

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХОДІВ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ
У ВІДНОВЛЕННІ ОБСЯГУ РУХІВ НИЖНІХ КІНЦІВОК В ОСІБ
З ПЕРИФЕРИЧНИМИ НЕЙРОПАТІЯМИ, СПРИЧИНЕНИМИ
МІННО-ВИБУХОВИМИ ТРАВМАМИ**

**EFFECTIVENESS OF A PHYSICAL THERAPY PROGRAM FOR RESTORING
LOWER LIMB RANGE OF MOTION IN INDIVIDUALS WITH PERIPHERAL
NEUROPATHIES RESULTING FROM MINE-BLAST INJURIES**

Чабанова Н. В.¹, Лазарева О. Б.², Бишевець Н. Г.³

^{1, 2, 3} *Національний університет фізичного виховання і спорту України,
м. Київ, Україна*

¹ ORCID: 0009-0000-2745-0042

² ORCID: 0000-0002-7435-2127

³ ORCID: 0000-0001-6118-6580

Chabanova N. V.¹, Lazarieva O. B.², Byshevets N. G.³

^{1, 2, 3} *National University of Ukraine on Physical Education and Sport, department of therapy
and rehabilitation, Kyiv, Ukraine*

DOI <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2025.19.4.6>

Анотації

Вступ. Мінно-вибухові поранення нижніх кінцівок, що супроводжуються пошкодженням суглобів, м'язів і периферичних нервів, становлять одну з найскладніших проблем сучасної військової медицини. Такі ураження часто мають комбінований характер і супроводжуються значними руховими обмеженнями, больовим синдромом і вторинними контрактурами. Відновлення діапазону активних рухів у суглобах є важливим критерієм успішності фізичної терапії, що обумовлює можливість підвищення рівня функціональної незалежності та соціальної адаптації пацієнтів.

Мета дослідження – оцінити ефективність алгоритму застосування заходів фізичної терапії в індивідуальній реабілітаційній програмі для осіб з периферичними нейропатіями, спричиненими мінно-вибуховими травмами нижніх кінцівок, які локалізуються нижче колінного суглоба, шляхом аналізу динаміки відновлення показників діапазону рухів у суглобах, визначити найбільш результативні етапи втручання та клінічну значущість змін у процесі фізичної терапії.

Матеріали та методи дослідження. Для статистичного аналізу використано непараметричний підхід: тест Фрідмана для множинних порівнянь між часовими точками, критерій Вілкоксона для парних порівнянь, а також розрахунок розміру ефекту (r) для визначення клінічної значущості. Оцінювалися зміни діапазону рухів (згинання, розгинання, відведення, приведення, ротації) та функціональна асиметрія кінцівок протягом трьох етапів реабілітації.

Результати дослідження. Визначено, що, незважаючи на локалізацію поранення в межах гомілки, у пацієнтів відбуваються значні обмеження у функції кульшового суглоба. Здійснено комплексне моделювання впливу відновлення проксимальних сегментів кінцівки (кульшовий суглоб), часових (етап реабілітації) та методичних (ІРП в частині фізичної терапії) факторів на динаміку функціональної асиметрії дистальних сегментів кінцівки (гомілка, стопа). Доведено, що не існує єдиної універсальної моделі відновлення, натомість кожен із чотирьох досліджуваних рухів має принципово різний набір ключових предикторів. Доведено, що основні позитивні зміни відбуваються між першим і другим етапами спостереження: за всіма показниками зафіксовано статистично значуще збільшення діапазону рухів ($p < 0,0001$). Розрахунок розміру ефекту ($r \geq 0,7$) підтвердив клінічно значущий вплив втручань. У подальшому темпи покращення знижуються, що відображає перехід процесу від інтенсивної компенсації до стабілізації та закріплення результатів. Найвищі значен-

ня ефекту спостерігалися під час згинання й розгинання стегна, внутрішній і зовнішній ротації, а також під час розгинання стопи. Отримані дані свідчать про ефективність раннього втручання.

Висновки. Аналіз діапазону активних рухів виявив принципово різні механізми обмеження руху та його відновлення у проксимальних і дистальних сегментах нижньої кінцівки у військовослужбовців, які мають ураження структур нижче колінного суглоба. Впровадження розробленого алгоритму застосування заходів фізичної терапії забезпечує суттєве збільшення діапазону рухів у суглобах нижніх кінцівок і зменшення функціональної асиметрії. Основні відновні ефекти досягаються на ранніх етапах реабілітації, що потребує оптимізації програм втручань з урахуванням фазності відновлення, індивідуальних особливостей пацієнтів і специфіки бойових травм.

Ключові слова: фізична терапія, мінно-вибухові травми, нижні кінцівки, діапазон рухів, периферичні нерви, реабілітація, військовослужбовці.

Introduction. Mine-blast injuries of the lower limbs accompanied by damage to joints, muscles, and peripheral nerves represent one of the most challenging problems in modern military medicine. Such injuries are often highly complex, combining extensive soft tissue damage, neurovascular impairment, pain, and the development of secondary contractures. Restoration of the active range of motion (AROM) in the affected joints is a key indicator of successful physical therapy, as it determines the potential for regaining functional independence and achieving social reintegration.

The aim. To evaluate the effectiveness of an algorithm for applying physical therapy interventions within an individualized rehabilitation program for individuals with peripheral neuropathies caused by mine-blast injuries of the lower limbs localized below the knee joint, through the analysis of ROM recovery dynamics; to identify the most effective phases of intervention and determine the clinical significance of changes occurring throughout physical therapy.

Materials and Methods. A non-parametric statistical approach was applied: the Friedman test for multiple time-point comparisons, the Wilcoxon signed-rank test for pairwise comparisons, and effect size (r) calculation to determine clinical relevance. Changes in joint range of motion (flexion, extension, abduction, adduction, internal and external rotation) and functional limb asymmetry were assessed across three rehabilitation stages.

Results. It was established that despite the injury being localized at the level of the lower leg, patients exhibited substantial limitations in hip joint function. A comprehensive modelling approach was conducted to evaluate the influence of proximal segment recovery (hip joint), temporal factors (rehabilitation stage), and methodological factors (physical therapy components of the individualized rehabilitation program) on the dynamics of functional asymmetry in distal segments (lower leg, foot). The study demonstrated that no universal pattern of recovery exists; instead, each of the four examined movements is characterized by a distinct set of key predictors. The most pronounced improvements occurred between the first and second observation stages, with statistically significant increases in AROM recorded across all indicators ($p < 0.0001$). Effect size calculations ($r \geq 0.7$) confirmed a clinically meaningful impact of the intervention. Subsequently, the rate of improvement decreased, indicating a shift from the phase of intensive compensation to stabilization and consolidation of functional gains.

The highest effect sizes were observed for hip flexion and extension, internal and external rotation, as well as ankle extension. The obtained data indicate the critical importance of early intervention.

Conclusions. The analysis of active joint range of motion revealed fundamentally different mechanisms underlying movement limitations and recovery in the proximal and distal segments of the lower limb in servicemembers with injuries localized below the knee. Implementation of the developed physical therapy algorithm resulted in significant increases in ROM and reductions in functional asymmetry of the lower limbs. The major rehabilitative effects were achieved during the early stages of recovery, emphasizing the need to optimize intervention programs in accordance with the phased nature of rehabilitation, individual patient characteristics, and the specificity of combat-related injuries.

Key words: physical therapy, mine-blast injuries, lower limbs, range of motion, peripheral nerves, rehabilitation, servicemembers.

Вступ. У сучасних умовах військових дій зростає кількість випадків мінно-вибухових травм нижніх кінцівок, що супроводжуються комплексними ураженнями кістково-м'язової, суглобової та нервово-тканинної системи [7;

11; 12; 14]. Згідно з даними Н. Dandash [8], більшість жертв мінно-вибухових поранень (до 85,7%) мають ураження саме нижніх кінцівок.

В огляді Sen Zhang M. D [18] зазначено, що вибухова травма нижніх кінцівок часто супро-

воджується ураженням нервів, мікроциркуляції, а також порушеннями суглобового апарату, що прогресує із часом. У таких випадках вторинними наслідками стають обмеження діапазону активних рухів (АРОМ) у суглобах, утворення контрактур, порушення ходи, функціональна асиметрія кінцівок і виражений больовий синдром, які суттєво знижують функціональну незалежність і якість життя пацієнтів [6; 10]. Зниження АРОМ не лише обмежує функціонування пацієнта, але й сприяє розвитку компенсаторних рухових стереотипів, що підвищують ризик вторинних уражень та хронічного больового синдрому [13; 15]. Наприклад, дослідження І. Так [17] виявило, що сумарна ротація кульшового суглоба нижче 85° була статистично пов'язана з розвитком болю в паховій ділянці. Так само в реабілітаційній практиці раннє введення вправ із пасивною або активною мобілізацією суглобів довело свою ефективність у зниженні болю та попередженні контрактур [15]. Так, у статті І. G. M. Smits наводиться клінічний випадок, у якому фізіотерапія після тяжкої бойової травми нижньої кінцівки дозволила значно поліпшити рухливість і зменшити біль [16].

З огляду на зазначене існує нагальна потреба в дослідженні, яке б дало можливість кількісно оцінити, на скільки інтенсивно програми фізичної терапії впливають на відновлення обсягу рухів у ключових суглобах нижніх кінцівок (кульшовий, колінний, надп'яtkово-гомільковий). Такий аналіз дасть змогу виробити рекомендації щодо оптимальної етапності втручань, їхньої інтенсивності та спрямованості з урахуванням характеру травми та функціонального стану пацієнта.

Мета дослідження – оцінити ефективність алгоритму застосування заходів фізичної терапії в індивідуальній реабілітаційній програмі для осіб з периферичними нейропатіями, спричиненими мінно-вибуховими травмами нижніх кінцівок, які локалізуються нижче колінного суглоба, шляхом аналізу динаміки відновлення показників діапазону рухів у суглобах, визначити найбільш резуль-

тативні етапи втручання та клінічну значущість змін у процесі фізичної терапії.

Матеріал і методи дослідження. *Учасники.* У дослідженні взяли участь 40 пацієнтів, які проходили отримували реабілітаційні послуги на базі ІТО НАМНУ та в Західному реабілітаційно-спортивному центрі НКСІУ.

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

Методи. Для оцінки відновлення обсягу рухів в суглобах було використано метод гоніометрії здорової та ураженої нижньої кінцівки.

Програма реалізовувалася в середньому впродовж 12 тижнів із подальшою телемедичною підтримкою пацієнта до 6 місяців та містила три основні етапи.

На першому етапі (1–2-й тижні) завдання полягало у зменшенні больового синдрому, набряку й відновленні пасивної та 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, з дозволу лікаря й після стабілізації стану кінцівки. Усі дії виконувалися з урахуванням наявності неврологічних порушень і сенсорних дефіцитів. За наявності повторюваних хірургічних втручань термін першого етапу міг бути подовжений.

Другий етап (3–12-й тижні) був спрямований на відновлення активної рухливості та сили м'язів. Уводилися активні вправи з поступовим опором, тренування координації та рівноваги, вправи на розтягування антагоністичних груп м'язів, а також елементи

нейродинамічного та пропріоцептивного тренування. Застосовувались прості вправи в ланцюгах із закритою кінематикою, підтримання статичності та контроль постави. Основна мета – поступове розширення діапазону рухів, формування стійких рухових навичок і відновлення симетрії у роботі суглобів, що розташовані вище рівня ураження, оскільки тривав процес реконструкції великогомілкового або малогомілкового нерву.

Третій етап (12-й тиждень +) мав функціонально-відновлювальний характер. Починалася робота над відновленням функцій м'язів гомілки й активних рухів стопою. До занять додавалися складні координаційні та динамічні вправи, рухи з використанням власної ваги тіла, вправи у вертикальному положенні з переходом до часткової опори на травмовану кінцівку, а потім – до повного навантаження. Пацієнти виконували терапевтичні вправи для відновлення ходи, навчалися рівномірного перенесення ваги, контролю ритму кроку та стабілізації таза. На цьому етапі продовжувалася робота зі зниження болю за допомогою дозованих терапевтичних і нейродинамічних вправ, елементів міорелаксації.

Заняття проводилися 5 разів на тиждень, тривалість кожного становила від 15 хвилин на першому етапі (з кратністю 2 рази на день) до 40–60 хвилин на другому етапі. Усі пацієнти виконували терапевтичні вправи під контролем фізичного терапевта з поступовим ускладненням програми відповідно до відновлення рухових можливостей.

Відмінності від класичної програми відновлення полягали у використанні когнітивно-поведінкової терапії, терапевтичних вправ для деактивації сенсорних порушень за нейропатії на гострому етапі фізичної терапії, методів нейромобілізації за Michael Shacklock. Основні підходи полягали у формуванні терапевтичного альянсу між фізичним терапевтом і пацієнтом.

Статистичний аналіз. Аналізу ефективності застосовуваних втручань передувало встановлення нормальності розподілу спостережуваних показників за W-критерієм Шапіро – Уїлка. З'ясувалося, що не всі показ-

ники кульшового суглоба за всіма періодами обстеження були розподіленими нормально, тому для представлення центральної тенденції та розкиду ми використовували медіану (Me), а також перший і третій квартилі [Q1; Q3].

Отже, на першому етапі аналізу ми використовували непараметричний аналог повторних вимірів ANOVA – тест Фрідмана (Friedman test), який дає можливість встановити, чи є відмінності в 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 проводилася за критеріями Коена: $r < 0,3$ – малий, $0,3 \leq r < 0,5$ – середній, та $r \geq 0,5$ – великий ефект. Для статистичного аналізу використовувалася програма Statistics (Statsoft, USA).

Окремі статистичні розрахунки (розмір ефекту) та візуалізація даних проводилися у хмарному середовищі Google Colaboratory з використанням мови програмування Python 3. Обробка даних здійснювалася за допомогою бібліотеки Pandas, розрахунки тестів значущості – SciPy (stats), застосування поправок – Statsmodels (stats.multitest), а побудова графіків – Matplotlib.

Для аналізу впливу відновлення активного руху в кульшовому суглобі (КС), етапу реабілітації, розробленого алгоритму застосування заходів фізичної терапії (ФТ) та індивідуальних особливостей пацієнтів на відновлення функціональних рухів у колінному (КолС) та надп'яtkово-гомілковому (НГС) суглобах було використано багатофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) зі змішаними ефектами.

Специфікація моделей. Залежні змінні – відновлення 4 функціональних показників (згинання та розгинання гомілки, згинання та розгинання стопи). Під «відновленням» ми розуміємо процес зменшення функціональної асиметрії, який розраховано як відхилення

значень діапазону рухів ураженої кінцівки від здорової. Зменшення цього відхилення в часі прямо відображає відновлення функціональної симетрії, тому далі цей параметр іменується «відновлення».

Фіксовані ефекти (коваріати): 7 показників руху у КС.

Фіксовані ефекти (фактори): етап реабілітації та розроблений алгоритм дій.

Випадкові ефекти – індивідуальні особливості пацієнтів та його взаємодії.

Етапи моделювання:

1. На першому етапі (базова модель) аналізувався вплив без урахування лікувального закладу:

Залежна змінна ~ Показники руху в КС + Етап + (1|Пацієнт) + (1|Етап:Пацієнт).

2. На другому етапі (повна модель) до моделі додавався фактор алгоритму застосування заходів ФТ (АЗЗФТ) для оцінки його внеску:

Залежна змінна ~ Показники руху у КС + Етап + АЗЗФТ + (1|Пацієнт) + (1|Етап:Пацієнт) + (1| АЗЗФТ:Пацієнт).

Для оцінки якості змішаних моделей використовували обмежений метод максимальної правдоподібності (REML). Усі моделі демонстрували статистично значущі випадкові ефекти пацієнта ($p < 0,01$), що підтверджує наявність значних індивідуальних відмінностей. Попередження про сингулярність гессіана вказує на складність оцінки компонентів взаємодії, однак основні фіксовані ефекти залишаються надійними та інтерпретованими.

У разі виявлення статистично значущого головного ефекту ($p < 0,05$) для категоріального фактора (наприклад, АЗЗФТ) проводився подальший аналіз скоригованих маргінальних середніх для оцінки напрямку та величини відмінностей між групами.

Дослідження проводили за участі 40 військових (19 осіб в основній групі та 21 особа в контрольній групі) із поліструктурним ураженням структур (травми кісток, дефекти м'язів, периферичних нервів, шкірного покриву) нижньої кінцівки нижче коліна.

Результати дослідження та їх обговорення. З позиції фізичної терапії ефективна

програма має бути спрямована на раннє незалежного функціонування пацієнта, що базується на відновленні руху в суглобі, зменшенні болю й запобіганні подальшим ускладненням [1; 3; 5; 13].

Розроблений алгоритм застосування заходів фізичної терапії було спрямовано на відновлення функціональних можливостей нижніх кінцівок у військовослужбовців із наслідками мінно-вибухових поранень, що супроводжувалися периферичними нейропатіями та зниженням активного обсягу рухів у суглобах. Програму створено на основі узагальнення клінічного досвіду та чинних протоколів реабілітаційної допомоги для пацієнтів із травмами опорно-рухового апарату. Її побудова ґрунтувалася на принципах індивідуалізації, поступового збільшення навантаження, функціональної спрямованості вправ і комплексного впливу на рухові та сенсорні системи [3; 4]. Усі пацієнти мали встановлені апарати зовнішньої фіксації і мали поодинокі осколкові поранення м'яких тканин стегна. Водночас у всіх осіб були відмічені суттєві обмеження обсягу рухів у кульшовому суглобі (табл. 1).

Динаміка показників діапазону рухів КС обстежених свідчить про значні відмінності у процесі відновлення поранених військовослужбовців (рис. 1).

Наступний етап дослідження включав поглиблений аналіз динаміки показників для ураженої нижньої кінцівки пацієнтів. З'ясувалося, що для всіх досліджуваних показників χ^2 Фрідмана статистично значущий ($p < 0,00001$), що вказує на існування статистично значущих відмінностей принаймні між двома часовими точками (періодами обстеження) (табл. 2).

Подальше застосування парних порівнянь з поправкою на множинні порівняння дало можливість з'ясувати, між якими саме обстеженнями відбувалися покращення. Установлено, що для більшості показників спостерігалася високо статистично значуща ($p < 0,0001$) позитивна динаміка. Утім для приведення стегна між другим і третім обстеженням відмінність не досягла статистичної значущості ($p > 0,05$).

Таблиця 1

**Описова статистика показників діапазону рухів кульшового суглобу
на етапах дослідження (n = 40)**

Показник (градуси)	Кінцівка	Етап обстеження					
		1		2		3	
		Me	[Q1; Q3]	Me	[Q1; Q3]	Me	[Q1; Q3]
Згинання стегна	Здорова	108,0	103,5; 108,0	115,5	105,0; 116,0	110,0	107,0; 114,0
	Уражена	60,0	47,5; 84,0	74,0	58,5; 90,0	100,0	93,0; 106,5
Розгинання стегна	Здорова	20,0	14,0; 25,0	22,0	14,0; 26,0	25,0	23,0; 27,0
	Уражена	10,0	8,0; 13,0	14,0	10,0; 17,0	18,0	14,5; 22,0
Відведення стегна	Здорова	30,5	25,0; 35,0	30,5	25,0; 35,0	32,0	28,0; 37,0
	Уражена	19,0	15,0; 22,5	23,0	20,5; 26,5	28,0	23,0; 32,0
Приведення стегна	Здорова	26,5	20,0; 29,0	28,0	22,533,0	25,0	20,0; 30,0
	Уражена	18,0	17,0; 21,0	22,0	20,0; 25,0	20,0	20,0; 24,0
Внутрішня ротація стегна	Здорова	27,5	20,5; 32,0	30,5	26,5; 33,0	38,5	30,0; 44,5
	Уражена	18,0	13,0; 21,0	20,5	16,025,0	30,0	24,5; 38,0
Зовнішня ротація стегна	Здорова	27,0	23,0; 32,0	30,0	24,534,5	39,5	30,0; 44,5
	Уражена	21,5	17,0; 24,0	25,0	20,527,0	30,0	25,0; 32,5
Згинання прямої ноги	Здорова	79,0	69,5; 89,5	85,5	77,0; 93,5	82,0	73,5; 89,5
	Уражена	64,5	57,0; 72,5	78,5	70,0; 84,5	70,0	61,5; 80,5

Примітка: дані представлені як медіана [Q1; Q3], де Q1 – перший кватиль, Q3 – третій кватиль.

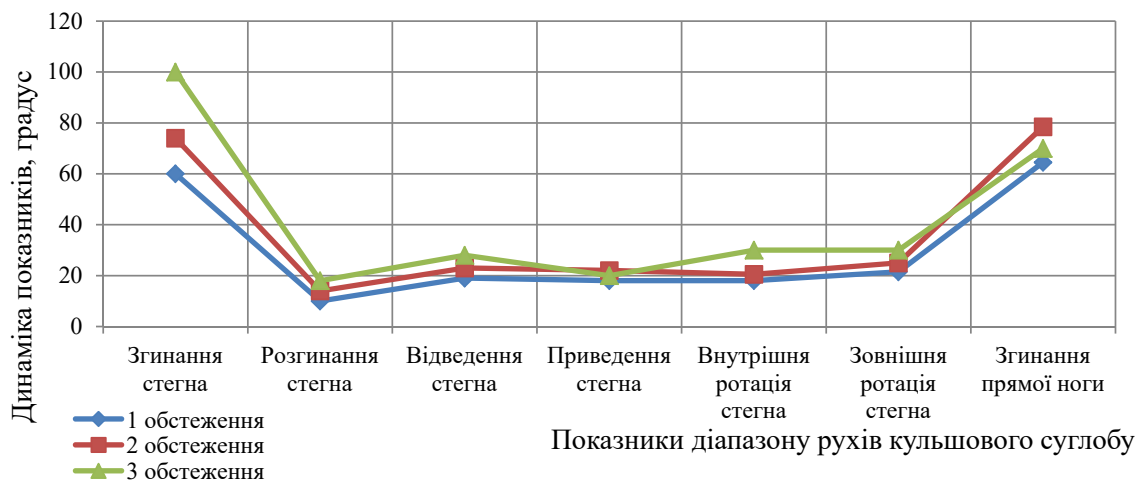


Рис. 1. Динаміка показників діапазону рухів кульшового суглобу ушкодженої кінцівки обстежених (n = 40)

Аналіз динаміки показників демонструє чітку закономірність: найбільш виражені покращення спостерігалися між першим і другим обстеженням, де всі показники досягли високої статистичної значущості ($p < 0,0001$). Між другим і третім обстеженням прогрес уповільнився, що проявляється в меншій статистичній значущості змін для окремих показників. Це може свідчити про те, що основні реабілітаційні ефекти досягаються на ранніх етапах втручання.

Розрахунок розміру ефекту (r) підтвердив, що найбільша ефективність реабілітації спостерігалася між першим і другим обстеженням. Для всіх показників, за винятком внутрішньої ротації стегна, величина ефекту в період 1–2 була вищою, ніж у період 2–3. Для приведення стегна у період 2–3 зафіксовано мінімальний ефект ($r = 0,021$), що узгоджується з відсутністю статистичної значущості в парних порівняннях за критерієм Вілкоксона з поправкою Бонфероні (табл. 3).

Таблиця 2

**Динаміка показників діапазону рухів кульшового суглоба ураженої кінцівки
в процесі реабілітації (n = 40)**

Показник	Множинні порівняння		Парні порівняння з поправкою Бонферроні		
	Friedman test	p	1–2	2–3	1–3
Згинання стегна	60,039	< 0,0001	5,373; < 0,0001	4,005; < 0,0001	4,605; < 0,0001
Розгинання стегна	64,067	< 0,0001	5,159; < 0,0001	4,684; < 0,0001	5,192; < 0,0001
Відведення стегна	42,530	< 0,0001	5,198; < 0,0001	3,053; 0,0068	4,989; < 0,0001
Приведення стегна	19,973	< 0,0005	4,333; 0,0004	0,130; > 0,999	3,642; 0,0008
Внутрішня ротація стегна	50,618	< 0,0001	4,619; < 0,0001	4,735; < 0,0001	5,128; < 0,0001
Зовнішня ротація	37,026	< 0,0001	4,856; < 0,0001	2,776; 0,0165	4,213; 0,0001
Згинання прямої ноги	30,452	< 0,0001	5,052; < 0,0001	2,324; 0,0630	2,900; 0,0118

Примітки: 1 – для парних порівнянь використано тест Вілкоксона з поправкою Бонферроні;

2 – результати представлено у вигляді «z; p», де z – статистика ефекту, p – рівень значущості. Цифри 1, 2, 3 позначають послідовні етапи обстеження;

3 – за малих значень p його результати округлені та представлені у вигляді «p < 0,0005» або «p < 0,0001».

Таблиця 3

**Оцінка розміру ефекту втручання для діапазону рухів кульшового суглоба
ураженої кінцівки в процесі реабілітації (n = 40)**

Показник	r_1_2	ефект	r_2_3	ефект	r_1_3	ефект
Згинання стегна	0,850	великий	0,633	великий	0,728	великий
Розгинання стегна	0,816	великий	0,741	великий	0,821	великий
Відведення стегна	0,822	великий	0,483	середній	0,789	великий
Приведення стегна	0,685	великий	0,021	малий	0,576	великий
Внутрішня ротація стегна	0,730	великий	0,749	великий	0,811	великий
Зовнішня ротація	0,768	великий	0,439	середній	0,666	великий
Згинання прямої ноги	0,799	великий	0,367	середній	0,459	середній

Кількісна оцінка розміру ефекту (r) підтвердила, що найбільша ефективність реабілітації спостерігалася між першим і другим обстеженнями. Для 6 із 7 показників величина ефекту в період 1–2 була вищою, ніж у період 2–3.

Зокрема, для відведення стегна ефективність між 2–3 обстеженням знизилася на 41,2 % порівняно з періодом 1–2. Для приведення стегна в період 2–3 зафіксовано мінімальний ефект (r = 0,021), що узгоджується з відсутністю статистичної значущості в парних порівняннях.

Отримані результати свідчать про те, що основні реабілітаційні ефекти досягаються на ранніх етапах, тоді як на пізніх етапах відбувається їх закріплення та незначне покращення окремих функцій.

Натомість варто вказати на високу ефективність застосовуваних заходів за всіма показ-

никами діапазону рухів кульшового суглобу на останньому етапі обстеження порівняно з першим етапом. Винятком став лише показник «згинання прямої ноги», ефект втручання для якого виявився середнім.

Під час дослідження ми вивчили центральну тенденцію і розмах показників діапазону рухів гомілки та стопи на етапах дослідження (табл. 4).

Тест Фрідмана (множинні порівняння) показав високо статистично значущу динаміку (p < 0,0001) за всіма досліджуваними показниками, що підтверджує ефективність процесу реабілітації. Парні порівняння довели, що статистично значуще покращення (p < 0,05) було досягнуто в більшості випадків, зокрема за всіма показниками на другому (1–2) та третьому (1–3) етапах обстеження порівняно з першим, з переважно високими рівнями значущості (p < 0,0001). Єдиним

Таблиця 4

Описова статистика показників діапазону рухів у колінному та надп'яtkово-гомiлковому суглобах на етапах дослідження (n = 40)

Показник (градуси)	Кінцівка	Етап обстеження					
		1		2		3	
		Me	[Q1; Q3]	Me	[Q1; Q3]	Me	[Q1; Q3]
Згинання КолС	Здорова	126,5	120,0; 136,0	130,0	120,0; 140,0	111,0	108,0; 122,5
	Уражена	82,0	66,5; 96,5	95,5	84,0; 112,0	87,0	71,0; 111,0
Розгинання КолС	Здорова	2,0	1,0; 2,0	2,0	1,0; 2,0	2,0	1,0; 2,0
	Уражена	-5,0	-7,0; -3,0	0,0	-7,0; 1,0	0,0	-4,0; 1,0
Згинання НГС	Здорова	36,0	25,0; 41,0	38,5	26,5; 44,5	49,0	47,0; 50,0
	Уражена	16,5	13,5; 21,0	22,0	17,0; 25,0	33,5	31,0; 39,0
Розгинання НГС	Здорова	2,0	1,0; 2,0	20,0	18,0; 22,0	20,0	19,0; 22,0
	Уражена	-5,0	-7,0; -3,0	16,0	11,5; 17,5	16,0	15,0; 18,0
	Уражена	126,5	120,0	130,0	120,0	111,0	108,0

Примітка: дані представлені як медіана [Q1; Q3], де Q1 – перший квартиль, Q3 – третій квартиль.

винятком є показник згинання гомілки порівняно з періодом 1–3, де значущість становить $p = 0,0483$. Між другим і третім (2–3) етапами обстеження покращення також є статистично значущим для всіх показників, крім згинання гомілки ($p = 0,2943$). Це свідчить про те, що для згинання гомілки основний ефект покращення досягається вже на другому етапі (табл. 5).

Оцінка розміру ефекту (r), що відображає клінічну суттєвість виявлених статистично

значущих відмінностей, показала, що втручання мають переважно великий та середній ефект. Для показників «Розгинання КолС» розмір ефекту класифікується як великий в усіх трьох парних порівняннях (1–2, 2–3 та 1–3), що свідчить про найбільш суттєве та стійке покращення. Найменший ефект зафіксовано для «Згинання КолС» порівняно з 2–3 (табл. 6).

Далі ми дослідили динаміку відхилення показників діапазону рухів суглобів ушкоджен-

Таблиця 5

Динаміка показників діапазону рухів у колінному та надп'яtkово-гомiлковому суглобах ураженої кінцівки в процесі реабілітації (n=40)

Показник	Множинні порівняння		Парні порівняння з поправкою Бонферроні		
	Friedman test	p	1–2	2–3	1–3
Згинання КолС	38,510	< 0,0001	5,430; < 0,0001	1,654; 0,2943	2,406; 0,0483
Розгинання КолС	54,581	< 0,0001	3,920; 0,0003	4,076; < 0,0001	5,303; < 0,0001
Згинання НГС	72,624	< 0,0001	5,317; < 0,0001	5,351; < 0,0001	5,511; < 0,0001
Розгинання НГС	60,416	< 0,0001	5,471; < 0,0001	2,681; 0,0219	5,511; < 0,0001

Примітки: 1 – для парних порівнянь використано тест Вілкоксона з поправкою Бонферроні;

2 – результати представлено у вигляді «z; p», де z – статистика ефекту, p – рівень значущості. Цифри 1, 2, 3 позначають послідовні етапи обстеження;

3 – за малих значень p його результати округлені та представлені у вигляді « $p < 0,0005$ » або « $p < 0,0001$ ».

Таблиця 6

Оцінка розміру ефекту втручання для діапазону рухів у колінному та надп'яtkово-гомiлковому суглобах ураженої кінцівки в процесі реабілітації (n = 40)

Показник	r_1_2	ефект	r_2_3	ефект	r_1_3	ефект
Згинання гомілки	0,859	великий	0,262	малий	0,380	середній
Розгинання гомілки	0,620	великий	0,644	великий	0,838	великий
Згинання стопи	0,841	великий	0,846	середній	0,871	великий
Розгинання стопи	0,865	великий	0,424	середній	0,871	великий

ної кінцівки від здорової. Дослідження показало надзвичайно великий розмах варіації відхилень діапазону рухів для всіх суглобів, особливо на початкових етапах обстеження. Наприклад, для «Згинання КС» на етапі 1 розмах варіації становить 106° (від -1 до 106°), а для «Згинання КолС» – 139° (від -9 до 130°). При цьому аналіз динаміки min/max на етапах дослідження не виявив чіткої тенденції до його зниження: для окремих показників (наприклад, «Згинання КолС») максимальне відхилення навіть збільшується на етапі 3 й досягає максимального відхилення у вибірці, яке становить 179° (від -52 до 127°). Це свідчить про нестабільний розподіл даних. Проте, незважаючи на значну індивідуальну варіативність, медіани показників (Me) чітко вказують на зменшення відхилення діапазону рухів суглобів ушкодженої кінцівки від здорової, за винятком внутрішньої та зовнішньої ротації у кульшовому суглобі (рис. 2).

Таким чином, можна стверджувати про ефективне відновлення загалом, відхилення діапазону рухів суглобів ушкодженої кін-

цівки від здорової знижувалося на пізньому етапі обстеження порівняно з початковим (за винятком внутрішньої і зовнішньої ротації кульшового суглоба).

Для дослідження впливу відновлення рухів у КС, етапу реабілітації та індивідуальних особливостей пацієнтів (характеру поранення) на відновлення симетрії рухів у колінному та надп'яtkово-гомільковому суглобах (за відхиленням діапазону рухів ураженої кінцівки від здорової) використано багатофакторний дисперсійний аналіз, результати якого представлено в таблиці 7.

Аналіз виявив, що відновлення згинання у КС на 30,7 % впливає на відновлення згинання у КолС ($F = 41,42$, $p < 0,0001$, $\eta^2 = 0,307$) ($p < 0,05$).

Особливо важливими для нашого дослідження виявилися дані про вплив етапу реабілітації на процес відновлення. Зокрема, доведено статистично значущий вплив етапу реабілітації на відновлення розгинання КолС ($F = 6,24$, $p = 0,003$, $\eta^2 = 0,044$) та розгинання НГС ($F = 4,39$, $p = 0,015$, $\eta^2 = 0,067$). Тобто

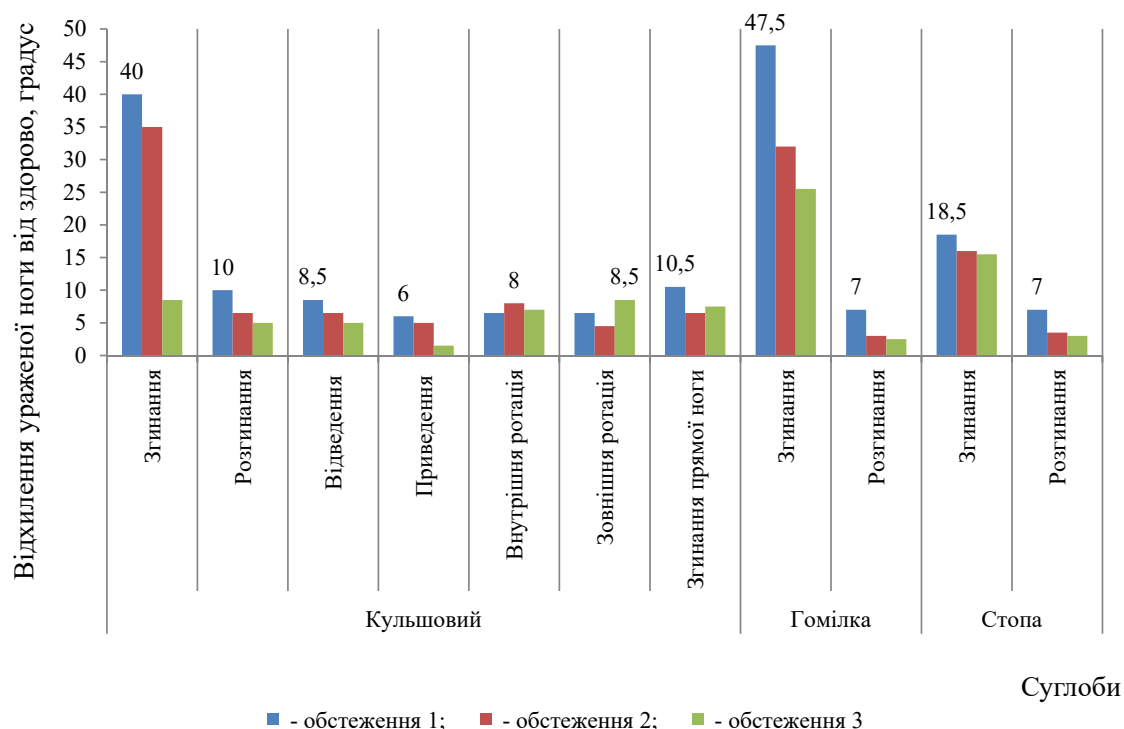


Рис. 2. Динаміка медіан відхилення діапазону рухів суглобів ушкодженої кінцівки від здорової (n = 40)

Примітка: числові позначення для максимальних відхилень

Таблиця 7

**Результати ANOVA: вплив показників активного руху в кульшовому суглобі
й етапу реабілітації**

	Показник	SS	df	MS ефект	df помилка	MS помилка	F	p	η^2
I	Згинання КС	35 800,8	1	35 800,8	55,3	864,3	41,424	< 0,0001	0,307
	Пацієнт	54 113,2	39	1387,5	71,0	303,8	4,567	< 0,0001	0,464
II	Етап	273,0	2	136,5	94,5	21,9	6,244	0,0028	0,044
	Пацієнт	4557,2	39	116,9	71,0	11,0	10,622	< 0,0001	0,729
III	Внутрішня ротація КС	533,5	1	533,5	65,6	112,6	4,738	0,0331	0,043
	Пацієнт	7134,3	39	182,9	71,0	52,6	3,479	< 0,0001	0,569
IV	Розгинання КС	203,9	1	203,9	72,4	38,2	5,343	0,0237	0,040
	Етап	344,5	2	172,2	85,5	39,2	4,391	0,0153	0,067

Примітки: SS – сума квадратів, df – ступені свободи, MS – середній квадрат, F – значення F-критерію, p – рівень значущості, η^2 – частка дисперсії, що пояснюється фактором (ефект Коена);

2 * – статистично значущі ефекти ($p < 0,05$);

3 – для ефектів взаємодії (Етап×Пацієнт) F- та p-значення не наведені, оскільки цей компонент використовувався як складова помилки для інших ефектів;

4 – загальна сума квадратів може бути розрахована як сума SS усіх ефектів та їх взаємодій для кожного залежного показника;

5 – у таблиці наведено результати лише для статистично значущих факторів і їх взаємодій, де I – згинання КолС; II – розгинання КолС; III – згинання НГС; IV – розгинання НГС.

основні наші здобутки зосереджені на ефективності застосовуваних заходів для відновлення саме цих рухових дій.

Установлено, що індивідуальні особливості сильно впливають на відновлення згинання та розгинання КолС ($\eta^2 = 0,464$), ($\eta^2 = 0,729$) відповідно та згинання НГС ($\eta^2 = 0,569$). При цьому етап виявився найбільш впливовим для відновлення розгинання КолС ($\eta^2 = 0,044$) та розгинання НГС ($\eta^2 = 0,067$).

Отже, під час дослідження підтверджено, що різні сегменти кінцівки мають принципово різну природу варіативності в процесі відновлення, що потребує різних реабілітаційних стратегій. Зокрема, найбільша індивідуальна варіативність спостерігається за відновленням згинання гомілки, тоді як відновлення розгинання стопи характеризується мінімальним впливом індивідуальних відмінностей між пацієнтами, оскільки поранені структури найбільш впливають саме на можливість активних рухів у НГС. Отримані результати свідчать про комплексну взаємодію між проксимальними та дистальними відділами кінцівки в процесі реабілітації, що обґрунтовує необхідність

індивідуалізованого підходу до відновлення рухової функції.

Для уточнення перебігу процесу відновлення в процесі статистичного моделювання ми додали фактор АЗЗФТ і перевірили, чи протоколи кожної з розроблених заходів ФТ впливають на нього. Після введення нової змінної повторно була здійснена декомпозиція загальної дисперсії у відновленні чотирьох функціональних показників (згинання / розгинання КолС та НГС) і визначено, яку частку варіабельності в результатах пацієнтів пояснюють різні фактори.

Дослідження дало можливість визначити унікальний набір статистично значущих предикторів (показників відновлення стегна, категоріальних факторів та їх взаємодій) для кожного із чотирьох досліджуваних рухів (табл. 8).

1. Модель відновлення активних рухів у КолС виявилася високопрогнозованою. Ключовими факторами є відновлення згинання КС ($F = 44,48$, $p < 0,0001$), яке пояснило 30,7 % варіабельності ($\eta^2 = 0,307$) та взаємодія «АЗЗФТ × Пацієнт» ($F = 2,60$, $p = 0,004$), що пояснила 8,7 % варіабельності ($\eta^2 = 0,087$).

2. Для відновлення розгинання КолС домінуючим фактором залишаються інди-

відуальні особливості пацієнтів, але також важливий вплив АЗЗФТ: фактор «Пацієнт» ($F = 3,51, p = 0,006$) пояснив 74,6 % варіабельності ($\eta^2 = 0,746$); взаємодія «АЗЗФТ $\times$ Пацієнт» ($F = 4,35, p < 0,0001$) пояснила 6,1 % ($\eta^2 = 0,061$); головний ефект АЗЗФТ ($F = 7,95, p = 0,007$) пояснив 4,4 % ($\eta^2 = 0,044$).

3. Для моделі відновлення згинання та розгинання НГС значущим виявився тільки один фіксований ефект із невеликим впливом: етап реабілітації ($F = 3,50, p = 0,035$), що пояснив 4,7 % варіабельності ($\eta^2 = 0,047$), усі інші зв'язки мали випадковий характер.

Отриманий результат свідчить про те, що ефективність реабілітаційних протоколів, які застосовуються в різних закладах, не є універсальною. Успіх реабілітації значною мірою залежить від відповідності застосованих методик індивідуальним характеристикам пацієнта (типу та тяжкості поранення), етапу реабілітації та перебігу відновлення окремих показників рухів нижньої кінцівки.

Дискусія. На тлі військового конфлікту, що триває в Україні, можна констатувати суттєві відмінності в характері поранень, спричинених мінно-вибуховими травмами, порівняно з типовими ураженнями, які спостерігаються в цивільній клінічній практиці. Традиційні протоколи відновлення функції нижніх кін-

цівок переважно орієнтовані на збереження рухливості в неуразених суглобах, які не зазнають значного больового синдрому чи структурних ушкоджень.

Натомість бойова травма має складніший характер: вона часто супроводжується множинними уламковими переломами, комбінованими ураженнями м'яких тканин, сухожил, нервових стовбурів і шкірного покриву у ділянці поранення. До цього додається велика кількість супутніх ушкоджень у проксимальних сегментах кінцівки, що значно ускладнює процес відновлення.

Важливим чинником є тривалий період евакуації поранених, протягом якого зберігається необхідність у використанні турнікетів. Навіть за періодичного їх послаблення тривала ішемія спричиняє виражені порушення кровопостачання ураженої кінцівки, розвиток ішемічних змін у м'язовій і нервовій тканинах, що формує передумови до виникнення тяжких нейропатій.

Додатковим ускладнювальним фактором виступає висхідна інфекція ранового каналу, яка уповільнює процес репарації навіть у тканинах, безпосередньо не уражених вибуховою хвилею, і призводить до тривалого перебігу запального процесу. Це, зі свого боку, посилює вираженість больового синдрому й обмежує виконання активних рухів.

Таблиця 8

Результати ANOVA: вплив показників стегна, етапу й алгоритму застосування заходів фізичної терапії

	Показник	SS	df	MS ефект	df помилка	MS помилка	F	p	η^2
I	Згинання КС	35 800,8	1	35 800,8	47,2	804,8	44,485	< 0,0001	0,307
	АЗЗФТ $\times$ Пацієнт	54 148,2	18	567,0	52,0	217,8	2,603	0,0037	0,087
II	АЗЗФТ	918,8	1	272,1	53,2	34,3	7,953	0,0067	0,044
	Пацієнт	1386,6	39	119,5	14,5	34,0	3,315	0,0063	0,746
	АЗЗФТ $\times$ Пацієнт	567,0	18	21,2	52,0	4,9	4,355	< 0,0001	0,061
III	Етап	243,4	2	121,7	73,1	34,7	3,504	0,0352	0,047

Примітка 1. SS – сума квадратів, df – ступені свободи, MS – середній квадрат, F – значення F-критерію, p – рівень значущості, η^2 – частка дисперсії, що пояснюється фактором (ефект Коена).

Примітка 2. * – статистично значущі ефекти ($p < 0,05$).

Примітка 3. Для ефектів взаємодії (Етап $\times$ Пацієнт) F- та p-значення не наведені, оскільки цей компонент використовувався як складова помилки для інших ефектів.

Примітка 4. Загальна сума квадратів може бути розрахована як сума SS усіх ефектів та їх взаємодій для кожного залежного показника.

Примітка 5. У таблиці наведено результати лише для статистично значущих факторів і їх взаємодій, де I – згинання КолС; II – розгинання КолС; III – згинання НГС.

Значна площа ушкодження, комбінація механічних, термічних і ішемічних факторів впливу формують стійкі порушення функцій активного руху в суглобах вищих рівнів, що спостерігаються навіть за межами первинної зони поранення. Таким чином, мінно-вибухова травма потребує спеціалізованих підходів до фізичної терапії, спрямованих не лише на відновлення обсягу рухів, але й на нормалізацію периферичного кровообігу, зменшення болю та профілактику контрактур у суміжних сегментах кінцівки.

Однак, незважаючи на значну увагу до питання реабілітації, у науковій літературі ще відчувається дефіцит досліджень, які системно аналізують саме динаміку AROM у суглобах нижніх кінцівок та інтенсивності болю в контексті комплексної фізичної терапії після мінно-вибухових або бойових травм. Наприклад, робота Dandash H. et al. [8] є однією з небагатьох, що висвітлює результати програми реабілітації на амбулаторному етапі та демонструє позитивну динаміку, але без детального аналізу щодо суглобів. А в роботі Н. Давибіди із співавт. [2] описані загальні комплекси вправ для двох рухових режимів. І хоча автори зазначають, що кожен комплекс підбирають індивідуально під пацієнта, змінюючи склад та кількість повторень вправ, такий підхід навіть у поєднанні з масажем і преформованими чинниками не може забезпечити дієвого відновлення.

Застосована програма реабілітації є високоефективною для відновлення кульшового суглоба військовослужбовців із пораненнями нижніх кінцівок, що підтверджується статистично значущою ($p < 0,05$) позитивною динамікою усіх 7 досліджуваних показників діапазону рухів кульшового суглоба ураженої кінцівки в той час, поки тривають оперативні втручання, спрямовані на відновлення нервів. Найбільш виражене покращення з великим розміром ефекту (r від 0,685 до 0,850) спостерігалось на ранньому етапі втручання (між 1-м і 2-м обстеженнями) ($p > 0,05$). На пізньому етапі (між 2-м і 3-м обстеженнями) прогрес уповільнився. Незважаючи на уповільнення, загальний результат реабіліта-

ції (порівняння 1-го та 3-го етапів) був статистично значущим для всіх 7 показників ($p < 0,05$), що доводить ефективність різних програм реабілітації військовослужбовців із пораненнями нижніх кінцівок.

У процесі статистичного моделювання вивчено внутрішні взаємозв'язки у структурі дефіцитів рухливості суглобів військовослужбовців із пораненням нижньої кінцівки.

Аналіз виявив різні патерни відновлення рухової функції: відновлення стопи демонструє більш віддалену динаміку, що залежить від часу реабілітації, перебігу оперативного втручання й індивідуальних особливостей ураження, а відновлення рухів у колінному суглобі характеризується значними індивідуальними відмінностями (характером поранення) та різним ступенем зв'язку з кульшовим суглобом. Таким чином, реабілітаційні програми повинні враховувати різні патерни відновлення: підходи, що спираються на післяопераційні протоколи для дистальних відділів, та індивідуалізовані – для проксимальних.

Статистично доведено, що алгоритм застосування заходів фізичної терапії в індивідуальній реабілітаційній програмі для осіб основної групи з периферичними нейропатіями, спричиненими мінно-вибуховими травмами нижніх кінцівок, які локалізуються нижче колінного суглоба, є значно ефективнішим за втручання в контрольній у відновленні функції розгинання в колінному суглобі ($p = 0,007$). Модель показала вищі скориговані середні показники в ОГ (7,74) порівняно з контрольною групою (4,49) навіть після врахування індивідуальних відмінностей пацієнтів та інших супутніх факторів. Причому для інших показників (за винятком згинання стопи) показники ОГ також демонстрували позитивну тенденцію.

Висновки. Аналіз діапазону активних рухів виявив принципово різні механізми обмеження руху та його відновлення в проксимальних і дистальних сегментах нижньої кінцівки у військовослужбовців, які мають ураження структур нижче колінного суглоба. Для відновлення функції надп'яtkовогомілкового суглоба критично важливим є

моніторинг повторюваності оперативних втручань, важкості ураження, індивідуальної динаміки та коригування програми залежно від цілей пацієнта. Доведено ефективність застосовуваної індивідуальної реабілітаційної програми для відновлення рухової функції військовослужбовців із пораненням нижньої кінцівки. Показник відновлення рухів у кульшовому суглобі в основній групі був на 72,5 % вищим, ніж у контрольній.

Обмеженням дослідження є складність оцінки повної випадкової структури моделей через обмежену вибірку. Отримані попередження про сингулярність свідчать про те, що взаємодія індивідуальних траєкторій відновлення із часом потребує додаткових досліджень на більших вибірках.

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

Інформація про конфлікт інтересів. Відсутній конфлікт інтересів.

Література

1. Волянський О.М., Кіх А.Й., Ганжа В.М. Мультидисциплінарний підхід до реабілітації військовослужбовців з бойовими травмами периферичних нервів різного ступеня тяжкості. *Ukrainian Journal of Military Medicine (UJMM)*. 2024. № 5 (1). С. 156–166. URL: <https://ujmm.org.ua/index.php/journal/article/view/432> (дата звернення: 06.10.2025).
2. Давибіда Н.О., Баврук П.О., Людвік В.Є. Відновлення рухомості й мобільності в нижніх кінцівках при мінно-вибухових травмах. *Медсестринство*. 2024. № 4. С. 21–28.
3. Лазарева О., Чабанова Н., Клецкова О. Особливості фізичної терапії осіб із периферичними нейропатіями, спричиненими вогнепальними / вибуховими пораненнями нижніх кінцівок (огляд літератури). *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2024. № 2. С. 227–233. DOI: 10.32782/spmed.2024.2.227-233.
4. Чабанова Н., Василенко Є. Методичні основи алгоритму фізичної терапії осіб із периферичними нейропатіями, спричиненими мінно-вибуховими травмами нижніх кінцівок. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2025. № 2. С. 250–256.
5. Шестопап Н.О., Бісмак Г.В., Лазарева О.В. 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*. 2024. Vol. 9 (5). P. 393–403.
6. Дорофєєва О., Яримбаш К., Глиняна О., Сьомич Ю. В., Скрипченко І. Реабілітаційна діагностика пацієнтів із мінно-вибуховими ураженнями гомілки на основі МКФ. *Медична перспектива*. 2023. № 28 (4). С. 45–51. URL: <https://journals.urau.ua/index.php/2307-0404/article/view/283384>.
7. Coraci D., Romano M., Ragazzo L., Restivo D.A., Cipriani M., Gottardello F., Pizzolato M., Maccarone M.C., Masiero S. Rehabilitation of Peripheral Neuropathies: From Lexical Analysis of the Literature to Identification of Clinical Protocols. *Journal of Clinical Medicine*. 2023. Vol. 12 (18), 5879. DOI: 10.3390/jcm12185879.
8. Dandash H.A., Shaparenko Y.I. Some results of physical rehabilitation of victims with consequences of mine-blast injury of lower extremities. *Slobozhanskyi Herald of Science and Sport*. 2018. Vol. 6 (68). P. 24–30. URL: https://journals.urau.ua/sport_herald/article/download/133539/130025.
9. Engel C.C., Simmons M.M., Heins S.E., Shen M., Azhar G.S., Piquado T. *Limb salvage and recovery after severe blast injury: Literature review for the Eighth Department of Defense International State-of-the-Science Meeting on Blast Injury Research*. Santa Monica (CA): RAND Corporation; 2020. DOI: 10.7249/RRA199-1.
10. Ghai S., Ghai I. Reporting of rehabilitation outcomes in the traumatic lower-limb amputation population: A systematic review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2024. Vol. 105 (6). P. 1159–1172. DOI: 10.1016/j.apmr.2023.08.010.
11. Harjai M.M., Agarwal D.C., Dave P., Jog S.S., Arora P. Mine blast injuries – Our experience. *Medical Journal Armed Forces India*. 2005. Vol. 61(2). P. 143–147. DOI: 10.1016/S0377-1237(05)80010-3.
12. Kim W., Kim D., Jeong S.Y., Lee Y., Lee H. Inhalation injury after a landmine

explosion: A case report. *Journal of Trauma and Injury*. 2022. Vol. 35 (Suppl 1). S35–S39.

13. Kratter C. Therapeutic management of the painful nerve: A narrative review of common rehabilitation interventions. *Plastic and Aesthetic Research*. 2024. Vol. 11, 1. DOI: 10.20517/2347-9264.2023.78.

14. Penn-Barwell J.G. Outcomes in lower-limb amputation following trauma: A systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2011. Vol. 42 (12). P. 1474–1479. PMID: 21831371.

15. Rouleau D.M., Place A., Bérubé M., Laflamme Y.G., Feldman D. Rehabilitation after lower limb injury: Development of a predictive score (RALLI score). *Canadian Journal of Surgery*. 2015. Vol. 58 (4). P. 278–283. DOI: 10.1503/cjs.015014.

16. Smits I.G.M., Heil S., van de Krol E., et al. Rehabilitation outcome of a severe combat blast injury: A case report. *European Journal of Physiotherapy*. 2024. Vol. 26 (6). P. 469–476. DOI: 10.1080/21679169.2024.2395325.

17. Tak I., Engelaar L., Goutteborge V., et al. Is lower hip range of motion a risk factor for groin pain in athletes? A systematic review with clinical applications. *British Journal of Sports Medicine*. 2017. Vol. 51 (22). P. 1611–1621. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096619.

18. Zhang S., Liu D., Peng C., et al. Characteristics and mechanism of lower limb injury induced by landmine blast: A research in a rabbit model. *Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2023. Vol. 29 (12). P. 1626–1635. DOI: 10.14744/tjtes.2023.39560.

19. Ziwei Zhang, Jielun Huang, Hu Zhang, Jiawen Shen. Exercise, an Important Step for Peripheral Nerve Injury Recovery. *Journal of Integrative Neuroscience*. 2025. Vol. 24 (9), 38086. DOI: 10.31083/JIN38086.

References

1. Volianskyi, O.M., Kikh, A.Y., & Hanzha, V.M. (2024). Multydystsyplinarnyi pidkhid do reabilitatsii viiskovosluzhbovtiv z boiovymy travmamy peryferychnykh nerviv riznoho stupenia tiazhkosti [Multidisciplinary approach to the rehabilitation of servicemen with combat injuries of peripheral nerves of varying severity]. *Ukrainian Journal of Military Medicine*, 5 (1), 156–166. <https://ujmm.org.ua/index.php/journal/article/view/432> [in Ukrainian].

2. Davybida, N.O., Bavruk, P.O., & Liudvik, V.Ye. (2024). Vidnovlennia rukhomosti i mobilnosti v nyzhnikh kintsivkakh pry minno-

vybukhovyykh travmakh [Restoration of mobility and motility of the lower limbs in mine-blast injuries]. *Medsestrynstvo*, 4, 21–28 [in Ukrainian].

3. Dorofieieva, O., Yarymbash, K., Glinyana, O., Syomych, Yu.V., & Skrypchenko, I. (2023). Reabilitatsiina diahnostyka patsientiv iz minno-vybukhovymy urazhenniamy homilky na osnovi MKF [Rehabilitation diagnosis of patients with mine-explosive wounds of the lower leg based on ICF]. *Medychna Perspektyva*, 28 (4), 45–51. <https://journals.urau.ua/index.php/2307-0404/article/view/283384> [in Ukrainian].

4. Lazarieva, O., Chabanova, N., & Kletskova, O. (2024). Osoblyvosti fizychnoi terapii osib iz peryferychnymy neiropatiiamy, sprychynenymy vohnepalnymy / vybukhovymy poranenniamy nyzhnikh kintsivok (ohliad literatury) [Features of physical therapy for persons with peripheral neuropathies caused by gunshot / explosive injuries of the lower limbs (a literature review)]. *Sportyvna medytsyna, fizychna terapiia ta erhoterapiia*, 2, 227–233. <https://doi.org/10.32782/spmed.2024.2.227-233> [in Ukrainian].

5. Shestopal, N.O., Bismak, H.V., & Lazarieva, O.V. (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 [in Ukrainian].

6. Chabanova, N., & Vasylenko, Ye. (2025). Metodichni osnovy alhorytmu fizychnoi terapii osib iz peryferychnymy neiropatiiamy, sprychynenymy minno-vybukhovymy travmamy nyzhnikh kintsivok [Methodical principles of the algorithm of physical therapy for persons with peripheral neuropathies caused by mine-blast injuries of the lower limbs]. *Sportyvna medytsyna, fizychna terapiia ta erhoterapiia*, 2, 250–256 [in Ukrainian].

7. Coraci, D., Romano, M., Ragazzo, L., Restivo, D.A., Cipriani, M., Gottardello, F., Pizzolato, M., Maccarone, M.C., & Masiero, S. (2023). Rehabilitation of peripheral neuropathies: From lexical analysis of the literature to identification of clinical protocols. *Journal of Clinical Medicine*, 12 (18), 5879. <https://doi.org/10.3390/jcm12185879>.

8. Dandash, H.A., & Shaparenko, Y.I. (2018). Some results of physical rehabilitation of victims with consequences of mine-blast injury of lower extremities. *Slobozhanskyi Herald of Science and Sport*, 6 (68), 24–30.

https://journals.uran.ua/sport_herald/article/download/133539/130025.

9. Engel, C.C., Simmons, M.M., Heins, S.E., Shen, M., Azhar, G.S., & Piquado, T. (2020). *Limb salvage and recovery after severe blast injury: Literature review for the Eighth Department of Defense International State-of-the-Science Meeting on Blast Injury Research*. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RRA199-1>.

10. Ghai, S., & Ghai, I. (2024). Reporting of rehabilitation outcomes in the traumatic lower-limb amputation population: A systematic review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 105 (6), 1159–1172. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2023.08.010>.

11. Harjai, M.M., Agarwal, D.C., Dave, P., Jog, S.S., & Arora, P. (2005). Mine blast injuries – Our experience. *Medical Journal Armed Forces India*, 61 (2), 143–147. [https://doi.org/10.1016/S0377-1237\(05\)80010-3](https://doi.org/10.1016/S0377-1237(05)80010-3).

12. Kim, W., Kim, D., Jeong, S.Y., Lee, Y., & Lee, H. (2022). Inhalation injury after a landmine explosion: A case report. *Journal of Trauma and Injury*, 35 (Suppl 1), S35–S39.

13. Kratter, C. (2024). Therapeutic management of the painful nerve: A narrative review of common rehabilitation interventions. *Plastic and Aesthetic Research*, 11, 1. <https://doi.org/10.20517/2347-9264.2023.78>.

14. Penn-Barwell, J.G. (2011). Outcomes in lower-limb amputation following trauma: A systematic review and meta-analysis. *Injury*, 42 (12), 1474–1479. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21831371/>.

15. Rouleau, D.M., Place, A., Bérubé, M., Laflamme, Y.G., & Feldman, D. (2015). Rehabilitation after lower limb injury: Development of a predictive score (RALLI score). *Canadian Journal of Surgery*, 58 (4), 278–283. <https://doi.org/10.1503/cjs.015014>.

16. Smits, I.G.M., Heil, S., van de Krol, E., et al. (2024). Rehabilitation outcome of a severe combat blast injury: A case report. *European Journal of Physiotherapy*, 26 (6), 469–476. <https://doi.org/10.1080/21679169.2024.2395325>.

17. Tak, I., Engelaar, L., Gouttebauge, V., Barendrecht, M., van den Heuvel, S., Kerkhoffs, G., Langhout, R., Stubbe, J., & Weir, A. (2017). Is lower hip range of motion a risk factor for groin pain in athletes? A systematic review with clinical applications. *British Journal of Sports Medicine*, 51 (22), 1611–1621. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096619>.

18. Zhang, S., Liu, D., Peng, C., et al. (2023). Characteristics and mechanism of lower limb injury induced by landmine blast: A research in a rabbit model. *Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 29 (12), 1626–1635. <https://doi.org/10.14744/tjtes.2023.39560>.

19. Ziwei Zhang, Huang, J., Zhang, H., & Shen, J. (2025). Exercise: An important step for peripheral nerve injury recovery. *Journal of Integrative Neuroscience*, 24 (9), 38086. <https://doi.org/10.31083/JIN38086>.

Прийнято до публікації: 19.11.2025

Опубліковано: 31.12.2025

Accepted for publication on: 19.11.2025

Published on: 31.12.2025