

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХОДІВ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ДЛЯ
ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІЇ НИЖНІХ КІНЦІВОК В ОСІБ ІЗ ПЕРИФЕРИЧНИМИ
НЕЙРОПАТІЯМИ, СПРИЧИНЕНИМИ МІННО-ВИБУХОВИМИ ТРАВМАМИ****EFFECTIVENESS OF PHYSICAL THERAPY INTERVENTIONS FOR RESTORING
LOWER LIMB FUNCTION IN INDIVIDUALS WITH PERIPHERAL NEUROPATHIES
CAUSED BY MINE-BLAST INJURIES****Чабанова Н. В., Лазарєва О. Б., Смоляр І. І.***Національний університет фізичного виховання і спорт у Україні, м. Київ, Україна*

ORCID: 0009-0000-2745-0042

ORCID: 0000-0002-7435-2127

ORCID: 0000-0001-8817-7035

Chabanova N. V., Lazarijeva O. B., Smoliar I. I.*National University of Ukraine on Physical Education and Sport, therapy and rehabilitation department, Kyiv, Ukraine***Анотації**

Вступ. Мінно-вибухові поранення нижніх кінцівок, ускладнені периферичними нейропатіями, характеризуються поліструктурністю ушкоджень, тривалим перебігом відновлення та високим ризиком стійких функціональних обмежень. У таких пацієнтів особливого значення набуває поетапна організація фізичної терапії, яка дає змогу узгодити захист реконструйованого нерва, поступову мобілізацію, сенсорну реедукацію та функціональне навантаження.

Мета дослідження. Оцінити вплив алгоритму застосування заходів фізичної терапії в індивідуальній реабілітаційній програмі для осіб з периферичними нейропатіями, спричиненими мінно-вибуховими травмами нижніх кінцівок на біль та обмеження функції/активності, пов'язані зі станом стопи.

Матеріал і методи. У дослідженні взяли участь 40 пацієнтів із наслідками мінно-вибухових поранень нижніх кінцівок та периферичними нейропатіями, локалізованими нижче колінного суглоба. Пацієнтів розподілили на основну (n=19) та контрольну (n=21) групи. Для оцінювання больового синдрому, функціональних обмежень та рівня активності, пов'язаних зі станом стопи, застосовували Functional Foot Index (FFI) з аналізом підшкал болю, інвалідності, обсягу активності, суми балів та інтегрального показника FFI (%). Оцінювання проводили в динаміці у стандартизованих умовах реабілітаційного відділення. Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням методів порівняльного аналізу.

Результати. За показниками FFI встановлено стійку перевагу основної групи над контрольною. На проміжному етапі реабілітації в основній групі відзначали нижчий рівень болю (Me=32,0 проти 41,0 бала; p<0,001) та кращий інтегральний показник FFI (%) (56,5% проти 76,5%; p<0,001). На завершальному етапі міжгрупові відмінності зберігалися та посилювалися: біль становив 17,0 проти 26,0 бала, інвалідність – 27,0 проти 46,0 бала (p<0,001), а FFI (%) – 32,9% проти 51,2% (p<0,001) в основній і контрольній групах відповідно. Коефіцієнт покращення також був вищим в основній групі (1,78±0,42 проти 1,47±0,18; t=2,99; p=0,005), що свідчить про вищу ефективність запропонованої програми фізичної терапії.

Висновки. Запропонована програма фізичної терапії у пацієнтів із периферичними нейропатіями після мінно-вибухових поранень нижніх кінцівок на підгострому етапі реабілітації забезпечує більш виражене зменшення болю та функціональних обмежень, а також краще відновлення функціонального стану стопи за показниками FFI порівняно зі стандартним підходом.

Ключові слова: мінно-вибухова травма, периферична нейропатія, нижня кінцівка, фізична терапія, реабілітація, Functional Foot Index, функціональний стан стопи.

Introduction. Mine-blast injuries of the lower limbs, complicated by peripheral neuropathies, are characterized by polystructural damage, a prolonged recovery period, and a high risk of persistent functional limitations. In such patients, the phased organization of physical therapy is of particular importance, as it allows for the coordination of reconstructed nerve protection, gradual mobilization, sensory re-education, and functional loading.



Objective. To evaluate the impact of a physical therapy algorithm within an individual rehabilitation program for individuals with peripheral neuropathies caused by mine-blast lower limb injuries on pain and function/activity limitations related to foot condition.

Material and Methods. The study involved 40 patients with the consequences of mine-blast lower limb injuries and peripheral neuropathies localized below the knee joint. Patients were divided into the main group (n=19) and the control group (n=21). To assess pain syndrome, functional limitations, and activity levels related to foot condition, the Functional Foot Index (FFI) was used, including subscale analysis of pain, disability, activity limitations, total scores, and the overall FFI percentage (%). Assessments were conducted dynamically under standardized conditions within a rehabilitation department. Statistical processing of the results was performed using comparative analysis methods.

Results. According to the FFI indicators, a consistent advantage of the main group over the control group was established. At the intermediate stage of rehabilitation, the main group showed a lower pain level (Me=32.0 vs. 41.0 points; $p<0.001$) and a better overall FFI (%) (56.5% vs. 76.5%; $p<0.001$). At the final stage, intergroup differences persisted and intensified: pain was 17.0 vs. 26.0 points, disability was 27.0 vs. 46.0 points ($p<0.001$), and the FFI (%) was 32.9% vs. 51.2% ($p<0.001$) in the main and control groups, respectively. The improvement coefficient was also higher in the main group (1.78 ± 0.42 vs. 1.47 ± 0.18 ; $t=2.99$; $p=0.005$), indicating the higher effectiveness of the proposed physical therapy program.

Conclusions. The proposed physical therapy program for patients with peripheral neuropathies following mine-blast lower limb injuries at the subacute rehabilitation stage ensures a more pronounced reduction in pain and functional limitations, as well as better recovery of the functional state of the foot according to FFI indicators compared to the standard approach.

Keywords: mine-blast injury, peripheral neuropathy, lower limb, physical therapy, rehabilitation, Functional Foot Index, functional state of the foot.

Актуальність. Бойова травма, зокрема мінно-вибухові та вогнепальні поранення, у сучасних збройних конфліктах формує контингент пацієнтів із переважним ураженням кінцівок та високою частотою комбінованих ушкоджень, що потребують тривалого відновлення функціонування [1, 30, 6]. Для поточного конфлікту в Україні описано домінування ушкоджень кінцівок у структурі бойових травм і значну частку переломів довгих кісток [21, 22], що зумовлює тривалість лікування та реабілітації [21]. Мінно-вибухові ураження нижніх кінцівок є функціонально «важкими» через багатокomпонентність ушкодження (переломи, дефекти м'яких тканин, мікроциркуляторні порушення, нейросудинний компонент) та прогресування частини патологічних змін у часі; експериментальні моделі підкреслюють, що вибухова травма нижньої кінцівки супроводжується типовими ураженнями м'яких тканин і може включати нервові ушкодження та порушення мікроциркуляції [3, 32]. На рівні системи охорони здоров'я це корелює з фіксованими в Україні високими потребами у довготривалій реабілітації осіб із мінно-вибуховою травмою та необхідністю підвищення доступності й організації реабілітаційних послуг у громадах [18]. Водночас глобальні документи ВООЗ підсилюють вимогу до країн інтегрувати та масштабувати реабілітацію як складову системи охорони здоров'я, зокрема в умовах надзвичайних ситуацій і наслідків збройних конфліктів [31]. Для України ця рамка є критично релевантною, оскільки WHO/Europe окремо наголошує, що повномасштабна війна не лише різко підвищила потребу в реабілітації, а й посилила бар'єри доступу до неї (ураження закладів охорони здоров'я, дефіцит персоналу, логістичні та енергетичні обмеження), водночас підкреслюючи, що модернізація системи реабілітації та відповідні реформи в Україні були розпочаті за кілька років до 2022 року і продовжилися в умовах війни [25].

Особливе клінічне значення у вибірці пацієнтів з бойовою травмою нижніх кінцівок має неврологічний компонент – після травматичні ураження периферичних

нервів (зокрема великогомілкового та малогомілкового), що зумовлюють парези, сенсорні дефіцити, нейропатичний біль [4, 5] та порушення моторного контролю і, як наслідок, суттєво ускладнюють відновлення ходи, опори, рівноваги та участі в повсякденній активності. Сучасні огляди бойових ушкоджень периферичних нервів підкреслюють складність ведення цієї категорії пацієнтів та необхідність поєднання хірургічної тактики з реабілітаційним маршрутом, орієнтованим на функціональний результат [19]. Узагальнені клінічні підходи до травматичних ушкоджень периферичних нервів також наголошують, що оптимальні результати визначаються не лише оперативним втручанням, а й структурованою реабілітацією з урахуванням переносимості навантаження, больового синдрому, сенсорних порушень, ризиків контрактур і вторинних компенсацій [1, 11]. Фазова модель реабілітації є критичною для формування довготривалого функціонального результату, оскільки в цей період необхідно узгодити тканинну безпеку (захист ділянки реконструкції), поступову мобілізацію, сенсорну редукацію та нарощування функціонального навантаження для пацієнтів [28]. Практичні клінічні настанови для реабілітації в умовах конфліктів і катастроф додатково підкреслюють необхідність фазовості, міждисциплінарності, навчання пацієнта та структурованого повернення до активності [2]. Отже, науково-методичне обґрунтування, розроблення та впровадження алгоритму використання заходів фізичної терапії для осіб з периферичними нейропатіями, спричиненими мінно-вибуховими пораненнями нижніх кінцівок, є своєчасним завданням із високою практичною значущістю, спрямованим на підвищення ефективності відновлення функціонування, активності та участі, а також на уніфікацію клінічних рішень у складних післяопераційних випадках.

Мета дослідження: оцінити вплив алгоритму застосування заходів фізичної терапії в індивідуальній реабілітаційній програмі для осіб з периферичними

нейропатіями, спричиненими мінно-вибуховими травмами нижніх кінцівок на біль та обмеження функції/активності, пов'язані зі станом стопи.

Матеріал та методи дослідження. *Учасники.* У дослідженні взяли участь 40 осіб із мінно-вибуховою травмою нижньої кінцівки після зняття апарата зовнішньої фіксації, з ушкодженням великогомілкового та малогомілкового нервів, яким було виконано оперативну реконструкцію нерва (шов/пластика/графт) та відповідно розподілені на основну (n=19) та контрольну (n=21) групи.

Дослідження проведено з дотриманням основних положень «Правил етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини», затверджених Гельсінською декларацією (1964-2013 рр.), ICH GCP (1996 р.), Директиви ЄЕС № 609 (від 24.11.1986 р.), наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р. Кожен пацієнт був проінформований щодо обов'язків і прав, а також можливості завершити дослідження в будь-який момент.

Методи. Для оцінки больового синдрому, функціональних обмежень і рівня активності, пов'язаних зі станом стопи у пацієнтів із периферичними нейропатіями після мінно-вибухових поранень нижніх кінцівок (локалізація нижче колінного суглоба), застосовували Functional Foot Index (FFI). Інструмент включав підшкали болю, інвалідності (функціональних обмежень) та обсягу активності, розраховували також суму балів і інтегральний показник FFI (%). Опитувальник заповнювали шляхом анкетування у стандартизованих умовах реабілітаційного відділення: кожен пункт оцінювали за шкалою 0–10, де 0 відповідало відсутності болю/обмежень, а 10 – максимальній вираженості симптомів або повній неможливості виконання дії.

Організація. Індивідуальна реабілітаційна програма (ІПР) реалізовувалася на базі ІТО НАМНУ та Західному реабілітаційно-спортивному центрі НКСІУ, в середньому упродовж 12 тижнів з подальшою телемедичною та підтримкою пацієнта до 6 місяців [3]. Реабілітаційні втручання організовували за фазовою моделлю.

У фазі 0 (післяопераційний захист, 0–10 діб) забезпечували захист ділянки анастомозу/пластики від натягу та механічної компретації, проводили контроль набряку й болю та надавали пацієнтам інструктаж щодо безпечного режиму кінцівки і самоконтролю симптомів.

У фазі 1 (рання захищена мобілізація, 1–3 (4) тижні) виконували ранню контрольовану мобілізацію суміжних суглобів для профілактики контрактур і адгезій, дозуючи рухи так, щоб не створювати натягу в зоні реконструкції та не провокувати наростання неврологічної симптоматики. Завдання полягало у зменшенні больового синдрому, набряку та відновленні пасивної й асистованої рухливості в суглобах. Використовувалися положення для розвантаження, вправи на ізометричне напруження м'язів, дихальні вправи, м'які мобілізаційні рухи в межах безболісної амплітуди. Активні рухи дозволялися лише за відсутності болю, дозволу лікаря й після стабілізації стану кінцівки. Усі дії виконувалися з урахуванням наявності неврологічних порушень і сенсорних дефіцитів. При наявності повторюваних хірургічних втручань, мали чергування 0 та 1 фаз.

У фазі 2 (сенсорно-орієнтована фаза I до реіннервації, 2–12 тижнів), яка частково співпадала із 1 фазою за часом протокол і тривалість втручань визначалися рівнем ушкодження та натягом шва/графта і в усіх випадках погоджувалися з хірургом; фізичну терапію спрямовували на безпечне відновлення рухливості без форсування навантаження, профілактику вторинних ускладнень. Ключовим завданням фази 2 було зменшення патологічної сенсорної чутливості та формування умов для подальшого відновлення рухової функції без провокації симптомів. Проводили цільову деактивацію сенсорних порушень, щоб зменшити нейропатичний біль і гіперчутливість та підвищити переносимість рухової активності. Для цього застосовували дозовану сенсорну стимуляцію/десенситизацію (контрольований дотик, термо- та вібровпливи, за показаннями – TENS/холод) з поступовою прогресією інтенсивності без провокації симптомів. Також застосовували нейродинамічні вправи за M. Shacklock [29] для покращення ковзання нервових структур і зменшення нейропатичної симптоматики, виконуючи динамічні/статичні нейромобілізаційні вправи у безболісному діапазоні без зміни довжини та натягу нерву. Прогресію амплітуди та кількості повторень здійснювали поступово, а при появі або посиленні болю/парестезій навантаження негайно зменшували або тимчасово припиняли.

У фазі 3 (ознаки реіннервації, орієнтовно 3–6 місяців залежно від рівня ушкодження) та 4 фазах (сенсорно-орієнтована фаза II після появи захисної чутливості, від 3–4 місяців), яка знаходилася у межах Фази 3, відновлення відбувалося на тлі регенерації периферичних нервів і поступового зменшення больового синдрому, тому цей етап був зоною максимального нарощування діапазону та вдосконалення цілеспрямованих рухових дій. Реалізовані завдання включали відновлення чутливості та нервово-м'язової взаємодії, збільшення м'язової сили й витривалості, відновлення координації, рівноваги та корекцію рухового патерну ходи, формування функціональних навичок для повсякденної активності, а також психологічну підтримку та підтримання мотивації. Акцент переносили на сенсорну редукацію та формування якісного рухового контролю без надмірних компенсацій. Робота з болем була спрямована на зменшення центральної сенситизації та профілактику хроніфікації нейропатичного болю, що підвищувало ефективність методів фізичної терапії. З огляду на порушення пропріоцепції й координації, застосовували нейромобілізацію, вправи на баланс і координацію (в т.ч. на нестійких поверхнях), а для сенсомоторної активації використовували вібраційні впливи як джерело біологічного зворотного зв'язку. Для подолання наслідків іммобілізації та м'язової атрофії виконували активні вправи з поступовим збільшенням навантаження (ізометричні та динамічні, функціональні патерни перенесення ваги, крокові рухи), тренування ходи (спочатку з опорою, згодом – без неї), а також витривалості, поєднуючи їх із контролем набряку (зокрема лімфодренажні прийоми і компресійний трикотаж) та симптом-модуючими методами на м'язи із збереженою інервацією.

У фазі 5 (силова й функціональна інтеграція, 4–12 місяців) здійснювали інтеграцію відновленої іннервації у функцію шляхом поступового нарощування сили, витривалості та пропріоцепції, тренування рівноваги й ходи, відпрацювання функціональних трансферів і повернення до складніших рухових завдань та участі.

Заняття проводилися 5 разів на тиждень, тривалість кожного становила від 15 хвилин у 1 фазі (з кратністю 2 рази на день) до 40–60 хвилин у 4. Усі пацієнти виконували терапевтичні вправи під контролем фізичного терапевта з поступовим ускладненням програми відповідно до відновлення рухових можливостей. Для військових пацієнтів, що продовжували відновлення за межами реабілітаційних відділень була організована телемедична підтримка.

Відмінності від класичної програми відновлення полягали у використанні освіти щодо контролю болю, терапевтичних вправ для деактивації сенсорних порушень при нейропатії, методів нейромобілізації за Michael Shacklock. Основні підходи полягали у цілеорієнтованості, урахуванні запиту пацієнта, формуванні терапевтичного альянсу між ним та фізичним терапевтом.

Статистичний аналіз. Аналізу ефективності застосовуваних втручань передувало встановлення нормальності розподілу спостережуваних показників за W; критерієм Шапіро–Уїлка. З’ясувалося, що не всі показники кульшового суглобу за всіма періодами обстеження були розподілені нормально. Тому для представлення центральної тенденції та розкиду ми використовували медіану (Me) та перший і третій квартилі [Q1; Q3].

Тому на першому етапі аналізу ми використовували непараметричний аналог повторних вимірів ANOVA – тест Фрідмана (Friedmantest), який дозволяє встановити чи є відмінності у медіанах між часовими точками.

Оскільки тест Фрідмана виявився статистично значущим ($p < 0,05$) для досліджуваних показників, ми провели попарне порівняння за T-критерієм Вілкоксона з поправкою Бонфероні. Для оцінки клінічної значущості виявлених відмінностей, ми розраховували розмір ефекту (r) для T-критерію Вілкоксона. Інтерпретація розміру ефекту проводилась за критеріями Коена: $r < 0,3$ – малий, $0,3 \leq r < 0,5$ – середній, та $r \geq 0,5$ – великий

ефект. Для статистичного аналізу використовувалась програма Statistics (Statsoft, USA).

Результати дослідження та їх обговорення. Для комплексної оцінки ефективності відновлення дистальних відділів нижніх кінцівок було використано «Функціональний індекс стопи» (FunctionalFootIndex – FFI). Динаміка відновлення продемонструвала стійку перевагу ОГ на всіх етапах реабілітації. Вже в середині курсу реабілітації рівень болю в ОГ був статистично значуще нижчим (Me=32,0 бали), ніж у КГ (Me=41,0 бали; $p < 0,001$). Інтегральний показник функціонального стану стопи в ОГ склав 56,5 %, тоді як у КГ він залишався на рівні 76,5 % ($p < 0,001$).

На момент завершення дослідження розрив між групами збільшився, що підтверджує накопичувальний ефект запропонованої ППР. Медіанний показник болю в ОГ знизився до 17,0 балів, тоді як у КГ він склав 26,0 балів. При цьому пацієнти ОГ відчували значно менше труднощів у побуті (Me=27,0 балів), ніж представники КГ (Me=46,0 балів; $p < 0,001$). Підсумковий показник стану стопи в ОГ склав 32,9%, що у 1,5 рази краще, ніж у КГ (51,2%; $p < 0,001$). (табл. 2).

Варто звернути увагу на відсутність статистично значущих відмінностей за шкалою «Обсяг активності» ($p = 0,481$). Медіани обох груп майже ідентичні (12,0 та 13,0 балів). Це свідчить про те, що пацієнти обох груп досягли схожого рівня побутової активності.

Проте, зважаючи на суттєву різницю у шкалах «Болю» та «Інвалідності», можна стверджувати, що пацієнти ОГ виконують це фізичне навантаження вільно, тоді як пацієнти КГ змушені долати больовий синдром та функціональні обмеження.

Для розуміння пріоритетності проблем пацієнтів було проведено аналіз внутрішньої структури FFI (табл. 3). Як в ОГ, так і в КГ на етапах 2 та 3 зафіксовано статистично значущу нерівномірність розподілу балів між субшкалами ($p < 0,001$). Аналіз середніх рангів дозволив вибудувати чітку ієрархію скарг, яка залишається стабільною протягом всього періоду реабілітації: Найбільш виражена проблема – максимальний бал за шкалою інвалідності, що пояснюється суб’єктивним відчуттям труднощів при виконанні дій, яке є домінуючим фактором дискомфорту.

Таблиця 1

Аналіз результатів болю та обмеження функцій/активності, пов’язані зі станом стопи за шкалою FFI на другому етапі дослідження (n=40)

Показники	ОГ (n=19)			КГ (n=21)			U	p
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3		
Шкала болю, бал	32,0	24,0	36,0	41,0	39,0	43,0	50,5	<0,001
Шкала інвалідності, бал	44,0	38,0	66,0	65,0	60,0	67,0	105,0	0,011
Шкала обсягу активності, бал	21,0	18,0	24,0	24,0	23,0	25,0	104,5	0,010
Сума балів	96,0	79,0	118,0	130,0	120,0	134,0	57,0	<0,001
Функціональний індекс стопи, %	56,5	46,5	69,4	76,5	70,6	78,8	57,0	<0,001

Примітка. Дані представлені як Медіана [Q1; Q3], де Q1 – перший квартиль, Q3 – третій квартиль.

Таблиця 2

Аналіз результатів болі та обмеження функції/активності, пов’язані зі станом стопи за шкалою FFI на третьому етапі дослідження(n=40)

Показники	ОГ (n=19)			КГ (n=21)			U	p
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3		
Шкала болю	17,0	15,0	21,0	26,0	24,0	31,0	23,0	<0,001
Шкала інвалідності	27,0	23,0	33,0	46,0	43,0	51,0	3,0	<0,001
Шкала обсягу активності	12,0	11,0	14,0	13,0	10,0	16,0	173,0	0,481
Сума балів	56,0	50,0	63,0	87,0	83,0	91,0	1,5	<0,001
Функціональний індекс стопи	32,9	29,4	37,1	51,2	48,8	53,5	1,5	<0,001

Примітка. Дані представлені як Медіана [Q1; Q3], де Q1 – перший квартиль, Q3 – третій квартиль.

Таблиця 3

Порівняльний аналіз за результатами шкали FFI в межах кожної з груп (n=40)

Група	Множинні порівняння		Парні порівняння з поправкою Бонферроні		
	Friedmantest	p	1-2	2-3	1-3
	Етап 2				
ОГ (n=19)	(N=19; df=2) 32,32	<0,001	3,743; <0,001	3,823; <0,001	3,441; <0,001
КГ (n=21)	(N=21; df=2) 42,0	<0,001	4,015; <0,001	4,015; <0,001	4,015; <0,001
	Етап 3				
ОГ (n=19)	(N=19; df=2) 37,52	<0,001	3,823; <0,001	3,823; <0,001	3,724; <0,001
КГ (n=21)	(N=21; df=2) 42,0	<0,001	4,015; <0,001	4,015; <0,001	4,015; <0,001

Примітка 1. Для парних порівнянь використано тест Вілкоксона з поправкою Бонферроні.

Примітка 2. Результати представлено у вигляді «z; p», де z - статистика ефекту, p - рівень значущості. Цифри 1, 2, 3 позначають шкали болю, інвалідності, обсягу активності.

Таблиця 4

Вплив амплітуди руху в суглобах на функціональний стан стопи (n=40)

Показник	КГ		ОГ	
	2 етап	3 етап	2 етап	3 етап
Згинання прямої ноги, градус				0,518
Розгинання стегна, градус			-0,489	
Приведення стегна, градус			0,596	
Розгинання гомілки, градус		0,479		
Згинання стопи, градус	-0,555			
Тип допоміжного засобу			0,603	

Для підтвердження вищої ефективності запропонованої програми нами було розраховано коефіцієнт покращення (відношення вихідного рівня FFI до кінцевого). Встановлено, що ОГ функціональний стан стопи покращився в середньому в 1,78 разів (SD=0,42), тоді як у КГ – в 1,47 разів (SD= 0,18). Різниця між групами є статистично значущою (t=2,99; p=0,005).

Таким чином, запропонована програма фізичної терапії дозволяє досягти глибокого відновлення функції стопи, мінімізувати больовий синдром та забезпечити високу якість життя пацієнтів, що підтверджується кращими показниками FFI порівняно зі стандартною методикою.

Окремим етапом дослідження став пошук факторів, що впливають на суб’єктивне сприйняття пацієнтами функціонального стану стопи (за індексом FFI). Аналіз виявив цікавий феномен дисоціації об’єктивних та суб’єктивних показників.

Встановлено, що інтегральний показник FFI не має статистично значущих кореляційних зв’язків із результатами локомоторних тестів (10-метровий тест, TUG, чотириквдратний крок) у жодній з груп (p > 0,05). Отже швидкість пересування не є тотожною комфорту пересування. Пацієнти (особливо військовослужбовці) здатні демонструвати високу мобільність та швидкість за рахунок вольових зусиль та компенсаторних механізмів, навіть на тлі вираженого больового синдрому чи функціональних обмежень стопи. Це підкреслює необхідність використання FFI як незалежного інструменту контролю, який відображає деякі аспекти якості життя, а не лише фізичні кондиції. Водночас, аналіз біомеханічних предикторів FFI знову підтвердив відмінності у стратегіях відновлення груп (табл. 4).

У КГ суб’єктивний стан стопи чітко корелює з рухливістю самої стопи та гомілки:

- на 2-му етапі виявлено помірний статистично значущий (p<0,05) зворотний зв’язок зі згинанням стопи.

тобто, чим краще тильне згинання, тим краще пацієнт оцінює функцію стопи;

- на 3-му етапі з'являється прямий зв'язок із розгинанням гомілки ($p < 0,05$), що вказує на вплив біомеханіки коліна на навантаження стопи.

У пацієнтів ОГ покращення стану стопи пов'язане зі станом кульшового суглоба та зовнішньою підтримкою:

- на 2-му етапі стан стопи сильно статистично значуще ($p < 0,05$) корелює з типом допоміжного засобу, тобто чим стабільніша опора (милиці), тим гіршою пацієнт суб'єктивно відчуває свою стопу, що відображає реальну тяжкість стану;

- на етапі 2 також виявлено зв'язки з рухливістю стегна: розгинанням та приведенням

- на 3-му етапі значущим стає тест «Згинання прямої ноги», що може свідчити про вплив еластичності задньої поверхні стегна на біомеханіку кроку та, як наслідок, на комфорт стопи.

Таким чином, у КГ дискомфорт у стопі напряду пов'язаний з обмеженням рухів, а в ОГ, де амплітуди відновилися краще, на передній план виходять глобальні патерни (стан стегна, м'язовий тонус), що підтверджує більш комплексний характер відновлення у цій групі.

Дискусія. Сучасні уявлення про етапність ведення поранених із поліструктурними ушкодженнями підтверджують необхідність переходу від життє- і кінцівкозберігаючих втручань до реконструктивного відновлення [15]. Зазвичай лікування пацієнтів із периферичними нейропатіями починається з евакуаційних заходів та первинних/спеціалізованих хірургічних втручань (закриття ран, стабілізація відламків, інфекційний контроль, етапне ведення відкритих переломів) [21]. Основний етап дослідження, що розпочався після демонтажу апаратів зовнішньої фіксації (АЗФ), був зосереджений на відновленні провідності периферичних нервів після пластики (реконструкція, шов або автотрансплантація). Подальший реабілітаційний менеджмент, організований у вигляді п'яти фаз, базувався мультидисциплінарному підході [4;14] з алгоритмізованою фізичною терапією. Ключовими чинниками функціонального відновлення визначено нейропластичність [20], сенсомоторну інтеграцію та симптом-модуляцію. Остання передбачає застосування специфічних стратегій контролю болю, нейродинамічних технік та терапевтичного позиціонування для зниження механочутливості нерва, що є критичною передумовою для відновлення рухових патернів [10]. Водночас варто враховувати обмеження доказової бази, оскільки висновки Chu X.-L. та співавт. ґрунтуються на результатах експериментального моделювання на гризунах, що потребує подальшої верифікації в умовах клінічних досліджень за участю людей [10].

У сучасній літературі фазовість реабілітації після ушкодження периферичної нервової системи описується як спільний принцип, але з різною спрямованістю залежно від типу втручання та локалізації [28]. Так, у практико-орієнтованій роботі С. Novak для пацієнтів після ушкодження/відновлення периферичних нервів рекомендована двофазна реабілітація, де окремо підкреслюється “пізня фаза реабілітації” із тривалою роботою над обсягом рухів/силою та обов'язковим

компонентом сенсомоторної реєдукації після появи реіннервації [24]. Окремо для сенсорного компоненту фазовість показана як мінімум у двох підходах/етапах: рання сенсорна реєдукація може стартувати вже з першого післяопераційного тижня, тоді як “класична” сенсорна реєдукація традиційно починається після відновлення порогу захисної чутливості – це добре ілюструє РКД М. Paula та співавт. [26]. Для реконструктивних втручань типу «трансферу нерва» фазовість описується ще детальніше: Birmingham Protocol пропонує 6 фаз (передопераційна фаза, захисту, профілактики, розвитку сили, пластичності, фаза цілеспрямованої діяльності) як складові безперервного процесу, причому автори наводять очікувані часові рамки відновлення та приклади як для верхньої, так і для нижньої кінцівки [4, 16]. На рівні узагальнених рекомендацій для травматичних ушкоджень периферичних нервів Е. Bateman та співавт. підкреслюють необхідність поетапного прогресування від захисту/контролю симптомів та запобігання контрактурам до функціональної інтеграції й тренування активності; при цьому вони прямо розглядають нерви, релевантні нижній кінцівці (tibial, commonperoneal), що робить джерело доречним для обґрунтування фазовості і в “нижньокінцівкових” сценаріях [1]. Нарешті, Ніте та співавт. прямо формулюють, що оптимізація відновлення після операцій на периферичних нервах потребує розуміння “кожної фази процесу” — від передопераційної підготовки та захисного післяопераційного етапу до прогресії руху й використання кінцівки, що концептуально підтверджує саме фазову модель як основу протоколізації [17].

Огляди з бойових уражень периферичних нервів підкреслюють потребу в міждисциплінарному веденні, де поряд із хірургічною реконструкцією ключовими є реабілітаційні компоненти, спрямовані на відновлення активності та участі, з обов'язковим симптом-лімітованим дозуванням [18]. Водночас систематичний огляд Chiaramonte R із співавт. демонструє, що фізичні вправи та реабілітаційні впливи (зокрема дозоване тренування) можуть позитивно впливати на репарацію/регенерацию периферичного нерва та функціональні результати, однак наголошують на важливості часу початку та дозування, щоб уникати провокації симптомів і перевантаження [9]. Аналогічно, оглядові дані з нейробіологічним обґрунтуванням підкреслюють нейропротективний і протирубовцевий потенціал фізичної активності (через трофічні фактори, протизапальну модуляцію тощо), що концептуально підтримує нарощування активної складової реабілітації у фазі, коли це дозволяють тканинні умови та клінічна переносимість [23].

Додатково новіші клінічні дані (для післяопераційних уражень периферичних нервів) вказують, що структурована фізична терапія проведена в межах контрольованого протоколу асоціюється з прискоренням нейрофункціонального відновлення [19].

Додатковим аргументом на користь чіткої фазовості є те, що бойові ушкодження кінцівок часто ускладнюються інфекційними процесами та тривалими рановими проблемами, що впливають на темп

відновлення ї потребують гнучкого дозування навантажень у реабілітації [27].

У літературі публікації, де наведені результати FFI саме у пацієнтів із периферичними нейропатіями після мінно-вибухових поранень нижче коліна, зустрічаються рідко; натомість доступні дані з дуже близьких когорти – високоенергетичної/бойової травми стопи та гомілково-ступневого сегмента (вибухові відкриті переломи, комплексні ушкодження середнього/заднього відділу стопи), де FFI використовують як чутливий стопо-специфічний PROM для болю, інвалідності та обмеження активності [7, 8]. У нашому дослідженні на II та III етапах було отримано стійку перевагу ОГ над КГ за FFI: уже на II етапі ОГ мала нижчі значення болю та інвалідності і кращий інтегральний показник FFI (%), а на III етапі ці відмінності зберігалися/посилювалися; водночас компонент «обсяг активності» на завершальному етапі не демонстрував статистично значущих міжгрупових розбіжностей, що можна пояснити високою роллю контекстних обмежень у військовослужбовців (служба зайнятість, режим, логістика), які здатні «вирівнювати» рівень повсякденної активності незалежно від клінічної динаміки болю та функції.

Порівняння з близькими за механізмом ушкодження когортаю підтверджує, що навіть після спеціалізованого ортопедичного лікування високоенергетичних травм стопи функціональні обмеження можуть залишатися значними. Так, у ретроспективній когорті комплексних ушкоджень Lisfranc/Chopart, де серед механізмів травми прямо зазначено вибухи, наведено медіану FFI 43,3 (IQR 38,9), а загальний функціональний результат автори характеризують як «poortofair» (проміжному значенню між 2 та 3 балами за шкалою мануального м'язового тестування (ММТ)), із високою частотою ускладнень і потребою у вторинних реконструктивних втручаннях [12]. У близькому за тематикою матеріалі про переломи та стопи у цивільних на 12-місячному спостереженні також продемонстровано FFI 47,5 разом із VASFA 51,5, а додатково наведено показники SF-12 (PCS 37,9; MCS 45,2), що свідчить не лише про стопо-специфічні обмеження, а й про помітний вплив травми на якість життя, пов'язану зі здоров'ям [13]. У цьому контексті наші результати (нижчі значення FFI та кращий FFI% в ОГ порівняно з КГ на II–III етапах) можна інтерпретувати як клінічно релевантну перевагу алгоритмізованої програми фізичної терапії, яка сприяла зменшенню болю й інвалідності та формуванню більш сприятливих умов для відновлення опори/ходи. Водночас на рівні участі/щоденної активності (компонент FFI «обмеження активності») ефект міг бути частково «приглушений» зовнішніми чинниками, що характерно саме для військового контингенту.

Висновки. Розроблена фазова програма фізичної терапії для осіб із периферичними нейропатіями після мінно-вибухових поранень нижніх кінцівок була побудована як алгоритм із чіткою послідовністю цілей і критеріїв прогресії, узгоджений із хірургічним етапом відновлення провідності нерва. Її реалізація забезпечила структурований перехід від захисту зони реконструкції та симптом-модуляції до сенсомоторної інтеграції й відновлення опори/ходи, що підвищувало керованість

реабілітаційного процесу та клінічну відтворюваність втручань у пацієнтів із поліструктурними бойовими ушкодженнями. Розроблена програма забезпечила значно вищу якість життя військовослужбовців із пораненням нижньої кінцівки. У пацієнтів ОГ зафіксовано менший больовий синдром та інвалідність ($p < 0,001$). При цьому рівень побутової активності в обох групах не відрізнявся, що свідчить про дисоціацію між зусиллям та болем.

Обмеженням дослідження слід вважати організаційні труднощі впровадження реабілітаційної програми в умовах службової зайнятості військовослужбовців, що зумовлювало варіативність регулярності занять і потребу частково переводити втручання у телемедицинний формат, потенційно впливаючи на стандартизацію та повноту реалізації протоколу.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу розробленого ефективності алгоритму застосування заходів фізичної терапії в індивідуальній реабілітаційній програмі на показники мобільності та балансу осіб з периферичними нейропатіями, спричиненими мінно-вибуховими травмами нижніх кінцівок.

References

1. Bismak, O., & Lazarijeva, O. (2022). Optimizatsiia reabilitatsiinoho protsesu v osib z nevropatiiami verkhnoi kintsivky na osnovi mizhdystyplinarnoho pidkhodu [Optimization of the rehabilitation process in persons with upper limb neuropathies based on an interdisciplinary approach]. *Sportyvna medytsyna, fizychna terapiia ta erhoterapiia*, (1), 114–120. <https://doi.org/10.32652/spmed.2022.1.114-120>
2. Humanity & Inclusion. (2023). *Rannia reabilitatsiia v umovakh konfliktiv i katastrof: klinichniy posibnyk* [Early rehabilitation in conflicts and disasters: a clinical handbook]. https://www.hi.org/sn_uploads/Humanity-Inclusion-Clinical-Handbook-Ukrainian.pdf
3. Chabanova, N. V., Lazarijeva, O. B., & Byshevets, N. H. (2025). Efektyvnist zastosuvannya zakhodiv fizychnoi terapii u vidnovlenni obsiahu rukhiv nyzhnikh kintsivok v osib z peryferichnymy nevropatiiami, sprychynenymy minno-vybukhovymy travmamy [Effectiveness of physical therapy measures in restoring the range of motion of the lower limbs in persons with peripheral neuropathies caused by mine-blast injuries]. *Rehabilitation and Recreation*, 19.4, 62–76. <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2025.19.4>
4. Bateman, E. A., Pripotnev, S., Larocerie-Salgado, J., Ross, D. C., & Miller, T. A. (2025). Assessment, management, and rehabilitation of traumatic peripheral nerve injuries for non-surgeons. *Muscle & Nerve*, 71(5), 696–714. <https://doi.org/10.1002/mus.28185>
5. Bernetti, A., Agostini, F., de Sire, A., Mangone, M., Tognolo, L., Di Cesare, A., Ruiu, P., Paolucci, T., Invernizzi, M., & Paoloni, M. (2021). Neuropathic pain and rehabilitation: A systematic review of international guidelines. *Diagnostics*, 11(1), 74. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11010074>
6. Blum, E., Sadek, J. E., Atwan, Y., Al-Hashimi, A., Javidan, P., & El-Haj, M. (2026). Ballistic nerve injuries of the extremities: A systematic review of diagnosis, timing, treatment, and outcomes. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. Advance online publication.
7. Budiman-Mak, E. (2013). A review of the Foot Function Index and the Foot Function Index Revised. *Journal of Foot and Ankle Research*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3579714/>
8. Budiman-Mak, E., Conrad, K. J., & Roach, K. E. (1991). The Foot Function Index: a measure of foot pain and disability. *Journal of Clinical Epidemiology*, 44(6), 561–570. [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(91\)90220-4](https://doi.org/10.1016/0895-4356(91)90220-4)
9. Chiamonte, R., D'Amato, S., Maugeri, G., Di Rosa, M., Castrogiovanni, P., & Musumeci, G. (2023). The role of physical exercise and rehabilitative strategies in peripheral nerve repair and regeneration: A systematic review. *Diagnostics*, 13(3), 364. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13030364>

10. Chu, X.-L., Song, G.-Y., Wang, Y.-H., Wu, X.-Y., Li, Y., & Dong, Y.-N. (2025). Research progress in different physical therapies for treating peripheral nerve injuries. *Frontiers in Neurology*, 16, 1508604. <https://doi.org/10.3389/fneur.2025.1508604>
11. Enang, E. O., Madu, E. O., Awan, M., & Tsokwa, A. W. (2026). Impact of Structured Physiotherapy on Post-Surgical Outcomes of Upper Limb Peripheral Nerve Injuries. *Physiotherapy Research International*. <https://doi.org/10.1002/pri.70161>
12. Engelmann, E. W. M., Halm, J. A., Schepers, M. G., & Rhemrev, S. J. (2025). Long-term results of staged management of complex Lisfranc and Chopart injury: A retrospective cohort study and systematic literature review. *Journal of Personalized Medicine*, 15(2), 228. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11761783/>
13. Foot fractures and complex trauma of the foot: a case series. (2020). *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 15, 608. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-02143-3>
14. Harhaus, L., Boos, A. M., Gierer, P., Häger, M., Hartmann, B., Hausmann, A., Hirsch, T., Kneser, U., Kolbenschlag, J., Küntscher, M. V., Langer, S., Machens, H.-G., Mailänder, P., Neubrech, F., Reichert, P., Rosenberger, R., Sader, R., Schäfer, M., Schaller, H.-E., ... Vogt, P. M. (2024). The treatment of peripheral nerve injuries. *Deutsches Ärzteblatt International*, 121(9), 287–294. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2024.0071>
15. Hayda, R., Elster, E., Tintle, S., Potter, B., & Nesti, L. (2025). Management of musculoskeletal war injuries. *OTA International*, 8(6), e443. <https://doi.org/10.1097/OI9.0000000000000443>
16. Hill, J. L., Gofeld, M., Ko, J. H., & Mackinnon, S. E. (2019). The stages of rehabilitation following motor nerve transfer surgery. *Journal of Musculoskeletal Surgery and Research*, 3(1), 60–68. <https://journalmsr.com/the-stages-of-rehabilitation-following-motor-nerve-transfer-surgery/>
17. Hite, S. L., Golas, A. R., & Isaacs, J. (2024). Optimizing rehabilitation for nerve gap repair: Evidence-based recommendations. *Journal of Hand Surgery Global Online*, 6(5), 605–615. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2024.05.004>
18. Horachuk, V. V., Krut, A. H., & Kononov, O. Ye. (2024). Availability of rehabilitation for victims of mine-explosive injury in the conditions of territorial community. *Wiadomości Lekarskie*, 77(5), 926–931. <https://doi.org/10.36740/WLek202405107>
19. Howard, I. M., Sladky, J. H., & Tsao, B. E. (2025). Combat-related peripheral nerve injuries. *Muscle & Nerve*, 71(5), 768–781. <https://doi.org/10.1002/mus.28168>
20. Keci, A., Tani, K., & Xhema, J. (2019). Role of rehabilitation in neural plasticity. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(9), 1540–1547. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6532511/>
21. Lawry, L. L., de Sire, A., Khoroshun, E., Khaluiev, R., Liutko, O., Zharikov, M., McCafferty, K., & Ammendolia, A. (2025). Qualitative assessment of combat-related injury patterns and injury prevention in Ukraine since the Russian invasion. *BMJ Military Health*, 171(1), 16–22. <https://doi.org/10.1136/military-2024-002863>
22. Lurin, I., Gumeniuk, K., Tsymbaliuk, V., Badiul, P., Shypilova, H., & Khaluiev, R. (2024). Management of severe defects of humerus in combat patients injured in Russo-Ukrainian war. *Injury*, 55(2), 111280. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2023.111280>
23. Maugeri, G., D'Amato, S., Musumeci, G., Bonaventura, G., Tibullo, D., Giunta, S., Vicario, N., & Parenti, R. (2021). The role of exercise on peripheral nerve regeneration. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(21), 11632. <https://doi.org/10.3390/ijms222111632>
24. Novak, C. B. (2015). Rehabilitation of the Upper Extremity Following Nerve and Tendon Reconstruction: When and How. *Seminars in Plastic Surgery*, 29(1), 73–80. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1544167>
25. World Health Organization Regional Office for Europe. (2023, April 5). *Overcoming barriers to accessing rehabilitation in Ukraine amidst conflict*. <https://www.who.int/europe/news/item/05-04-2023-overcoming-barriers-to-accessing-rehabilitation-in-ukraine-amidst-conflict>
26. Paula, M. H., Barbosa, R. I., Marcolino, A. M., de Moraes, V. Y., Mazzer, N., & Fonseca, M. C. (2016). Early sensory re-education of the hand after peripheral nerve repair based on mirror therapy. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 20(1), 58–65. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0130>
27. Petfield, J. L., Ganesan, A., Schlett, C. D., Shaikh, F., Blyth, D. M., & Tribble, D. R. (2022). IDCRP combat-related extremity wound infection research. *Military Medicine*, 187(Supplement_2), 25–33. <https://doi.org/10.1093/milmed/usab065>
28. Smits, I., McGagh, D., Al-Janabi, S., Cassar, G., & Newcombe, D. (2024). Rehabilitation outcome of a severe combat blast injury: a case report (physiotherapy focus). *Physiotherapy Theory and Practice*. https://www.researchgate.net/publication/383377662_Rehabilitation_outcome_of_a_severe_combat_blast_injury_a_case_report
29. Shacklock, M. O. (2005). Clinical neurodynamics: a new system of musculoskeletal treatment. Elsevier Butterworth-Heinemann.
30. Shestopal, N., Bismak, H., & Lazarijeva, O. (2024). Restoration of the functional state of military personnel after gunshot wounds to the upper limb using physical therapy measures based on the principles of neuroplasticity. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies*, 9(5), 393–403. [https://doi.org/10.15391/prht.2024-9\(5\).06](https://doi.org/10.15391/prht.2024-9(5).06)
31. World Health Organization. (2023, May 30). Strengthening rehabilitation in health systems (WHA76.6). https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA76/A76_R6-en.pdf
32. Zhang, S., Zhang, J., Du, W., Liu, Y., Li, Z., & Wang, Y. (2023). Characteristics and mechanism of lower limb injury induced by landmine blast: A research in a rabbit model. *Ulus Travma Acil Cerrahi Dergisi*, 29(12), 1335–1343. <https://doi.org/10.14744/tjtes.2023.39560>