

# Ускладнені діафізарні переломи великогомілкової кістки: виклики перед фізичними терапевтами та концептуальні підходи до реабілітації хворих

УДК 615.8:616.718.5-001.5(045)

**Т. В. Майкова, С. М. Афанасьєв**

Придніпровська державна академія фізичної культури і спорту, Дніпро, Україна

**Резюме.** *Мета.* Запропонувати базові концепції до фізичної терапії хворих із діафізарними переломами великогомілкової кістки, ускладненими незрошенням кістки на тлі остеопорозу. *Методи.* Аналіз анамнезу, скарг, інтенсивності болювого синдрому, дослідження рівня фізичної активності, оцінка стану губчатої кісткової тканини та архітектури кістки, статистична обробка результатів досліджень методами варіаційної статистики, реалізованими стандартним пакетом прикладних програм SPSS 13.0 for Windows. *Результати.* Під спостереженням перебували 26 пацієнтів молодого віку ( $33,0 \pm 5,0$  років) з уповільненою консолидацією та незрошенням перелому великогомілкової кістки. Важливим концептуальним підходом є навчання функціональної механіки тіла, зокрема навчання пацієнтів безпечних способів виконання повсякденних дій та рухів, таких як підйом важкості та нахили, для зниження навантаження на кістки, уражені остеопорозом. У пізній фазі, тобто після досягнення повного зрощення кістки у місці перелому, основний акцент має робитися на відновлення повної функції, витривалості та повернення до активності, яка існувала до травми. У цій фазі продовжувати два види вправ: навантаження й опір. Для цього до програми фізичної терапії має бути включене функціональне тренування: вправи, що імітують повсякденні дії, такі як підйом сходами, та перехід до специфічних або більш інтенсивних видів діяльності, тренування серцево-судинної системи з поступовим збільшенням на неї навантаження для розвитку витривалості. *Висновки.* Сформульовані концептуальні підходи до фізичної терапії хворих з уповільненою консолидацією та незрошенням кістки, що відбувалося на тлі вторинного остеопорозу в осіб молодого віку, які базуються на принципі багатоетапного застосування, в основі якого – раннє відновлення амплітуди рухів, зменшення болю і поступове збільшення навантаження для відновлення функції.

**Ключові слова:** опорно-руховий апарат, ускладнення діафізарних переломів, великогомілкова кістка, остеопороз, фізична терапія, концептуальні підходи.

**Complex diaphyseal fractures of the tibia: challenges for physical therapists and conceptual strategies of patients' rehabilitation**

*T. V. Maykova, S. M. Afanasiev*

Prydniprovsk state academy of physical culture and sport, Dnipro, Ukraine

**Abstract.** *Objective.* To propose basic concepts for physical therapy of patients with diaphyseal fractures of the tibia complicated by nonunion of the bone against the background of osteoporosis. *Methods.* Analysis of anamnesis, complaints, intensity of pain syndrome, study of the level of physical activity, assessment of the state of spongy bone tissue and bone architecture, statistical processing of research results using variational statistics methods implemented by the standard

SPSS 13.0 for Windows application package. *Results.* Complications of diaphyseal fractures of the tibia pose major challenges for physical therapists. The answer to them requires conceptual approaches, including consideration of mechanical and biological aspects of bone consolidation in patients with osteoporosis. Today, many concepts are known regarding physical therapy of patients with complicated fractures of the tibia and with osteoporosis, mainly primary, but the conceptual provisions of physical therapy for delayed consolidation and nonunion of bone against the background of osteoporosis in young people have hardly been considered by scientists. An important conceptual approach is teaching functional body mechanics, specifically teaching patients safe ways to perform everyday activities and movements, such as weight lifting and bending, to reduce stress on bones affected by osteoporosis. In the late phase, when complete union of the bone at the fracture site is achieved, the main emphasis should be on restoring full function, endurance, and returning to pre-injury activity. *Conclusions.* Conceptual approaches to physical therapy of patients with delayed consolidation and bone nonunion occurring against the background of secondary osteoporosis in young people have been formulated, which are based on the principle of multi-stage application, which is based on early restoration of range of motion, pain reduction, and gradual increase in load to restore function.

**Keywords:** musculoskeletal system, complications of diaphyseal fractures, tibia, osteoporosis, physical therapy, conceptual approaches.

**Постановка проблеми.** Діафізарні переломи великогомілкової кістки — одні з найчастіших травм скелета, що становлять 23,0–35,5 % від усіх переломів скелета та 64,3–70,0 % від переломів кісток нижніх кінцівок [1; 2; 9]. Причому їх поширеність зростає не тільки серед людей зрілого віку, а й у молодшому віці, якщо є патологічні зміни кісток [8].

Незважаючи на досягнення в галузі травматології, ускладнення після діафізарних переломів великогомілкової кістки трапляються часто та істотно впливають на такі віддалені після переломів наслідки, як хронічний біль, м'язові спазми та незрощення кістки, внаслідок чого спостерігаються тривалі або стійкі обмеження фізичної активності та зниження якості життя [3; 9; 13; 15]. Віддалені після переломів скарги є багатофакторними, причинами яких визнані травми м'язів тканин, формування рубцевої тканини, зміни біомеханіки, постійний біль або гіпералгезія, посттравматичний остеоартрит тощо. Наявність цих чинників призводить до фізичного обмеження м'язової сили та руху суглобів [3; 6; 10; 15]. Одним із ускладнень діафізарних переломів великогомілкової кістки є уповільнена консолидація та незрощення кістки, в основі яких лежить порушення процесу загоєння місця перелому.

Найбільш узгоджене стандартне визначення незрощення дано FDA, яке визначає це ускладнення як перелом, що зберігається не

менше ніж дев'ять місяців або не має ознак загоєння протягом трьох місяців поспіль [6; 16].

Кісткова консолидація визначається типом перелому, стабільністю його фіксації і регулюється біологічними процесами, зокрема ангиогенезом та остеогенезом [5].

Одним із основних локальних факторів уповільненої консолидації кістки є недостатнє кровопостачання місця перелому внаслідок травмування судин [5; 15]. Анатомічні особливості великогомілкової кістки сприяють обмеженню кровообігу, оскільки її діафізарна частина спереду покрита тільки шкірою й окістям і у разі травми відбувається тяжке ушкодження м'язів тканин, що призводить до значного зниження васкуляризації в ділянці перелому [13; 15]. Слід враховувати і те, що кровопостачання діафіза великогомілкової кістки здійснюється лише єдиною живильною артерією.

Поряд із локальними мають значення і системні фактори: похилий вік, тривале лікування стероїдними гормонами, ендокринні захворювання (ожиріння, погано контрольований цукровий діабет I типу, проблеми з парацитовидними залозами тощо) [3; 5]. Ключове місце серед системних факторів посідає остеопороз.

Уповільнена консолидація та незрощення кістки при переломах у пацієнтів з остеопорозом зумовлюється зміною біомеханічних властивостей остеопоротичної кістки, оскільки

такі кістки характеризуються не лише зменшенням кісткової маси, але й зменшенням товщини кортикального шару та збільшенням його пористості, дезорієнтацією трабекул щодо спрямування навантаження, а також змінами у складі кісткового матриксу [4; 7; 9; 14]. Крім того, нова кістка, що формується, може бути більш крихкою через знижену її щільність, що підвищує ймовірність уповільнення консолидації та повторної травми. Усе це потребує більш тривалого періоду реабілітації після перелому великогомілкової кістки [11; 15].

Отже, ускладнення діафізарних переломів великогомілкової кістки створюють основні виклики для фізичних терапевтів.

Відповідь на них потребує концептуальних підходів, включаючи врахування механічних та біологічних аспектів консолидації кістки у пацієнтів з остеопорозом. Натепер відомо багато концепцій щодо фізичної терапії хворих з ускладненими переломами кісток гомілки та з остеопорозом, переважно первинним [12], але концептуальні положення фізичної терапії у разі уповільненої консолидації та незрощення кістки на тлі остеопорозу в осіб молодого віку вченими майже не розглядалися.

**Мета дослідження.** Запропонувати базові концепції до фізичної терапії хворих зі діафізарними переломами великогомілкової кістки, ускладненими незрощенням кістки на тлі остеопорозу.

**Методи дослідження.** Аналіз анамнезу, скарг, інтенсивності больового синдрому, який визначали за альгофункціональним індексом WOMAC з використанням візуальної аналогової шкали (ВАШ) для оцінки інтенсивності болю. Оцінка болю проводилася за такими критеріями: 0–24 – відсутність болю або слабкий біль, 25–49 – помірний біль, 50–74 – сильний біль, 75–100 – дуже сильний біль.

Види переломів формулювали за класифікацією АО/ОТА, розробленою Асоціацією Остеосинтезу (АО Foundation) та Організацією Травми (ОТА), яка використовує буквено-цифрові коди для детального опису перелому.

Рівень фізичної активності визначали за міжнародним опитувальником (International physical activity questionnaire – IPAQ) [18].

Оцінка стану губчастої кісткової тканини здійснювалася шляхом ультразвукової денситометрії за допомогою ультразвукового денситометра "Achilles+" (Lunar, США). Досліджені мінеральна щільність кісткової тканини (МЩКТ) та її архітектура. Ступінь щільності кісткової маси визначали за Т-індексом (T-score), що вимірюється у величинах стандартного відхилення від вікових та статевих нормативів.

Архітектура кістки оцінювалася за швидкістю поширення ультразвуку через кістку (ШПУк), що залежить від її еластичності; широкосмугового послаблення ультразвуку (ШПУ), що є об'єктивною ознакою, як предиктора переломів, характеризує щільність кістки і кількість, розміри і просторову орієнтацію трабекул, а також індексом міцності кістки (IM), що відображає стан губчастої кісткової тканини.

Усі вихідні дані, отримані під час виконання роботи, з метою оптимізації математичної обробки вводилися у базу даних, побудовану за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel на персональному комп'ютері. Статистична обробка результатів досліджень здійснювалася методами варіаційної статистики, реалізованими стандартним пакетом прикладних програм SPSS 13.0 for Windows.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Під спостереженням перебували 26 пацієнтів молодого віку ( $33,0 \pm 5,0$  років) з уповільненою консолидацією та незрощенням перелому великогомілкової кістки. Серед пацієнтів 65,4 % становили жінки, 34,6 % – чоловіки.

У 23,6 % жінок спостерігалось незрощення перелому тривалістю  $10,6 \pm 0,59$  місяців та у 76,4 % – уповільнення консолидації протягом  $7,3 \pm 1,06$  місяців.

Серед чоловіків незрощення перелому відбувалося також протягом  $10,6 \pm 0,70$  місяців у 44,4 %, уповільнення консолидації протягом  $7,9 \pm 0,75$  місяців мало місце у 55,6 %.

З анамнезу відомо, що 88,2 % жінок та 77,8 % чоловіків у минулому зазнали тяжкого перебігу Covid-19 і довгий час отримували глюкокортикоїди.

Причиною перелому майже у всіх жінок (82,4 %) були високоенергетичні травми, зокрема ураження під час ДТП, у решти – низькоенергетичні переломи під час занять

спортом. При цьому 47,1 % пацієнок мали по 1–2 переломи ще до травми.

У всіх чоловіків спостерігалися низькоенергетичні переломи, які відбулися під час падінь та зіткнень під час занять спортом. Більше третини чоловіків (33,3 %) також зазначають у минулому випадки переломів.

З медичної документації встановлено, що під час останніх травм у жінок діагностовано переломи діафізу великогомілкової кістки В1.1. та В2.1. за класифікацією АО, що стало підставою для виконання хірургічного втручання інтрамедулярного металоостеосинтезу для зіставлення та фіксації відламків кістки.

У 44,4 % чоловіків діагностовано діафізарні переломи великогомілкової кістки А1.1. за класифікацією АО/ОТА, у решти пацієнтів – А2.1. Вони отримували консервативне лікування, зокрема скелетне витягування та іммобілізацію.

У результаті аналізу скарг встановлено, що як жінок, так і чоловіків турбував виражений больовий синдром, інтенсивність якого за ВАШ у жінок становила  $74,6 \pm 7,8$ , у чоловіків –  $82,7 \pm 4,2$ .

М'язова слабкість та обмеження рухової функції колінного та гомілковостопного суглобів спостерігалася у всіх пацієнтів.

Виразений больовий синдром, функціональні обмеження кінцівок та кінезіфобія сприяли зниженню фізичної активності до  $13,7 \pm 2,9$  балів у жінок та  $13,8 \pm 3,3$  балів у чоловіків.

Зважаючи на те, що всі пацієнти в анамнезі мали декілька переломів, становило інтерес визначити метаболічний стан кісткової системи за допомогою ультразвукової денситометрії та рентгенологічного дослідження.

Під час денситометричного дослідження зниження мінералізації кісткової тканини виявлено у всіх пацієнтів, в яких Т-індекс відповідав – 2,5 SD. За наявності переломів

такий показник свідчить про тяжкий остеопороз.

Поряд зі зниженням мінеральної щільності кісткової тканини у всіх хворих з остеопорозом спостерігалася зниження якісних параметрів кістки. Еластичність кортикального шару була знижена на 10,0 % ( $p < 0,001$ ) у жінок та на 12,6 % ( $p < 0,001$ ) у чоловіків, що підтверджується зменшенням показника ШПУк (табл. 1).

Щільність трабекулярного шару за показником ШПУ була зменшена на 8,0 % ( $p < 0,05$ ) як у жінок, так і у чоловіків ( $p < 0,05$ ). Міцність губчастої кісткової тканини знижувалася на 17,4 % ( $p < 0,001$ ) у жінок та на 20,0 % ( $p < 0,001$ ) у чоловіків.

За висновками рентгенологічного дослідження усім пацієнтам встановлений діагноз «вторинний остеопороз», який у 64,7 % жінок та 44,4 % чоловіків відповідав 2-й стадії. Серед жінок 3-тя стадія остеопорозу виявлена у 35,3 % випадків, у чоловіків – у 55,6 %. Причому 3-тя стадія остеопорозу була характерною для пацієнтів із незрошенням перелому, а 2-га стадія переважно спостерігалася при уповільненні консолідації кістки.

Усі пацієнти були зараховані для реабілітації у групи фізичної терапії. З метою підвищення ефективності реабілітації сформульовані концептуальні підходи. Кінцева мета їх застосування – відновлення функції, запобігання майбутнім переломам за рахунок покращення структурно-функціонального стану кісткової тканини та м'язової функції, а також зниження ризику падінь.

Насамперед необхідний міждисциплінарний, тобто комплексний, підхід, що включає фізичних терапевтів у тісній взаємодії з ендокринологами, хірургами, ортопедами для визначення точних термінів навантаження та розширення меж активності з урахуванням типу перелому, методу фіксації та реакції загоєння кістки. Для цього використовують такі

ТАБЛИЦЯ 1 – Характеристика структурно-функціонального стану кісткової тканини у пацієнтів із переломами великогомілкової кістки на тлі остеопорозу

Показник, од. виміру	Здорові особи (n = 15)	Жінки з переломом великогомілкової кістки	Чоловіки з переломом великогомілкової кістки
ШПУк, м/с	$1586,4 \pm 9,2$	$1428,3 \pm 21,5^2$	$1386,5 \pm 35,5^2$
ШПУ, дБ/Мгц	$108,0 \pm 3,3$	$99,4 \pm 1,3^1$	$99,1 \pm 1,1^1$
ІМ, %	$97,3 \pm 3,4$	$80,4 \pm 1,4^2$	$77,8 \pm 1,6^2$

Примітки: <sup>1</sup> –  $p < 0,05$ ; <sup>2</sup> –  $p < 0,001$  – рівень достовірності змін між показниками здорових осіб та хворих.

методи, як поступове зміцнення, нейром'язове перенавчання, функціональний тренінг, мануальна терапія.

Концептуальні підходи передбачають виключно персональну роботу з пацієнтами з формуванням індивідуальних програм, які мають бути адаптовані до можливостей пацієнта, його цілей та щільності кісткової тканини для мінімізації атрофії м'язів, підтримання рухливості колінних та гомілковостопних суглобів, забезпечення безпеки та ефективності реабілітаційних заходів.

Концептуальні підходи мають бути спрямовані на відновлення функціональної незалежності пацієнтів шляхом їх навчання вправ, спрямованих на покращення рухливості, рівноваги та координації.

Ключові складники концепції фізичної терапії після діафізарних переломів великогомілкової кістки, спровокованих остеопорозом, мають включати мультимодальні фізичні вправи для зменшення болю, покращення фізичної функції та підвищення якості життя. При цьому застосовується поступове збільшення інтенсивності та обсягу вправ у міру підвищення сили та витривалості пацієнта з акцентом на рухах, пов'язаних із повсякденною діяльністю, а також надання пацієнтам можливості самостійного контролю.

Спочатку застосовують вправи без навантаження — з плавним діапазоном рухів у тазостегновому, колінному та гомілковостопному суглобах для запобігання скутості та поліпшення кровообігу.

Для підтримки м'язового тонусу необхідні ізометричні вправи — на зміцнення м'язів без руху в суглобах.

Для тренування ходи слід використовувати допоміжні прилади — милиці або ходунки — із суворим дотриманням обмежень без навантаження або з частковим навантаженням за погодженням із хірургом.

За умови початку консолидації перелому застосовується поступове збільшення навантаження на кістку та пошкоджені тканини, що дозволяє їм адаптуватися та зміцнюватися з часом. При цьому враховується стадія остеопорозу. Вправи на зміцнення починають за погодженням з ортопедом з легших вправ з обтяженнями на всю ногу, переходячи до складніших вправ у міру зростання сили.

Індивідуальні програми обов'язково мають включати нейром'язове перенавчання із застосуванням вправ, що покращують координацію, рівновагу та пропріоцепцію.

Поряд із цим підключають вправи з відкритим ланцюгом, що дозволяють виконувати ізольовані рухи кінцівок, та вправи із закритим ланцюгом, що вимагають фіксації кінцівки та імітують функціональні рухи.

Для покращення гнучкості та амплітуди рухів у суглобах та м'язах мають виконуватися вправи на розтяжку, які спрямовані на поступове нарощування сили певних груп м'язів для підвищення стабільності та функціональності суглобів.

З огляду на наявність остеопорозу доцільні тренування з обтяженнями: ходьба, стояння та виконання вправ стоячи або сидячи з правильною поставою, які створюють механічне навантаження на кістки, стимулюючи ремоделювання кісток та допомагаючи підтримувати або навіть збільшувати мінеральну щільність кісткової тканини. Використання обтяжень або стрічок для навантаження кісток створюють позитивне на них навантаження та підвищують їхню щільність. Цей підхід базується на твердженні, згідно із законом Вольфа, що трабекули трабекулярної кістки вирівнюються відповідно до основних напруг, що дозволяє кістці адаптуватися до механічних навантажень. Механічне навантаження викликає мікрорух у місці перелому, що призводить до процесу, відомого як механотрансдукція в кістці. Цей принцип, який застосовується до кортикальної кістки, також є актуальним для загоснення переломів у хворих з остеопорозом.

Використовуючи вправи з навантаженням, слід застосовувати різні режими навантаження з інтервалами відпочинку, додавати приземлення з обтяженням, статичне розтягування.

Обов'язкові тренування функціональної рівноваги, що покращують стійкість, а також постави, що знижує ризик падінь та повторних переломів. Доцільно виконувати перенесення ваги, балансування на одній нозі, повороти та наступання на предмети. При цьому можна маніпулювати зором, швидкістю, напрямом, рухати кінцівками та виконувати когнітивні завдання. Такі вправи мають бути поступовими, складними та обов'язково під наглядом. Для пацієнтів із порушеннями рівноваги

або з високим ризиком перелому слід починати зі статичної рівноваги та переходити до динамічної рівноваги.

Важливим концептуальним підходом є навчання функціональної механіки тіла, зокрема навчання пацієнтів безпечним способам виконання повсякденних дій та рухів, таких як підйом важкості та нахили, для зниження навантаження на кістки, уражені остеопорозом.

У пізній фазі, тобто у разі досягнення повного зрощення кістки у місці перелому, основний акцент має робитися на відновлення повної функції, витривалості та повернення до активності, яка існувала до травми. У цій фазі продовжувати два види вправ: навантаження й опір.

Для цього до програми фізичної терапії має бути включене функціональне тренування: вправи, що імітують повсякденні дії, такі як підйом сходами, та перехід до специфічних або більш інтенсивних видів діяльності, тренування серцево-судинної системи з поступовим збільшенням на неї навантаження для розвитку витривалості.

Таким чином, сформульовані концептуальні підходи, засновані на багатоетапному принципі, в основі якого – раннє відновлення амплітуди рухів, зменшення болю і поступове збільшення навантаження для відновлення функції.

**Висновки.** 1. Проведений аналіз причин, механізмів формування і розвитку ускладнень після діафізарних переломів великогомілкової кістки на тлі остеопорозу та їх наслідків, впливу на клінічний перебіг травми. Наявність таких ускладнень, як уповільнена

консолідація та незрощення кістки у місці перелому, тривала та неефективна реабілітація хворих створюють основні виклики для фізичних терапевтів.

2. У результаті аналізу літературних джерел встановлено, що натеper відомо багато концепцій щодо фізичної терапії хворих з ускладненими переломами кісток гомілки та хворих із первинним остеопорозом, але концептуальні положення фізичної терапії у разі уповільненої консолидації та незрощення кістки на тлі остеопорозу в осіб молодого віку вченими майже не розглядалися.

3. Проведено спостереження 26 пацієнтів молодого віку ( $33,0 \pm 5,0$ ) років з уповільненою консолидацією та незрощенням перелому великогомілкової кістки, у яких внаслідок тривалого прийому глюкокортикоїдів діагностований остеопороз 2-го та 3-го ступеня зі зниженням мінеральної щільності кісткової тканини, зниженою еластичністю кортикального шару, зменшенням трабекулярного шару кістки та, відповідно, її міцності.

4. Сформульовані концептуальні підходи до фізичної терапії хворих з уповільненою консолидацією та незрощенням кістки, що відбувалося на тлі вторинного остеопорозу в осіб молодого віку, які базуються на принципі багатоетапного застосування, в основі якого – раннє відновлення амплітуди рухів, зменшення болю і поступове збільшення навантаження для відновлення функції.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці програм фізичної терапії з урахуванням сформульованих концепцій та вивчення їх ефективності.

#### Література

1. Барвінський ОІ. Діафізарні переломи кісток гомілки: актуальність, інцидентність та способи лікування [Diaphyseal fractures of the tibia: relevance, incidence and treatment methods]. *Science progress in European countries: new concepts and modern solutions*. 2019;851–58.
2. Попсуйшапка ОК, Литвишко ВО, Ужєгова ОЄ, Підгайська ОО. Частота ускладнень при лікуванні діафізарних переломів кінцівок за даними Харківської травматологічної МСЕК [Frequency of complications in the treatment of diaphyseal fractures of the extremities according to the Kharkiv Traumatology MSEC]. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2020;1:20–26. DOI: 10.15674/0030-59872020120-25.
3. Andrés-Peiró JV, Pujol O, Altayó-Carulla M. et al. Predictors of first-year postoperative complications after fixation of low-energy ankle fractures: a single-center, retrospective cohort study of 663 consecutive fractures. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2024;68:363–72.
4. Chandran M, Akesson KE, Javaid MK. Working Group of the Committee of Scientific Advisors of the International Osteoporosis Foundation, on behalf of the International Osteoporosis Foundation, Société Internationale de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie. Impact of osteoporosis and

osteoporosis medications on fracture healing: a narrative review. *Osteoporos Int*. 2024 Aug;35(8):1337–1358. DOI: 10.1007/s00198-024-07059-8.

5. Einhorn TA, Gerstenfeld LC. Fracture healing: mechanisms and interventions. *Nat Rev Rheumatol*. 2015 Jan;11(1):45–54.

6. Ghanem W, Ezzeddine H, Saad R, et al. State of the Nonunion: A review of the latest literature. *Orthopedic Reviews*. 2025;17. DOI: 10.52965/001c.129085.

7. Gorter EA, Reinders CR, Krijnen P. The effect of osteoporosis and its treatment on fracture healing: a systematic review of animal and clinical studies. *Bone Rep*. 2021 Aug 16;15:101117. DOI: 10.1016/j.bonr.2021.101117.

8. Karpouzou A, Diamantis E, Farmaki P, Savvanis S, Troupis T. Nutritional Aspects of Bone Health and Fracture Healing. *J Osteoporos*. 2017;2017:4218472.

9. Larsen P, Elsoe R. Long-term effect of lower limb fractures: A national register-based cohort study with a mean of 16.7 years follow-up. *Injury*. 2025 Apr;56(4):112239. DOI: 10.1016/j.injury.2025.112239.

10. Larsen P, Eriksen CB, Stokholm R, Elsoe R. Results following prolonged recovery show satisfactory functional and patient-reported outcome

after intramedullary nailing of a tibial shaft fracture: a prospective 5-year follow-up cohort study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2021;141:1303–1310.

11. Orji C, Ojo C, Onobun DE, et al. Fracture Non-Union in Osteoporotic Bones: Current Practice and Future Directions. *Cureus.* 2024;16(9):e69778. DOI: 10.7759/cureus.6977.

12. Pinto D, Alshahrani M, Chapurlat R, et al. The global approach to rehabilitation following an osteoporotic fragility fracture: A review of the rehabilitation working group of the International Osteoporosis Foundation (IOF) committee of scientific advisors. *Osteoporosis International.* 2022;33:527–540. <https://doi.org/10.1007/s00198-021-06240-7>

13. Prevalence and influencing factors of nonunion in patients with tibial fracture: systematic review and meta-analysis / R. Tian, F. Zheng, W. Zhao

ORCID 0000-0003-0009-9007, tv18061949@i.ua

ORCID 0000-0001-7739-3461, admin\_infiz@ukr.net

[et al.]. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research.* 2020;15(1):377. DOI: 10.1186/s13018-020-01904-6.

14. Sauhta R, Makkar D. Proximal Tibia Fractures in Osteoporosis. *Indian J Orthop.* 2025 Feb 16;59(3):326-345. DOI: 10.1007/s43465-025-01337-1. PMID: 40201924; PMCID: PMC11973000.

15. Sheen JR, Mabrouk A, Garla VV. Fracture Healing Overview. 2023 Apr 8. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 31869142.

16. Strain R, Harwood PJ, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Treatment of Diaphyseal Tibial Non-unions After Open Fracture: A Retrospective Observational Study on Characteristics and Outcome. *Indian J Orthop.* 2024 Aug 18;58(12):1806–1814. DOI: 10.1007/s43465-024-01235-y

Дата першого надходження статті до видання: 18.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 11.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.04.2026