєвої різниці між показники напружень за Мізесом при остеосинтезі задньомедіального ЗКВГК РА гвинтами (20,83МПа) та AP гвинтами (19,11 МПа). Схожі результати отримані при остеосинтезі задньолатерального ЗКВГК у групі пластини (44,69 МПа) та групі РА гвинтів (40,05МПа) (рис. 5.5).

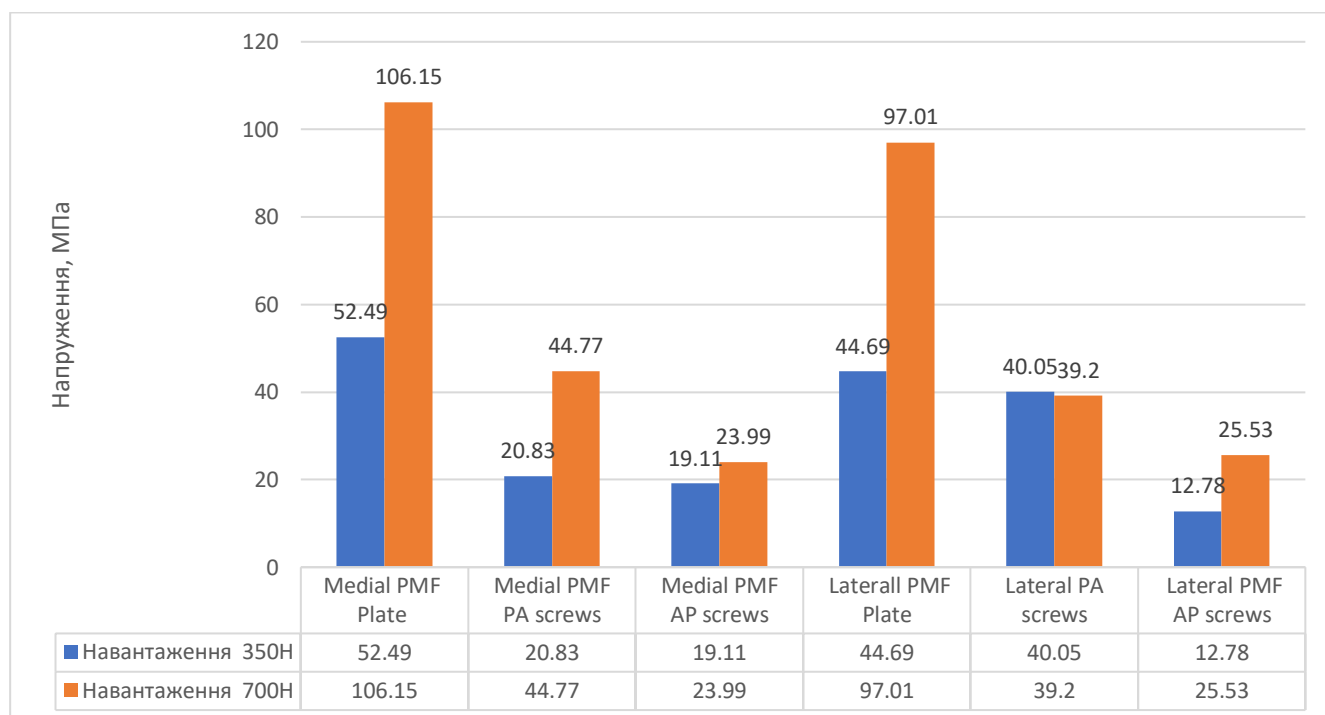


Рисунок 5.5. Діаграма величин максимальних напружень в елементах моделей металофіксаторів при різних морфологічних типах ЗКВГК під навантаженням величиною 700 Н та 350 Н.

Дуже близькі значення показників напруження на елементах металофіксаторів при навантаженні 450Н та остеосинтезі задньомедіального ЗКВГК гвинтами проведеними у напрямку AP та РА та задньолатерального ЗКВГК пластиною та гвинтами та гвинтами проведеними у напрямку РА, може свідчити про однакову жорсткість та надійність фіксації фрагменту ЗКВГК та відсутність конкретних біомеханічних переваг конкретного методу остеосинтезу для цих морфологічних типів ушкодження ЗКВГК.

Аналіз напружено-деформованого стану моделей показав, що при навантаженні 700 Н та 350 Н найбільші концентрації напружень на фрагменті ЗКВГК для всіх розглянутих видів остеосинтезу виникали при фіксації задньолатерального фрагменту ЗКВГК пластиною та гвинтами, та у випадку задньомедіального ЗКВГК РА гвинтами, що в середньому не перевищувало 18 МПа, та не досягали максимального граничного значення напружень для кісткової тканини (37,36 МПа) (рис. 5.6, рис. 5.7). Зростання значень напруги за von Mises на елементах моделі ЗКВГК при цих методах остеосинтезу та наявності відповідного морфотипу ЗКВГК може призводити до збільшення локальної деструкції кісткової структури у фрагменті ЗКВГК та збільшувати вірогідність втрати репозиції та фіксації.

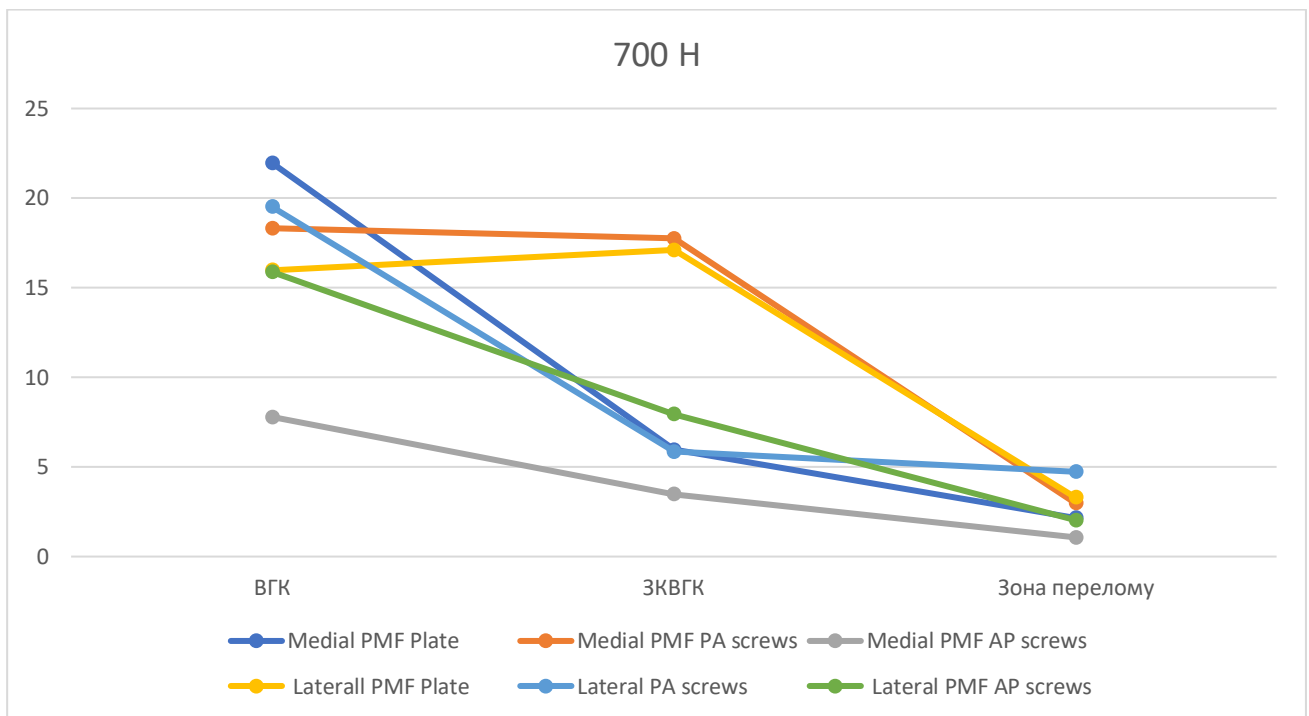


Рис 5.6. Діаграма величин максимальних напружень в елементах моделей заднього краю великогомілкової кістки при різних варіантах остеосинтезу з навантаженням величиною 700 Н

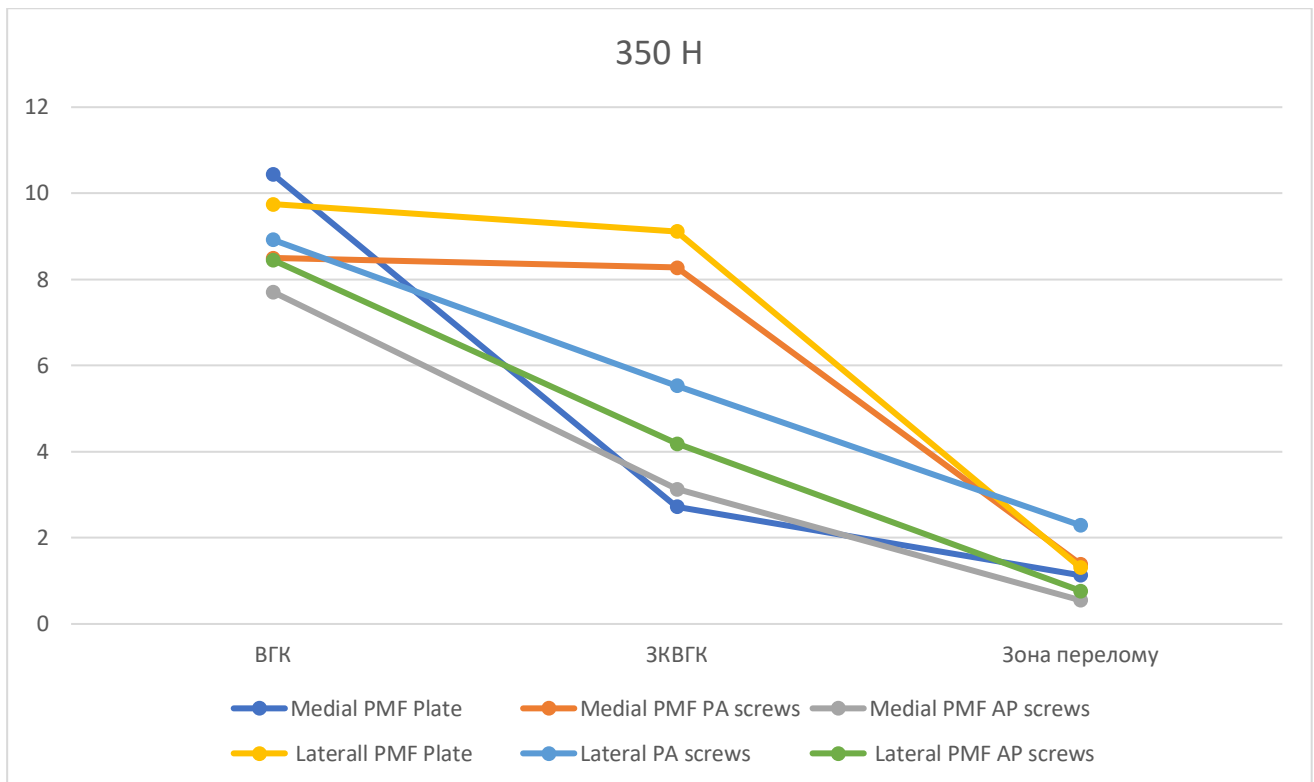


Рисунок 5.7. Діаграма величин максимальних напружень в елементах моделей заднього краю великогомілкової кістки при різних варіантах остеосинтезу з навантаженням величиною 700 Н.

При аналізі мікрорухів фрагменту перелому заднього краю великогомілкової кістки при навантаженні в 700Н та 350 Н всі засоби фіксації показують задовільні результати стабілізації ЗКВГК із забезпеченням максимального переміщення фрагменту не більше 0,3 мм. Найменше зміщення задньомедіального ЗКВГК зареєстровано при застосуванні АР гвинтів. У групі задньолатерального ЗКВГК найбільше зміщення фрагменту спостерігається при використанні РА гвинтів (рис. 5.8). Оцінка зміщень фрагменту відповідно заданих координат демонструє, що при остеосинтезі задньомедіального ЗКВГК найбільше зміщення відбувається по осі Z (латеральне зміщення фрагменту) та Y (вертикальне зміщення); остеосинтез задньолатерального ЗКВГК демонструє найбільші переміщення по осі X (зміщення дозад), незалежно від сили навантаження та виду остеосинтезу (таб. 5.2)

Таблиця 5.2. Зміщення фрагменту ЗКВГК (mm) на просторових площинах

| Навантаження | Остеосинтез | Медіальний ЗКВГК | | | Латеральний ЗКВГК | | |
|--------------|--------------------|------------------|------|------|-------------------|------|------|
| | | Вісь | | | Вісь | | |
| | | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 350 N | Пластина та гвинти | 0,05 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,04 | 0,03 |
| | РА гвинти | 0,05 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,04 | 0,03 |
| | АР гвинти | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,11 | 0,04 | 0,03 |
| 700 N | Пластина та гвинти | 0,11 | 0,17 | 0,2 | 0,24 | 0,09 | 0,05 |
| | РА гвинти | 0,11 | 0,17 | 0,19 | 0,24 | 0,09 | 0,06 |
| | АР гвинти | 0,08 | 0,14 | 0,15 | 0,24 | 0,09 | 0,05 |

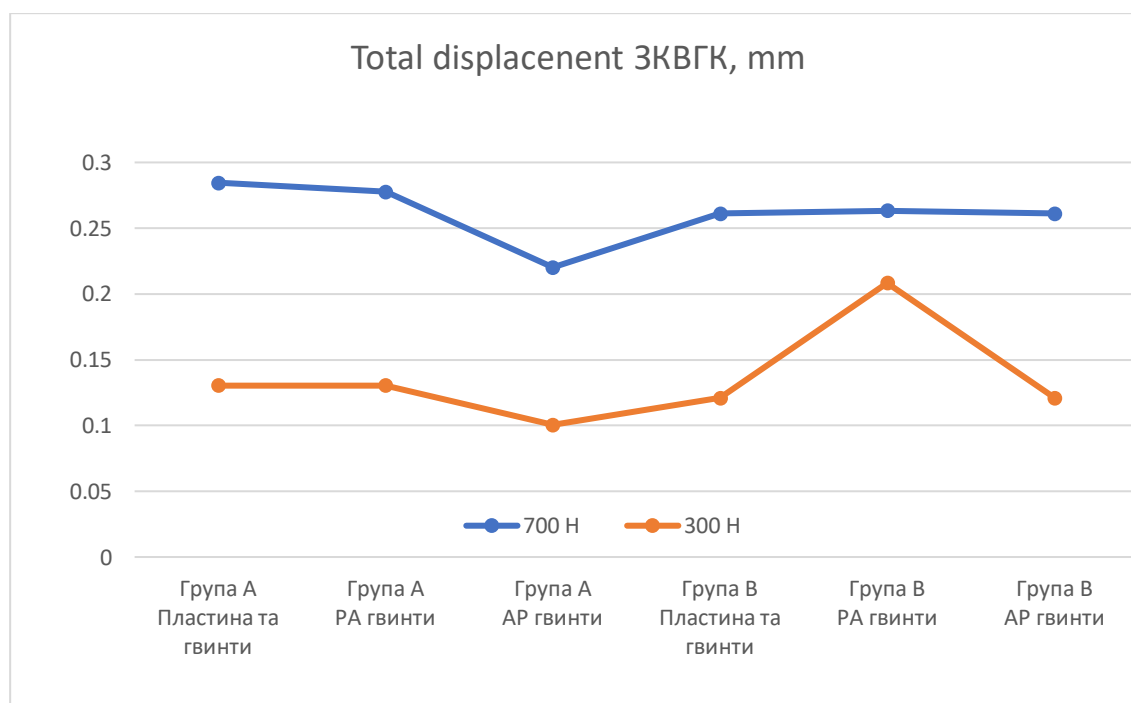


Рисунок 5.8. Сумарне зміщення (Total displacement) фрагменту ЗКВГК(в мм) при різних варіантах остеосинтезу ЗКВГК

Наступним етапом роботи була оцінка напружено-деформованого стану та розподілу пікового контактного тиску на суглобову поверхню дистального епіметафізу великогомілкової кістки. В результаті проведеного дослідження встановлено, що для різних сценаріїв моделей спостерігаються зміни розподілу зон навантаження на суглобовій поверхні плато великогомілкової кістки в залежності від морфотипу та виду остеосинтезу фрагменту ЗКВГК. При навантаженні у 700 Н найбільші показники контактної тиску були зафіксовані при використанні АР гвинтів при задньомедіальному фрагменті ЗКВГК та РА гвинтів при задньолатеральному фрагменті ЗКВГК. Навантаження 350 Н демонструє зростання пікового тиску при використанні АР гвинтів не залежно від морфології ЗКВГК.

Виявлені в нашому дослідженні зміни, підтверджують характерні переміщення зон навантаження на ділянки суглобового хряща ВГК які не піддаються цим навантаженням у нормі, що узгоджується із результатами попередніх досліджень (рис 5.9).

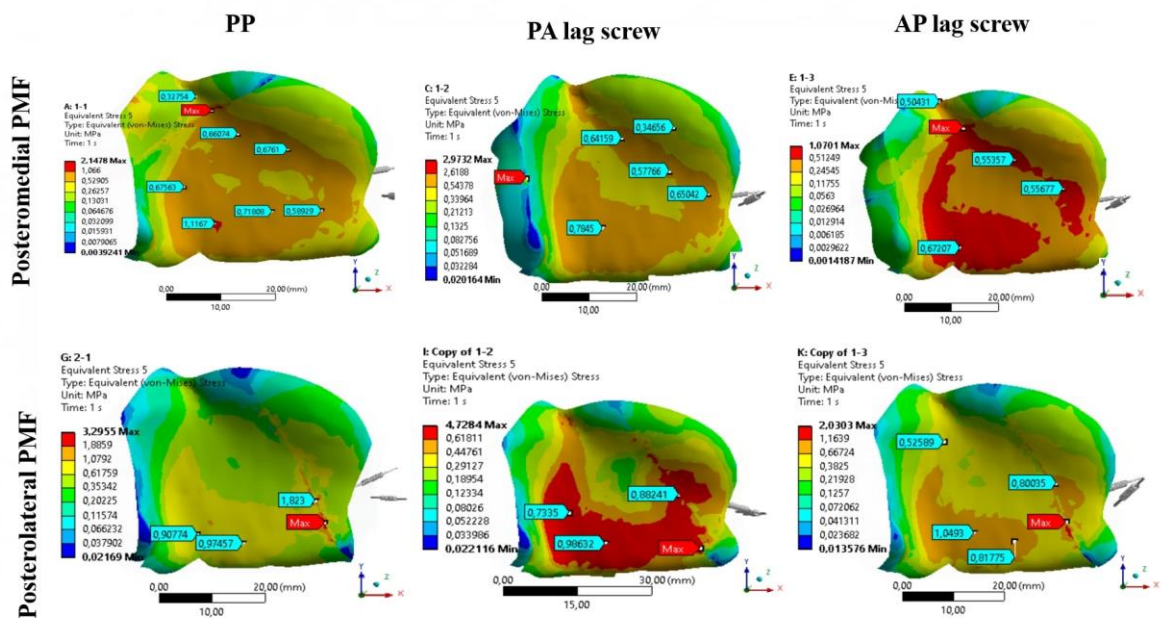


Рисунок 5.9. Розподіл контактної тиску на суглобовій поверхні плато ВГК при навантаженні 700 Н в залежності від морфології та виду остеосинтезу ЗКВГК.

У результаті проведеного експерименту отримані показники пікового контактного тиску на суглобовому плато ВГК, максимального контактного напруження та розподілу напруги на металоконструкціях у системі «фіксатор-кістка» були подібні до інших результатів біомеханічних досліджень [18, 185, 186], що доводить надійність та ефективність створеної нами моделі.

Імовірною причиною, що може впливати на незадовільні результати лікування переломів ЗКВГК, на нашу думку, може бути недооцінка морфології та необґрунтоване використання хірургами неоптимальних методів остеосинтезу для конкретних типів ушкодження ЗКВГК, що враховуючи широку морфологічну різноманітність переломів ЗКВГК [187, 188], в деяких випадках призводить до надмірного а іноді і недостатнього лікування ушкоджень ЗКВГК серед пацієнтів із переломами кісточок гомілки.

Проведене дослідження має за мету розширити межі розуміння важливості морфологічної оцінки перелому ЗКВГК та, відповідно, вибору оптимального методу остеосинтезу в залежності від морфології ЗКВГК. Удосконалення показів до оперативного лікування та створення диференційованого підходу до лікування переломів ЗКВГК, які поряд із сукупним відновленням супутніх ушкоджень анатомічних структур ГС повинні залишатися основними цілями успішного лікування ушкоджень кісточок гомілки.

Резюме. Найвищі показники значень напруги на металевій конструкції при навантаженні 700 Н відзначено при фіксації ЗКВГК пластиною та гвинтами (від 97,1 до 106,15 МПа), в той час як найнижчі значення зареєстровані при використанні АР гвинтів (23,99 МПа та 25,53 МПа) та РА гвинтів (44,77 МПа та 39,2 МПа), що свідчить про максимальну біомеханічну стабільність фіксації перелому ЗКВГК за допомогою пластини та гвинтів, не залежно від морфології ушкодження. Поведінка біомеханічної системи «фіксатор-кістка» при навантаженні 350 Н демонструє однакову жорсткість та надійність остеосинтезу фрагменту ЗКВГК при фіксації задньомедіального ЗКВГК гвинтами проведеними у напрямку АР та РА, а також задньолатерального ЗКВГК пластиною і гвинтами та

гвинтами проведеними у РА напрямку, що свідчить про відсутність значних біомеханічних переваг конкретного методу остеосинтезу для цих морфологічних типів ушкодження ЗКВГК. Фіксація задньолатерального фрагменту ЗКВГК пластиною та гвинтами та задньомедіального фрагменту ЗКВГК РА гвинтами показують максимальне значення напружень на фрагменті ЗКВГК, що збільшує вірогідність втрати репозиції та фіксації, при використанні цих методів остеосинтезу. Розподіл навантажень на суглобову поверхню плато ВГК залежить від морфології ушкодження та виду остеосинтезу ЗКВГК. Зміни розподілу контактного тиску на суглобовій поверхні НГС можуть слугувати причинами розвитку посттравматичного остеоартрозу у пацієнтів із переломом кісточок гомілки та наявністю ЗКВГК.

За результатами розділу опубліковано:

[189] Kucher, I., & Liabakh, A. (2023). Biomechanical comparison of three posterior malleolus fracture fixation methods in relation to different fracture morphology: a finite element analysis. *Georgian medical news*, (338), 33–40. PMID: 37419468. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37419468/>

РОЗДІЛ 6

РЕЗУЛЬТАТИ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ ПЕРЕЛОМІВ КІСТОЧОК ГОМІЛКИ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ ЗКВГК

6.1 Застосування дистальної тибіофібулярної стабілізації у пацієнтів з переломами ЗКВГК

Для вибору хірургічної тактики лікування переломів ЗКВГК використовували диференційований підхід на основі запропонованої схеми (рис. 26), за результати КТ оцінювали морфологічні характеристики ушкодження ЗКВГК на основі класифікації за Bartonicek-Rammelt [36], з обов'язковим аналізом супутніх ушкоджень латеральних та медіальних структур НГС та ДМГС.

Методика хірургічного лікування передбачала першочергове відновлення анатомії малогомілкової кістки із остеосинтезом пластинами (DCP, LCP); остеосинтез медіальної кісточки здійснювали гвинтами, гвинтом та спицею, спицями та дротяною петлею за Weber. Вибір фіксуючих елементів залежав від величини уламків та їх кількості, топографії площини перелому. Остеосинтез фрагменту ЗКВГК виконували за допомогою пластини та гвинтів (buttress plating), гвинтів введеними в напрямку «anterior-to-posterior» та «posterior-to-anterior». Проводили рентгенконтроль і виконували тест на нестабільність малогомілкової кістки за допомогою гачка (hook-test). Якщо рентгенконтроль виявляв зміщення, намагались встановити його причину: інтерпозиція фрагментів суглобового хряща та/або мілких остеохондральних фрагментів в ділянці синдесмозу або між латеральною кісточкою та таранною кісткою. Якщо причиною зміщення виступало ушкодження зв'язок латеральної або медіальної зони, проводили їх відновлення за допомогою анкерної фіксації. У випадках, коли відзначалося пошкодження дистального міжгомілкового синдесмозу, для запобігання розвитку нестабільності НГС виконувалось його стабілізація. Повне розвантаження оперованої кінцівки тривало 6 – 8 тижнів після операції.

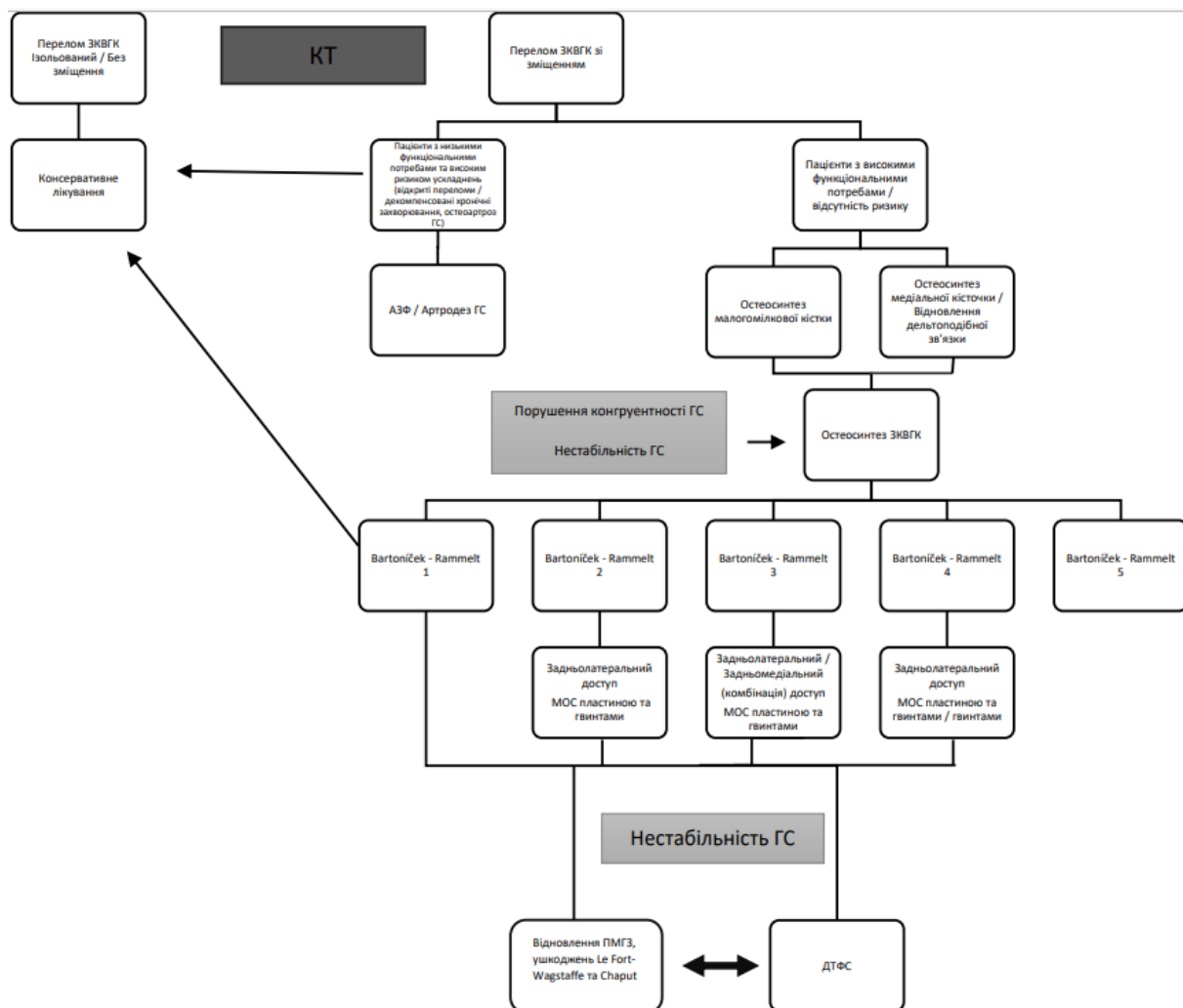


Рисунок 6.1. Блок-схема вибору тактики лікування ушкоджень ЗКВГК у разі переломів кісточок гомілки.

В результаті лікування відзначалося загоєння післяопераційних ран регітам у 207 випадках (94,5 %), інші 12 – поверхнева інфекція та дренивання гематом. Пізні ускладнення: остеомієліт та артрит гомілковостопного суглоба – 3, флеботромбоз – 2, нейродистрофічний синдром – 3, сповільнена консолидація – 5 були виключені з аналізу функціональних результатів.

Таблиця 6.1. Функціональні результати хірургічного лікування переломів типу “В” (44-В1, В2, В3).

| Показник | Групи порівняння | | Значення p (при $\alpha = 0,05$)* |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|---|
| | ДТФС (n=55) min – max | без ДТФС (n=82) min – max | |
| АOFAS (бали) | 87,9 ± 2,8 (74 – 92) | 92,4 ± 4,3 (78 – 98) | 0,03 |
| Біль, VAS (см) | 3,7 ± 0,1 (1-5) | 1,4 ± 0,3 (0-4) | |
| Розгинання стопи, градуси | 10 ± 1,2 (5 – 10) | 15 ± 1,5 (10 – 25) | |

*- двовибірковий t -тест для середніх

Таблиця 6.2. Функціональні результати хірургічного лікування переломів типу “С” (44-С1, С2).

| Показник | Групи порівняння | | Значення p (при $\alpha = 0,05$)* |
|------------------------------|--------------------------|------------------------------|---|
| | ДТФС (n=27) min – max | без ДТФС (n=42) min – max | |
| АOFAS (бали) | 84,4 ± 3,7 (68 – 90) | 89,7 ± 4,1 (76 – 96) | 0,06 |
| Біль, VAS (см) | 1,3 ± 0,8 (0 – 4) | 1,1 ± 0,3 (0 – 3) | |
| Розгинання стопи, градуси | 14,0 ± 1,2 (10 – 20) | 15 ± 1,6 (10 – 25) | |

*- двовибірковий t -тест для середніх

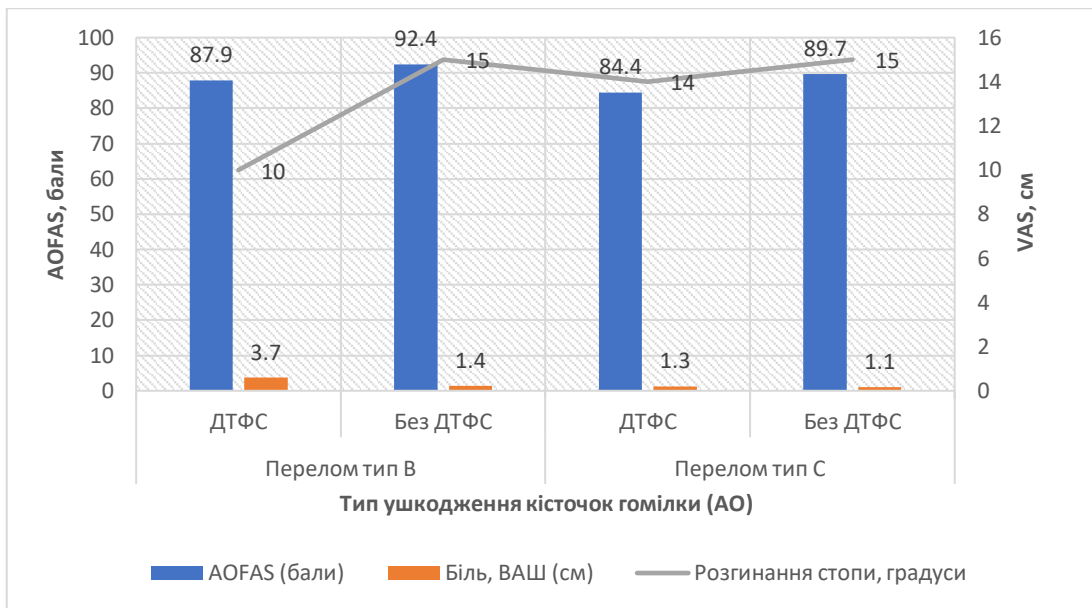


Рисунок 6.2. Функціональні результати хірургічного лікування переломів типу «В» та «С» з та без використання ДТФС.

Як видно з таблиць 6.1 та 6.2, застосування ДТФС не вплинуло на функціональні результати хірургічного лікування переломів кісточок типів В та С, а при ушкодженнях типу В навіть погіршувало їх ($p = 0,03$). Це може свідчити про те, що ДТФС не є такою вкрай необхідною процедурою, як це можна зрозуміти із аналізу наукової літератури. Pakarinen H.J. та ін. [190] порівняли результати лікування 24 пацієнтів із переломами типу С (13 – транссиндесмозний гвинт, 11 – без блокування) в строки 53 – 112 тижнів після операції за вираженістю больових відчуттів (ВАШ), обсягом рухів у гомілковостопному суглобі, якістю життя, розмірами тібіофібулярної відстані по прямій рентгенограмі. Вони не знайшли суттєвої різниці між дослідженими показниками. Сучасні зміни концепцій лікування «трьохкісточкових» переломів гомілки, також переконливо свідчать на користь зменшення ролі ДТФС у забезпеченні анатомічних співвідношень у гомілковостопному суглобі. Так, Rammelt S. та Bartonicek J. [36] показали, що анатомічна репозиція та остеосинтез ЗКВГК, дозволяють відновити цілісність ДМС та значно зменшують потребу в дистальній тібіо-фібулярній стабілізації. Аналогічні результати отримали Miller M.A. та ін. [16], яким вдалось відновити стабільність ДМС у 97.9% пацієнтів після фіксації ЗКВГК.

Таким чином, відновлення анатомії зламаних кісток, відсутність інтерпозиції в ділянці синдесмозу, між суглобовими поверхнями таранної кістки та кісточок забезпечують відновлення співвідношень у дистальному тібіофібулярному зчленуванні. При дотриманні цих умов ДТФС не є обов'язковою у пацієнтів з ушкодженнями 44-C1 та 44-C2, а у пацієнтів із ушкодженнями типу В навіть погіршує функціональний результат.

6.2 Результати лікування пацієнтів з ізольованими переломами ЗКВГК

Окремо було проаналізовано результати лікування пацієнтів з ізольованими переломами ЗКВГК. Беззаперечна цінність вивчення ізольованих переломів ЗКВГК, полягає і в тому, що ці ушкодження можуть слугувати прекрасною моделлю для вивчення опосередкованого впливу фрагменту ЗКВГК на клінічний результат лікування трьохкісточкових переломів гомілки і можливий його вплив на віддалені функціональні результати лікування.

У всіх 5 пацієнтів підтверджено ізольований перелом ЗКВГК за допомогою КТ та МРТ. У двох пацієнтів з досліджуваної групи з підтвердженими за допомогою додаткових методів обстеження ознаками порушення стабільності НГС (зміщення фрагменту ЗКВГК, порушення конгруентності ДМГС) проведено оперативне лікування: 1 пацієнту виконано остеосинтез ЗКВГК пластиною та гвинтами (рис. 6.3) та 1 пацієнту остеосинтез ЗКВГК пластиною та гвинтами з додатковою дистальною тібіо-фібулярною стабілізацією позиційним гвинтом, який видалено через 8 тижнів після операції (рис. 6.4). Вибір методу остеосинтезу ЗКВГК базувся на вивченні його морфологічних характеристик, а також оцінки супутнього ушкодження ДТФС. Усім пацієнтам після оперативного лікування розпочинали ранню реабілітацію та дозволяли ходу на милицях без навантаження пошкодженої кінцівки 6 тижнів. Трьом пацієнтам з досліджуваної групи, які мали ізольований переломом ЗКВГК без ознак порушення стабільності ГС призначено консервативне лікування в гіпсовій лонгеті терміном на 6 тижнів, ходою на милицях без навантаження пошкодженої кінцівки. Через шість тижнів закінчували імобілізацію та рекомендували ЛФК з дозованим навантаженням кінцівки ще

протягом 2 тижнів з додатковою опорою. Через 8 тижнів дозволяли повне навантаження та ходьбу без додаткової опори. Використання диференційованого підходу до остеосинтезу переломів ЗКВГК на основі його морфологічних характеристик дозволив отримати задовільні результати лікування за шкалою AOFAS 94.8 ± 4.55 (88-100).

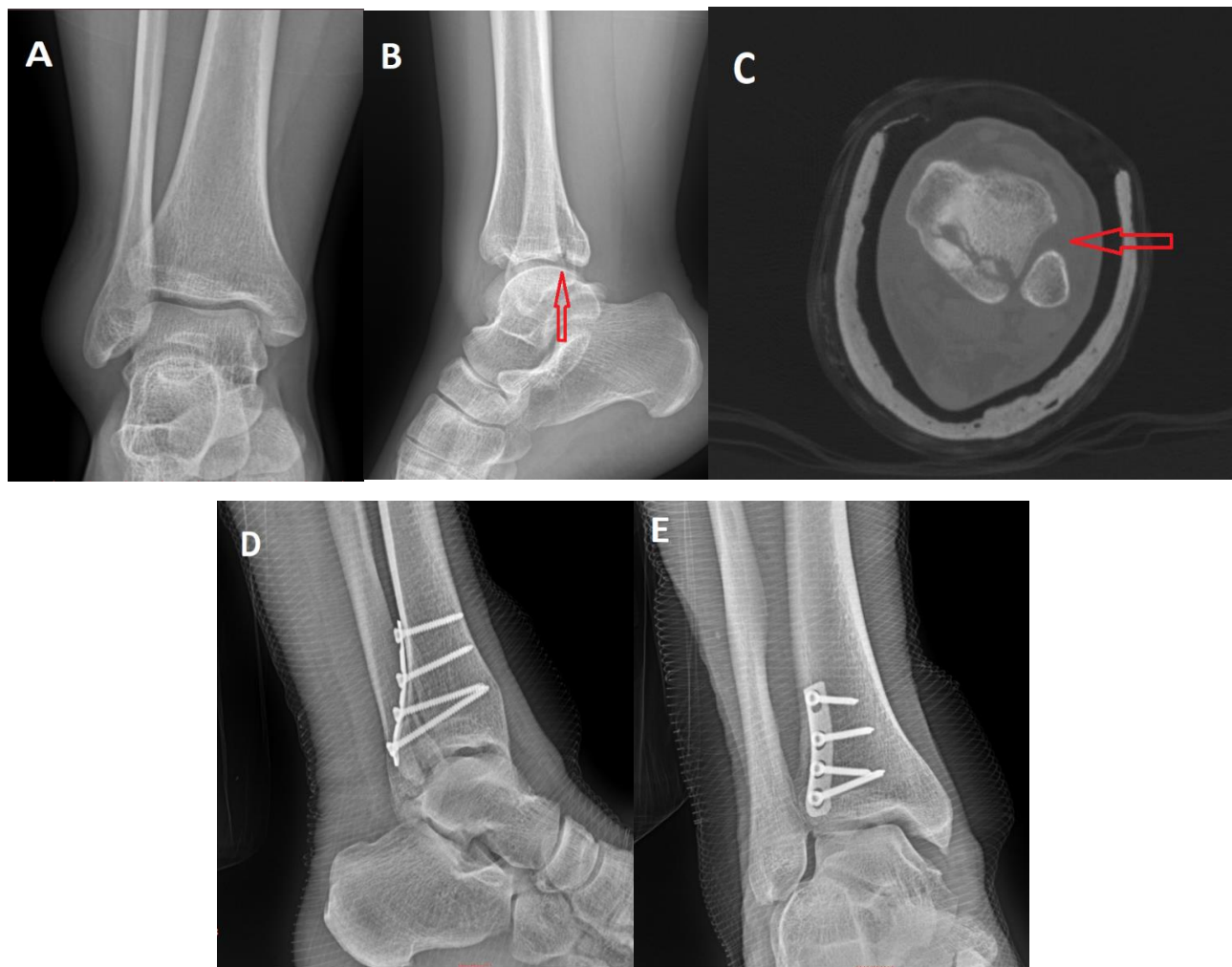


Рисунок 6.3. А,В - рентгенограми лівого гомілковостопного суглобу у пацієнта з ізольованим переломом ЗКВГК (стрілка); С – аксіальний зріз КТ лівого ГС у цього пацієнта демонструє ізольований перелом ЗКВГК зі зміщенням, ушкодженням ДМГС та підвивихом латеральної кісточки (стрілка); D,E – післяопераційна рентгенограма лівого гомілковостопного суглобу демонструє відновлення анатомії плато великогомілкової кістки та положення ДМГС.

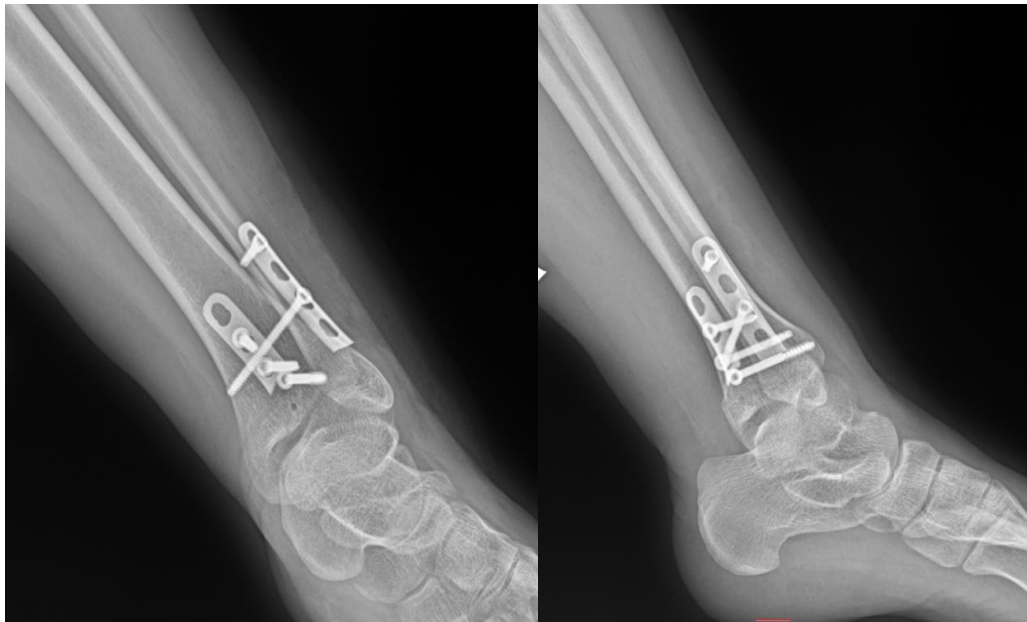


Рисунок 6.4. Післяопераційна рентгенографія лівого гомілковостопного суглобу у пацієнта з переломом ЗКВГК та ушкодженням ДМГС.

У нашому дослідженні всі пацієнти з ізольованими переломами ЗКВГК за результатами МРТ дослідження мали ушкодження передньої порції ДМГС та зв'язок латеральної групи ГС, що у випадках ізольованого перелому ЗКВГК 1 та 2 типу за класифікацією Rammelt S. та Bartoníček J.[70], не супроводжувались порушенням позиціонування малогомілкової кістки в *incisura fibularis tibiae* (рис. 6.5) та порушенням конгруентності ГС. Виявлені зміни, незважаючи на збереження анатомічних взаємовідносин в ГС, свідчать про пошкодження ДМГС, з розвитком нестабільності ГС, та потребують дистальної тибіо-фібулярної стабілізації чи остеосинтезу ЗКВГК. Це припущення підтверджує анатомічне дослідження Littlechild J та спів.[191], яке показує що відновлення задньої порції ДМГС при остеосинтезі ЗКВГК, може недостатньо адекватно сприяти відновленню стабільності ГС, та наголошують на необхідності відновлення передньої тибіо-фібулярної зв'язки при залишкових явищах нестабільності ГС. Анатомічне дослідження D.J. Ogilvie-Harris та ін.[102] виявило, що передня та задня міжгомілкові зв'язки ДМГС є однаково важливими структурами ГС, які забезпечують 35% і 33% стабільності ДМГС, відповідно. Randell M. та спів. показали, що наявність навіть за умови відсутності перелому, наявність кісткового

набряку в ділянці ЗКВГК під час МРТ дослідження є важливою діагностичною ознакою, що свідчить про значне ушкодження дистального міжгомількового синдесмозу, яке потребує оперативного відновлення [192].

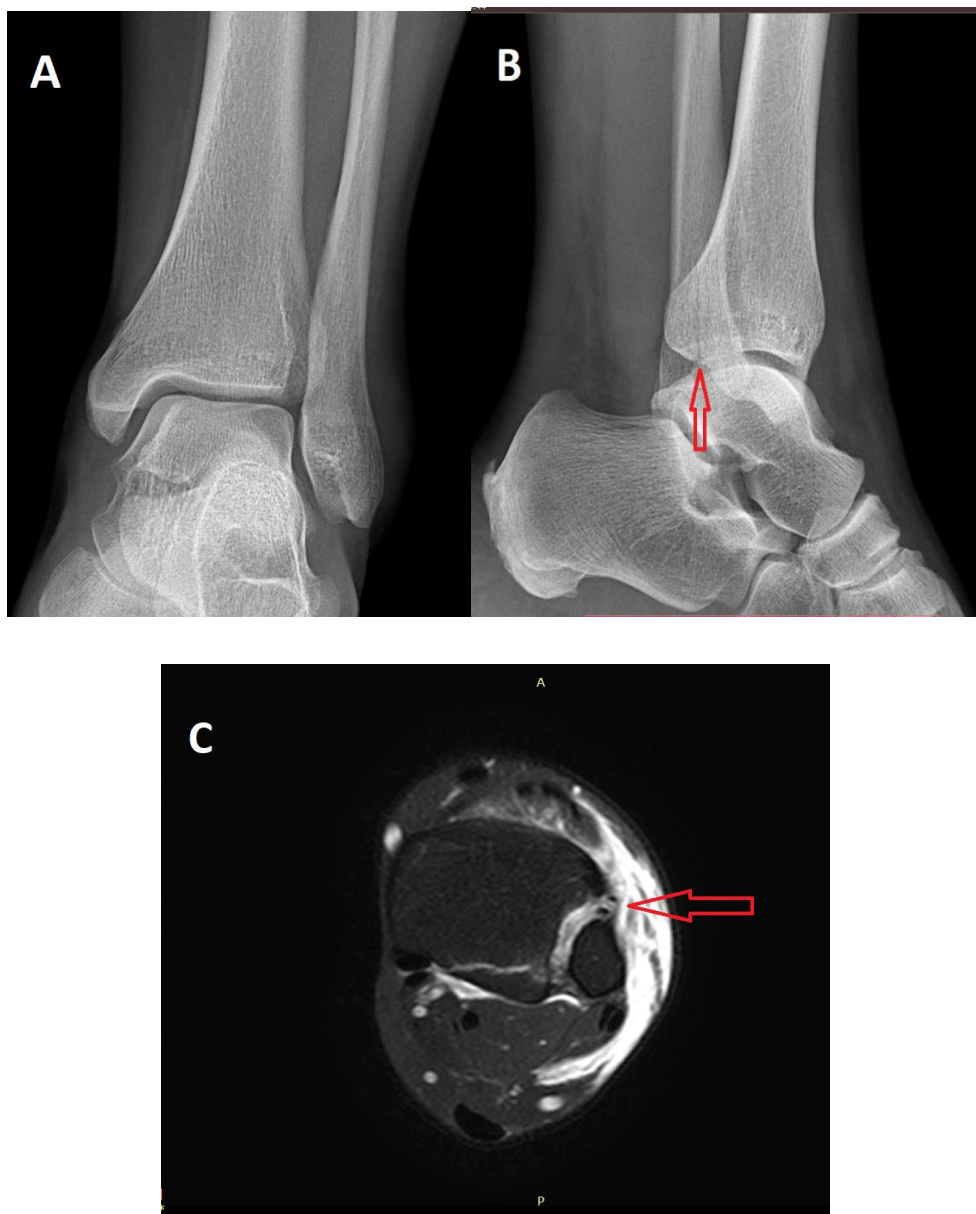


Рисунок 6.5. А, В - рентгенограми лівого гомілковостопного суглобу у пацієнта з ізольованим переломом ЗКВГК; С – МРТ дослідження демонструє значне ушкодження зв'язок переднього відділу ДМГС та поширену гематому в латеральному відділі ГС (стрілка)

В нашому дослідженні, виявлені ізольовані переломи ЗКВГК 3 та 4 морфологічних типів за класифікацією J.Bartoníček – S.Rammelt супроводжувалися ушкодженням ДМГС та дисконгруентністю ГС, що потребували оперативного відновлення та підтверджували запропонований авторами алгоритм лікування переломів ЗКВГК в залежності від морфології пошкодження. Не було виявлено взаємозв'язку між розміром фрагменту ЗКВГК та його впливом на необхідність оперативного лікування, що узгоджується із даними попередніх досліджень[193]. Застосування остеосинтезу ізольованого перелому ЗКВГК за допомогою пластини та гвинтів з нашої точки зору має ряд безумовних переваг : дозволяє анатомічно відновити конгруентність плато ВГК, має більшу біомеханічну стабільність та менший ступінь осьового зміщення під дією сил навантаження; краще відновлення анатомічного положення латеральної кісточки у вирізці маломілкової кістки за рахунок більшого натягу задньої тибіофібулярної зв'язки та зменшення необхідності використання ДТФС, а також кращі клінічні результати у порівнянні з пацієнтами, у яких застосовується методика непрямой репозиції та остеосинтезу гвинтами, що підтверджено рядом біомеханічних та клінічних досліджень[82, 185, 194]. Представлені в нашому дослідженні клінічні випадки фіксації ЗКВГК за допомогою пластини та гвинтів є оригінальними, і найбільш точно відповідають умовам «концепції структурної стабільності ГС», та демонструють гарні результати лікування пацієнтів із ізольованим переломом ЗКВГК. Ще однією безумовною перевагою оперативного лікування ізольованих переломів ЗКВГК є ранній початок реабілітації та навантаження кінцівки, що, як було показано публікацій, потенційно покращує результати після остеосинтезу переломів кісточок гомілки [111, 112].

Резюме. Відновлення анатомії зламаних кісток, відсутність інтерпозиції в ділянці синдесмозу, між суглобовими поверхнями таранної кістки та кісточок забезпечують відновлення співвідношень у дистальному тибіофібулярному зчленуванні. При дотриманні цих умов ДТФС не є обов'язковою у пацієнтів з

ушкодженнями 44-C1 та 44-C2, а у пацієнтів із ушкодженнями типу В навіть погіршують функціональний результат.

Ізольований перелом ЗКВГК виникає як частина більш складної травми гомілковостопного суглоба. Диференційований підхід до лікування цих ушкоджень, що базується на оцінці морфологічних характеристик перелому ЗКВГК, наявності супутнього ушкодження зв'язкового комплексу ГС та порушенні стабільності ГС, залишається обов'язковою умовою вибору тактики успішного лікування переломів ЗКВГК.

За результатами розділу опубліковано:

[195] Liabakh A., Kucher I. Does the distal tibiofibular stabilization affect the functional outcome of ankle fractures? // *Topical issues of practice and science. Abstracts of XXVI International Scientific and Practical Conference. London, United Kingdom. 2021.* Pp. 300-302. DOI: 10.46299/ISG.2021.I.XXVI

РОЗДІЛ 7

ПОМИЛКИ ТА УСКЛАДНЕННЯ ПРИ ЛІКУВАННІ ПАЦІЄНТІВ З ПЕРЕЛОМАМИ КІСТОЧОК ГОМІЛКИ

Дефекти діагностики. Дефекти рентгенологічної діагностики були присутніми у 28 випадках (7,3 %): 17 – ушкодження “В”, 23 – ушкодження “С”. При ушкодженнях “В” типовою помилкою було невиконання проєкції з внутрішньою ротацією 20°, що унеможлиблювало встановлення факту зміщення латеральної кісточки. Слід зазначити, що серед ортопедів-травматологів поширена думка, що ця проєкція призначена для діагностики ушкоджень дистального міжгомілкового синдесмозу. При ушкодженнях типу С3 характерним було невстановлення високого перелому малогомілкової кістки (МГК).

Консервативне лікування. Необґрунтований вибір консервативного лікування встановлений у 47 випадках (12,2 %): 4 – ушкодження “А”, 20 – ушкодження “В”, 23 – ушкодження “С”.

Дефекти хірургічної техніки. Найчисельніша група помилок, що налічує 174 випадки (45,2 %). Серед них: невиконання остеосинтезу МГК при переломах “С” – 24 випадки (6,2 %), неадекватний хірургічний доступ – 45 випадків (11,7 %), неадекватний вибір фіксатора – 45 випадків (11,7 %), транскутанна фіксація спицями в якості остаточного остеосинтезу – 14 випадків (3,6 %), неадекватна тібіо-фібулярна стабілізація – 49 випадків (12,7 %) (рис. 7.1).



Рисунок 7.1. Найпоширеніші помилки при хірургічному лікуванні переломів кісточок гомілки.

Відкриті переломи. Відкриті переломи були представлені ушкодженнями “В” у 12 випадках, ушкодженнями “С” у 17 випадках. Власне відкритим був перелом медіальної кісточки через розрив шкіри від протрузії дистального кінця великогомілкової кістки (ВГК). В усіх випадках була проведена ПХО із зашиванням рани наглухо та накладанням стрижневого АЗФ “гомілка-стопа”. У 13 випадках після загоєння рани та зняття швів був проведений остеосинтез усіх зламаних кісток, у 16 випадках – лише медіальної кісточки, медіальної кісточка та заднього краю. Відсутність анатомічної репозиції зламаних кісток у оперованих пацієнтів зареєстрована у 114 випадках: малоомілкової (включно з латеральною кісточкою) – 58 випадків, медіальної кісточка – 27 випадків, заднього краю ВГК – 29 випадків. Загалом помилки мали місце при діагностиці та лікуванні у 221 випадку (57,4%); у 164 випадках (42,6%) тяжкість первинної травми та/або час від моменту травми були об’єктивними чинниками розвитку деформуючого остеоартрозу (ДОА) 3-4-ї стадій, що спричинило необхідність артродезу НГС (рис 7.2).

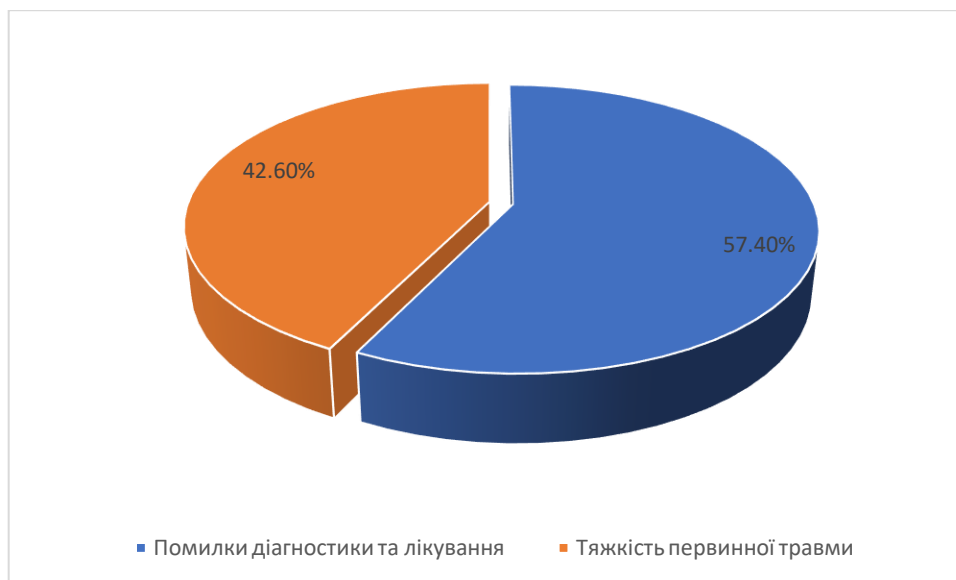


Рисунок 7.2. Діаграма розподілу факторів, що впливали на погіршення результатів лікування пацієнтів із переломом кісточок гомілки.

Достатньо значну частку помилок (15,1 %) становить відсутність анатомічної репозиції МГК: власне МГК при переломах “С” – 24 випадки (6,2 %), та латеральної кісточки – 38 випадків (8,9 %) (рис. 7.3).



Рис. 7.3. Клінічний приклад. Пацієнтка 37 років, ушкодження 44С3. 3 тижні після операції : непроведений остеосинтез МГК, дефектний остеосинтез медіальної кісточки (малеолярний гвинт 4.5 мм).

На нашу думку, відкриту репозицію та остеосинтез МГК при її переломах у проксимальній третині потрібно виконувати у більшості випадків, що є запорукою відновлення довжини та ротаційного положення (рис. 7.4).



Рис. 7.4. Клінічний приклад. Пацієнт 45 років, ушкодження 44С3 (перелом Masoigneuve). Косий перелом МГК, непроведення остеосинтезу: (а) відкрита репозиція та остеосинтез заднього краю ВГК, ДТФС – кортикальні гвинти 4.5 мм (б, в). Через 9 міс: неправильно консолидований перелом МГК (г); патологічний перелом ВГК на місці введення блокувального гвинта з вальгусною деформацією на рівні метаепіфіза (е).

Винятками можуть бути переломи, локалізовані під головкою МГК. Значна частка літератури з проблеми переломів кісточок гомілки присвячена дистальному міжгомілковому синдесмозу: питанням діагностики, показанням до відновлення та технічним засобам його реалізації. Суть відновлення полягає в забезпеченні анатомічного положення МГК у вирізці ВГК, причому неналежну корекцію спостерігають від 12 до 52 % випадків [196]. У нашому дослідженні неадекватне застосування дистального тівіо-фібулярного блокування відмічене у 12,7 %

випадків (рис. 7.5), що поряд з іншими дефектами хірургічної техніки спричинило розвиток деформуючого остеоартрозу НГС, який швидко прогресує.

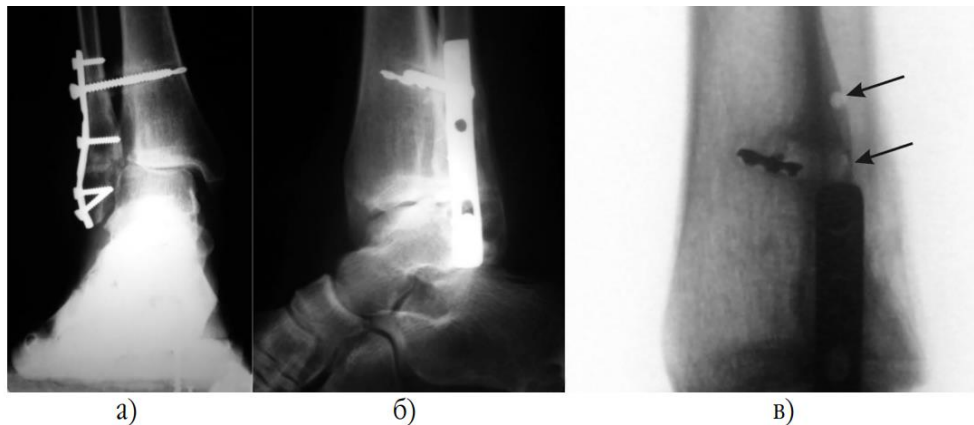


Рис. 7.5. Ушкодження «В», неправильно зрощений перелом латеральної кісточки. Навантажувальна рентгенограма над'яtkово-гомiлкового суглоба у прямій проекції; неточна репозиція латеральної кісточки, латеральне зміщення таранної кістки, nereкомендовані розташування та напрям блокувального гвинта (а). Одна з бокових проекцій, фрагмент зламаного свердла (б). Бокова проекція під час реконструктивної операції; стрілками відмічені отвори по задній поверхні ВГК, через нижній з яких був проведений блокувальний гвинт (в)

Резюме. Незважаючи на тривалу історію вивчення проблеми переломів кісточок гомілки, наявність фундаментальних анатомічних та біомеханічних досліджень, можливості сучасних методик візуалізації, частка помилок у діагностиці та лікуванні переломів кісточок гомілки лишається значною. Дані щодо структури діагностичних, тактичних та технічних помилок корисні під час планування подальших клінічних та епідеміологічних досліджень.

За результатами розділу опубліковано:

[197] Лябах, А., & Кучер, І. (2020). Помилки та ускладнення при лікуванні пацієнтів із переломами кісточок гомілки. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (3(106), 24-30. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2020-106-3-24-30>

ВИСНОВКИ:

У дисертаційній роботі науково обгрунтовано та вирішено актуальне завдання травматології та ортопедії – покращення хірургічного лікування у пацієнтів з переломами кісточок гомілки та залученням ЗКВГК.

1. В результаті проведеного літературного дослідження встановлено, що основними прогностичними факторами, що впливають на задовільні результати лікування є відновлення площі та конгруентності суглобової поверхні плато ВГК, забезпечення стабільності НГС та анатомії дистального тибіофібулярного синдесмозу. Тактика лікування цих ушкоджень потребує диференційованого підходу, що повинно обов'язково базуватись на морфологічних характеристиках переломів ЗКВГК та супутніх ушкодженнях медіальних та латеральних структур НГС.

2. Lig. tibiofibulare posterius та lig. transversum inferior покращують конгруентність плато великогомілкової кістки за рахунок збільшення суглобової поверхні, та у 70 % випадків їх суміжна точка прикріплення обумовлює утворення задньомедіального морфологічного типу ЗКВГК при переломах кісточок гомілки.

3. Вимірювання обсягу рухів у НГС, особливо розгинання, повинно бути проведено на основі гоніометричного та інклінометричного методів вимірювання, які мають кращу відтворюваність та надійність у порівнянні з рентгенологічним методом ($p < 0,001$). При рентгенологічній оцінці істинних значень показників розгинання НГС необхідно враховувати компенсаторне збільшення латерального талометатарзального кута у порівнянні з нормативними значеннями.

4. За допомогою математичного моделювання доведено, що найвищі показники значень напруги на металевій конструкції при навантаженні 700 Н відзначено при фіксації ЗКВГК пластиною та гвинтами (від 97,1 до 106,15 МПа), в той час як найнижчі значення зареєстровані при використанні AP гвинтів (23,99 МПа та 25,53 МПа) та RA гвинтів (44,77 МПа та 39,2 МПа), що свідчить про максимальну біомеханічну стабільність фіксації перелому ЗКВГК за допомогою пластини та

гвинтів, не залежно від морфології ушкодження. Розподіл навантажень на суглобову поверхню плато ВГК залежить від морфології ушкодження та виду остеосинтезу ЗКВГК. Зміни розподілу контактного тиску на суглобовій поверхні НГС можуть слугувати причинами розвитку посттравматичного остеоартрозу у пацієнтів із переломом кісточок гомілки та наявністю ЗКВГК.

5. Застосування дистальної тібіофібулярної стабілізації у пацієнтів з переломами кісточок гомілки типу 44В, погіршує результати лікування (за шкалою AOFAS $87,9 \pm 2,8$ бали та $92,4 \pm 4,3$ бали ($p = 0,03$) при застосуванні ДТФС та без такої), а при лікуванні переломів типу 44С не впливає на результати лікування ($84,4 \pm 3,7$ та $89,7 \pm 4,1$ бали AOFAS ($p = 0,06$) відповідно).

6. На підставі ретроспективного вивчення помилок та ускладнень у разі лікування переломів НГС було виявлено, що порушення діагностики та неадекватний вибір методики лікування - застосування дистального тібіо-фібулярного блокування поряд з іншими дефектами хірургічної техніки спричинило розвиток деформуючого остеоартрозу НГС, який швидко прогресує.

7. Застосування підходу до диференційованого остеосинтезу ЗКВГК, покращує результати лікування пацієнтів до 94.8 ± 4.55 за шкалою AOFAS.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Herring M, Yoon P. Surgical Treatment of Posterior Malleolus Fractures and Posterior Fixation. *Tech Foot Ankle Surg.* 2018 Sep;17(3):141–50. Available from: <https://journals.lww.com/00132587-201809000-00008>
2. Pflüger P, Braun K-F, Mair O, Kirchhoff C, Biberthaler P, Crönlein M. Current management of trimalleolar ankle fractures. *EFORT Open Rev.* 2021 Aug;6(8):692–703. doi: 10.1302/2058-5241.6.200138
3. Larsen P, Rathleff MS, Elsoe R. Surgical versus conservative treatment for ankle fractures in adults – A systematic review and meta-analysis of the benefits and harms. *Foot and Ankle Surgery.* 2019 Aug;25(4):409–17. doi: 10.1016/j.fas.2018.02.009
4. Neumann AP, Rammelt S. Ankle fractures involving the posterior malleolus: patient characteristics and 7-year results in 100 cases. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2022 Aug 9;142(8):1823–34. doi: 10.1007/s00402-021-03875-3
5. Evers J, Barz L, Wähnert D, Grüneweller N, Raschke MJ, Ochman S. Size matters: The influence of the posterior fragment on patient outcomes in trimalleolar ankle fractures. *Injury.* 2015 Oct;46:S109–13. doi: 10.1016/S0020-1383(15)30028-0
6. Odak S, Ahluwalia R, Unnikrishnan P, Hennessy M, Platt S. Management of Posterior Malleolar Fractures: A Systematic Review. *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* 2016 Jan;55(1):140–5. doi: 10.1053/j.jfas.2015.04.001
7. Smeeing DPJ, Houwert RM, Kruyt MC, Hietbrink F. The isolated posterior malleolar fracture and syndesmotic instability: A case report and review of the literature. *Int J Surg Case Rep.* 2017;41:360–5. doi: 10.1016/j.ijscr.2017.10.062
8. Shi H, Xiong J, Chen Y, Wang J, Qiu X-S, Huang J, et al. Comparison of the direct and indirect reduction techniques during the surgical management of posterior malleolar fractures. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017 Dec 14;18(1):109. doi: 10.1186/s12891-017-1475-7

9. Lampridis V, Gougoulas N, Sakellariou A. Stability in ankle fractures. *EFORT Open Rev.* 2018 May;3(5):294–303. doi: 10.1302/2058-5241.3.170057
10. Mason LW, Kaye A, Widnall J, Redfern J, Molloy A. Posterior Malleolar Ankle Fractures. *JBJS Open Access.* 2019 Apr;4(2):e0058. doi: 10.2106/JBJS.OA.18.00058
11. Verhage SM, Hoogendoorn JM, Krijnen P, Schipper IB. When and how to operate the posterior malleolus fragment in trimalleolar fractures: a systematic literature review. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018 Sep 12;138(9):1213–22. doi: 10.1007/s00402-018-2949-2
12. Blom RP, Meijer DT, de Muinck Keizer R-JO, Stufkens SAS, Sierevelt IN, Schepers T, et al. Posterior malleolar fracture morphology determines outcome in rotational type ankle fractures. *Injury.* 2019 Jul;50(7):1392–7. doi: 10.1016/j.injury.2019.06.003
13. Baumbach SF, Herterich V, Damblemont A, Hieber F, Böcker W, Polzer H. Open reduction and internal fixation of the posterior malleolus fragment frequently restores syndesmotic stability. *Injury.* 2019 Feb;50(2):564–70. doi: 10.1016/j.injury.2018.12.025
14. Tosun B, Selek O, Gok U, Ceylan H. Posterior Malleolus Fractures in Trimalleolar Ankle Fractures: Malleolus versus Transyndesmal Fixation. *Indian J Orthop.* 2018 Jun 1;52(3):309–14. doi: 10.4103/ortho.IJOrtho_308_16
15. Fitzpatrick E, Goetz JE, Sittapairoj T, Hosuru Siddappa V, Femino JE, Phisitkul P. Effect of Posterior Malleolus Fracture on Syndesmotic Reduction. *Journal of Bone and Joint Surgery.* 2018 Feb 7;100(3):243–8. doi: 10.2106/JBJS.17.00217
16. Miller MA, McDonald TC, Graves ML, Spitler CA, Russell G V., Jones LC, et al. Stability of the Syndesmosis After Posterior Malleolar Fracture Fixation. *Foot Ankle Int.* 2018 Jan 23;39(1):99–104. doi: 10.1177/1071100717735839
17. Li M, Collier RC, Hill BW, Slinkard N, Ly T V. Comparing Different Surgical Techniques for Addressing the Posterior Malleolus in Supination External Rotation Ankle

Fractures and the Need for Syndesmotic Screw Fixation. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2017 Jul;56(4):730–4. doi: 10.1053/j.jfas.2017.01.053

18. Anwar A, Lv D, Zhao Z, Zhang Z, Lu M, Nazir MU, et al. Finite element analysis of the three different posterior malleolus fixation strategies in relation to different fracture sizes. *Injury*. 2017 Apr;48(4):825–32. doi: 10.1016/j.injury.2017.02.012

19. McHale S, Williams M, Ball T. Retrospective cohort study of operatively treated ankle fractures involving the posterior malleolus. *Foot and Ankle Surgery*. 2020 Feb;26(2):138–45. doi: 10.1016/j.fas.2019.01.003

20. Kalem M, Şahin E, Songür M, Keser S, Kinik H. Comparison of three posterior malleolar fixation methods in trimalleolar ankle fractures. *Acta Orthop Belg*. 2018 Jun;84(2):203–12. PMID: 30462604

21. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. *Int J Sports Phys Ther*. 2012 Jun;7(3). PMID: 22666642 PMCID: PMC3362988

22. Gatt A, Chockalingam N. Clinical Assessment of Ankle Joint Dorsiflexion. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2011 Jan 1;101(1). doi: 10.7547/1010059

23. Smith MD, Lee D, Russell T, Matthews M, MacDonald D, Vicenzino B. How Much Does the Talocrural Joint Contribute to Ankle Dorsiflexion Range of Motion During the Weight-Bearing Lunge Test? A Cross-sectional Radiographic Validity Study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2019 Dec;49(12). doi: 10.2519/jospt.2019.8697

24. Dudziński K, Mulsson M, Cabak A. The effect of limitation in ankle dorsiflexion on knee joint function. A pilot study. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2013 Apr 30;15(2). doi: 10.5604/15093492.1045944

25. Gagnier JJ. Patient reported outcomes in orthopaedics. *Journal of Orthopaedic Research*. 2017 Oct 13;35(10):2098–108. doi: 10.1002/jor.23604

26. Hunt KJ, Hurwit D. Use of Patient-Reported Outcome Measures in Foot and Ankle Research. *J Bone Joint Surg.* 2013 Aug;95(16):e118. doi: 10.2106/JBJS.L.01476
27. Lilyquist M, Shaw A, Latz K, Bogener J, Wentz B. Cadaveric Analysis of the Distal Tibiofibular Syndesmosis. *Foot Ankle Int.* 2016 Aug 19;37(8):882–90. doi: 10.1177/1071100716643083
28. Williams BT, Ahrberg AB, Goldsmith MT, Campbell KJ, Shirley L, Wijdicks CA, et al. Ankle Syndesmosis. *Am J Sports Med.* 2015 Jan 31;43(1):88–97. doi: 10.1177/0363546514554911
29. Hermans JJ, Beumer A, De Jong TAW, Kleinrensink G-J. Anatomy of the distal tibiofibular syndesmosis in adults: a pictorial essay with a multimodality approach. *J Anat.* 2010 Dec;217(6):633–45. doi: 10.1111/j.1469-7580.2010.01302.x
30. Kikuchi S, Tajima G, Sugawara A, Yan J, Maruyama M, Oikawa S, et al. Characteristic features of the insertions of the distal tibiofibular ligaments on three-dimensional computed tomography- cadaveric study -. *J Exp Orthop.* 2020 Dec 23;7(1):3. doi: 10.1186/s40634-020-0220-6
31. Omelchenko T, Buryanov O, Lyabakh A, Mazevich V, Shidlovsky M, Musienko O. Correlation of elastic modulus and x-ray bone density in the area of the ankle joint. *ORTHOPAEDICS, TRAUMATOLOGY and PROSTHETICS.* 2018 Oct 8;0(3):80–4. doi: 10.15674/0030-59872018380-84
32. Bartoníček J, Rammelt S, Tuček M. Posterior Malleolar Fractures. *Foot Ankle Clin.* 2017 Mar;22(1):125–45. doi: 10.1016/j.fcl.2016.09.009
33. Abarquero-Diezhandino A, Luengo-Alonso G, Alonso-Tejero D, Sánchez-Morata EJ, Olaya-Gonzalez C, Vilá y Rico J. Estudio de la relación de la fractura del maléolo posterior y el desarrollo de artrosis. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2020 Jan;64(1):41–9. doi: 10.1016/j.recot.2019.09.002

34. Swierstra BA, van Enst WA. The prognosis of ankle fractures: a systematic review. *EFORT Open Rev.* 2022 Oct 1;7(10):692–700. doi: 10.1530/EOR-22-0065
35. Veltman ES, Halma JJ, de Gast A. Longterm outcome of 886 posterior malleolar fractures: A systematic review of the literature. *Foot and Ankle Surgery.* 2016 Jun;22(2):73–7. doi: 10.1016/j.fas.2015.05.003
36. Rammelt S, Bartoníček J. Posterior Malleolar Fractures. *JBJS Rev.* 2020 Aug;8(8):e19.00207-e19.00207. doi: 10.2106/JBJS.RVW.19.00207
37. Bartoníček J, Rammelt S, Tuček M. Posterior Malleolar Fractures. *Foot Ankle Clin.* 2017 Mar;22(1):125–45. doi: 10.1016/j.fcl.2016.09.009
38. Verhage SM, Hoogendoorn JM, Krijnen P, Schipper IB. Variation in posterior fragment fixation in the Netherlands: a nationwide study. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery.* 2023 Feb 26;49(1):317–26. doi: 10.1007/s00068-022-02066-y
39. Tenenbaum S, Shazar N, Bruck N, Bariteau J. Posterior Malleolus Fractures. *Orthopedic Clinics of North America.* 2017 Jan;48(1):81–9. doi: 10.1016/j.ocl.2016.08.004
40. White TO. In defence of the posterior malleolus. *Bone Joint J.* 2018 May;100-B(5):566–9. doi: 10.1302/0301-620X.100B5.BJJ-2017-1440.R1
41. Verhage SM, Krijnen P, Schipper IB, Hoogendoorn JM. Persistent postoperative step-off of the posterior malleolus leads to higher incidence of post-traumatic osteoarthritis in trimalleolar fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019 Mar 14;139(3):323–9. doi: 10.1007/s00402-018-3056-0
42. Zhou Q, Lu H, Wang Z, Yu S, Zhang H. Posterolateral Approach With Buttress Plates and Cannulated Screw Fixation for Large Posterior Malleolus Fractures. *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* 2017 Nov;56(6):1173–9. doi: 10.1053/j.jfas.2017.05.028

43. Testa G, Ganci M, Amico M, Papotto G, Giardina SMC, Sessa G, et al. Negative prognostic factors in surgical treatment for trimalleolar fractures. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 2019 Aug 9;29(6):1325–30. doi: 10.1007/s00590-019-02430-6
44. Guan M, Zhao J, Kuang Y, Li G, Tan J. Finite element analysis of the effect of sagittal angle on ankle joint stability in posterior malleolus fracture: A cohort study. *International Journal of Surgery*. 2019 Oct;70:53–9. doi: 10.1016/j.ijssu.2019.08.022
45. Pflüger P, Harder F, Müller K, Biberthaler P, Crönlein M. Evaluation of ankle fracture classification systems in 193 trimalleolar ankle fractures. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2022 Oct 29;48(5):4181–8. doi: 10.1007/s00068-022-01959-2
46. Blom RP, Hayat B, Al-Dirini RMA, Sierevelt I, Kerkhoffs GMMJ, Goslings JC, et al. Posterior malleolar ankle fractures. *Bone Joint J*. 2020 Sep 1;102-B(9):1229–41. doi: 10.1302/0301-620X.102B9.BJJ-2019-1660.R1
47. Black AT, Stowers JM, Tran S, Mata KD Ia, Sherman AE, RahnamaVaghef A. Clinical Outcomes for Pilon Variant Posterior Malleolar Fractures: A Multicenter Retrospective Analysis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2022 Nov;61(6):1303–7. doi: 10.1053/j.jfas.2022.04.007
48. Choi JY, Oh HK, di Mento L, Hur JW, Suh JS. Operative strategy for tri-malleolar ankle fractures with posteromedial plafond involvement: a review of sixty six cases. *Int Orthop*. 2022 Nov 22;46(11):2637–48. doi: 10.1007/s00264-022-05554-3
49. Mangnus L, Meijer DT, Stufkens SA, Mellema JJ, Steller EPh, Kerkhoffs GMMJ, et al. Posterior Malleolar Fracture Patterns. *J Orthop Trauma*. 2015 Sep;29(9):428–35. doi: 10.1097/BOT.0000000000000330
50. Patel S, Baburaj V, Sharma S, Mason LW, Dhillon MS. Influence of posterior malleolar fragment morphology on the outcomes of trimalleolar fractures: A systematic

review and meta-analysis. *Foot and Ankle Surgery*. 2022 Dec;28(8):1337–44. doi: 10.1016/j.fas.2022.06.012

51. Vosoughi AR, Jayatilaka MLT, Fischer B, Molloy AP, Mason LW. CT Analysis of the Posteromedial Fragment of the Posterior Malleolar Fracture. *Foot Ankle Int*. 2019 Jun 17;40(6):648–55. doi: 10.1177/1071100719830999

52. Wang C, Chen C, Zhou Y, Pan Z. Morphological study of CT image of posterior pilon variant fracture and its possible clinical significance. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021 Oct 27; doi: 10.1007/s00402-021-04224-0

53. Serlis A, Konstantopoulos G, Poullos P, Konstantinou P, Ditsios K, Aftzoglou M. The Management of Posterior Malleolus Fractures in Unstable Ankle Injuries: Where Do We Stand Now? *Cureus*. 2022 Dec 5; doi: 10.7759/cureus.32191

54. Müller E, Terstegen J, Kleinertz H, Weel H, Frosch K, Barg A, et al. Etablierte Klassifikationssysteme der posterioren Malleolus-Fraktur. *Unfallchirurg*. 2022 Apr 8; doi: 10.1007/s00113-022-01162-3

55. Maluta T, Samaila EM, Amarossi A, Dorigotti A, Ricci M, Vecchini E, et al. Can treatment of posterior malleolus fractures with tibio-fibular instability be usefully addressed by Bartonicek classification? *Foot and Ankle Surgery*. 2022 Jan;28(1):126–33. doi: 10.1016/j.fas.2021.02.009

56. Zhang J, Wang H, Pen C, Qu W, Duan L, Ren J, et al. Characteristics and proposed classification system of posterior pilon fractures. *Medicine*. 2019 Jan;98(3):e14133. doi: 10.1097/MD.00000000000014133

57. Mason LW, Kaye A, Widnall J, Redfern J, Molloy A. Posterior Malleolar Ankle Fractures. *JBJS Open Access*. 2019 Apr;4(2):e0058. doi: 10.2106/JBJS.OA.18.00058

58. Terstegen J, Weel H, Frosch K-H, Rolvien T, Schlickewei C, Mueller E. Classifications of posterior malleolar fractures: a systematic literature review. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022 Dec 5; doi: 10.1007/s00402-022-04643-7

59. Rammelt S, Bartoníček J. Posterior Malleolar Fractures. *JBJS Rev.* 2020 Aug;8(8):e19.00207-e19.00207. doi: 10.2106/JBJS.RVW.19.00207
60. Warner SJ, Schottel PC, Hinds RM, Helfet DL, Lorich DG. Fracture-Dislocations Demonstrate Poorer Postoperative Functional Outcomes Among Pronation External Rotation IV Ankle Fractures. *Foot Ankle Int.* 2015 Jun 17;36(6):641–7. doi: 10.1177/1071100715572222
61. Ebraheim NA, Mekhail AO, Haman SP. External Rotation-Lateral View of the Ankle in the Assessment of the Posterior Malleolus. *Foot Ankle Int.* 1999 Jun 17;20(6):379–83. doi: 10.1177/107110079902000607
62. Vacas-Sánchez E, Olaya-González C, Abarquero-Diezhandino A, Sánchez-Morata E, Vilá-Rico J. How to address the posterior malleolus in ankle fractures? A decision-making model based on the computerised tomography findings. *Int Orthop.* 2020 Jun 4;44(6):1177–85. doi: 10.1007/s00264-020-04481-5
63. Solan MC, Sakellariou A. Posterior malleolus fractures. *Bone Joint J.* 2017 Nov;99-B(11):1413–9. doi: 10.1302/0301-620X.99B11.BJJ-2017-1072
64. Donohoe S, Alluri RK, Hill JR, Fleming M, Tan E, Marecek G. Impact of Computed Tomography on Operative Planning for Ankle Fractures Involving the Posterior Malleolus. *Foot Ankle Int.* 2017 Dec 28;38(12):1337–42. doi: 10.1177/1071100717731568
65. Tarallo L, Micheloni GM, Mazzi M, Rebecato A, Novi M, Catani F. Advantages of preoperative planning using computed tomography scan for treatment of malleolar ankle fractures. *World J Orthop.* 2021 Mar 18;12(3):129–39. doi: 10.5312/wjo.v12.i3.129
66. Zhang K, Jia X, Qiang M, Chen S, Wang S, Wang D, et al. Quantitative Evaluation of Articular Involvement of Posterior Malleolus Associated with Operative Indication: A Comparative Study of Six Methods Based on Radiography and CT. *Biomed Res Int.* 2020 Jan 8;2020:1–9. doi: 10.1155/2020/6745626

67. Bartoníček J, Rammelt S, Tuček M, Naňka O. Posterior malleolar fractures of the ankle. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2015 Dec 8;41(6):587–600. doi: 10.1007/s00068-015-0560-6
68. Haraguchi N, Haruyama H, Toga H, Kato F. Pathoanatomy of Posterior Malleolar Fractures of the Ankle. *J Bone Joint Surg*. 2006 May;88(5):1085–92. doi: 10.2106/JBJS.E.00856
69. Mason LW, Marlow WJ, Widnall J, Molloy AP. Pathoanatomy and Associated Injuries of Posterior Malleolus Fracture of the Ankle. *Foot Ankle Int*. 2017 Nov 31;38(11):1229–35. doi: 10.1177/1071100717719533
70. Bartoníček J, Rammelt S, Kostlivý K, Vaněček V, Klika D, Trešl I. Anatomy and classification of the posterior tibial fragment in ankle fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015 Apr 24;135(4):505–16. doi: 10.1007/s00402-015-2171-4
71. Zhong S, Shen L, Zhao J, Chen J, Xie J, Shi Q, et al. Comparison of Posteromedial Versus Posterolateral Approach for Posterior Malleolus Fixation in Trimalleolar Ankle Fractures. *Orthop Surg*. 2017 Feb;9(1):69–76. doi: 10.1111/os.12308
72. Bulut T, Gursoy M, Ertem H. Fully threaded headless compression screw versus partially threaded cancellous lag screw in medial malleolus fractures: clinical and radiological outcomes. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2021 Feb 27;47(1):179–85. doi: 10.1007/s00068-019-01207-0
73. Peng J, McKissack H, Yu J, He JK, Montgomery T, Moraes L, et al. Anatomic structures at risk in anteroposterior screw fixation of posterior malleolar fractures: A cadaver study. *Foot and Ankle Surgery*. 2021 Feb;27(2):162–7. doi: 10.1016/j.fas.2020.03.010
74. Patel A, Charles L, Ritchie J. A Complication of Posterior Malleolar Fracture Fixation. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2016 Mar;55(2):383–6. doi: 10.1053/j.jfas.2014.12.040

75. Bennett C, Behn A, Daoud A, Nork S, Sangeorzan B, Dikos G, et al. Buttress Plating Versus Anterior-to-Posterior Lag Screws for Fixation of the Posterior Malleolus: A Biomechanical Study. *J Orthop Trauma*. 2016 Dec;30(12):664–9. doi: 10.1097/BOT.0000000000000699
76. Clarke T, Whitworth N, Platt S. Defining a Safe Zone for Percutaneous Screw Fixation of Posterior Malleolar Fractures. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2021 Sep;60(5):929–34. doi: 10.1053/j.jfas.2020.10.013
77. Williams C, Momenzadeh K, Michalski M, Kwon JY, Nazarian A, Miller CP. Anatomic and Radiographic Safe Zone for Posterior Malleolar Screw Placement. *Foot Ankle Int*. 2021 Dec 1;42(12):1598–605. doi: 10.1177/10711007211022747
78. Palmanovich E, Ohana N, Yaacobi E, Segal D, Iftach H, Sharfman ZT, et al. Preoperative planning and surgical technique for optimizing internal fixation of posterior malleolar fractures: CT versus standard radiographs. *J Orthop Surg Res*. 2020 Dec 26;15(1):119. doi: 10.1186/s13018-020-01637-2
79. Kimball JS, Ruckle DE, Rajfer RA, Johnson JP. Anatomic Analysis of a Percutaneous Fixation Technique for the Posterior Malleolus Using Posterior-to-Anterior-Directed Cannulated Screws: A Cadaveric Study and Technique Description. *JAAOS: Global Research and Reviews*. 2021 Feb;5(2). doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-20-00215
80. Gonzalez TA, Watkins C, Drummond R, Wolf JC, Toomey EP, DiGiovanni CW. Transfibular Approach to Posterior Malleolus Fracture Fixation. *Foot Ankle Int*. 2016 Apr 23;37(4):440–5. doi: 10.1177/1071100715617760
81. von Räden C, Hackl S, Woltmann A, Friederichs J, Bühren V, Hierholzer C. Der posterolaterale Zugang – eine Alternative zur geschlossenen anterior-posterioren Schraubenosteosynthese bei komplexen Sprunggelenkfrakturen. *Z Orthop Unfall*. 2015 May 6;153(03):289–95. doi: 10.1055/s-0035-1545706

82. Vidović D, Elabjer E, Muškardin I v. a., Milosevic M, Bekic M, Bakota B. Posterior fragment in ankle fractures: anteroposterior vs posteroanterior fixation. *Injury*. 2017 Nov;48:S65–9. doi: 10.1016/S0020-1383(17)30743-X
83. O'Connor TJ, Mueller B, Ly T V., Jacobson AR, Nelson ER, Cole PA. “A to P” Screw Versus Posterolateral Plate for Posterior Malleolus Fixation in Trimalleolar Ankle Fractures. *J Orthop Trauma*. 2015 Apr;29(4):e151–6. doi: 10.1097/BOT.0000000000000230
84. Gandham S, Millward G, Molloy AP, Mason LW. Posterior malleolar fractures: A CT guided incision analysis. *The Foot*. 2020 Jun;43:101662. doi: 10.1016/j.foot.2019.101662
85. Hoogendoorn JM. Posterior Malleolar Open Reduction and Internal Fixation Through a Posterolateral Approach for Trimalleolar Fractures. *JBJS Essent Surg Tech*. 2017 Oct 25;7(4):e31. doi: 10.2106/JBJS.ST.17.00016
86. Sultan F, Zheng X, Pan Z, Zheng Q, Li H, Wang J. Characteristics of intercalary fragment in posterior malleolus fractures. *Foot and Ankle Surgery*. 2020 Apr;26(3):289–94. doi: 10.1016/j.fas.2019.03.011
87. Zbeda RM, Friedel SP, Katchis SD, Weiner L. Open Reduction and Internal Fixation of Posterior Malleolus Fractures via a Posteromedial Approach. *Orthopedics*. 2020 May;43(3). doi: 10.3928/01477447-20200213-01
88. Bali N, Aktseilis I, Ramasamy A, Mitchell S, Fenton P. An evolution in the management of fractures of the ankle. *Bone Joint J*. 2017 Nov;99-B(11):1496–501. doi: 10.1302/0301-620X.99B11.BJJ-2017-0558.R1
89. He W, Yang Y, Zhou H, Xia J, Li B, Yu T. Combined Posteromedial and Posterolateral Approaches for 2-Part Posterior Malleolar Fracture Fixation. *Foot Ankle Int*. 2020 Oct 18;41(10):1234–9. doi: 10.1177/1071100720937637

90. Choi JY, Kim JH, Ko HT, Suh JS. Single Oblique Posterolateral Approach for Open Reduction and Internal Fixation of Posterior Malleolar Fractures With an Associated Lateral Malleolar Fracture. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2015 Jul;54(4):559–64. doi: 10.1053/j.jfas.2014.09.043
91. Xing W, Wang Y, Sun L, Wang L, Kong Z, Zhang C, et al. Ankle joint dislocation treating dislocated trimalleolar fractures accompanied with the complex posterior malleolus fracture without separation of the tibiofibular syndesmosis. *Medicine*. 2018 Sep;97(37):e12079. doi: 10.1097/MD.00000000000012079
92. Xing W, Xie P, Wang L, Liu C, Cui J, Zhang Z, et al. The application of intraoperative ankle dislocation approach in the treatment of the unstable trimalleolar fractures involving posterior ankle comminuted fracture: a retrospective cohort study. *BMC Surg*. 2018 Dec 18;18(1):23. doi: 10.1186/s12893-018-0356-9
93. Duan X, Kadakia AR. Operative Treatment of Posterior Malleolar Fractures. *Open Orthop J*. 2017 Jul 31;11(1):732–42. doi: 10.2174/1874325001711010732
94. Mertens M, Wouters J, Kloos J, Nijs S, Hoekstra H. Functional outcome and general health status after plate osteosynthesis of posterior malleolus fractures - The quest for eligibility. *Injury*. 2020 Apr;51(4):1118–24. doi: 10.1016/j.injury.2020.02.109
95. Jeyaseelan L, Bua N, Parker L, Sohrabi C, Trockels A, Vris A, et al. Outcomes of posterior malleolar fixation in ankle fractures in a major trauma centre. *Injury*. 2021 Apr;52(4):1023–7. doi: 10.1016/j.injury.2020.12.006
96. Behery OA, Narayanan R, Konda SR, Tejwani NC, Egol KA. Posterior Malleolar Fixation Reduces the Incidence of Trans-Syndesmotic Fixation in Rotational Ankle Fracture Repair. *Iowa Orthop J*. 41(1):121–5. PMID: 34552413 PMCID: PMC8259199
97. Stringfellow TD, Walters ST, Nash W, Ahluwalia R. Management of posterior malleolus fractures: A multicentre cohort study in the United Kingdom. *Foot and Ankle Surgery*. 2021 Aug;27(6):629–35. doi: 10.1016/j.fas.2020.08.003

98. Marques Ribeiro H, Silva J, Teixeira R, Fernandes P, Sobral L, Rosa I. Clinical outcomes and trans-syndesmotic screw frequency after posterior malleolar fracture osteosynthesis. *Injury*. 2021 Mar;52(3):633–7. doi: 10.1016/j.injury.2020.10.021
99. Evers J, Fischer M, Raschke M, Riesenbeck O, Milstrey A, Gehweiler D, et al. Leave it or fix it? How fixation of a small posterior malleolar fragment neutralizes rotational forces in trimalleolar fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021 Jan 28; doi: 10.1007/s00402-021-03772-9
100. Warner SJ, Garner MR, Schottel PC, Hinds RM, Loftus ML, Lorich DG. Analysis of PITFL Injuries in Rotationally Unstable Ankle Fractures. *Foot Ankle Int*. 2015 Apr 3;36(4):377–82. doi: 10.1177/1071100714558845
101. Levack AE, Warner SJ, Gausden EB, Helfet DL, Lorich DG. Comparing Functional Outcomes After Injury-Specific Fixation of Posterior Malleolar Fractures and Equivalent Ligamentous Injuries in Rotational Ankle Fractures. *J Orthop Trauma*. 2018 Apr;32(4):e123–8. doi: 10.1097/BOT.0000000000001104
102. Ogilvie-Harris DJ, Reed SC, Hedman TP. Disruption of the ankle syndesmosis: Biomechanical study of the ligamentous restraints. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 1994 Oct;10(5):558–60. doi: 10.1016/S0749-8063(05)80014-3
103. Raasch WG, Larkin JJ, Draganich LF. Assessment of the posterior malleolus as a restraint to posterior subluxation of the ankle. *J Bone Joint Surg Am*. 1992 Sep;74(8):1201–6. PMID: 1400549
104. Zhan Y, Yan X, Xia R, Cheng T, Luo C. Anterior-inferior tibiofibular ligament anatomical repair and augmentation versus trans-syndesmosis screw fixation for the syndesmotic instability in external-rotation type ankle fracture with posterior malleolus involvement: A prospective and comparative study. *Injury*. 2016 Jul;47(7):1574–80. doi: 10.1016/j.injury.2016.04.014

105. Myers DM, Pulido SH, Forsting S, Umbel B, Taylor BC. Effect of Early Weight Bearing on Outcomes After Open Reduction and Internal Fixation of Trimalleolar Ankle Fractures. *Orthopedics*. 2021 May;44(3):160–5. doi: 10.3928/01477447-20210104-04
106. Rammelt S, Bartoníček J, Neumann AP, Kroker L. Frakturen der lateralen Tibiavorderkante. *Unfallchirurg*. 2021 Mar 12;124(3):212–21. doi: 10.1007/s00113-021-00959-y
107. Rammelt S, Bartoníček J, Schepers T, Kroker L. Fixation of anterolateral distal tibial fractures: the anterior malleolus. *Oper Orthop Traumatol*. 2021 Apr 22;33(2):125–38. doi: 10.1007/s00064-021-00703-0
108. Franzone JM, Vosseller JT. Posterolateral Approach for Open Reduction and Internal Fixation of a Posterior Malleolus Fracture—Hinging on an Intact PITFL to Disimpact the Tibial Plafond. *Foot Ankle Int*. 2013 Aug 12;34(8):1177–81. doi: 10.1177/1071100713481455
109. Nasrallah K, Einal B, Shtarker H. Trimalleolar fracture: The endless posterior malleolus fracture debate, to repair or not to repair? *Orthop Rev (Pavia)*. 2021 Mar 30;13(1). doi: 10.4081/or.2021.8784
110. Baumbach SF, Böcker W, Polzer H. Offene Reposition und interne Fixation von Frakturen des posterioren Malleolus. *Oper Orthop Traumatol*. 2021 Apr 25;33(2):112–24. doi: 10.1007/s00064-021-00705-y
111. Firoozabadi R, Harnden E, Krieg JC. Immediate Weight-Bearing after Ankle Fracture Fixation. *Adv Orthop*. 2015;2015:1–6. doi: 10.1155/2015/491976
112. Papachristou G, Efstathopoulos N, Levidiotis C, Chronopoulos E. Early weight bearing after posterior malleolar fractures: An experimental and prospective clinical study. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2003 Mar;42(2):99–104. doi: 10.1016/S1067-2516(03)70009-X

113. Swart E, Bezhani H, Greisberg J, Vosseller JT. How long should patients be kept non-weight bearing after ankle fracture fixation? A survey of OTA and AOFAS members. *Injury*. 2015 Jun;46(6):1127–30. doi: 10.1016/j.injury.2015.03.029
114. Zwiers R, Weel H, Mallee WH, Kerkhoffs GMMJ, van Dijk CN, Ramos AJC, et al. Large variation in use of patient-reported outcome measures: A survey of 188 foot and ankle surgeons. *Foot and Ankle Surgery*. 2018 Jun;24(3):246–51. doi: 10.1016/j.fas.2017.02.013
115. Terwee CB, Prinsen CAC, Chiarotto A, Westerman MJ, Patrick DL, Alonso J, et al. COSMIN methodology for evaluating the content validity of patient-reported outcome measures: a Delphi study. *Quality of Life Research*. 2018 May 17;27(5):1159–70. doi: 10.1007/s11136-018-1829-0
116. Veltman ES, Hofstad CJ, Witteveen AGH. Are current foot- and ankle outcome measures appropriate for the evaluation of treatment for osteoarthritis of the ankle?: Evaluation of ceiling effects in foot- and ankle outcome measures. *Foot and Ankle Surgery*. 2017 Sep;23(3):168–72. doi: 10.1016/j.fas.2016.02.006
117. Kitaoka HB, Meeker JE, Phisitkul P, Adams SB, Kaplan JR, Wagner E. AOFAS Position Statement Regarding Patient-Reported Outcome Measures. *Foot Ankle Int*. 2018 Dec 31;39(12):1389–93. doi: 10.1177/1071100718809066
118. Coetzee JC, Castro MD. Accurate Measurement of Ankle Range of Motion after Total Ankle Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2004 Jul;424. doi: 10.1097/01.blo.0000132180.69464.84
119. Worsley PR, Conington C, Stuart H, Patterson A, Bader DL. A randomised cross over study to evaluate the performance of a novel ankle dorsiflexion measurement device for novice users. *J Foot Ankle Res*. 2018 Dec 31;11(1). doi: 10.1186/s13047-018-0286-x
120. Vohralik SL, Bowen AR, Burns J, Hiller CE, Nightingale EJ. Reliability and Validity of a Smartphone App to Measure Joint Range. *Am J Phys Med Rehabil*. 2015 Apr;94(4). doi: 10.1097/PHM.0000000000000221

121. Banwell HA, Uden H, Marshall N, Altmann C, Williams CM. The iPhone Measure app level function as a measuring device for the weight bearing lunge test in adults: a reliability study. *J Foot Ankle Res.* 2019 Dec 9;12(1). doi: 10.1186/s13047-019-0347-9
122. Zunko H, Vauhnik R. Reliability of the weight-bearing ankle dorsiflexion range of motion measurement using a smartphone goniometer application. *PeerJ.* 2021 Sep 22;9. doi: 10.7717/peerj.11977
123. Alawna MA, Unver BH, Yuksel EO. The Reliability of a Smartphone Goniometer Application Compared With a Traditional Goniometer for Measuring Ankle Joint Range of Motion. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2019 Jan 1;109(1). doi: 10.7547/16-128
124. Williams CM, Caserta AJ, Haines TP. The TiltMeter app is a novel and accurate measurement tool for the weight bearing lunge test. *J Sci Med Sport.* 2013 Sep;16(5). doi: 10.1016/j.jsams.2013.02.001
125. Keogh JW, Cox A, Anderson S, Liew B, Olsen A, Schram B, et al. Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PLoS One.* 2019 May 8;14(5). doi: 10.1371/journal.pone.0215806
126. Турчин ОА, Лазаренко ГМ, Лябах АП. Динаміка обсягу рухів у гомілковостопному суглобі під впливом вправ на розтягнення у пацієнтів із подошовним фасціїтом. *Вісник ортопедії, травматології та протезування.* 2018;(3):64–9. Режим доступу: <https://visnyk.uaot.com.ua/index.php/journal/issue/view/12/3-2018-pdf>
127. DIGIOVANNI CW, KUO R, TEJWANI N, PRICE R, HANSEN ST, CZIERNECKI J, et al. ISOLATED GASTROCNEMIUS TIGHTNESS. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume.* 2002 Jun;84(6). doi: 10.2106/00004623-200206000-00010

128. Powden CJ, Hoch JM, Hoch MC. Reliability and minimal detectable change of the weight-bearing lunge test: A systematic review. *Man Ther.* 2015 Aug;20(4). doi: 10.1016/j.math.2015.01.004
129. Dayton P, Feilmeier M, Parker K, Otti R, Reimer R, Kauwe M, et al. Experimental Comparison of the Clinical Measurement of Ankle Joint Dorsiflexion and Radiographic Tibiotalar Position. *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* 2017 Sep;56(5). doi: 10.1053/j.jfas.2017.05.008
130. Cady K, De Ste Croix M, Deighan M. Back foot influence on dorsiflexion using three different positions of the weight bearing lunge test. *Physical Therapy in Sport.* 2021 Jan;47. doi: 10.1016/j.ptsp.2020.10.005
131. Russell JA, Shave RM, Kruse DW, Koutedakis Y, Wyon MA. Ankle and Foot Contributions to Extreme Plantar- and Dorsiflexion in Female Ballet Dancers. *Foot Ankle Int.* 2011 Feb 1;32(2). doi: 10.3113/FAI.2011.0183
132. Donken CCMA, Goorden AJF, Verhofstad MHJ, Edwards MJ, van Laarhoven CJHM. The outcome at 20 years of conservatively treated ‘isolated’ posterior malleolar fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg Br.* 2011 Dec;93-B(12):1621–5. doi: 10.1302/0301-620X.93B12.26985
133. Serbest S, Tiftikçi U, Tosun HB, Kesgin E, Karatas M. Isolated posterior malleolus fracture: a rare injury mechanism. *Pan African Medical Journal.* 2015;20. doi: 10.11604/pamj.2015.20.123.6046
134. Comat G, Barbier O, Ollat D. The posterior malleolar fracture: A parachute injury not to be overlooked. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research.* 2014 Jun;100(4):419–22. doi: 10.1016/j.otsr.2014.02.008
135. Donken CCMA, Goorden AJF, Verhofstad MHJ, Edwards MJ, van Laarhoven CJHM. The outcome at 20 years of conservatively treated ‘isolated’ posterior malleolar fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg Br.* 2011 Dec;93-B(12):1621–5. doi: 10.1302/0301-620X.93B12.26985

136. Tomar L, Govil G, Dhawan P. Isolated Posterior Malleolar Fracture: A Case Report of a Rare Presentation With Narrative Review of Literature. *Cureus*. 2022 Jan 27; doi: 10.7759/cureus.21658
137. Colding-Rasmussen T, Presman B, Ban I. [The isolated posterior malleolus fracture]. *Ugeskr Laeger*. 2022 May 30;184(22). PMID: 35656608
138. Ozler T. Missed isolated posterior malleolar fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2014;48(3):249–52. doi: 10.3944/AOTT.2014.14.0033
139. Comat G, Barbier O, Ollat D. The posterior malleolar fracture: A parachute injury not to be overlooked. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2014 Jun;100(4):419–22. doi: 10.1016/j.otsr.2014.02.008
140. Serbest S, Tiftikçi U, Tosun HB, Kesgin E, Karatas M. Isolated posterior malleolus fracture: a rare injury mechanism. *Pan African Medical Journal*. 2015;20. doi: 10.11604/pamj.2015.20.123.6046
141. Kucher IV, Liabakh AP. Current State of the Posterior Malleolus Osteosynthesis Concept in Patients with Ankle Fractures (Literature Review). *Visnyk Ortopedii Travmatologii Protezuvannia*. 2021 Dec 20;(4(111)):42–52. doi: 10.37647/0132-2486-2021-111-4-42-52
142. Liabakh AP, Turchyn OA, Piatkovskyi VM, Kucher IV. Comparative Analysis of Assessment Systems of Foot Function. *Visnyk Ortopedii Travmatologii Protezuvannia*. 2021 Oct 12;(2(109)):4–9. doi: 10.37647/0132-2486-2021-109-2-4-9
143. Kucher I, Liabakh A. COMPARATIVE EVALUATION OF AOFAS, AAOS – FAM AND OMAS SCALES IN ANKLE SURGERY. In: Abstracts of XXVII International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands: International Science Group; 2021. p. 261–3. doi: 10.46299/ISG.2021.I.XXVII
144. Likert R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*. 1932;

145. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical Rating Systems for the Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux, and Lesser Toes. *Foot Ankle Int.* 1994 Jul 1;15(7):349–53. doi: 10.1177/107110079401500701
146. Brooks R. EuroQol: the current state of play. *Health Policy (New York)*. 1996 Jul;37(1):53–72. doi: 10.1016/0168-8510(96)00822-6
147. Budiman-Mak E, Conrad KJ, Roach KE. The foot function index: A measure of foot pain and disability. *J Clin Epidemiol.* 1991 Jan;44(6):561–70. doi: 10.1016/0895-4356(91)90220-4
148. Roos EM, Brandsson S, Karlsson J. Validation of the foot and ankle outcome score for ankle ligament reconstruction. *Foot Ankle Int.* 2001 Oct;22(10):788–94. doi: 10.1177/107110070102201004
149. Martin RL, Irrgang JJ, Burdett RG, Conti SF, Swearingen JM Van. Evidence of Validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). *Foot Ankle Int.* 2005 Nov 17;26(11):968–83. doi: 10.1177/107110070502601113
150. Budiman-Mak E, Conrad K, Stuck R, Matters M. Theoretical Model and Rasch Analysis to Develop a Revised Foot Function Index. *Foot Ankle Int.* 2006 Jul 28;27(7):519–27. doi: 10.1177/107110070602700707
151. Dawson J, Coffey J, Doll H, Lavis G, Cooke P, Herron M, et al. A patient-based questionnaire to assess outcomes of foot surgery: Validation in the context of surgery for hallux valgus. *Quality of Life Research.* 2006 Oct 30;15(7):1211–22. doi: 10.1007/s11136-006-0061-5
152. Roles NC, Maudsley RH. Radial tunnel syndrome: resistant tennis elbow as a nerve entrapment. *J Bone Joint Surg Br.* 1972 Aug;54(3):499–508. PMID: 4340924
153. Richter M, Zech S, Geerling J, Frink M, Knobloch K, Krettek C. A new foot and ankle outcome score: Questionnaire based, subjective, Visual-Analogue-Scale, validated

and computerized. *Foot and Ankle Surgery*. 2006 Jan;12(4):191–9. doi: 10.1016/j.fas.2006.04.001

154. Bijur PE, Silver W, Gallagher EJ. Reliability of the Visual Analog Scale for Measurement of Acute Pain. *Academic Emergency Medicine*. 2001 Dec 28;8(12):1153–7. doi: 10.1111/j.1553-2712.2001.tb01132.x

155. Budiman-Mak E, Conrad KJ, Roach KE. The foot function index: A measure of foot pain and disability. *J Clin Epidemiol*. 1991 Jan;44(6):561–70. doi: 10.1016/0895-4356(91)90220-4

156. Eechaute C, Vaes P, Van Aerschot L, Asman S, Duquet W. The clinimetric qualities of patient-assessed instruments for measuring chronic ankle instability: A systematic review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2007 Dec 18;8(1):6. doi: 10.1186/1471-2474-8-6

157. Talmage JB, Blaisdell J. Range of Motion: AMA Guides, Sixth Edition. *Guides Newsletter*. 2015 May 1;20(3):3–5. Available from: <https://doi.org/10.1001/amaguidesnewsletters.2015.MayJun01>

158. Norkin CC, White DJ. *Measurement of joint motion: a guide to goniometry*. FA Davis; 2016.

159. Cox RW, Martinez RE, Baker RT, Warren L. Validity of a Smartphone Application for Measuring Ankle Plantar Flexion. *J Sport Rehabil*. 2018 May 1;27(3). doi: 10.1123/jsr.2017-0143

160. Awatani T, Enoki T, Morikita I. Inter-rater reliability and validity of angle measurements using smartphone applications for weight-bearing ankle dorsiflexion range of motion measurements. *Physical Therapy in Sport*. 2018 Nov;34. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.09.002

161. Омельченко ТМ, Бур'янов ОА, Лябах АП, Мазевич ВБ, Мусієнко ОС, Шидловський МС. Фізико-механічні властивості трабекулярної кісткової тканини

кісток гомілковостопного суглоба (експериментально-клінічне дослідження). Вісник ортопедії, травматології та протезування. 2017;(2):66–72.

162. Gere JM, Goodno BJ. Mechanics of materials. Cengage learning; 2012.

163. Ramlee MH, Abdul Kadir MR, Murali MR, Kamarul T. Finite element analysis of three commonly used external fixation devices for treating Type III pilon fractures. Med Eng Phys. 2014 Oct;36(10):1322–30. doi: 10.1016/j.medengphy.2014.05.015

164. Riley DS, Barber MS, Kienle GS, Aronson JK, von Schoen-Angerer T, Tugwell P, et al. CARE guidelines for case reports: explanation and elaboration document. J Clin Epidemiol. 2017 Sep;89:218–35. doi: 10.1016/j.jclinepi.2017.04.026

165. Stiell IG, Greenberg GH, McKnight RD, Nair RC, McDowell I, Worthington JR. A study to develop clinical decision rules for the use of radiography in acute ankle injuries. Ann Emerg Med. 1992 Apr;21(4):384–90. doi: 10.1016/S0196-0644(05)82656-3

166. Yammine K, Jalloul M, Assi C. Distal tibiofibular syndesmosis: A meta-analysis of cadaveric studies. Morphologie. 2022 Dec;106(355):241–51. doi: 10.1016/j.morpho.2021.10.004

167. Jayatilaka MLT, Philpott MDG, Fisher A, Fisher L, Molloy A, Mason L. Anatomy of the Insertion of the Posterior Inferior Tibiofibular Ligament and the Posterior Malleolar Fracture. Foot Ankle Int. 2019 Nov 8;40(11):1319–24. doi: 10.1177/1071100719865896

168. Martins CF, Miranda M, Cortegana IM, Sanchez MA, Harpe AG, Oliva XM. Posteroinferior tibiofibular ligament – A cadaveric study. Foot and Ankle Surgery. 2021 Apr;27(3):296–300. doi: 10.1016/j.fas.2020.06.005

169. Ebraheim NA, Taser F, Shafiq Q, Yeasting RA. Anatomical evaluation and clinical importance of the tibiofibular syndesmosis ligaments. Surgical and Radiologic Anatomy. 2006 May 7;28(2):142–9. doi: 10.1007/s00276-006-0077-0

170. Lee SH, Jacobson J, Trudell D, Resnick D. Ligaments of the Ankle: Normal Anatomy with MR Arthrography. *J Comput Assist Tomogr*. 1998 Sep;22(5):807–13. doi: 10.1097/00004728-199809000-00027
171. Muhle C, Frank LR, Rand T, Ahn JM, Yeh L-R, Trudell D, et al. Tibiofibular Syndesmosis. *J Comput Assist Tomogr*. 1998 Nov;22(6):938–44. doi: 10.1097/00004728-199811000-00019
172. Bartoncek J. Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2003 Dec 1;25(5–6):379–86. doi: 10.1007/s00276-003-0156-4
173. Golanò P, Mariani PP, Rodríguez-Niedenfuhr M, Mariani PF, Ruano-Gil D. Arthroscopic anatomy of the posterior ankle ligaments. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2002 Apr;18(4):353–8. doi: 10.1053/jars.2002.32318
174. Ferkel RD, Kwong C, Farac R, Pinto M, Fahimi N, Rahhal S, et al. Arthroscopic Posterior Ankle Ligament Anatomy. *Foot Ankle Orthop*. 2021 Jan 1;6(2):247301142110006. doi: 10.1177/24730114211000624
175. Edama M, Takabayashi T, Inai T, Hirabayashi R, Ikezu M, Kaneko F, et al. Morphological features of the deep component of the posterior inferior tibiofibular ligament. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2020 Jun 6;42(6):691–3. doi: 10.1007/s00276-019-02417-2
176. Moseley AM, Crosbie J, Adams R. Normative data for passive ankle plantarflexion–dorsiflexion flexibility. *Clinical Biomechanics*. 2001 Jul;16(6). doi: 10.1016/S0268-0033(01)00030-4
177. SOUCIE JM, WANG C, FORSYTH A, FUNK S, DENNY M, ROACH KE, et al. Range of motion measurements: reference values and a database for comparison studies. *Haemophilia*. 2011 May;17(3). doi: 10.1111/j.1365-2516.2010.02399.x

178. Kumar S. Normal range of motion of hip and ankle in Indian population. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2011;45(6). doi: 10.3944/AOTT.2011.2612
179. Kido M, Ikoma K, Ikeda R, Hosokawa T, Hara Y, Imai K, et al. Reproducibility of radiographic methods for assessing longitudinal tarsal axes. *The Foot.* 2019 Sep;40. doi: 10.1016/j.foot.2019.03.003
180. Lamm BM, Stasko PA, Gesheff MG, Bhave A. Normal Foot and Ankle Radiographic Angles, Measurements, and Reference Points. *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* 2016 Sep;55(5). doi: 10.1053/j.jfas.2016.05.005
181. Лябах АП. Клінічна діагностика деформацій стопи. Київ: ЗАТ «Алант ЮЕмСі. 2003;
182. Broos M, Berardo S, Dobbe JGG, Maas M, Streekstra GJ, Wellenberg RHH. Geometric 3D analyses of the foot and ankle using weight-bearing and non weight-bearing cone-beam CT images: The new standard? *Eur J Radiol.* 2021 May;138. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109674
183. Shelton TJ, Singh S, Bent Robinson E, Nardo L, Escobedo E, Jackson L, et al. The Influence of Percentage Weight-Bearing on Foot Radiographs. *Foot Ankle Spec.* 2019 Aug 31;12(4). doi: 10.1177/1938640018810412
184. Kucher IV. Порівняльний аналіз валідності гоніометричного, інклінометричного та рентгенологічного методів вимірювання розгинання у гомілковостопному суглобі. *TRAUMA.* 2022 Jan 21;22(6):26–31. doi: 10.22141/1608-1706.6.22.2021.249598
185. Anwar A, Hu Z, Adnan A, Gao Y, Li B, Nazir MU, et al. Comprehensive biomechanical analysis of three clinically used fixation constructs for posterior malleolar fractures using cadaveric and finite element analysis. *Sci Rep.* 2020 Oct 29;10(1):18639. doi: 10.1038/s41598-020-75819-7

186. Mansur H, Lucas PPA, Vitorino RC, Barin FR, Freitas A, Battaglion LR, et al. Biomechanical comparison of four different posterior malleolus fixation techniques: A finite element analysis. *Foot and Ankle Surgery*. 2022 Jul;28(5):570–7. doi: 10.1016/j.fas.2021.06.001
187. Quan Y, Lu H, Xu H, Liu Y, Xie W, Zhang B, et al. The Distribution of Posterior Malleolus Fracture Lines. *Foot Ankle Int*. 2021 Jul 20;42(7):959–66. doi: 10.1177/1071100721996700
188. Mangnus L, Meijer DT, Stufkens SA, Mellema JJ, Steller EPh, Kerkhoffs GMMJ, et al. Posterior Malleolar Fracture Patterns. *J Orthop Trauma*. 2015 Sep;29(9):428–35. doi: 10.1097/BOT.0000000000000330
189. Kucher I, Liabakh A. BIOMECHANICAL COMPARISON OF THREE POSTERIOR MALLEOLUS FRACTURE FIXATION METHODS IN RELATION TO DIFFERENT FRACTURE MORPHOLOGY: A FINITE ELEMENT ANALYSIS. *Georgian Med News*. 2023 May;(338):33–40. PMID: 37419468
190. Pakarinen H, Flinkkilä T, Ohtonen P, Hyvönen P, Lakovaara M, Leppilahti J, et al. Intraoperative Assessment of the Stability of the Distal Tibiofibular Joint in Supination-External Rotation Injuries of the Ankle. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 2011 Nov 16;93(22):2057–61. doi: 10.2106/JBJS.J.01287
191. Littlechild J, Mayne A, Harrold F, Chami G. A cadaveric study investigating the role of the anterior inferior tibio-fibular ligament and the posterior inferior tibio-fibular ligament in ankle fracture syndesmosis stability. *Foot and Ankle Surgery*. 2020 Jul;26(5):547–50. doi: 10.1016/j.fas.2019.06.009
192. Randell M, Marsland D, Ballard E, Forster B, Lutz M. MRI for high ankle sprains with an unstable syndesmosis: posterior malleolus bone oedema is common and time to scan matters. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2019 Sep 28;27(9):2890–7. doi: 10.1007/s00167-019-05581-5

193. Verhage SM, Hoogendoorn JM, Krijnen P, Schipper IB. When and how to operate the posterior malleolus fragment in trimalleolar fractures: a systematic literature review. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018 Sep 12;138(9):1213–22. doi: 10.1007/s00402-018-2949-2
194. O'Connor TJ, Mueller B, Ly T V., Jacobson AR, Nelson ER, Cole PA. "A to P" Screw Versus Posterolateral Plate for Posterior Malleolus Fixation in Trimalleolar Ankle Fractures. *J Orthop Trauma.* 2015 Apr;29(4):e151–6. doi: 10.1097/BOT.0000000000000230
195. Kucher I, Liabakh A. DOES THE DISTAL TIBIOFIBULAR STABILIZATION AFFECT THE FUNCTIONAL OUTCOME OF ANKLE FRACTURES? In: Abstracts of XXVI International Scientific and Practical Conference. London, Great Britain: International Science Group; 2021. p. 1–835. doi: 10.46299/isg.2021.I.XXVI
196. Putnam SM, Linn MS, Spraggs-Hughes A, McAndrew CM, Ricci WM, Gardner MJ. Simulating clamp placement across the trans-syndesmotic angle of the ankle to minimize malreduction: A radiological study. *Injury.* 2017 Mar;48(3):770–5. doi: 10.1016/j.injury.2017.01.029
197. Liabakh AP, Kucher IV. Mistakes and Complications in the Treatment of Patients with Malleolus Fractures. *Visnyk Ortopedii Travmatologii Protezuvannia.* 2020;106(3):24–30. doi: 10.37647/0132-2486-2020-106-3-24-30

ДОДАТОК А

| Критерій | Кількість балів | Пункти критеріїв | До операції | Після операції |
|---|-----------------|---|-------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | | |
| Больовий синдром | 40 | Відсутність скарг на біль. | | |
| | 30 | Незначний біль після незвичних фізичних навантажень. | | |
| | 20 | Незначний, щоденний біль. | | |
| | 0 | Біль постійний. | | |
| Рухова активність, необхідність опори | 10 | Рухова активність не обмежена, не потребує додаткової опори | | |
| | 7 | Рухова активність незначно обмежена, не може швидко ходити. Не потребує додаткової опори. | | |
| | 4 | Рухова активність обмежена. Додаткова опора – ковінька. | | |
| | 0 | Не навантажує стопу. Додаткова опора – ходунки, милиці, інвалідний візок. | | |
| Максимальна дистанція | 5 | Більше 3 поверхів. | | |
| | 4 | 2 – 3 поверхи. | | |
| | 2 | 1 – 2 поверхи. | | |
| | 0 | Менше 1 поверха. | | |
| Ходьба по нерівній поверхні | 5 | Нема проблем по будь-якій поверхні. | | |
| | 4 | Незначні зміни по нерівній поверхні, сходах. | | |
| | 0 | Значні зміни по нерівній поверхні, сходах. | | |
| Розлади ходьби | 8 | Немає, незначні розлади. | | |
| | 4 | Значні розлади. | | |
| | 0 | Не навантажує кінцівку. | | |
| Рухи в сагітальній площині | 8 | Нормальні або помірне обмеження (30° та більше). | | |
| | 4 | Помірне обмеження (15° - 29°). | | |
| | 0 | Значне обмеження (менше 15°). | | |
| Рухи ЗВС | 6 | Норма або помірне обмеження. | | |
| | 3 | Помірне обмеження. | | |
| | 0 | Значне обмеження. | | |
| Стабільність ЗВС та гомілковостопного суглоба | 8 | Стабільність. | | |
| | 0 | Відсутня стабільність. | | |
| Адаптація ЗВС та гомілковостопного суглоба до площини | 10 | Опороспроможна стопа, ЗВС добре адаптований. | | |
| | 5 | Зменшення опороспроможності стопи та адаптації ЗВС. | | |
| | 0 | Не опороспроможна стопа. | | |

Бальна таблиця для оцінки стопи та гомілковостопного суглоба (Kitaoka H. Clinical rating systems for the ankle – hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. Foot Ankle Int. 1994; 15(7):349-353.

ДОДАТОК Б

СПИСОК РОБІТ ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кучер, І., & Лябах, А. (2021). Сучасний стан концепції остеосинтезу заднього краю великогомілкової кістки у пацієнтів із переломами кісточок гомілки (Огляд літератури). *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (4(111)), 42-52. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-111-4-42-52> (Здобувач виконав пошук та аналіз літературних джерел, спільно з науковим керівником сформував висновки, підготував та подав публікацію до друку)
2. Лябах, А., & Кучер, І. (2020). Помилки та ускладнення при лікуванні пацієнтів із переломами кісточок гомілки. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (3(106)), 24-30. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2020-106-3-24-30> (Здобувач проводив збір та аналіз матеріалу, здійснював статистичний аналіз отриманих результатів та оформлення статті)
3. Лябах, А., Турчин, О., Пятковский, В., & Кучер, І. (2021). Порівняльний аналіз систем оцінки функції стопи. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (2(109)), 4-9. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-109-2-4-9> (Здобувач здійснив пошук статей у бібліографічній базі даних *Pubmed*, створив критерії включення та виключення, провів аналіз вибраних статей, написав та подав до друку статтю)
4. Кучер, І. (2022). Порівняльний аналіз валідності гоніометричного, інклінометричного та рентгенологічного методів вимірювання розгинання у гомілковостопному суглобі. *ТРАВМА*, 22(6), 26–31. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.6.22.2021.249598> (Здобувач створив дизайн дослідження, проводив вимірювання обсягу рухів та обробку даних, виконав статистичний аналіз результатів та сумісно з науковим керівником провів інтерпретацію отриманих даних. Дисертант написав чернетку цієї статті, подав кінцевий варіант публікації до друку.)

5. Kucher, I., & Liabakh, A. (2023). Biomechanical comparison of three posterior malleolus fracture fixation methods in relation to different fracture morphology: a finite element analysis. *Georgian medical news*, (338), 33–40. PMID: 37419468. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37419468/> (Здобувач здійснював комп'ютерне моделювання морфологічних типів переломів заднього краю великогомілкової кістки та проводив вимірювання величини напруження, здійснював статистичний аналіз отриманих результатів та оформлення статті.)
6. Liabakh A., Kucher I. Comparative evaluation of AOFAS, AAOS –FAM and OMAS scales in ankle surgery // *Multidisciplinary academic research and innovation. Abstracts of XXVII International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands. 2021.* Pp. 261-263. <https://doi.org/10.46299/ISG.2021.I.XXVII> (Здобувач проводив збір та аналіз літературних джерел, здійснював оформлення публікації)
7. Liabakh A., Kucher I. Does the distal tibiofibular stabilization affect the functional outcome of ankle fractures? // *Topical issues of practice and science. Abstracts of XXVI International Scientific and Practical Conference. London, United Kingdom. 2021.* Pp. 300-302. <https://doi.org/10.46299/ISG.2021.I.XXVI> (Здобувач брав участь у проведенні оперативних втручань, провів порівняльний аналіз використання дистальної тібіофібулярної стабілізації, здійснював статистичну обробку даних)

ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Результати досліджень були оприлюднені та обговорені на таких заходах:

1. Науково-практичні читання імені Є.Т. Скляренка “Впровадження наукових розробок в практику охорони здоров’я” (Київ, 2020)
2. The XXVI International Science Conference «Topical issues of practice and science», May 18 – 21, 2021, London, Great Britain
3. The XXVII International Science Conference «Multidisciplinary academic research and innovation», May 25 – 28, 2021, Amsterdam, Netherlands
4. Науково-практична конференція (вебінар) DoctorThinking Platform «Помилки та ускладнення при остеосинтезі переломів кісточок гомілки» (Київ, 2021)
5. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Актуальні проблеми хірургії стопи» (Київ, 2021)
6. Участь у конференціях молодих вчених ДУ «ІТО НАМН України» за 2020 – 2022 рр.