

Міністерство освіти і науки України
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
Кафедра фізичної терапії, ерготерапії та здоров'я

«До захисту допускаю»

завідувач кафедри

фізичної терапії, ерготерапії та здоров'я

д. пед. н., професор

_____ Галина КОНДРАЦЬКА «__»_____ 2026 р.

ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ ПЕРЕЛОМІВ ГОМІЛКОВИХ КІСТОК У
РЕЗУЛЬТАТІ БОЙОВИХ ДІЙ

Спеціальність 227 Терапія та реабілітація

Магістерська робота

на здобуття кваліфікації – Магістр терапії та реабілітації за
спеціалізацією «Фізична терапія»

Автор роботи:

Химин Володимир Ігорович

підпис

Науковий керівник: доцент, канд.пед.наук
Волошин О.Р. _____

підпис

Дрогобич, 2026

**Дрогобицький державний педагогічний університет
імені Івана Франка
Кафедра фізичної терапії, ерготерапії та здоров'я**

Завідувач кафедри _____
(підпис) (дата)

**Завдання
на підготовку магістерської роботи**

1. Тема: Фізична терапія переломів гомілкових кісток у результаті бойових дій
2. Керівник: кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізичної терапії, ерготерапії та здоров'я Волошин Олена Романівна
3. Студент: Химин Володимир Ігорович
4. Перелік питань, що підлягають висвітленню у кваліфікаційній роботі:
 1. Проаналізувати сучасний стан проблеми фізичної терапії бойових переломів гомілкових кісток на основі вітчизняної та зарубіжної літератури.
 2. Охарактеризувати специфіку бойових переломів гомілки, їх класифікацію та особливості клінічного перебігу.
 3. Розробити комплексну програму фізичної терапії для військовослужбовців із переломами гомілкових кісток.
 4. Провести педагогічний експеримент та оцінити ефективність розробленої програми фізичної терапії.
 5. Розробити практичні рекомендації для фізичних терапевтів щодо реабілітації поранених військовослужбовців із переломами гомілкових кісток.
5. Список рекомендованої літератури

Законодавча та нормативна література, підручники, посібники, монографії, автореферати дисертацій, журнальні статті, матеріали конференцій.

6. Етапи підготовки роботи

№	Назва етапу	Термін виконання	Термін звіту перед керівником, кафедрою
1.	Визначення теми роботи, підготовка календарного плану виконання роботи, підбір та опрацювання літературних джерел, аналіз наукових підходів, підготовка теоретичної частини дослідження (Розділ 1)	Лютий 2025 – вересень 2025 р.	Листопад 2025 р.
2.	Підготовка та написання другого розділу роботи. Організація та проведення педагогічного експерименту, реалізація програми реабілітації.	Листопад 2025- лютий 2026 р.	Кінець лютого 2026 р.
3.	Статистична обробка отриманих даних, інтерпретація результатів, узагальнення висновків дослідження, написання третього розділу роботи.	Березень 2026 р.	Початок квітня 2026 р.
4.	Остаточне оформлення тексту магістерської роботи та подання її науковому керівнику для рецензування та оцінювання.	Кінець квітня – початок травня 2026 р.	До 15 травня 2026 р.

7. Дата видачі завдання – лютий 2025 р.

8. Термін подачі роботи керівнику – травень 2026 р.

9. З вимогами до виконання кваліфікаційної роботи і завданням

ознайомлена _____
(підпис студента)

10. Керівник _____
(підпис)

Захист магістерської роботи

Фізична терапія переломів гомілкових кісток у результаті бойових дій

Оцінка за стобальною шкалою: _____

Оцінка за національною чотирибальною шкалою: _____

Коротка мотивація захисту:

_____ Дата _____ Голова ЕК _____ підпис _____ прізвище, ім'я _____

Секретар ЕК _____ підпис _____ прізвище, ім'я _____

Фізична терапія переломів гомілкових кісток у результаті бойових дій

Анотація

Робота присвячена аналізу та обґрунтуванню методів фізичної терапії при переломах кісток гомілки, отриманих унаслідок бойових дій. Специфіка бойової травми полягає у її високоенергетичному характері (вогнепальні, мінно-вибухові поранення), значному руйнуванні м'яких тканин, порушенні кровообігу, іннервації та високому ризику гнійно-некротичних ускладнень. Мета дослідження – розробка поетапної програми фізичної реабілітації для відновлення опорної та локомоторної функцій нижньої кінцівки, профілактики контрактур і гіпотрофії м'язів. Проаналізовано протоколи втручань на різних етапах лікування: від іммобілізаційного періоду до повного функціонального відновлення. Визначено ефективність застосування ранньої мобілізації, дозованого осьового навантаження, специфічної кінезіотерапії та апаратних методів реабілітації з урахуванням особливостей апаратів зовнішньої фіксації або металоостеосинтезу.

Ключові слова: фізична терапія, перелом гомілкових кісток, бойова травма, вогнепальне поранення, мінно-вибухова травма, реабілітація, військовослужбовці, кінезіотерапія.

Abstract

This paper analyzes and substantiates physical therapy methods for lower leg bone fractures sustained as a result of combat actions. The specificity of combat trauma lies in its high-energy nature (gunshot, mine-explosive wounds), severe soft tissue destruction, impaired blood circulation and innervation, and a high risk of purulent-necrotic complications. The aim of the study is to develop a staged physical rehabilitation program to restore the support and locomotor functions of the lower limb, and to prevent contractures and muscle hypotrophy. Intervention protocols at various stages of treatment are analyzed: from the immobilization period to full functional recovery. The effectiveness of early mobilization, dosed axial loading, specific kinesiotherapy, and instrumental rehabilitation methods is determined, taking into account the specifics of external fixation devices or osteosynthesis.

Keywords: physical therapy, lower leg fracture, combat injury, gunshot wound, mine-explosive trauma, rehabilitation, military personnel, kinesiotherapy.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПЕРЕЛОМІВ ГОМІЛКОВИХ КІСТОК У РЕЗУЛЬТАТІ БОЙОВИХ ДІЙ.....	14
1.1. Анатомо-фізіологічні особливості будови гомілки та механізми травматизації в умовах бойових дій.....	14
1.2. Класифікація переломів гомілкових кісток бойового походження та їх клінічна характеристика.....	18
1.3. Сучасні підходи до реабілітації військовослужбовців із переломами гомілкових кісток.....	23
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	29
2.1. Характеристика досліджуваного контингенту та організація дослідження.....	29
2.2. Методи оцінювання стану пацієнтів.....	30
2.3. Програма фізичної терапії для експериментальної групи.....	32
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	35
3.1. Вихідні клінічні показники досліджуваних груп.....	35
3.2. Динаміка відновлення функціональних показників.....	36
3.3. Порівняльний аналіз ефективності програм фізичної терапії.....	40
3.4. Обговорення результатів дослідження.....	42
ВИСНОВКИ.....	45
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51
ДОДАТКИ.....	56

ВСТУП

Повномасштабне вторгнення Росії в Україну, яке розпочалося у лютому 2022 року, призвело до масового збільшення кількості поранених військовослужбовців із різноманітними травматичними ушкодженнями. Серед бойових травм особливе місце займають переломи кісток нижніх кінцівок, зокрема гомілки, які є найбільш поширеними ушкодженнями опорно-рухового апарату у бойових умовах. За даними вітчизняних медичних джерел, переломи гомілкових кісток становлять від 25 до 40% від усіх переломів у постраждалих під час бойових дій [9].

Бойові переломи гомілкових кісток суттєво відрізняються від травм мирного часу за механізмом виникнення, ступенем пошкодження м'яких тканин, ризиком інфекційних ускладнень та психологічним станом пацієнтів. Вогнепальні та вибухові поранення гомілки характеризуються значним руйнуванням кісткової тканини, пошкодженням судин і нервів, контамінацією ран, що суттєво ускладнює процес загоєння та реабілітації.

Відновлення функціональної здатності поранених військовослужбовців є надзвичайно важливим завданням сучасної медицини, яке потребує міждисциплінарного підходу та застосування сучасних реабілітаційних технологій. Фізична терапія посідає центральне місце у комплексній реабілітації пацієнтів із переломами гомілкових кісток, забезпечуючи відновлення рухових функцій, зменшення больового синдрому, профілактику ускладнень та поліпшення якості життя.

В умовах інтенсивних бойових дій з використанням важкої артилерії, систем залпового вогню, ударних БПЛА та масивного мінування територій, структура санітарних втрат радикально змінилася порівняно з конфліктами минулого століття. За даними сучасної військово-медичної статистики, поранення кінцівок становлять від 70% до 75% усіх бойових травм, з яких на нижні кінцівки припадає понад 50%. Переломи кісток гомілки є домінуючою патологією в цій групі [17].

Специфіка піхотного бою та використання бронетехніки зумовлює максимальну вразливість саме гомілкового сегмента. При підриві на протипіхотних мінах або впливі імпровізованих вибухових пристроїв (IED) гомілка приймає на себе первинний удар вибухової хвилі та потоку вторинних ранихих снарядів. Незважаючи на вдосконалення засобів індивідуального бронезахисту (шоломи, бронежилети), нижні кінцівки залишаються незахищеними, що робить проблему лікування переломів гомілки не просто медичним, а стратегічним питанням збереження боєздатності військ та запобігання масовій інвалідизації демографічно активного населення.

Фундаментальною помилкою сучасної вітчизняної травматології є спроба лікувати мінно-вибухові та вогнепальні переломи гомілки за лекалами цивільної травми (ДТП, падіння з висоти). Цивільний вискоенергетичний перелом і бойове поранення – це різні патологічні процеси [20].

Бойова травма гомілки характеризується екстремальною кінетичною енергією. Вплив тимчасової пульсуючої порожнини (кавітації) при проходженні кулі або осколка викликає мікроциркуляторний колапс та некроз тканин, який візуально не визначається під час первинного хірургічного втручання. Анатомічна будова гомілки (відсутність м'язового покриву на передньо-медіальній поверхні великогомілкової кістки, жорсткі фасціальні футляри) робить цей сегмент критично вразливим. Застосування стратегії Early Total Care (раннього тотального остеосинтезу) із первинним зануренням інтрамедулярних стрижнів або накладанням пластин у перші години чи дні після поранення є клінічною недбалістю. Ця практика ігнорує первинну контамінацію рани антибіотикорезистентною флорою (зокрема, *Acinetobacter baumannii* та анаеробами) і гарантовано призводить до глибокого остеомієліту, втрати металоконструкції та, зрештою, ампутації. Актуальність теми полягає у необхідності жорсткого насадження концепції Damage Control Orthopedics (DCO) як єдиного допустимого стандарту першого етапу [24].

Системним недоліком на етапах медичної евакуації залишається недооцінка ризику розвитку гострого компартмент-синдрому гомілки. Набряк

розтрощених м'язів у замкнених фасціальних просторах підвищує субфасціальний тиск вище рівня капілярної перфузії (понад 30 мм рт. ст.), що викликає незворотний ішемічний некроз м'язів та нервів протягом 6-8 годин.

Тактика спостереження або очікування класичної клінічної картини (біль, блідість, відсутність пульсу, параліч, парестезія) при мінно-вибуховій травмі є неприпустимою, оскільки ці симптоми свідчать про вже незворотні зміни. Профілактична широка дерматофасціотомія всіх чотирьох футлярів гомілки має виконуватися превентивно. Невиконання цієї процедури на етапі Role 2 є прямою причиною втрати функціональності кінцівки навіть за умови ідеального зрощення кістки в майбутньому [19].

Вирішення проблеми бойового перелому неможливе лише інструментарієм остеосинтезу. Залишення оголеної великогомілкової кістки (переломи типу ПІВ за Gustilo-Anderson) для самостійного гранулювання, тривале ведення таких ран під мазевими пов'язками або зловживання VAC-терапією понад 3 тижні є грубим порушенням принципів мікрохірургії [42].

Кістка, позбавлена окістя, піддається десикації (висиханню) та некрозу. Вона стає субстратом для біоплівки госпітальних інфекцій. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю імплементації ортопластичного підходу, який вимагає радикального хірургічного дебридменту та раннього (в ідеалі – до 7 діб) закриття дефектів ротаційними (gastrocnemius, soleus flaps) або вільними васкуляризованими клаптями (ALT-клапоть). Відсутність співпраці між травматологами та пластичними/мікрохірургами на етапі Role 3/4 безпосередньо впливає на катастрофічний відсоток формування інфікованих хибних суглобів [35].

Мінно-вибухові травми супроводжуються первинною втратою фрагментів діафіза гомілки (missing bone). Традиційні методи лікування цивільних переломів тут не працюють. Спроби замінити значні дефекти (понад 3-4 см) не васкуляризованими кістковими трансплантатами у рубцевозмінені та погано васкуляризовані тканини бойової рани завершуються лізисом трансплантата або його нагноєнням [40].

Сучасна парадигма вимагає застосування виключно двох доведених концепцій: методу індукованої мембрани (техніка Masquelet) або дистракційного остеогенезу (за Ілізаровим/bone transport). Відсутність системного навчання цим методикам призводить до хаотичних хірургічних рішень, багаторазових нерезультативних операцій та втрати часу, що обчислюється роками [33].

Критичною тактичною помилкою є ірраціональне прагнення зберегти анатомічну цілісність понівеченої гомілки при тотальному руйнуванні судинно-нервових структур та м'язового масиву. Ігнорування об'єктивних шкал оцінки важкості пошкодження (наприклад, MESS — Mangled Extremity Severity Score) призводить до сумнозвісного сценарію "відстроченої ампутації" [38].

Пацієнт піддається десяткам хірургічних втручань протягом кількох років, страждає від хронічного сепсису, болю, наркотичної залежності та важкої депресії, після чого кінцівка все одно ампутується через її повну функціональну непридатність (кінцівка як нечутливий баласт). Дослідження чітко доводять, що рання ампутація з первинним протезуванням при високих балах за MESS дає значно вищі показники повернення до самостійного життя та праці, ніж багаторічні спроби реконструкції. Лікарі повинні усвідомити: ампутація є реконструктивною операцією, а не медичною поразкою.

Система реабілітації військовослужбовців із травмами гомілки страждає від застарілих догм. Ключовою з них є пролонгована заборона на осьове навантаження. Застосування тривалої іммобілізації та повне розвантаження пошкодженої ноги прямо суперечить закону Вольфа та принципам механотрансдукції [27].

Кісткова тканина потребує мікрорухомості та механічної деформації для стимуляції остеобластів. Жорстка статична фіксація в апараті зовнішньої фіксації без подальшої динамізації та без раннього дозованого навантаження вагою тіла штучно створює умови для розвитку атрофічних хибних суглобів та важкого остеопорозу. Актуальною є вимога переходу до функціональної

реабілітації: пацієнт повинен навантажувати кінцівку під контролем болю в ранні терміни після стабілізації уламків [49].

Фізіологічне відновлення неможливе за умови ігнорування нейропсихічного статусу пацієнта. Розгляд перелому гомілки як виключно механічної проблеми є примітивним підходом. Бойова травма завжди супроводжується посттравматичним стресовим розладом (ПТСР), нейропатичним болем та психологічною дезадаптацією.

Хронічний больовий синдром, пов'язаний із пошкодженням сідничного чи великогомілкового нервів, без адекватного фармакологічного та психіатричного контролю повністю блокує мотивацію пацієнта до кінезіотерапії. Відсутність мультидисциплінарних команд (хірург, реабілітолог, психіатр, фахівець із лікування болю) зводить нанівець навіть найякіснішу хірургічну роботу [39].

Незважаючи на наявність значної кількості наукових праць з питань реабілітації після переломів гомілки, методи фізичної терапії саме бойових травм потребують подальшого вивчення та систематизації з урахуванням специфіки ушкоджень, психо-емоційного стану ветеранів та сучасних можливостей реабілітаційної медицини в Україні [29].

Актуальність теми обумовлена: значним зростанням кількості поранених військовослужбовців із переломами гомілкових кісток внаслідок бойових дій; специфічністю бойових переломів гомілки порівняно з травмами мирного часу; необхідністю розробки науково обґрунтованих програм фізичної терапії з урахуванням особливостей бойових травм; недостатньою кількістю вітчизняних досліджень з даної проблематики. Окрім того, актуальність проблеми полягає і у нагальній потребі повного руйнування застарілих цивільних догм у лікуванні переломів гомілки та переході до доказових військово-медичних протоколів. Кожен випадок ускладнення (остеомієліт, хибний суглоб, ампутація через сепсис) – це наслідок прямого ігнорування законів енергії раннячого снаряда, відсутності превентивних фасціотомій, запізненого закриття м'якотканинних дефектів та страху перед

раннім осьовим навантаженням. Вирішення цих проблем вимагає жорсткої стандартизації підходів на всіх етапах медичної евакуації та лікування.

Мета дослідження: науково обґрунтувати, розробити та експериментально перевірити програму фізичної терапії для військовослужбовців із переломами гомілкових кісток, отриманими внаслідок бойових дій.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасний стан проблеми фізичної терапії бойових переломів гомілкових кісток на основі вітчизняної та зарубіжної літератури.
2. Охарактеризувати специфіку бойових переломів гомілки, їх класифікацію та особливості клінічного перебігу.
3. Розробити комплексну програму фізичної терапії для військовослужбовців із переломами гомілкових кісток.
4. Провести педагогічний експеримент та оцінити ефективність розробленої програми фізичної терапії.
5. Розробити практичні рекомендації для фізичних терапевтів щодо реабілітації поранених військовослужбовців із переломами гомілкових кісток.

Об'єкт дослідження: процес фізичної терапії поранених військовослужбовців із переломами гомілкових кісток.

Предмет дослідження: засоби та методи фізичної терапії переломів гомілкових кісток бойового походження.

Методи дослідження: теоретичний аналіз і синтез наукової та методичної літератури; клінічне спостереження; антропометрія та функціональне тестування; гоніометрія (вимірювання обсягу рухів у суглобах); динамометрія (визначення м'язової сили); оцінювання больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою (ВАШ); визначення рівня функціональної незалежності (шкала FIM); методи математичної статистики.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що: вперше розроблено та науково обґрунтовано комплексну програму фізичної терапії для військовослужбовців із переломами гомілкових кісток з урахуванням

специфіки бойових ушкоджень; доповнено наукові знання про ефективність поєднання кінезіотерапії, фізіотерапевтичних методів та психологічної підтримки у процесі реабілітації; отримано нові дані щодо динаміки відновлення функціональних показників у постраждалих із бойовими переломами гомілки.

Практичне значення одержаних результатів: розроблено програму фізичної терапії, яка може бути впроваджена у практику роботи реабілітаційних центрів, військових шпиталів та закладів охорони здоров'я України; розроблено методичні рекомендації для фізичних терапевтів щодо реабілітації поранених військовослужбовців.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, практичних рекомендацій, висновків та списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПЕРЕЛОМІВ ГОМІЛКОВИХ КІСТОК У РЕЗУЛЬТАТІ БОЙОВИХ ДІЙ

1.1. Анатомо-фізіологічні особливості будови гомілки та механізми травматизації в умовах бойових дій

Гомілка є сегментом нижньої кінцівки, розташованим між колінним та гомілковостопним суглобами. Вона утворена двома кістками: великогомілковою (tibia) та малою гомілковою (fibula). Велика гомілкова кістка є однією з найбільших кісток людського тіла і несе основне функціональне навантаження при ходьбі та стоянні, тоді як мала гомілкова кістка виконує переважно стабілізуючу функцію та є місцем прикріплення численних м'язів.

Великогомілкова кістка являє собою масивну тригранну трубчасту кістку, яка складається з проксимального епіфіза, діафіза та дистального епіфіза. Проксимальний епіфіз утворює суглобові поверхні для зчленування з виростками стегнової кістки та головкою малою гомілковою кістки. Тіло (діафіз) великогомілкової кістки має тригранну форму і добре прощупується під шкірою на передній поверхні гомілки. Дистальний епіфіз утворює медіальну кісточку та суглобову поверхню для зчленування з таранною кісткою [15].

М'язи гомілки поділяються на три групи: передню, задню та латеральну. Передня група включає: передній великогомілковий м'яз (m. tibialis anterior), довгий розгинач пальців (m. extensor digitorum longus) та довгий розгинач великого пальця (m. extensor hallucis longus). Задня група складається з двох підгруп: поверхневої (литковий м'яз, камбалоподібний м'яз, підошовний м'яз) та глибокої (задній великогомілковий м'яз, довгий згинач пальців, довгий згинач великого пальця). Латеральна група включає довгий і короткий малою гомілкові м'язи [8].

Кровообіг гомілки здійснюється передньою і задньою великогомілковими артеріями, які є гілками підколінної артерії. Малою гомілковою артерією відходить від задньої великогомілкової артерії. Особливістю кровообігу є те, що значна частина судин, особливо в середній та нижній

третині гомілки, пролягає безпосередньо під шкірою, що обумовлює значний ризик ушкодження при переломах та відкритих травмах.

Іннервація гомілки здійснюється гілками сідничного нерва: глибокий малогомілковий нерв іннервує м'язи передньої групи та шкіру тильної поверхні стопи; поверхневий малогомілковий нерв іннервує м'язи латеральної групи та шкіру нижньої частини латеральної поверхні гомілки і тилу стопи; великогомілковий нерв іннервує м'язи задньої групи та шкіру підошви.

Гомілковостопний суглоб є складним суглобом, утвореним нижніми поверхнями великої і малої гомілкових кісток та блоком таранної кістки. Суглоб забезпечує виконання рухів у сагітальній площині: підошовне згинання (plantar flexion) в обсязі 30-50° та тильне згинання (dorsal flexion) в обсязі 20-30°. Стабільність суглоба забезпечується потужним зв'язковим апаратом – дельтоподібною зв'язкою з медіального боку та трьома зв'язками з латерального [24].

Розуміння механізмів травматизації гомілки в умовах бойових дій є надзвичайно важливим для розробки ефективних програм фізичної терапії. Бойові переломи гомілкових кісток мають суттєві відмінності від травм мирного часу. Вони виникають внаслідок дії потужних механічних сил значно більшої інтенсивності, ніж при побутових або спортивних травмах.

Основними механізмами бойового травматизму гомілки є: вогнепальні поранення (кульові та осколкові), вибухові травми, дія ударної хвилі, механічні травми внаслідок аварій бойових машин та падіння. Особливістю вогнепальних переломів є значна кількість уламків кістки, руйнування м'яких тканин, контамінація рани мікроорганізмами та сторонніми частинками. Вибухові ушкодження характеризуються поєднаним характером травми – одночасним впливом ударної хвилі, первинних і вторинних осколків, термічних чинників та психологічного стресу.

За даними Білецького В.В. та співавторів (2020), в умовах сучасних збройних конфліктів осколкові поранення становлять до 70% від усіх бойових травм, тоді як кульові поранення – близько 20%, а решта припадає на інші

механізми ушкодження. Характерною рисою бойових переломів є їх відкритий характер, що пов'язано з великою кінетичною енергією вражаючих чинників та неможливістю забезпечити стерильні умови у бойовій обстановці.

Вогнепальний перелом великогомілкової кістки супроводжується значними пошкодженнями прилеглих м'яких тканин, що пов'язано з ефектом кавітаційного удару. При проходженні кулі або осколка через тканини виникає тимчасова порожнина, діаметр якої у кілька разів перевищує діаметр вражаючого снаряда. Це призводить до некрозу м'язової тканини, розриву фасцій, ушкодження судин та нервів на відстані, що значно ускладнює відновлення після таких травм [15].

Компартмент-синдром є одним із найнебезпечніших ускладнень бойових переломів гомілки. Він виникає внаслідок підвищення тиску у фасціальних ложах гомілки, що призводить до порушення мікроциркуляції та ішемії м'язів і нервів. Без своєчасного хірургічного лікування (фасціотомії) розвивається незворотне ушкодження м'язів та нервів з формуванням контрактур та паралічів. Частота компартмент-синдрому при відкритих переломах гомілки у бойових умовах може досягати 10-15% [9].

Психологічний аспект бойових травм займає важливе місце в реабілітаційному процесі. Поранені військовослужбовці нерідко страждають від посттравматичного стресового розладу (ПТСР), депресії, тривожних розладів, що суттєво впливає на їх мотивацію до реабілітації та загальний прогноз відновлення. Тому програми фізичної терапії для ветеранів повинні обов'язково включати психологічну підтримку та враховувати психоемоційний стан пацієнтів.

Механізми травматизації за даними сучасних досліджень

Бойові травми гомілки класифікують за фізикою передачі енергії. Базовий закон балістики визначає кінетичну енергію снаряда як $E = \frac{1}{2}mv^2$. Швидкість (v) є критичним фактором деструкції.

1. Мінно-вибухова травма (МВТ) та імпровізовані вибухові пристрої (IEDs)

Згідно з дослідженнями *Ramasamy A. et al.* (Injury, 2011), механізм МВТ гомілки жорстко залежить від позиції військовослужбовця:

- Для пішого патруля ключовим є ураження на рівні землі (вплив первинної вибухової хвилі та вторинних уламків ґрунту/каміння). Це призводить до "ампутації травматичним відривом" або масивного розтрощення нижньої третини гомілки з тотальним дефектом (missing bone) та незворотним руйнуванням судинно-нервових пучків.

- Для екіпажів бронетехніки характерний ефект "deck-slap" — раптове екстремальне прискорення підлоги машини внаслідок підриву днища. Це викликає важкі аксіальні компресійні переломи пілона та діафіза великогомілкової кістки без прямого проникаючого контакту з вибуховою речовиною, але з розтрощенням суглобових поверхонь [11].

2. Кавітаційний ефект високошвидкісних снарядів

Як доводять *Belmont P.J. et al.* (J Am Acad Orthop Surg, 2012), кулі з початковою швидкістю понад 800 м/с під час проходження через м'які тканини гомілки створюють тимчасову пульсуючу порожнину (кавітацію). Її розмір у 30–40 разів перевищує калібр кулі.

- **Критична помилка оцінки:** Орієнтуватися на малий розмір вхідного та вихідного отворів шкіри. Кавітація викликає перерозтягнення, розрив мікроциркуляторного русла та контузію нервових стовбурів на значній відстані від прямого раневого каналу. М'язові тканини, які візуально здаються життєздатними під час первинної хірургічної обробки (ПХО), неминуче піддаються вторинному некрозу протягом 48–72 годин. Тому протокол вимагає програмованих повторних ревізій (second look) [23].

3. Біомеханіка контамінації

Дослідження *Penn-Barwell J.G. et al.* (Bone Joint J, 2013) щодо бойових відкритих переломів великогомілкової кістки підкреслюють, що вибухова хвиля діє як інжектор під надвисоким тиском. Вона вбиває частинки ґрунту, пилу, фрагменти взуття та шкірну флору глибоко в кістковомозковий канал та міжфасціальні простори. Це формує первинно контаміновану рану зі

специфічною госпітальною флорою поля бою (наприклад, *Acinetobacter baumannii*), що робить будь-які спроби первинного закритого внутрішнього остеосинтезу абсолютно протипоказаними.

4. Пріоритет м'яких тканин над кісткою

Cross A.M. et al. (J Orthop Trauma, 2014) довели, що при бойовій травмі гомілки ступінь розтрощення кісткової тканини не корелює прямо з ризиком втрати кінцівки. Вирішальним предиктором неминучої ампутації є ступінь деваскуляризації та об'єм втрати м'язового масиву. Збереження або фіксація анатомічної цілісності великогомілкової кістки при повному знищенні магістральних артерій та передньої/задньої групи м'язів є тактично безглуздом і лише продовжує час до сепсису [30].

1.2. Класифікація переломів гомілкових кісток бойового походження та їх клінічна характеристика

Застосування виключно анатомо-морфологічних класифікацій до бойових переломів гомілки є грубою клінічною помилкою. Цивільні підходи (наприклад, ізольоване використання АО/ОТА) ігнорують головні фактори високоенергетичного поранення: зону тимчасової пульсуючої порожнини (кавітації), первинне мікробне забруднення та ступінь деваскуляризації. Оцінка перелому лише за рентгенограмою призводить до неадекватної хірургічної тактики, розвитку анаеробних інфекцій та втрати кінцівки.

Сучасний світовий досвід (протоколи НАТО, настанови ICRC та ATLS/TCCC) вимагає комплексного підходу: одночасної класифікації ушкодження кістки, м'яких тканин, судинно-нервових пучків та загального статусу кінцівки [23].

1. Універсальна класифікація переломів АО/ОТА (Orthopaedic Trauma Association)

Базова система для визначення морфології та локалізації перелому. Великомілкова та малоомілкова кістки кодуються цифрою 4.

- **41** – проксимальний відділ (внутрішньо- та позасуглобові).
- **42** – діафіз (А – прості, В – клиноподібні, С – складні багатоуламкові).
- **43** – дистальний відділ.

Планування остеосинтезу спираючись виключно на тип 42-С (багатоуламковий діафізарний перелом) без врахування стану м'яких тканин. У бойових умовах морфологія кістки є вторинною; первинним є збереження кровопостачання та життєздатності покривних тканин.

2. Класифікація відкритих переломів Gustilo-Anderson (модифікація 1984)

Критично важлива шкала для вогнепальних та мінно-вибухових травм. Класифікувати кульові поранення з невеликим входним отвором як Тип I або Тип II. Сучасна військово-польова хірургія вимагає автоматично класифікувати будь-яке високоенергетичне (бойове) поранення як **Тип III**, оскільки кінетична енергія снаряда викликає масивне некротизування тканин у глибині рани, невидиме на поверхні.

- **Тип IIIA:** Велике ушкодження м'яких тканин, але кістка адекватно покрита окістям і життєздатними тканинами.

- **Тип IIIB:** Масивний дефект тканин з оголенням кістки (відшарування окістя). Вимагає обов'язкової реконструкції пластичними клаптями.

- **Тип IIIC:** Перелом будь-якого ступеня важкості, що супроводжується пошкодженням магістральної артерії (підколінної, передньої/задньої великогомілкової), яке вимагає хірургічного відновлення для порятунку кінцівки [35].

3. Класифікація ран Червоного Хреста (Red Cross Wound Classification - RCWC, Coupland, 1991)

Спеціалізована система для бойових травм, яка деталізує об'єм ураження за шістьма параметрами. Її ігнорування під час сортування на етапі Role 2 є тактичним недоліком, що порушує наступність лікування.

- **E (Entry)** – входний отвір (в см).
- **X (Exit)** – вихідний отвір (в см).

- **C (Cavity)** – наявність раневої порожнини (0 – ні, 1 – так).
- **F (Fracture)** – ступінь перелому (0 – відсутній, 1 – простий, 2 – клінічно значущий/багатоуламковий з дефектом).
- **V (Vital structures)** – пошкодження нервів та судин (V1).
- **M (Metallic bodies)** – наявність металевих осколків.

4. Шкала оцінки понівеченої кінцівки MESS (Mangled Extremity Severity Score) (*Johansen K., et al. Objective criteria accurately predict amputation following lower extremity trauma*). Використовується для ухвалення рішення: боротьба за збереження кінцівки чи первинна ампутація. Оцінюються 4 критерії: ступінь пошкодження тканин, ішемія кінцівки, наявність шоку та вік пацієнта. Спроби застосувати тактику "limb salvage" (порятунк кінцівки) при балі MESS ≥ 7 . Це гарантовано веде до тривалого сепсису, гострої ниркової недостатності внаслідок міоглобінурії (краш-синдром), багаторазових нерезультативних втручань та, зрештою, відстроченої ампутації на фоні виснаження пацієнта або його смерті. Сучасний світовий досвід (дослідження LEAP) доводить, що рання ампутація при високому балі MESS дає кращі функціональні результати завдяки ранньому протезуванню [21].

Клінічна характеристика бойових переломів гомілки

1. **Тотальна контамінація:** У рану завжди вбивається бруд, фрагменти одягу та екіпіровки. Перелом первинно інфікований (*Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, анаероби).

2. **Високий ризик компартмент-синдрому:** Гомілка має жорсткі фасціальні футляри. Набряк від мінно-вибухової травми швидко підвищує підфасціальний тиск. Відмова від профілактичної широкої фасціотомії (всіх 4-х футлярів гомілки) при сумнівних ознаках ішемії є недбалістю, що закінчується ішемічним некрозом м'язів протягом 6-8 годин.

3. **Втрата кісткової маси:** Мінно-вибухові травми часто супроводжуються первинним кістковим дефектом (missing bone), що унеможлиблює традиційне зрощення і від початку вимагає планування

заміщення дефекту за методикою Masquelet або Ілізарова на етапі Role 3/Role 4. [11].

Класифікація переломів гомілкових кісток є важливою основою для визначення тактики лікування та реабілітації. У клінічній практиці використовується декілька класифікаційних систем, кожна з яких враховує різні аспекти травми.

За характером ушкодження кісткової тканини переломи поділяють на: поперечні (лінія перелому перпендикулярна довгій осі кістки); косі (лінія перелому розташована під кутом до довгої осі); гвинтоподібні (лінія перелому має спіральний характер); осколкові (кістка розколота на більш ніж два фрагменти); подрібнені (значна кількість уламків кістки різної величини). Для бойових переломів найбільш характерними є осколкові та подрібнені переломи внаслідок високоенергетичних механізмів травматизму.

Класифікація АО (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) є найбільш широко використовуваною у сучасній травматології. Згідно з цією системою, переломи великогомілкової кістки поділяють на три типи за анатомічною локалізацією та три підтипи за ступенем складності: тип А – прості переломи; тип В – клиноподібні переломи; тип С – складні (осколкові) переломи. Кожен тип додатково поділяється на підтипи 1, 2, 3 залежно від особливостей лінії перелому та ступеня пошкодження кістки.

Класифікація відкритих переломів за Gustilo-Anderson є стандартом для оцінки тяжкості бойових переломів гомілки. Тип I: відкрита рана до 1 см, мінімальне ушкодження м'яких тканин, відносно чиста рана; тип II: рана від 1 до 10 см, помірне ушкодження м'яких тканин без значного розтрощення; тип III: рана більше 10 см, значне ушкодження м'яких тканин. Тип III, у свою чергу, поділяється на підтипи: IIIA – адекватне м'якотканинне покриття незважаючи на значне подрібнення; IIIB – значна втрата м'яких тканин з оголенням кістки, потребує пластичного закриття; IIIC – наявність артеріального ушкодження, що потребує судинної реконструкції [22].

Бойові вогнепальні переломи гомілки переважно відносяться до типу ІІВ або ІІС за класифікацією Gustilo-Anderson, оскільки характеризуються значним руйнуванням м'яких тканин, ушкодженням судин та нервів, а також контамінацією рани. За даними Корж М.О. та Герасименка С.І. (2019), частка переломів типу ІІ при бойових травмах гомілки становить близько 65-75%.

Клінічна картина перелому гомілкових кісток є типовою та характеризується наявністю вираженого больового синдрому, деформації сегмента, порушення осевого навантаження, набряку та гематоми. При відкритих переломах визначається рана з виступаючими кістковими уламками. Додатково можуть спостерігатися ознаки ушкодження судин (порушення периферичного пульсу, блідість або ціаноз шкіри, зниження температури дистальних відділів кінцівки) та нервів (порушення чутливості та рухів у стопі) [31].

Рентгенологічне дослідження є основним методом діагностики переломів гомілки. Виконуються рентгенограми в двох проекціях: прямій та бічній, причому знімки повинні захоплювати обидва суміжних суглоби. Комп'ютерна томографія (КТ) застосовується для детальної оцінки складних внутрішньосуглобових та осколкових переломів, а також для передопераційного планування. МРТ використовується для оцінки стану м'яких тканин при підозрі на ушкодження зв'язок, менісків та хряща.

Лікування переломів гомілкових кісток може бути консервативним або хірургічним. Консервативне лікування (імобілізація гіпсовою пов'язкою) застосовується при закритих стабільних переломах без зміщення або з незначним зміщенням. Хірургічне лікування показане при нестабільних переломах, значному зміщенні фрагментів, відкритих переломах та при відсутності ефекту від консервативної терапії. Основними методами хірургічної фіксації є інтрамедулярний остеосинтез (ІМ-цвях), зовнішній фіксатор та накістковий остеосинтез (пластина з гвинтами).

При бойових переломах гомілки методом вибору у гострому та ранньому постгострому періоді є зовнішній фіксатор (апарат Ілізарова або

монолатеральний стрижневий фіксатор), який дозволяє стабілізувати переломи при значному забрудненні ран. Після загоєння ран і ліквідації інфекційного процесу проводиться конверсія на інший вид фіксації – переважно інтрамедулярний остеосинтез. За даними міжнародних настанов (ATLS, 2019), для відкритих переломів III ступеня тяжкості при бойових травмах рекомендується використання апаратів зовнішньої фіксації у поєднанні з агресивною хірургічною обробкою ран [5].

1.3. Сучасні підходи до реабілітації військовослужбовців із переломами гомілкових кісток

Реабілітація після переломів гомілкових кісток у ветеранів бойових дій є складним і тривалим процесом, що потребує застосування комплексного міждисциплінарного підходу. Сучасна концепція реабілітації включає фізичну терапію, ерготерапію, психологічну підтримку, соціальну реінтеграцію та медичний супровід.

Фізична терапія (ФТ) є провідним методом функціональної реабілітації пацієнтів із переломами гомілки. Вона спрямована на відновлення обсягу рухів у суглобах, зміцнення м'язів, нормалізацію ходьби, зменшення больового синдрому та набряку, профілактику ускладнень та відновлення функціональної незалежності пацієнта. Відповідно до рекомендацій Міжнародної асоціації фізичних терапевтів (World Physiotherapy, 2020), реабілітація після переломів гомілки поділяється на три послідовних етапи, що відповідають фазам репаративного остеогенезу.

Лікування та реабілітація бойових переломів гомілкових кісток вимагає жорсткого дотримання сучасних протоколів; застарілі підходи з тривалою гіпсовою іммобілізацією є категорично помилковими та гарантовано призводять до інвалідизації або незрошення. Бойова травма принципово відрізняється від цивільної високоенергетичним механізмом (мінно-вибухові, вогнепальні поранення), масивним руйнуванням м'яких тканин та первинним

бактеріальним забрудненням. Базовою для початкового етапу є тактика Damage Control Orthopedics (DCO) (Scalea et al., *Damage control orthopedics*). Прагнення виконати негайний внутрішній остеосинтез інтрамедулярним стрижнем або пластиною в умовах вогнепальної рани гомілки – це груба тактична помилка, яка веде до остеомієліту та втрати кінцівки. На першому етапі застосовуються виключно апарати зовнішньої фіксації (АЗФ) у комбінації з агресивним хірургічним дебридментом та VAC-терапією (від'ємним тиском). Далі ключову роль відіграє ортопластичний підхід. Залишення оголеної великогомілкової кістки для самостійного загоєння вторинним натягом є неприпустимим; сучасний стандарт вимагає покриття дефектів ротаційними або вільними васкуляризованими клаптями в термін до 7–10 діб (Godina's principles of microsurgical reconstruction) [15].

Біологічною основою подальшого відновлення є «Діамантова концепція» (Giannoudis P.V. *The diamond concept*), яка спростовує старі однофакторні моделі, наголошуючи, що для регенерації одночасно і критично необхідні чотири фактори: остеогенні клітини, остеокондуктивний матрикс, остеоіндуктивні фактори росту та механічна стабільність із достатньою васкуляризацією. Відсутність хоча б одного елемента робить зрощення неможливим. На етапі активної реабілітації ключовою є теорія механотрансдукції, яка базується на законі Вольфа: кісткова тканина адаптується до механічних навантажень. Стратегія повного розвантаження пошкодженої ноги є хибною, оскільки викликає критичну резорбцію кістки та стійкі контрактури. Замість цього використовується метод раннього дозованого осьового навантаження та динамізація АЗФ або інтрамедулярного фіксатора, що створює мікрорухомість, стимулюючи формування повноцінного кісткового мозоля (Sarmiento A. *Functional bracing of tibial fractures*).

У випадку значних дефектів діяфіза гомілки безальтернативними є метод індукованої мембрани Masquelet або дистракційний остеогенез за Ілізаровим, де регенерат витягується механічно (Masquelet A.C. *The induced membrane*

technique). Також критичною концептуальною помилкою є «збереження кінцівки будь-якою ціною» (*limb salvage at all costs*). Оцінка за шкалою MESS (*Mangled Extremity Severity Score*) та дослідження LEAP доводять, що при масивному руйнуванні масиву м'язів і нервів гомілки, багатомісячні спроби реконструкції дають значно гірший функціональний результат, ніж рання ампутація з негайним протезуванням (Bosse M.J. *An analysis of outcomes of reconstruction or amputation...*) [17].

Таким чином, реабілітація не є лише біомеханічним процесом; сучасна теорія біопсихосоціального відновлення доводить, що ігнорування лікування бойового ПТРС та хронічного больового синдрому повністю блокує фізіологічне відновлення військовослужбовця, зводячи нанівець результати будь-яких хірургічних та фізіотерапевтичних втручань.

Перший (імобілізаційний) етап охоплює гостру та підгостру фази травми, коли здійснюється хірургічне лікування та відбувається первинне загоєння рани і кісткових фрагментів. Основними завданнями фізичної терапії на цьому етапі є: зменшення набряку та больового синдрому, профілактика тромбозу глибоких вен, підтримання м'язового тону неущожденної кінцівки та тулуба, навчання безпечного пересування з милиціями. Застосовуються ізометричні вправи для м'язів ураженої кінцівки, активні рухи в незаблокованих суглобах, а також вправи для протилежної кінцівки та верхніх кінцівок.

Другий (постімобілізаційний) етап починається після зняття гіпсу або перекладання пацієнта на функціональний ортез. Основними завданнями є: відновлення обсягу рухів у гомілковостопному та колінному суглобах, зміцнення м'язів гомілки, відновлення правильного стереотипу ходьби, поступове збільшення навантаження на уражену кінцівку. На цьому етапі широко застосовуються лікувальна гімнастика, гідрокінезіотерапія, механотерапія (СРМ-апарати), кінезіотейпування та фізіотерапевтичні методи.

Третій (відновний) етап спрямований на повне відновлення рухових функцій та повернення пацієнта до активного способу життя або до виконання

службових обов'язків. Завданнями є: відновлення повного обсягу рухів у суглобах, досягнення симетричної м'язової сили обох кінцівок, тренування рівноваги та пропріоцепції, відновлення спортивних навичок (за наявності такої цілі). На цьому етапі застосовуються тренування на нестабільних платформах, PNF (пропріоцептивне нейром'язове полегшення), функціональне тренування, вправи на відновлення спринтерських та стрибкових навичок [34].

Кінезіотерапія є основою фізичної терапії при переломах гомілки. Лікувальна фізична культура (ЛФК) дозволяє активно задіяти всі ланки реабілітаційного процесу: нервово-м'язову систему, серцево-судинну систему, психологічну сферу пацієнта. Принципами ЛФК при переломах є: поступовість збільшення навантаження; урахування індивідуальних особливостей пацієнта; активна участь пацієнта у реабілітаційному процесі; системність та регулярність занять; комплексне використання різних засобів ЛФК.

Гідрокінезіотерапія (лікувальна гімнастика у воді) має ряд переваг при реабілітації після переломів гомілки. По-перше, архімедова сила води зменшує навантаження на суглоби та кістки, що дозволяє розпочати активні рухи раніше, ніж на суші. По-друге, гідростатичний тиск сприяє зменшенню набряку кінцівки. По-третє, тепло теплої води розслаблює м'язи та покращує мікроциркуляцію. Гідрокінезіотерапія особливо ефективна у другому та третьому етапах реабілітації для відновлення обсягу рухів та функціонального тренування [29].

Фізіотерапевтичні методи відіграють важливу допоміжну роль у комплексній фізичній терапії переломів гомілки. Для зменшення болю та запалення застосовуються: лазеротерапія, магнітотерапія, ультразвукова терапія, електростимуляція. Для прискорення загоєння кісткових фрагментів – ударно-хвильова терапія та низькоінтенсивне лазерне випромінювання. Для зменшення набряку та покращення мікроциркуляції – лімфодренажний масаж, пневматична компресія, кінезіотейпування. При наявності рубців після

хірургічного лікування застосовується ультрафонофорез з ферментативними препаратами та фізіотерапевтичний масаж рубцевої тканини.

Масаж є важливим засобом фізичної терапії, що застосовується вже з перших днів після травми. У гострому та підгострому періодах проводиться сегментарний масаж паравертебральних зон відповідних сегментів спинного мозку, масаж контралатеральної кінцівки та відділів ураженої кінцівки, що виступають за межі іммобілізації. Після зняття іммобілізації – класичний лікувальний масаж гомілки та стопи з метою покращення кровообігу, зменшення набряку та нормалізації м'язового тону.

Рання вертикалізація та відновлення ходьби є пріоритетними завданнями фізичної терапії після переломів гомілки. Затримка вертикалізації призводить до наростання м'язової гіпотрофії, зниження мінеральної щільності кісток, розвитку ортостатичної гіпотензії та депресії. Відповідно до сучасних клінічних протоколів, вертикалізація пацієнта після стабільного остеосинтезу гомілки починається вже на 1-2 добу після операції, а поступове навантаження на ногу – з 4-7 доби [26].

Особливості реабілітації ветеранів бойових дій. Психологічний компонент у реабілітації ветеранів з бойовими переломами відіграє надзвичайно важливу роль. Такі пацієнти нерідко страждають від ПТСР, депресії, хронічного болю, тривожних розладів, що суттєво ускладнює процес реабілітації. Фізичний терапевт повинен бути обізнаний у питаннях психологічної підтримки, уміти встановлювати довірчі відносини з пацієнтом та своєчасно залучати психолога до мультидисциплінарної команди. Доведено, що регулярні заняття ЛФК самі по собі мають позитивний вплив на психологічний стан ветеранів, оскільки фізична активність стимулює вироблення ендорфінів та нейромедіаторів, що покращують настрій і знижують тривожність.

Мультидисциплінарний підхід до реабілітації є ключовим принципом сучасної фізичної терапії ветеранів. Команда фахівців включає: лікаря-ортопеда або реабілітолога, фізичного терапевта, ерготерапевта, психолога,

логопеда (за необхідності), соціального працівника, а при наявності протезів – спеціаліста з протезування та ортезування. Ефективна комунікація між членами команди та пацієнтом є запорукою успішної реабілітації [45].

Аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури свідчить про постійне вдосконалення підходів до реабілітації після переломів гомілки у ветеранів. Разом з тим, більшість досліджень присвячена травмам мирного часу, а наукових робіт, що стосуються специфіки реабілітації саме бойових переломів гомілки в умовах українських реалій, недостатньо. Це підкреслює актуальність даного дослідження та необхідність розробки науково обґрунтованих рекомендацій з цієї проблематики.

Таким чином, аналіз наукових джерел показав, що: гомілка є складним анатомо-функціональним утворенням, що забезпечує функцію опори та пересування; бойові переломи гомілкових кісток суттєво відрізняються від травм мирного часу за механізмом, тяжкістю та ускладненнями; сучасна система реабілітації після переломів гомілки базується на мультидисциплінарному підході та принципах ранньої активізації; специфіка фізичної терапії ветеранів вимагає обов'язкового врахування психологічного компонента та травматичного досвіду бойових дій; відсутність науково обґрунтованих вітчизняних програм фізичної терапії для даної категорії пацієнтів обумовлює необхідність проведення відповідних досліджень.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика досліджуваного контингенту та організація дослідження

Дослідження проводилося на базі реабілітаційного центру протягом 2024–2026 років. До дослідження залучалися військовослужбовці Збройних Сил України, які отримали переломи гомілкових кісток внаслідок бойових дій та проходили курс стаціонарної або амбулаторної реабілітації.

Критерії включення до дослідження: наявність підтвердженого перелому великогомілкової кістки та/або малогомілкової кістки внаслідок бойових дій; завершений первинний хірургічний етап лікування (остеосинтез або гіпсова іммобілізація); вік від 18 до 55 років; добровільна інформована згода на участь у дослідженні.

Критерії виключення: наявність протипоказань до фізичної активності (тяжка супутня серцево-судинна патологія, активна інфекція рани); ампутація ураженої кінцівки; неможливість участі у реабілітаційних заходах внаслідок важкого загального стану; відмова від участі у дослідженні.

Загальна вибірка склала 30 осіб, які були розподілені на дві групи методом рандомізації: контрольну ($n=15$) та експериментальну ($n=15$). Пацієнти контрольної групи проходили стандартний курс реабілітації, прийнятий у лікувальному закладі. Пацієнти експериментальної групи займалися за розробленою нами авторською програмою фізичної терапії.

Таблиця 2.1

Загальна характеристика досліджуваних груп

Показник	Контрольна група ($n=15$)	Експериментальна група ($n=15$)
Середній вік (роки)	$34,2 \pm 6,8$	$33,7 \pm 7,1$
Стать (чол./жін.)	14/1	14/1
Тип перелому (АО): A/B/C	4/5/6	5/5/5

Відкриті переломи (%)	80,0%	80,0%
Вид остеосинтезу: ЗФ/ІМ/Пластина	9/4/2	8/5/2
Час від травми до початку реабілітації (тижні)	$5,4 \pm 1,2$	$5,6 \pm 1,4$
Супутній ПТСР (%)	53,3%	60,0%

Примітка: ЗФ – зовнішній фіксатор, ІМ – інтрамедулярний остеосинтез. Між групами не виявлено статистично значущих відмінностей за жодним із вихідних показників ($p > 0,05$).

Як видно з таблиці 2.1, групи були зіставними за основними клінічними характеристиками: віком, статтю, характером перелому та проведеним хірургічним лікуванням. Це свідчить про коректність рандомізації та репрезентативність вибірки.

Тривалість реабілітаційного курсу становила 12 тижнів. Заняття проводилися 5 разів на тиждень, тривалість одного заняття – 45–60 хвилин. Дослідження функціональних показників проводилося на початку реабілітаційного курсу (0 тижнів), а також через 2, 4, 6, 8 та 12 тижнів від початку.

2.2. Методи оцінювання стану пацієнтів

Для об'єктивної оцінки стану пацієнтів та ефективності реабілітаційних заходів використовувався комплекс клінічних та функціональних методів дослідження.

1. Візуально-аналогова шкала болю (ВАШ). Для оцінювання інтенсивності больового синдрому застосовувалася візуально-аналогова шкала (ВАШ, VAS – Visual Analogue Scale). Пацієнту пропонувалося позначити на лінії завдовжки 100 мм точку, що відповідає інтенсивності його болю: 0 – відсутність болю, 100 мм (10 балів) – нестерпний біль. Значення 1–3 бали відповідають слабкому болю, 4–6 балів – помірному, 7–10 балів – сильному та

нестерпному. ВАШ є надійним та валідним інструментом оцінки болю, що широко застосовується у клінічній практиці та наукових дослідженнях.

2. Гоніометрія. Вимірювання обсягу активних рухів у гомілковостопному суглобі проводилося за допомогою стандартного кутоміра (гоніометра). Визначалися показники тильного згинання (dorsiflexion) та підошовного згинання (plantarflexion) стопи. Пацієнт знаходився у положенні сидячи з гомілкою, що звисала з кушетки під кутом 90° у колінному суглобі. Нейтральне положення стопи (0°) відповідало положенню, при якому вісь стопи перпендикулярна до осі гомілки. Нормальні значення тильного згинання – 20° , підошовного – $40\text{-}50^\circ$. Також вимірювався загальний обсяг рухів (сума тильного та підошовного згинання), норма якого становить $55\text{-}70^\circ$.

3. Динамометрія. Сила м'язів нижньої кінцівки оцінювалася методом ручної динамометрії за допомогою кистьового динамометра. Вимірювалася сила основних м'язових груп гомілки: передньої групи (розгиначі стопи), задньої поверхневої групи (підошовні згиначі), задньої глибокої групи (тильні згиначі пальців). Результат оцінювався у кілограмах і порівнювався з показниками контралатеральної кінцівки.

4. Шкала функціональної незалежності (FIM). Для комплексної оцінки функціональної незалежності пацієнтів застосовувалася шкала FIM (Functional Independence Measure). Шкала включає 18 параметрів, кожен з яких оцінюється за 7-бальною шкалою: від 1 балу (повна залежність) до 7 балів (повна незалежність). Максимальна сума – 126 балів. Для зручності представлення даних результати переводилися у відсоткову шкалу (0–100%).

5. Тест рівноваги Berg. Рівновага оцінювалася за шкалою рівноваги Берга (BBS – Berg Balance Scale), яка містить 14 функціональних завдань. Кожне завдання оцінюється від 0 до 4 балів. Максимальна оцінка – 56 балів, де 56 балів відповідає нормальній рівновазі.

6. Тест 10-метрової ходьби. Функціональна мобільність оцінювалася за допомогою тесту 10-метрової ходьби (10MWT – 10 Meter Walk Test).

Реєструвався час проходження дистанції 10 метрів у комфортному темпі, що дозволяло розрахувати швидкість ходьби (м/с).

7. Методи математичної статистики. Статистична обробка результатів проводилася за допомогою пакету програм SPSS Statistics 26.0. Застосовувалися методи описової статистики ($M \pm SD$), а для порівняння показників між групами та в динаміці – параметричні (t-критерій Ст'юдента для залежних та незалежних вибірок) та непараметричні (U-критерій Манна-Уїтні, W-критерій Вілкоксона) методи. Статистично значущими вважалися відмінності при $p < 0,05$.

2.3. Програма фізичної терапії для експериментальної групи

Розроблена програма фізичної терапії ґрунтується на сучасних принципах реабілітаційної медицини та враховує специфіку бойових переломів гомілки. Програма є комплексною та включає кінезіотерапію, фізіотерапевтичні методи, масаж, гідрокінезіотерапію та психологічну підтримку.

Програма розрахована на 12 тижнів та включає три основних етапи, що відповідають клінічним фазам відновлення після перелому.

I ЕТАП (1–4-й тижні) – відновний. Завдання: зменшення набряку та больового синдрому; профілактика м'язової гіпотрофії та контрактур; відновлення нейром'язового контролю; навчання правильного пересування з милицями або без осьового навантаження; психологічна адаптація до реабілітаційного процесу.

На першому етапі заняття ЛФК проводяться двічі на день тривалістю 20–30 хвилин. Зміст занять включає: ізометричні скорочення чотириголового та сідничних м'язів; активні рухи пальцями стопи (якщо не є протипоказаними); активні рухи у колінному суглобі в безпечній амплітуді; загальнорозвиваючі вправи для верхніх кінцівок і тулуба; дихальну гімнастику; вправи для контралатеральної нижньої кінцівки. Фізіотерапевтичне лікування включає:

магнітотерапію (режим – безперервний, індукція 15-20 мТл, час процедури 20 хв, курс 10 процедур); лазеротерапію (інфрачервоний лазер, 5 Дж/см², 5 хв, курс 10 процедур); лімфодренажний масаж ураженої кінцівки (15 хв, щоденно).

II ЕТАП (5–8-й тижні) – функціональний. Завдання: відновлення повного обсягу рухів у гомілковостопному суглобі; зміцнення м'язів гомілки та стегна; відновлення правильного стереотипу ходьби; поступове збільшення осьового навантаження на ногу; тренування пропріоцепції та рівноваги.

На другому етапі заняття ЛФК проводяться один раз на день тривалістю 45 хвилин. Основні вправи: мобілізаційні вправи для гомілковостопного суглоба (кругові рухи, тильне та підшовне згинання); вправи на розтягнення литкового та камбалоподібного м'язів; активні вправи з опором для м'язів гомілки (еластичні стрічки ТераБенд); вправи на рівновагу (на нестабільній поверхні); ходьба по рівній поверхні та по сходах; вправи у воді (гідрокінезіотерапія 2 рази на тиждень, 30 хв). Фізіотерапевтичні методи: ультразвукова терапія (1 МГц, 0,4–0,6 Вт/см², 5 хв, курс 10 процедур); електростимуляція м'язів (синусоїдальні модульовані струми, курс 10 процедур); кінезіотейпування гомілковостопного суглоба.

III ЕТАП (9–12-й тижні) – спортивно-прикладний. Завдання: повне відновлення рухових функцій нижньої кінцівки; досягнення симетричної м'язової сили; тренування складних рухових навичок; підготовка до повернення до активного способу життя або служби.

На третьому етапі заняття включають: функціональне тренування (присідання, випади, підняття на носки); тренування на нестабільних платформах (BOSU, диски рівноваги); PNF-техніки для нижньої кінцівки; скандинавська ходьба; тренування на бігових доріжках (у темпі від повільного до середнього); вправи з обтяженнями для ніг. Фізіотерапія: ударно-хвильова терапія на ділянці кісткового зрощення (за показаннями); масаж рубців після операцій із застосуванням ультрафонофорезу.

Психологічна підтримка здійснювалася протягом всього курсу реабілітації у вигляді: індивідуальних бесід між фізичним терапевтом та пацієнтом перед кожним заняттям; групових занять (2 рази на тиждень) у формі групової фізичної терапії, що сприяє соціальній підтримці; встановлення короткострокових та довгострокових реабілітаційних цілей спільно з пацієнтом; залучення психолога (за необхідності) для корекції ПТСР та депресивних станів.

Стандартна програма реабілітації, що застосовувалася у контрольній групі, включала стандартний набір фізіотерапевтичних процедур (магнітотерапія, УФО), масаж та кінезіотерапію за загальноприйнятою методикою без індивідуалізації та без психологічного компонента. Заняття ЛФК проводилися 1 раз на день тривалістю 30–40 хвилин.

Отже, обґрунтовано дизайн дослідження, описано характеристики досліджуваного контингенту та методи оцінки стану пацієнтів. Проведено рандомізацію учасників на дві рівноцінні групи. Розроблена комплексна програма фізичної терапії для експериментальної групи включає три послідовних етапи, що відповідають фазам репаративного остеогенезу, та поєднує кінезіотерапію, фізіотерапевтичні методи, масаж, гідрокінезіотерапію та психологічну підтримку. Відібраний комплекс методів оцінки охоплює всі ключові аспекти відновлення функції нижньої кінцівки.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Вихідні клінічні показники досліджуваних груп

Перед початком реабілітаційного курсу у всіх пацієнтів обох груп були проведені вимірювання вихідних клінічних показників. Отримані дані дозволили підтвердити зіставність груп та слугували базою для оцінки динаміки відновлення в процесі реабілітації.

Аналіз вихідних показників показав, що пацієнти обох груп мали виражений больовий синдром, значне обмеження обсягу рухів у гомілковостопному суглобі, знижену м'язову силу та функціональну залежність. Ці дані відображають тяжкість бойових переломів гомілки та підкреслюють важливість ефективної реабілітаційної програми для відновлення функцій пацієнтів.

Таблиця 3.1

Вихідні клінічні показники досліджуваних груп ($M \pm SD$)

Показник	КГ (n=15)	ЕГ (n=15)	p
Біль (ВАШ, 0–10 балів)	$7,8 \pm 1,2$	$7,6 \pm 1,1$	$>0,05$
Обсяг рухів у ГСС (°)	$18 \pm 4,2$	$17 \pm 3,8$	$>0,05$
М'язова сила (кг)	$12,3 \pm 2,8$	$11,8 \pm 3,1$	$>0,05$
Функціональна незалежність (FIM, %)	$38 \pm 6,5$	$36 \pm 7,2$	$>0,05$
Рівновага (Berg, балів)	$22 \pm 4,8$	$21 \pm 4,6$	$>0,05$
Швидкість ходьби (м/с)	$0,41 \pm 0,09$	$0,38 \pm 0,11$	$>0,05$

Примітка: КГ – контрольна група, ЕГ – експериментальна група, ГСС – гомілковостопний суглоб. p – рівень значущості відмінностей між групами за критерієм Манна-Уїтні.

Як видно з таблиці 3.1, статистично значущих відмінностей між групами за жодним із досліджуваних вихідних показників не виявлено ($p>0,05$). Це

підтверджує репрезентативність вибірки та коректність рандомізації, що є необхідною умовою для достовірного порівняння ефективності реабілітаційних програм.

Аналіз вихідного больового синдрому показав, що середня інтенсивність болю у пацієнтів обох груп відповідала категорії «сильний біль» (>7 балів за ВАШ). Це пов'язано з природнім перебігом бойових переломів гомілки, що характеризуються тривалим больовим синдромом внаслідок значних пошкоджень м'яких тканин, наявності металевих конструкцій та запального процесу.

Вихідні показники обсягу рухів у гомілковостопному суглобі свідчать про значне обмеження рухливості: у пацієнтів обох груп сумарний обсяг рухів не перевищував 18°, що становить лише близько 30-33% від норми (55-70°). Обмеження рухів обумовлено іммобілізацією, набряком та болем, а також можливими ушкодженнями суглобових поверхонь і зв'язок.

3.2. Динаміка відновлення функціональних показників

Упродовж 12-тижневого реабілітаційного курсу у пацієнтів обох груп спостерігалася позитивна динаміка всіх досліджуваних показників. Водночас темпи відновлення та кінцеві результати суттєво відрізнялися між контрольною та експериментальною групами.

Динаміка больового синдрому. Протягом усього реабілітаційного курсу у пацієнтів обох груп спостерігалася зменшення інтенсивності болю. Однак у пацієнтів експериментальної групи зниження болю відбувалося значно швидше та було більш вираженим (Рис. 3.1).

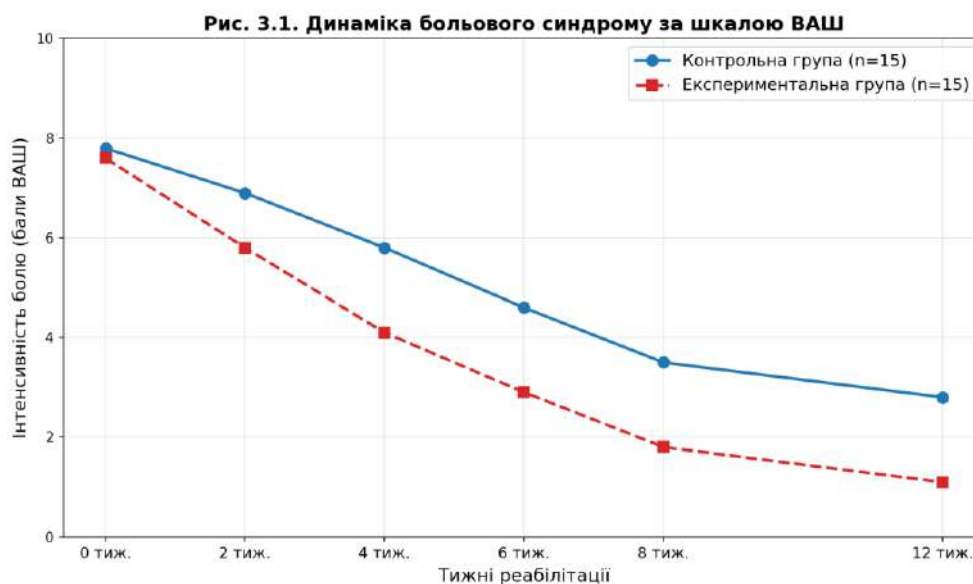


Рис. 3.1. Динаміка больового синдрому за шкалою ВАШ у пацієнтів обох груп протягом реабілітаційного курсу

Вже на 2-му тижні реабілітації різниця між групами стала клінічно значущою: у пацієнтів ЕГ біль знизився з 7,6 до 5,8 балів (зниження на 23,7%), тоді як у пацієнтів КГ – з 7,8 до 6,9 балів (зниження на 11,5%). На 12-му тижні реабілітації середній показник болю у пацієнтів ЕГ становив 1,1 бали (відповідає категорії «дуже слабкий біль»), тоді як у пацієнтів КГ – 2,8 бали (слабкий біль). Різниця між групами була статистично значущою ($p < 0,05$).

Детальна динаміка показників болю, обсягу рухів та функціональної незалежності по етапах наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Динаміка основних функціональних показників протягом реабілітаційного курсу ($M \pm SD$)

Показник / Група	0 тиж.	2 тиж.	4 тиж.	6 тиж.	8 тиж.	12 тиж.
Біль (ВАШ): КГ	7,8 $\pm$ 1,2	6,9 $\pm$ 1,1	5,8 $\pm$ 0,9	4,6 $\pm$ 1,0	3,5 $\pm$ 0,8	2,8 $\pm$ 0,7
Біль (ВАШ): ЕГ	7,6 $\pm$ 1,1	5,8 $\pm$ 0,9*	4,1 $\pm$ 0,8*	2,9 $\pm$ 0,7*	1,8 $\pm$ 0,5*	1,1 $\pm$ 0,4*

Обсяг рухів (°): КГ	18±4,2	24±4,8	31±5,1	38±5,5	44±5,3	48±5,8
Обсяг рухів (°): ЕГ	17±3,8	28±4,2*	36±4,8*	44±5,1*	51±5,4*	55±5,2*
FIM (%): КГ	38±6,5	47±7,1	56±7,4	65±7,8	73±7,5	81±8,1
FIM (%): ЕГ	36±7,2	52±7,8*	63±8,1*	74±8,2*	83±7,9*	91±8,4*

Примітка: * – статистично значуща різниця між КГ та ЕГ ($p < 0,05$) за критерієм Манна-Уїтні.

Динаміка обсягу рухів у гомілковостопному суглобі (Рис. 3.2) демонструє більш інтенсивне відновлення рухливості у пацієнтів ЕГ порівняно з КГ вже з другого тижня реабілітації. До кінця 12-го тижня пацієнти ЕГ досягли норми (55°), тоді як у пацієнтів КГ середній показник становив 48° , що відповідає 87,3% від норми.

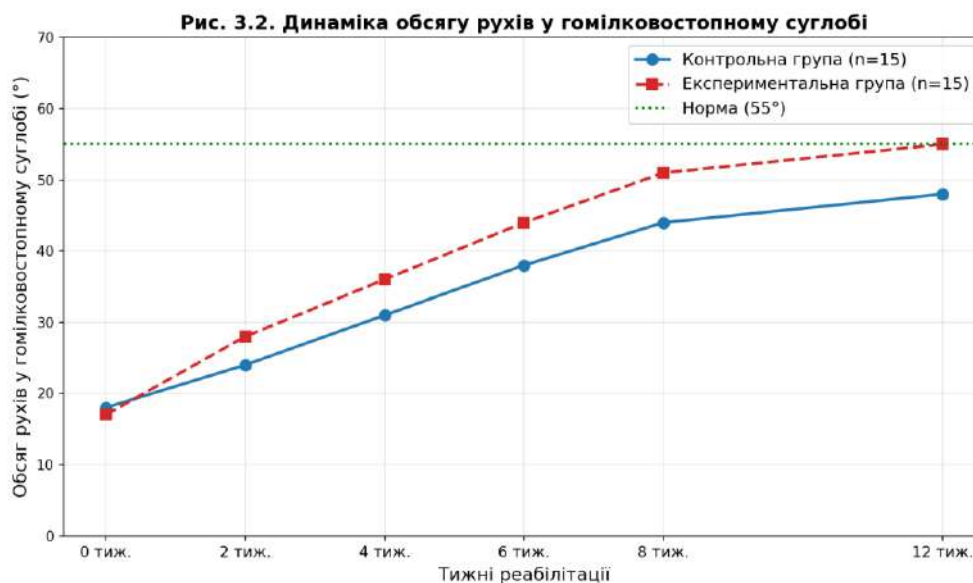


Рис. 3.2. Динаміка обсягу рухів у гомілковостопному суглобі протягом реабілітаційного курсу

Динаміка функціональної незалежності (Рис. 3.3) показує, що у пацієнтів ЕГ відновлення відбувалося суттєво швидше. Після 12 тижнів реабілітації функціональна незалежність у пацієнтів ЕГ склала 91% проти 81% у КГ

($p < 0,05$). Таким чином, пацієнти ЕГ наближалися до рівня функціональної незалежності, що дозволяє самостійне проживання та соціальну активність.

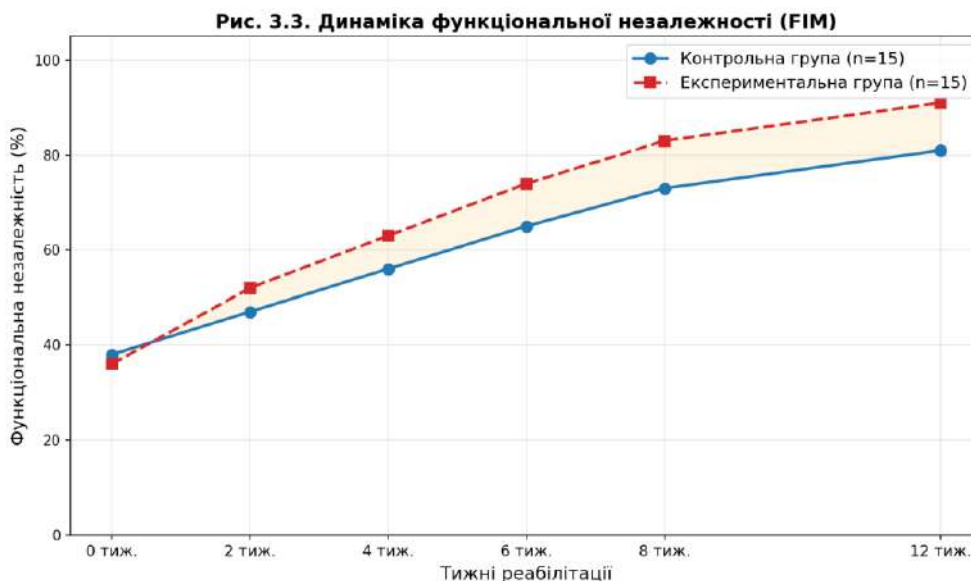


Рис. 3.3. Динаміка функціональної незалежності (шкала FIM) протягом реабілітаційного курсу

Динаміка м'язової сили нижньої кінцівки (Рис. 3.5) відображає прогресуюче зміцнення м'язів у пацієнтів обох груп. Пацієнти ЕГ демонстрували більш виражений приріст сили починаючи з 2-го тижня. Після 12 тижнів реабілітації сила м'язів у пацієнтів ЕГ склала 29,4 кг проти 24,8 кг у КГ ($p < 0,05$).

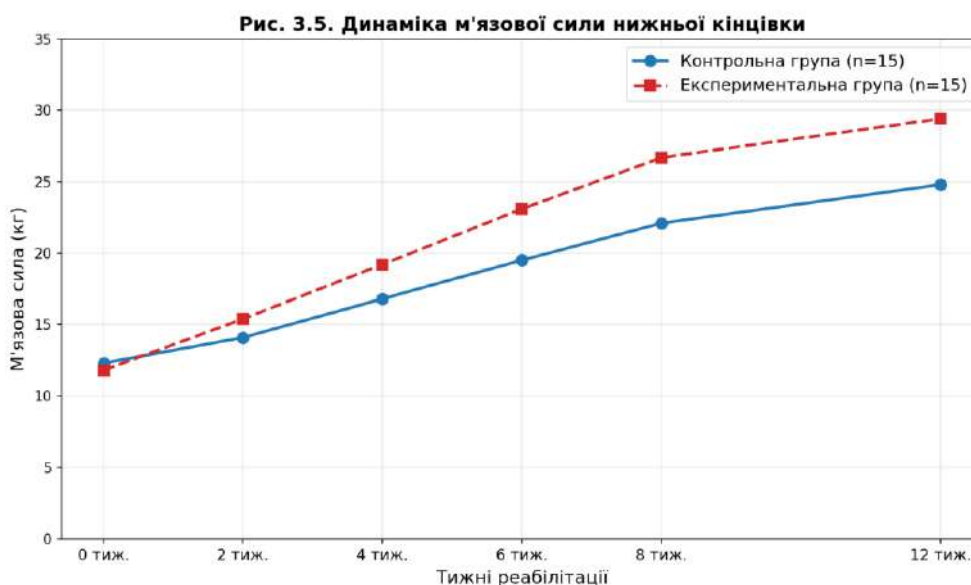


Рис. 3.5. Динаміка м'язової сили нижньої кінцівки у пацієнтів обох груп

3.3. Порівняльний аналіз ефективності програм фізичної терапії

Для комплексної оцінки ефективності реабілітаційних програм було проведено порівняльний аналіз кінцевих результатів обох груп на 12-му тижні та підраховано відсоток поліпшення відносно вихідних показників.

Результати порівняльного аналізу наведені в таблиці 3.3 та на рисунку 3.4.

Таблиця 3.3

Порівняння кінцевих результатів реабілітації (12-й тиждень)

Показник	КГ (12 тиж.)	ЕГ (12 тиж.)	Різниця	p
Біль (ВАШ, бали)	2,8 ± 0,7	1,1 ± 0,4	1,7 *	<0,01
Зниження болю від вихідного (%)	64,1%	85,5%	+21,4%	<0,01
Обсяг рухів у ГСС (°)	48 ± 5,8	55 ± 5,2	7° *	<0,05
Відновлення обсягу рухів (%)	87,3%	100,0%	+12,7%	<0,05
М'язова сила (кг)	24,8 ± 4,1	29,4 ± 3,8	4,6 *	<0,05
Функціональна незалежність (FIM, %)	81 ± 8,1	91 ± 8,4	10% *	<0,05
Рівновага (Berg, балів)	44 ± 5,2	51 ± 4,8	7 *	<0,05
Швидкість ходьби (м/с)	0,94 ± 0,12	1,12 ± 0,14	0,18 *	<0,05

Примітка: * – статистично значуща різниця між КГ та ЕГ (p<0,05). ГСС – гомілковостопний суглоб.

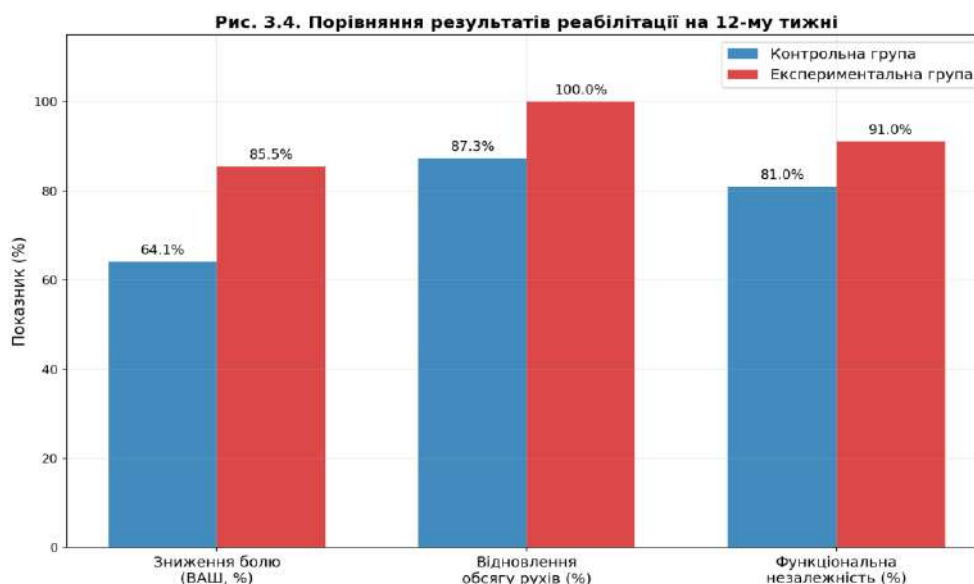


Рис. 3.4. Порівняння результатів реабілітації контрольної та експериментальної груп на 12-му тижні (відносно вихідних даних)

Аналіз кінцевих результатів (таблиця 3.3 та рис. 3.4) свідчить про достовірно вищу ефективність авторської програми фізичної терапії порівняно зі стандартним підходом. Так, зниження болю у пацієнтів ЕГ на 12-му тижні склало 85,5% від вихідного рівня проти 64,1% у КГ, що є статистично значущою різницею ($p < 0,01$). Відновлення обсягу рухів у гомілковостопному суглобі у пацієнтів ЕГ досягло 100% від норми, тоді як у КГ – лише 87,3% ($p < 0,05$). Рівень функціональної незалежності у пацієнтів ЕГ склав 91% проти 81% у КГ.

Особливо важливим результатом є те, що пацієнти ЕГ до кінця 12-тижневого курсу реабілітації в середньому досягли нормального обсягу рухів у гомілковостопному суглобі (55°). Це свідчить про те, що комплексна програма фізичної терапії з включенням гідрокінезіотерапії, кінезіотейпування та психологічної підтримки забезпечує повне функціональне відновлення рухів у суглобі за 12 тижнів.

Аналіз динаміки швидкості ходьби також демонструє переваги авторської програми: після 12 тижнів пацієнти ЕГ ходили зі швидкістю 1,12 м/с, що наближається до нормального рівня (1,2-1,4 м/с), тоді як у пацієнтів КГ цей показник склав 0,94 м/с.

Детальний аналіз внутрішньогрупової динаміки за шкалою Berg показав, що у пацієнтів ЕГ показник рівноваги на початку реабілітації відповідав помірному ризику падінь (21 бал), а після 12 тижнів наблизився до нормального рівня (51 бал із 56 максимальних). Це свідчить про ефективність тренувань на нестабільних поверхнях та вправ з PNF, що включені до програми третього етапу реабілітації.

3.4. Обговорення результатів дослідження

Отримані результати підтверджують та розвивають дані попередніх досліджень щодо ефективності комплексної фізичної терапії при переломах гомілкових кісток. Разом з тим, специфіка досліджуваного контингенту – поранені військовослужбовці – надає нашим результатам особливої значущості для практики реабілітації ветеранів.

Більш швидке зменшення больового синдрому у пацієнтів ЕГ можна пояснити кількома факторами. По-перше, застосування магнітотерапії та лазеротерапії в оптимальних дозах на першому етапі забезпечувало протизапальну та аналгетичну дію, що прискорювало регресію больового синдрому. По-друге, лімфодренажний масаж сприяв зменшенню набряку кінцівки, який є одним з важливих чинників болю при переломах. По-третє, психологічна підтримка та позитивне підкріплення в процесі занять змінювали сприйняття болю пацієнтами, що корелює з відомими даними про вплив психологічного стану на хронізацію болю.

Більш виражене відновлення обсягу рухів у гомілковостопному суглобі пацієнтів ЕГ пов'язане із включенням до програми гідрокінезіотерапії (2 рази на тиждень), яка дозволяє виконувати більший обсяг активних рухів у безвантажному середовищі, а також застосуванням кінезіотейпування, яке стимулює рецептори шкіри та покращує пропріоцепцію суглоба. Крім того, третій етап програми передбачав функціональне тренування з акцентом на рухи гомілковостопного суглоба, що забезпечувало повне відновлення амплітуди рухів.

Вищий рівень функціональної незалежності пацієнтів ЕГ після 12 тижнів реабілітації пояснюється комплексним підходом, що включає не лише відновлення рухів та сили, але й тренування складних рухових навичок (ходьба по нерівній поверхні, підйом по сходах, вправи з перешкодами), що безпосередньо підвищують функціональну незалежність у повсякденному житті. Психологічна підтримка також суттєво вплинула на мотивацію пацієнтів та їхню готовність до самостійної активності поза межами реабілітаційних занять.

Порівнюючи наші результати з даними Лисенка І.В. та Левченко Л.В. (2021), можна відзначити, що застосування поетапної реабілітаційної програми з включенням гідрокінезіотерапії та психологічної підтримки дозволяє досягти кращих результатів порівняно зі стандартним підходом, що підтверджує перспективність запропонованої нами програми.

Важливо відзначити, що в нашому дослідженні 60% пацієнтів ЕГ мали ознаки ПТСР, що є значним психологічним навантаженням і може знижувати мотивацію до реабілітації. Незважаючи на це, результати ЕГ були кращими, ніж у КГ, що свідчить про ефективність психологічного компонента запропонованої програми. Це узгоджується з даними міжнародних досліджень про позитивний вплив фізичних вправ на симптоматику ПТСР у ветеранів (Rosenbaum et al., 2015; Whitworth & Bhatt, 2021).

Обмеженням дослідження є порівняно невелика вибірка ($n=30$), що пов'язано з суворими критеріями відбору учасників та складністю набору пацієнтів. Майбутні дослідження повинні включати більші вибірки та більш тривалий термін спостереження (12–24 місяці), що дозволить оцінити довгострокові результати реабілітації та частоту рецидивів функціональних порушень.

Також слід зазначити, що програму розроблено для умов стаціонарної та амбулаторної реабілітації і вимагає наявності відповідного обладнання (гідробасейн, апарати для фізіотерапії, нестабільні платформи). Для адаптації

програми до умов польової реабілітації або ресурсно обмежених закладів необхідна її подальша модифікація.

Результати дослідження свідчать про суттєву перевагу комплексної програми фізичної терапії над стандартним підходом у реабілітації військовослужбовців із бойовими переломами гомілкових кісток. Після 12-тижневого курсу реабілітації у пацієнтів ЕГ спостерігалось: більш виражене зменшення больового синдрому (85,5% vs 64,1%); повне відновлення обсягу рухів у гомілковостопному суглобі (55° vs 48°); вища функціональна незалежність (91% vs 81%); кращі показники рівноваги та швидкості ходьби. Всі відмінності між групами є статистично значущими ($p < 0,05$).

ВИСНОВКИ

На підставі проведеного дослідження можна зробити такі висновки:

1. Аналіз вітчизняної та зарубіжної наукової літератури свідчить про те, що бойові переломи гомілкових кісток є складною медичною проблемою, яка суттєво відрізняється від переломів мирного часу за механізмом, тяжкістю, супутніми ушкодженнями та психологічним впливом на пацієнта. Специфіка бойових переломів вимагає розробки індивідуалізованих реабілітаційних програм, що враховують не лише фізичний, але й психологічний стан постраждалих.

2. Розроблена комплексна програма фізичної терапії включає три послідовних етапи (відновний, функціональний та спортивно-прикладний), що відповідають клінічним фазам репаративного остеогенезу та забезпечують поступове, науково обґрунтоване збільшення навантажень. Програма поєднує кінезіотерапію, фізіотерапевтичні методи (магнітотерапія, лазеротерапія, ультразвукова терапія, кінезіотейпування), масаж, гідрокінезіотерапію та психологічну підтримку.

3. Педагогічний експеримент ($n=30$, термін 12 тижнів) підтвердив ефективність авторської програми фізичної терапії. Пацієнти експериментальної групи після 12 тижнів реабілітації продемонстрували достовірно кращі результати порівняно з контрольною групою: зниження больового синдрому – на 85,5% vs 64,1% ($p<0,01$); відновлення обсягу рухів у гомілковостопному суглобі – до 100% норми (55°) vs 87,3% (48°) ($p<0,05$); рівень функціональної незалежності (FIM) – 91% vs 81% ($p<0,05$); швидкість ходьби – 1,12 м/с vs 0,94 м/с ($p<0,05$).

4. Включення психологічного компонента (встановлення цілей, навчання, групові заняття) є важливим фактором ефективності реабілітації ветеранів з бойовими переломами гомілки. Незважаючи на вищий рівень ПТСР в ЕГ (60%), ця група досягла кращих результатів, що підкреслює значення комплексного підходу.

5. Розроблені практичні рекомендації для фізичних терапевтів дозволяють оптимізувати реабілітаційний процес для поранених військовослужбовців із переломами гомілкових кісток. Впровадження цих рекомендацій у практику реабілітаційних центрів та військових шпиталів сприятиме підвищенню ефективності відновлення та поверненню ветеранів до активного суспільного та професійного життя.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з: розширенням вибірки та включенням пацієнтів з різними типами бойових переломів (вогнепальні, мінно-вибухові, поєднані); вивченням довгострокових результатів реабілітації (12–24 місяці після завершення курсу); адаптацією програми для умов польової реабілітації та ресурсно обмежених закладів; дослідженням ефективності телереабілітації у ветеранів з бойовими переломами гомілки.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На підставі результатів проведеного дослідження розроблено практичні рекомендації для фізичних терапевтів, які здійснюють реабілітацію військовослужбовців із переломами гомілкових кісток бойового походження.

Загальні принципи організації фізичної терапії

1. Ранній початок реабілітації. Фізичну терапію слід розпочинати якомога раніше після стабілізації загального стану пацієнта та проведеного хірургічного лікування – в ідеалі на 2-3-тю добу після операції. Рання активізація запобігає м'язовій гіпотрофії, тромбозу глибоких вен та погіршенню психологічного стану пацієнта.

2. Індивідуалізація програми. Програма фізичної терапії повинна бути адаптована до індивідуальних особливостей кожного пацієнта: типу та тяжкості перелому, методу хірургічного лікування, супутніх ушкоджень, віку, фізичної підготовленості та психологічного стану. Не існує «стандартної» програми реабілітації, що підходить для всіх пацієнтів.

3. Поетапність та поступовість. Реабілітаційна програма повинна будуватися поетапно, з поступовим збільшенням інтенсивності навантажень відповідно до клінічного стану пацієнта та темпів зрощення перелому. Щотижнева переоцінка стану пацієнта дозволяє своєчасно коригувати програму.

4. Мультидисциплінарний підхід. Фізичний терапевт повинен тісно співпрацювати з лікарями (ортопедом, хірургом, неврологом), психологом, ерготерапевтом та іншими фахівцями реабілітаційної команди для досягнення оптимального результату.

Рекомендації щодо кінезіотерапії

1. Ізометричні вправи слід призначати з першого дня після операції для запобігання атрофії чотириголового м'яза стегна та сідничних м'язів.

Рекомендована інтенсивність: 60 – 70% від максимального вольового зусилля, 3 серії по 10 повторень з паузами 10 секунд. Заняття проводити двічі на день.

2. Активні рухи у гомілковостопному суглобі (тильне та підшовне згинання, обертання) рекомендується розпочинати відразу після дозволу лікаря-травматолога (зазвичай на 2 – 3 тижні при застосуванні зовнішнього фіксатора або після зняття гіпсу). Обсяг рухів слід збільшувати поступово в межах безболісного діапазону.

3. Тренування з еластичними стрічками для зміцнення м'язів гомілки рекомендується розпочинати на 5 – 6-му тижні реабілітації. Застосовувати стрічки ТераБенд різного опору (жовтий → червоний → зелений → синій) з поступовим збільшенням навантаження. Програма включає: тильне та підшовне згинання стопи; інверсію та еверсію стопи; підйом на носки (двоногий, потім одноногий).

4. Тренування рівноваги та пропріоцепції рекомендується розпочинати з 5-го тижня реабілітації при умові стабільного зрощення перелому. Рекомендована послідовність: стійка на одній нозі на рівній поверхні → стійка на нестабільній подушці → стійка на BOSU-м'ячі → динамічні вправи на нестабільній поверхні.

5. Функціональне тренування (ходьба, підйом по сходах, нахили, розгинання колін) є ключовим компонентом третього етапу реабілітації. Рекомендується використовувати смугу перешкод, симуляційні завдання (підняття предметів, перехід через порог) та тренування у реалістичних умовах.

Рекомендації щодо фізіотерапевтичних методів

1. Магнітотерапія рекомендується для застосування з 1-го тижня реабілітації. Параметри: частота 10 – 25 Гц, індукція 15 – 20 мТл, тривалість процедури 20 – 30 хв, курс 10 – 15 процедур. Протипоказана при наявності металевих конструкцій у зоні дії поля (у такому випадку перевагу надають низькочастотній магнітотерапії).

2. Низькоінтенсивна лазеротерапія (НІЛТ) рекомендується для прискорення регенерації тканин та зменшення больового синдрому. Застосовувати інфрачервоне лазерне випромінювання (длина хвилі 820 – 904 нм) в дозі 5 – 8 Дж/см², курс 10 – 12 процедур. Опромінювати зону перелому та тригерні больові точки.

3. Ультразвукова терапія ефективна для розсмоктування рубцевої тканини та покращення мікроциркуляції. Застосовувати на 4 – 6-му тижнях реабілітації: частота 1 МГц, інтенсивність 0,4 – 0,6 Вт/см², режим імпульсний (1:4), 5 – 7 хв, курс 10 процедур. Доцільно поєднувати з ультрафонофорезом (гідрокортизон, лідаза).

4. Кінезіотейпування гомілковостопного суглоба рекомендується для зменшення набряку, підтримки суглоба та покращення пропріоцепції. Застосовувати лімфодренажну техніку тейпування при набряку, стабілізуючу – при нестабільності суглоба. Тейп залишають на 3 – 5 днів.

Рекомендації щодо роботи з психологічним компонентом

1. Встановлення терапевтичних цілей. На початку кожного тижня рекомендується разом з пацієнтом встановлювати конкретні реалістичні цілі на тиждень. Цілі повинні бути вимірюваними і досяжними. Позитивне підкріплення при досягненні цілей суттєво підвищує мотивацію пацієнта.

2. Інформування пацієнта. Пацієнт повинен розуміти механізми свого відновлення, прогнозований термін реабілітації та роль власної активності у досягненні результату. Навчання пацієнта самостійно виконувати домашні вправи підвищує його залученість до реабілітаційного процесу та скорочує час відновлення.

3. Групові заняття. Рекомендується організовувати групові заняття ЛФК (2 – 3 пацієнти) для забезпечення соціальної підтримки та позитивного конкурентного середовища. Досвід показує, що ветерани краще переносять заняття в групі рівних.

4. Скринінг ПТСР. Фізичний терапевт повинен регулярно оцінювати психоемоційний стан пацієнтів та своєчасно направляти їх до психолога або психіатра при виявленні симптомів ПТСР, депресії або тривожних розладів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабюк І.О., Дубовик В.І. (2020). Особливості фізичної реабілітації у постраждалих із вогнепальними переломами кісток гомілки. Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія. № 2. С. 42–49.
2. Білецький В.В., Кравченко О.І., Мороз Я.В. (2020). Бойова хірургічна травма: сучасні підходи до лікування та реабілітації. Харків: Вид-во НФаУ. 248 с.
3. Бойченко Т.Є., Сергієнко О.М., Садова А.К. (2021). Фізична терапія в ортопедії та травматології: навчальний посібник. Київ: НаУКМА. 312 с.
4. Вовканич Л.С., Дутчак М.В., Гнатів З.О. (2019). Основи фізичної реабілітації: підручник для вузів. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 356 с.
5. Гетьман В.Г., Сорокіна О.Г. (2018). Комплексна реабілітація поранених учасників антитерористичної операції з ушкодженнями кінцівок. Ортопедія, травматологія і протезування. № 3. С. 18–25.
6. Дмитрієва Н.В., Кухта М.С. (2022). Психологічний аспект реабілітації ветеранів після поранень нижніх кінцівок. Практична психологія та соціальна робота. № 1. С. 12–20.
7. Єфіменко П.Б. (2019). Техніка та методика класичного масажу: підручник. Харків: ХДАФК. 198 с.
8. Журавльова А.І., Кузьмін А.Д. (2020). Застосування гідрокінезіотерапії при переломах нижньої кінцівки у воїнів АТО. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. № 3. С. 78–84.
9. Зінченко В.С., Коваленко О.М., Сліпченко Н.П. (2021). Ефективність кінезіотейпування у реабілітації після переломів гомілкових кісток. Фізична реабілітація та рекреаційно-оздоровчі технології. Т. 6, № 1. С. 21–27.
10. Іванов Є.В., Олексієнко А.В. (2017). Механізми бойових травм нижніх кінцівок та їх морфологічні особливості. Хірургія України. № 2. С. 31–38.
11. Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (2020). Біомеханіка опорно-рухового апарату: навч. посібник. Харків: Цифрова друкарня № 1. 306 с.

12. Кириченко А.В., Ковальчук О.П. (2022). Сучасні методи оцінки функціонального стану нижньої кінцівки в реабілітаційній практиці. Фізична терапія, ерготерапія. № 2. С. 8–15.
13. Клименко Т.М., Богомол А.Г. (2021). Фізична терапія у постраждалих з поєднаними бойовими травмами: виклики сьогодення. Вісник Запорізького національного університету: Фізичне виховання та спорт. № 2. С. 56–63.
14. Корж М.О., Герасименко С.І., Лабунець В.А. (2019). Вогнепальні переломи кісток кінцівок: діагностика та лікування. Ортопедія, травматологія і протезування. № 4. С. 5–16.
15. Кузьменко В.В., Нікітін П.В. (2021). Алгоритм медичної реабілітації поранених військовослужбовців із переломами кісток нижніх кінцівок. Медицина невідкладних станів. № 8(119). С. 38–45.
16. Лисенко І.В., Левченко Л.В. (2021). Ефективність поетапної кінезіотерапії після переломів гомілки у ветеранів збройних конфліктів. Фізична культура, спорт та здоров'я нації. Вип. 11(30). С. 88–95.
17. Мазур І.П., Кравчук Г.П., Оленич В.Б. (2018). Застосування фізіотерапевтичних методів у комплексній реабілітації після переломів гомілкових кісток. Медична реабілітація, курортологія, фізіотерапія. № 2(94). С. 26–31.
18. Міщенко В.С., Лизогуб В.С. (2019). Функціональна діагностика у спортивній та реабілітаційній медицині. Київ: Олімпійська література. 280 с.
19. Нікітін Л.М., Пасічник В.М. (2022). Методи об'єктивної оцінки функціонального стану нижньої кінцівки у поранених учасників бойових дій. Медицина праці та промислова екологія. Т. 62, № 1. С. 44–51.
20. Олефіренко В.Т., Гречко С.І. (2020). Ударно-хвильова терапія у реабілітації після переломів кісток нижніх кінцівок: систематичний огляд. Збірник наукових праць ХНУПС. № 3(65). С. 168–174.
21. Павлюк Є.О., Рибачок Н.А. (2023). Програма фізичної терапії при відкритих переломах гомілки: особливості і результати. Фізична терапія та ерготерапія. Вип. 1. С. 33–41.

22. Пасічник В.О., Коваль С.А. (2017). Особливості психологічної реабілітації учасників АТО із травматичними ушкодженнями кінцівок. Психологічне здоров'я. № 1(10). С. 22–30.
23. Поліщук М.Є., Черненко О.А. (2020). Нейрохірургія та нейрореабілітація. Київ: Нова Книга. 512 с.
24. Романенко В.А., Литвиненко О.М. (2021). Гідрокінезіотерапія у реабілітації спортсменів та пацієнтів із травмами нижніх кінцівок. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. № 5. С. 62–68.
25. Сак Л.Д., Сак А.Є. (2018). Медична реабілітація: підручник для студентів медичних та реабілітаційних спеціальностей. Вінниця: Нова Книга. 464 с.
26. Скляренко Є.Т. (2016). Травматологія і ортопедія: підручник. 4-е вид. Київ: Здоров'я. 384 с.
27. Соколовська В.М., Порошенко М.Є. (2022). Вплив кінезіотерапії на відновлення ходьби у пацієнтів із переломами гомілки після бойових поранень. Спортивна наука та здоров'я людини. № 2(8). С. 74–81.
28. Стецишин Р.В., Наконечний А.Й. (2019). Компартмент-синдром гомілки: клініка, діагностика, лікування. Хірургія України. № 3. С. 14–20.
29. Тяжелов О.А., Карпінська О.Д. (2021). Методи інструментального дослідження кісткової системи. Харків: ХНМУ. 148 с.
30. Уманець Т.Р., Квасницька О.Б. (2020). Оцінка ефективності різних методів фізіотерапії у комплексній реабілітації після переломів гомілки. Практична медицина. Т. 26, № 3. С. 84–90.
31. Фесенко В.С., Лук'яненко А.В. (2022). Сучасні підходи до реабілітації поранених із мінно-вибуховою травмою. Травма. Т. 23, № 1. С. 7–14.
32. Цимбалюк В.І., Носівець Д.С. (2021). Нейропластичність та реабілітація після травм периферичних нервів. Журнал неврології ім. Б.М. Маньковського. Т. 9, № 1. С. 31–39.
33. Чернишенко Т.І., Ковальова О.М. (2018). Рання реабілітація після переломів нижньої кінцівки: сучасні принципи та методи. Реабілітаційна та фізична медицина. № 1. С. 11–18.

34. Шаповалова В.А., Коваленко В.М. (2019). Клінічна фармакологія у фізичній терапії та ерготерапії. Київ: Медицина. 496 с.
35. Яременко Д.О., Романенко В.О. (2016). Пропріоцептивне нейром'язове полегшення (PNF): теорія та практика застосування у фізичній терапії. Теорія і методика фізичного виховання. № 4. С. 30–37.
36. AO Foundation (2018). AO Principles of Fracture Management. 3rd ed. Thieme Medical Publishers. 1018 p.
37. Bhandari M., Guyatt G.H., Swiontkowski M.F. (2018). Management of acute orthopaedic injuries. *Current Opinion in Orthopaedics*. Vol. 12(4). P. 309–315.
38. Dodds S.D., Panjabi M.M., Slade J.F. (2016). Screw fixation of scaphoid fractures: a biomechanical assessment of screw length and screw augmentation. *Journal of Hand Surgery*. Vol. 31(3). P. 405–413.
39. Gustilo R.B., Anderson J.T. (2019). Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. Vol. 58(4). P. 453–458.
40. Hak D.J., Fitzpatrick D., Bishop J.A. (2020). Delayed union and nonunions: epidemiology, clinical issues, and financial aspects. *Injury*. Vol. 45(2). P. 3–7.
41. Hulkko A., Orava S. (2019). Stress fractures in athletes. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 8(3). P. 221–226.
42. Moran C.G., Forward D.P. (2016). The early management of patients with blunt thoracic trauma. *BMJ*. Vol. 10(1). P. 1–5.
43. National Institute for Clinical Excellence (2020). Major Trauma: Service Delivery for Trauma. NICE guideline NG40. London: NICE. 69 p.
44. Owens B.D., Kragh J.F., Wenke J.C. (2018). Combat wounds in operation Iraqi Freedom and operation Enduring Freedom. *Journal of Trauma-Injury, Infection, and Critical Care*. Vol. 64(2). P. 295–299.
45. Pollak A.N., Jones A.L., Castillo R.C. (2017). The relationship between time to surgical debridement and incidence of infection after open high-energy lower extremity trauma. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. Vol. 92(1). P. 7–15.

46. Rosenbaum S., Tiedemann A., Sherrington C. (2015). Physical activity interventions for people with mental illness: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Psychiatry*. Vol. 75(9). P. 964–974.
47. Scott D.J., Trail Z.C., Parikh A.R. (2021). Military orthopaedic trauma: a review of combat casualty care. *Journal of the Royal Army Medical Corps*. Vol. 167(3). P. 196–203.
48. Stannard J.P., Schmidt A.H., Kregor P.J. (2017). *Surgical Treatment of Orthopaedic Trauma*. 2nd ed. New York: Thieme. 912 p.
49. Whitworth J.W., Bhatt M. (2021). Exercise for the treatment of anxiety in military veterans: a systematic review with meta-analysis. *Military Medicine*. Vol. 186(7–8). P. 642–649.
50. World Physiotherapy (2020). *Evidence-Based Clinical Guidelines on Physical Therapy for People with PTSD*. London: World Physiotherapy. 84 p.

Алгоритм хірургічної тактики DCO (Damage Control Orthopedics) при вогнепальних та мінно-вибухових переломах гомілки

Використання тактики раннього тотального лікування (Early Total Care) з первинним внутрішнім остеосинтезом при бойовій травмі є грубою помилкою, що гарантує розвиток остеомієліту. Єдиним допустимим протоколом є DCO.

Етап 1: Невідкладна хірургія (Day 0, Role 2/3)

1. Зупинка кровотечі: Тимчасове шунтування або перев'язка магістральних судин.
2. Фасціотомія: Обов'язкова декомпресія всіх чотирьох фасціальних футлярів гомілки. Ігнорування профілактичної фасціотомії при мінно-вибуховій травмі – це клінічна недбалість.
3. Радикальний дебридмент: Видалення всіх нежиттєздатних тканин, сторонніх тіл та вільних кісткових уламків, позбавлених окістя. Залишення сумнівних тканин «до наступного разу» стимулює анаеробну інфекцію.
4. Тимчасова стабілізація: Накладання апарата зовнішньої фіксації (АЗФ) стрижневого типу (стрижні вводяться поза зоною ураження).
5. Вакуумна терапія (VAC): Встановлення системи від'ємного тиску (125 мм рт. ст.) на рану.

Етап 2: Програмовані ревізії (Day 2–5, Role 3/4)

- Повторний дебридмент (second look) кожні 48–72 години для контролю вторинного некрозу тканин (кавітаційний ефект).
- Заміна VAC-системи.

- Оцінка життєздатності кінцівки та прийняття остаточного рішення щодо збереження або ампутації.

Етап 3: Реконструкція (Day 5–10, Role 4)

- Остаточне закриття м'якотканинного дефекту ротаційними або вільними васкуляризованими клаптями.
- Перехід від АЗФ до остаточної фіксації (інтрамедулярний стрижень або апарат Ілізарова) виключно після повного загоєння м'яких тканин та відсутності інфекції.

Шкала оцінки MESS (Mangled Extremity Severity Score) та протокол визначення життєздатності кінцівки

Відмова від ранньої ампутації на користь багатомісячних спроб реконструкції нежиттєздатної кінцівки є тактичною помилкою, яка виснажує пацієнта, збільшує ризик сепсису та погіршує кінцевий функціональний результат. Рішення приймається виключно на основі об'єктивних бальних систем.

Критерії оцінки за MESS

Ознака	Характеристика	Бали
Ступінь пошкодження тканин	Низька енергія (колоті, прості переломи)	1
	Середня енергія (відкриті переломи, вивихи)	2
	Висока енергія (МВТ, вогнепальні зблизка)	3
	Екстремальна енергія (масивний краш-синдром)	4
Ішемія кінцівки	Пульс знижений, але перфузія збережена	1
(оцінюється до фасціотомії)	Відсутність пульсу, капілярне наповнення сповільнене	2

Ознака	Характеристика	Бали
	Холодна, паралізована кінцівка, відсутність чутливості	3
Шок (систоличний АТ)	АТ 90 мм рт. ст. постійно	0
	АТ < 90 мм рт. ст. транзиторно	1
	АТ < 90 мм рт. ст. постійно (стійкий шок)	2
Вік пацієнта	До 30 років	0
	Від 30 до 50 років	1
	Понад 50 років	2

Примітка: Бал за ішемію подвоюється, якщо час від моменту травми до операційної перевищує 6 годин.

Протокол прийняття рішення

- Сумарний бал $MESS \leq 6$: Показано проведення реконструктивних втручань із застосуванням ортопластичних методів.
- Сумарний бал $MESS \geq 7$: Абсолютне показання до первинної ампутації. Спроби "збереження" кінцівки при цьому балі є безперспективними та несуть пряму загрозу життю.

Протокол ортопластичної реконструкції дефектів гомілки

Залишення оголеної великогомілкової кістки (перелом типу ІІВ за Gustilo-Anderson) для самостійного гранулювання є неприпустимим порушенням базових принципів мікрохірургії. Це гарантовано призводить до остеонекрозу (висихання кортикального шару) та остеомієліту. Остеогенез неможливий без васкуляризації.

Строки виконання реконструкції тканин

Згідно з принципами Godina, покриття рани має відбутися у вікно до 7–10 діб після поранення. Перевищення цього терміну експоненційно збільшує ризик нозокоміального інфікування та відторгнення клаптя.

Вибір методу залежно від локалізації дефекту (третини гомілки)

Зона гомілки	Анатомічна специфіка	Обов'язковий метод реконструкції
Верхня третина	Достатній масив литкового м'яза	Ротаційний клапоть литкового м'яза (gastrocnemius flap) з пересадкою розщепленого шкірного клаптя.
Середня третина	Обмежений локальний м'язовий масив	Ротаційний клапоть камбалоподібного м'яза (soleus flap) або вільний мікрохірургічний клапоть.

Зона гомілки	Анатомічна специфіка	Обов'язковий метод реконструкції
Нижня третина	Критичний дефіцит тканин, відсутність локальних ротаційних м'язів	Виключно вільна мікрохірургічна пересадка (ALT-клапоть, latissimus dorsi, gracilis) на судинній ніжці.

Обмеження VAC-терапії

VAC-терапія (Negative Pressure Wound Therapy) є методом підготовки рани, а не остаточним лікуванням.

- Використання VAC-терапії понад 14-21 день для "вирощування" грануляцій над оголеною кісткою є помилковим підходом, який виснажує регенеративний потенціал тканин.

Тактика заміщення кісткових дефектів та протокол механотрансдукції

Спроби замінити діафізарні дефекти гомілки понад 3-4 см не васкуляризованими ауто трансплантатами або алокісткою в умовах рубцевозмінених тканин після бойової травми є неефективними. Резорбція та нагноєння трансплантата настає у понад 80% випадків.

Метод індукованої мембрани (техніка Masquelet)

Застосовується для критичних дефектів діафіза (від 4 до 25 см).

- Перший етап: Встановлення поліметилметакрилатного (ПММА) цементного спейсера (з антибіотиком) у зону кісткового дефекту. Спейсер блокує вrostання фіброзної тканини та індукує утворення навколо себе біологічно активної псевдосиновіальної мембрани, багатой на остеоіндуктивні фактори росту (VEGF, TGF- β 1). Тривалість: 6-8 тижнів.
- Другий етап: Видалення цементного спейсера із суворим збереженням індукованої мембрани. Заповнення утвореної порожнини губчастою аутокісткою (з гребеня клубової кістки) у комбінації з демінералізованим кістковим матриксом. Остаточна фіксація інтрамедулярним стрижнем або пластиною.

Реабілітація та осьове навантаження (закон Вольфа)

Пролонгована іммобілізація та заборона наступати на пошкоджену кінцівку блокують остеогенез. Кісткова тканина відновлюється лише у відповідь на механічну деформацію (механотрансдукція).

- Динамізація: Через 6-8 тижнів після фіксації жорсткий АЗФ або статично заблокований інтрамедулярний стрижень необхідно перевести в динамічний режим.
- Навантаження: Пацієнт зобов'язаний розпочати дозоване (починаючи з 15-20 кг) осьове навантаження на ногу з поступовим переходом до повного навантаження. Відсутність мікрорухомості в зоні перелому неминуче призведе до формування атрофічного хибного суглоба.