

УДК 615.8:616.833-001-036]-057.36:364.57

**КАЛЬОНОВА Ірина**

Запорізький національний університет  
<https://orcid.org/0000-0002-9826-923X>  
[kalenova2608@gmail.com](mailto:kalenova2608@gmail.com)

**БЕССАРАБОВА Олена**

Запорізький національний університет  
<https://orcid.org/0000-0002-9193-4241>  
[bessarabova217@gmail.com](mailto:bessarabova217@gmail.com)

## КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД У ФІЗИЧНІЙ ТЕРАПІЇ ВІЙСЬКОВИХ ПРИ БОЙОВИХ ПОШКОДЖЕННЯХ ПРОМЕНЕВОГО НЕРВА НА ФОНІ ПЕРЕЛОМІВ ПЛЕЧА

Бойові пошкодження променевого нерву є поширеним наслідком сучасних мінно-вибухових та осколкових травм, що призводить до тривалої втрати працездатності військових. Клінічне лікування цих випадків значно ускладнюється, коли невропатія розвивається внаслідок запальних переломів плечової кістки, що викликає значне рубцювання, стійкий периневральний набряк та вторинну ішемію нервового стовбура. Питання оптимізації фізичної терапії для прискорення аксональної реіннервації та відновлення функціональної здатності кисті при поліструктурних травмах залишається надзвичайно актуальним у сучасній реабілітації.

Мета дослідження – обґрунтування та оцінка ефективності комплексної моделі фізичної терапії для військовослужбовців з травматичним ураженням променевого нерва, спрямованої на запобігання вторинним ускладненням та досягнення оптимального функціонального відновлення.

У дослідженні взяли участь 28 військових із діагнозом травматичної невропатії променевого нерву після осколкових поранень та остеосинтезу плечової кістки. В основній групі реалізовували програму, що включала пасивну та активну нейромобілізацію, сенсорні тренування та функціональну електростимуляцію за принципом біологічного зворотного зв'язку. У контрольній групі застосовували стандартні вправи на підтримку амплітуди рухів та пасивну електростимуляцію. Для оцінки результатів використовували візуально-аналогову шкалу болю, мануальне м'язове тестування, індекс непрацездатності руки та кисті (Quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) та показники стимуляційної електронейроміографії. Повторне оцінювання через 3 місяці виявило статистично значущу перевагу комплексної програми в основній групі за всіма параметрами ( $p < 0,05$ ). Встановлено достовірне покращення функції кисті за QuickDASH та вищі темпи відновлення нервової провідності. Виявлено, що нейродинамічні техніки сприяють ремієлінізації та зниженню невропатичного болю, а активна стимуляція прискорює реіннервацію м'язів-розгиначів кисті. Отримані результати підтверджують патогенетичну обґрунтованість запропонованого підходу та відкривають перспективи для його впровадження в систему реабілітації військових на різних етапах відновлення.

Ключові слова: військові, бойова травма, променевий нерв, стандартизовані тести, електронейроміографія, фізична терапія.

<https://doi.org/10.31891/pcs.2026.1.13>



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Стаття надійшла до редакції / Received 15.02.2026

Прийнята до друку / Accepted 16.03.2026

Опубліковано / Published 26.03.2026

© КАЛЬОНОВА Ірина, БЕССАРАБОВА Олена

### 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сучасні збройні конфлікти характеризуються інтенсивним застосуванням артилерії, ракетних систем та мінно-вибухових пристроїв, що формує унікальний профіль бойової травми, в якій переважають поліструктурні пошкодження кінцівок [1]. Прогрес у захисному спорядженні та тактиці надання допомоги на полі бою сприяє збереженню життя

поранених, але водночас зумовлює зростання кількості військових, які потребують довготривалого лікування через тяжкі травми опорно-рухового апарату, значна частина яких супроводжується ураженнями периферичних нервів [2]. Додатковим фактором ураження при високоенергетичній вибуховій травмі є комплекс вторинних ушкоджень, до яких належать ішемія через супутню судинну травму, системний токсичний вплив продуктів горіння, а також компресія нерву розвиненою гематомою чи набряком [3].

Епідеміологія бойових уражень периферичних нервів не є однорідною: за деякими даними понад половину випадків припадає на верхні кінцівки [4], тоді як інші дослідження свідчать про приблизно рівну частоту уражень верхніх та нижніх кінцівок [5]. Серед травматичних ушкоджень периферичних нервів верхніх кінцівок у військових ЗСУ, за даними Лобойко О.І., домінує ушкодження променевого нерва, частка якого становить 31,7%. Друге та третє місце посідають ушкодження серединного нерва (27,3%) та поєднана травма серединного та променевого нервів (19,4%) відповідно [6]. Таким чином, вирішення проблеми відновлення працездатності військових із такою патологією є актуальним завданням сучасної реабілітаційної практики.

## 2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Проблема ураження променевого нерва при бойовій травмі плеча є актуальною через його фіксоване анатомічне положення у спіральному каналі. Akhavan-Sigari R. та співавтори зазначають, що на відміну від ізольованих травм, бойові ураження переважно є частиною політравми, що включає переломи, судинні пошкодження та втрату м'яких тканин. Це може затримувати початок спеціалізованого лікування та вимагає реабілітаційних стратегій, адаптованих до комплексних анатомічних та функціональних порушень [7]. Dunn J.C. доводить, що функціональні результати відновлення безпосередньо корелюють із своєчасністю діагностики та втручання [4], тоді як Birch R. акцентує, що відстрочення реабілітації призводить до розвитку хронічного невропатичного болю, що є основним бар'єром для повернення до служби [8].

Eckhoff M.D. та Howard I.M. у своїх роботах підтверджують, що функціональний прогноз залежить не лише від хірургічного етапу, а й від раннього включення спеціалізованої фізичної терапії [5, 9]. Сучасні міжнародні клінічні настанови та досвід провідних військово-медичних центрів одноставно підкреслюють необхідність міждисциплінарної реабілітації для досягнення оптимальних результатів. Однак

питання про зміст такої терапії залишається дискусійним.

Wade S.M. вказує, що класичні протоколи реабілітації, розроблені для мирного часу, часто виявляються малоефективними при мінно-вибухових пораненнях через масивний рубцевий процес та тривалу іммобілізацію після остеосинтезу плеча, що створює потреби в адаптованих стратегіях. Водночас, автор констатує, що наразі існує обмежена кількість узагальнених рекомендацій щодо відновлення функції саме після травматичного ураження променевого нерва в контексті бойової травми [10].

## 3. ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ ОЗНАЧЕНА СТАТТЯ

Аналіз літератури показує дефіцит робіт, присвячених дизайну специфічних програм фізичної терапії, що базуються на принципах біологічного зворотного зв'язку та нейромобілізації, саме для військового контингенту. Більшість існуючих настанов мають загальний характер, що зумовлює необхідність наукового обґрунтування конкретних моделей реабілітації, спрямованих на стимуляцію процесів реіннервації та відновлення функціональності кінцівки у пацієнтів із наслідками бойової політравми.

## 4. ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні комплексної моделі фізичної терапії для військовослужбовців з бойовим травматичним ураженням променевого нерву, спрямованої на запобігання вторинним ускладненням та досягнення оптимального функціонального відновлення.

## 5. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБґРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Дизайн дослідження. У ході дослідження у період березень-червень 2025 року було обстежено 28 військових чоловіків віком 25–45 років (середній вік  $34,8 \pm 3,5$  років), які отримали бойову травму внаслідок вогнепального або вибухового поранення верхньої кінцівки.

Критерії включення у дослідження:

- клінічний діагноз: «Травматична невропатія променевого нерва» після вогнепального/осколкового поранення верхньої кінцівки, парез розгиначів кисті та зап'ястя;

- закрита або відкрита вогнепально-вибухова травма верхньої кінцівки з переломом діафізу плечової кістки, що потребував оперативного втручання;

- підтвердження часткового аксонотмезису променевого нерву за даними електронейроміографії (ЕНМГ).

Критерії виключення:

- перенесене хірургічне втручання на променевому нерві (невроліз, шов, пластика);

- наявність комплексного регіонарного больового синдрому;

- важкі супутні неврологічні, ортопедичні або соматичні захворювання;

- неспроможність дотримуватись протоколу реабілітації.

З 28 пацієнтів, які відповідали критеріям, шляхом простої рандомізації було сформовано дві групи по 14 осіб – основна (ОГ) і контрольна (КГ), які були статистично однорідними за віком, давністю травми, типом втручання та вихідними функціональними показниками ( $p > 0.05$ ). Початком застосування активної реабілітації вважався момент досягнення клінічної стабільності – закриття ранового дефекту, відсутність ознак гострої інфекції, стабільність остеосинтезу за даними рентген-контролю. Це відповідало середньому терміну 4 тижні після травми. У пацієнтів основної групи застосовувалась запропонована комплексна програма фізичної терапії, що базувалась на принципах науково-доказової практики. Пацієнти контрольної групи отримували стандартну програму реабілітації, прийняту в закладі. Тривалість спостереження склала три місяці, протягом яких пацієнти отримали три курси реабілітації по 14 днів кожен.

Методи дослідження. Стан пацієнтів обох груп оцінювали двічі – на початку реабілітаційного курсу та після його завершення. Для об'єктивної верифікації типу та ступеня ураження нерва, а також оцінки наявності ранніх ознак реіннервації застосовували електронейроміографію. Дослідження включало визначення наявності та характеру спонтанної активності в м'язах-

розгиначах передпліччя, а також вимірювання амплітуди м'язового потенціалу дії при стимуляції променевого нерва. Динаміка цих показників слугувала основним об'єктивним маркером ефективності реабілітаційного втручання [11].

Для визначення суб'єктивного сприйняття обмежень та адаптації пацієнта в побуті використовували стандартизований опитувальник QuickDASH (скорочена версія опитувальника Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand), результати якого представлені у балах від 0 до 100, де нижче значення відповідає кращій функції. Опитувальник DASH/QuickDASH є найчастіше використовуваним інструментом для оцінки функції в сучасних дослідженнях травм периферичних нервів верхньої кінцівки та є рекомендованим у нових настановах щодо формування базового набору оціночних показників для цієї патології [12, 13]. Інтенсивність невропатичного та іншого болу кількісно оцінювали за візуально-аналоговою шкалою (ВАШ) в діапазоні від 0 до 100 мм. Силу м'язів оцінювали методом мануального м'язового тестування за шкалою Medical Research Council (MRC).

Протокол дослідження було розроблено відповідно до принципів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини в якості об'єкта дослідження». Всі учасники надали письмову інформовану згоду на участь. Протокол дослідження було схвалено на засіданні комісії з біоетики Запорізького національного університету.

Статистичну обробку результатів проводили в програмі Statistica 10. Для кількісного аналізу отриманих ознак розраховували середнє арифметичне значення ( $M$ ) та стандартну помилку середнього ( $m$ ). Для перевірки статистичної гіпотези щодо однорідності груп та значущості відмінностей між ними використовували непараметричний  $U$ -критерій Манна-Уїтні. Статистично значущими вважали відмінності при  $p < 0,05$ .

Протокол фізичної терапії. Протягом перших чотирьох тижнів після стабілізації перелому плечової кістки пацієнти обох груп отримували уніфіковану програму терапії, спрямовану на захист пошкоджених структур,

зменшення болю та набряку, а також профілактику вторинних ускладнень [14]. Згідно з міжнародними стандартами реабілітації при бойовій травмі, програма включала наступні компоненти:

1. Ортезування. Для запобігання перерозтягненню м'язів-розгиначів та формування згинальної контрактури кисті застосовувалося ортезування з використанням індивідуальних статичних лонгет.

2. Менеджмент набряку та болю. Застосовувалася елевация кінцівки, а також методики м'якої компресії та лімфодренажних технік у проксимальних сегментах кінцівки, що не були залучені в зону операційного втручання.

3. Пасивна мобілізація та профілактика контрактур. Для підтримки еластичності капсульно-зв'язкового апарату виконувалися пасивні рухи у всіх суглобах кисті та зап'ястя.

4. Ізометричні вправи для інтактних м'язів передпліччя і кисті виключно за умови стабілізації зап'ястя ортезом у функціонально вигідному положенні.

Після завершення чотиритижневого уніфікованого етапу та підтвердження стабільності перелому на контрольній рентгенограмі, пацієнти розподілялися для продовження реабілітації відповідно до протоколу своєї групи. Програма ОГ була спрямована на активацію процесів нейропластичності, збереження мобільності нервового стовбура та підтримку цілісності нейронних зв'язків між корою головного мозку та зденервованими м'язами. Програма включала такі засоби:

1. Функціональна нейром'язова електростимуляція. У програмі ОГ застосовувався протокол електростимуляції, побудований на принципах відтворення фізіологічного патерну м'язової активації. Використовувалися імпульсні струми з частотою 35–50 Гц. Вибір даного діапазону обґрунтований його здатністю підтримувати структурну цілісність нейром'язових синапсів та чутливість м'язових рецепторів до нервових імпульсів [15, 16].

Процедура проводилася у форматі активного тренування: пацієнта інструктували виконувати спробу розгинання кисті та пальців синхронно з подачею електричного стимулу. Такий підхід створює

ефект біологічного зворотного зв'язку, де зовнішній стимул підкріплює еферентний сигнал від кори головного мозку, що посилює нейропластичність.

2. Техніки пасивної та активної нейромобілізації. Пасивна нейромобілізація: передбачала рухи у ліктьовому та променево-зап'ястковому суглобах зі зміною напрямків та кутів, що забезпечувало ефект «ковзання» нервового стовбура і дозволяло мобілізувати нерв відносно навколишніх тканин без ризику його надмірного натягу, покращувало його мікроциркуляцію та стимулювало регенерацію [17]. Активна нейромобілізація досягала тієї ж мети шляхом самостійного виконання пацієнтом вправ, що поєднують рухи кінцівки з нахилами голови.

3. Сенсорні тренування. Втручання такого типу спрямовані на відновлення аферентної імпульсації та зниження гіперчутливості у зоні іннервації променевого нерва. Застосовувалося послідовне використання текстур різної щільності та вібростимуляція. Це дозволило підвищити поріг больової чутливості та підготувати кінцівку до повноцінного функціонування без виникнення неприємних відчуттів чи болю.

4. Функціональні терапевтичні вправи. Програма включала активні вправи, адаптовані до поточного ступеня реіннервації. Використовувалися вправи на активне згинання пальців у поєднанні з підтримкою зап'ястя у розігнутому положенні, а також ізометричне напруження м'язів-розгиначів. Особлива увага приділялася виключенню компенсаторних синергій, що дозволяло пацієнтам ефективніше використовувати кінцівку в побутовій діяльності.

Пацієнти контрольної групи отримували стандартний терапевтичний комплекс, орієнтований на підтримку пасивного об'єму рухів та профілактику м'язової атрофії. Протокол включав терапевтичні вправи у форматі пасивних та активних-допоміжних рухів у суглобах кисті та зап'ястя без застосування технік нейромобілізації. Електростимуляція м'язів-розгиначів проводилася у пасивному режимі з використанням стандартних низькочастотних параметрів.

Результати дослідження. На момент початку дослідження клінічна картина

пацієнтів обох груп була типовою для травматичного ураження променевого нерва. Основні скарги військовослужбовців включали різке обмеження активного розгинання кисті та пальців, виражені труднощі при спробах самообслуговування та

маніпуляціях з предметами, а також біль невропатичного характеру та відчуття оніміння у зоні іннервації нерва. Результати клінічного оцінювання пацієнтів за стандартизованими шкалами в динаміці дослідження представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Динаміка показників стандартизованих шкал в пацієнтів основної і контрольної груп під впливом реабілітаційних заходів (M±m)**

Показник	Основна група (n=14)		Контрольна група (n=14)	
	первинне обстеження	повторне обстеження	первинне обстеження	повторне обстеження
ВАШ болю, мм	48,6±5,2	24,2±3,1*	51,2±4,8	34,5±3,1**
Сила м'язів розгиначів кисті, бал	0,78±0,21	2,07±0,25*	0,86±0,14	1,43±0,18**
Індекс QuickDASH, бал	74,4±3,6	49,4±3,8*	76,1±3,2	60,7±3,2**

Примітки: \* –  $p < 0,05$  статистично значуща різниця порівняно з первинним обстеженням в ОГ;

\*\* –  $p < 0,05$  статистично значуща різниця між показниками ОГ та КГ при повторному обстеженні.

Аналіз вихідних даних продемонстрував глибокий ступінь рухового та функціонального дефіциту в обох групах. Показник сили м'язів-розгиначів кисті становив менше 1 бала за шкалою MRC, що свідчить про наявність лише поодиноких м'язових скорочень без виконання руху в суглобі. Це зумовлювало високий рівень функціональних обмежень за опитувальником QuickDASH, що відповідає стадії важкої неповносправності верхньої кінцівки у повсякденній діяльності. Інтенсивність больового синдрому за ВАШ у середньому перевищувала 48 мм, що вказує на стійкий біль помірної інтенсивності, притаманний фазі формування внутрішньоневрального рубця та ішемічних змін нервового стовбура.

Повторне обстеження пацієнтів через 3 місяці після початку реабілітаційних втручань виявило позитивну динаміку за всіма клінічними параметрами. Аналіз отриманих даних продемонстрував статистично значущу перевагу основної групи, де застосовувався розроблений комплексний підхід. Зокрема, інтенсивність больового синдрому в ОГ знизилася до рівня легкого болю, тоді як у контрольній групі вона залишалася на рівні помірних значень. Це підтверджує виражений десенситизуючий ефект технік нейромобілізації та сенсорних тренувань. Динаміка відновлення моторної функції в ОГ також була достовірно вищою: показник

мануального м'язового тестування досяг 2,07±0,25 бала, що свідчить про відновлення активного руху в суглобі без сили тяжіння. У контрольній групі сила розгиначів кисті залишалася на рівні 1,43±0,18 бала, що обмежувало функціональне використання кінцівки. Зазначені зміни відобразилися на рівні побутової адаптації пацієнтів – індекс QuickDASH в основній групі покращився до 49,4±3,8 балів, що відповідає переходу пацієнтів до категорії помірних функціональних обмежень. Динаміка нейрофізіологічних параметрів пацієнтів обох груп під впливом реабілітаційних втручань представлена в таблиці 2.

Аналіз вихідних ЕНМГ-показників свідчить про глибоке ураження променевого нерва за типом часткового аксонотмезису. Суттєве зниження амплітуди М-відповіді корелює з виявленим клінічним дефіцитом сили та відображає втрату функціонуючих аксонів внаслідок прямої бойової травми та вторинної валлерової дегенерації. Значне сповільнення швидкості поширення збудження (ШПЗ) як по моторних, так і по сенсорних волокнах вказує на демієлінізацію збережених нервових провідників. Зниження сенсорної ШПЗ пояснює патогенез стійкого невропатичного болю, оціненого за шкалою ВАШ. Виявлені порушення провідності та ознаки блоку проведення є характерними для постішемічних та посттравматичних змін нервового стовбура на фоні периневрального

набряку та формування рубцевого процесу у ранньому відновному періоді на 4–5 тижні після травми. Відсутність статистично значущої різниці між групами на етапі

включення у дослідження підтверджує їх однорідність та дозволяє проводити коректне порівняння результатів втручання.

Таблиця 2

### Динаміка показників електронейроміографії в пацієнтів основної і контрольної груп під впливом реабілітаційних заходів ( $M \pm m$ )

Показник	Норма	Основна група (n=14)		Контрольна група (n=14)	
		первинне обстеження	повторне обстеження	первинне обстеження	повторне обстеження
Амплітуда М-відповіді, мВ	> 5,0	1,33±0,26	1,98±0,14*	1,45±0,41	1,58±0,16**
ШПЗ по моторних волокнах, м/с	> 55	17,23±0,89	28,61±2,23*	18,08±1,14	21,48±1,80**
ШПЗ по сенсорних волокнах, м/с	> 50	9,68±0,68	18,42±1,50*	10,78±0,32	13,23±1,15**

Примітки: \* –  $p < 0,05$  статистично значуща різниця порівняно з первинним обстеженням в ОГ;

\*\* –  $p < 0,05$  статистично значуща різниця між показниками ОГ та КГ при повторному обстеженні.

Динаміки ЕНМГ-показників вказує на активізацію процесів реіннервації та ремієлінізації, що була більш виразною в основній групі. Приріст амплітуди М-відповіді свідчить про збільшення кількості функціонуючих нервово-м'язових одиниць та є нейрофізіологічним підґрунтям відновлення активного руху кисті, зафіксованого клінічно. Особливої уваги заслуговує динаміка швидкості поширення збудження. В ОГ ШПЗ по моторних волокнах зросла на 66% від вихідного рівня, досягнувши 28,61±2,23 м/с, що достовірно перевищило результати КГ. Ще більш виражена різниця спостерігалася за сенсорною ШПЗ. Таке прискорення проведення імпульсу в ОГ свідчить про ефективність застосованих технік нейромобілізації, які сприяли звільненню нерва з рубцевого футляру, покращенню його мікроциркуляції та швидшому дозріванню мієлінової оболонки регенеруючих аксонів. Покращення сенсорної провідності безпосередньо корелювало зі зниженням інтенсивності болю, що підтверджує патогенетичну спрямованість обраного підходу.

### 6. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Бойова травма променевого нерва на фоні вогнепальних осколкових переломів плечової кисті характеризується важким нейрофізіологічним дефіцитом за типом

часткового аксонотмезису, що супроводжується втратою функціонуючих аксонів та значним уповільненням провідності внаслідок периневрального набряку та рубцевої компресії. Застосування розробленої комплексної програми фізичної терапії продемонструвало статистично значущу перевагу порівняно зі стандартними підходами за всіма клінічними та нейрофізіологічними критеріями.

Встановлено, що включення нейродинамічних технік у програму терапії забезпечує ефективне відновлення провідності по моторних та сенсорних волокнах. Це підтверджується позитивною динамікою показників швидкості поширення збудження, що вказує на успішну ремієлінізацію та звільнення нервового стовбура від рубцевої компресії. Використання функціональної електростимуляції за принципом біологічного зворотного зв'язку сприяє активізації процесів реіннервації м'язів-розгиначів та прискоренню темпів відновлення активних рухів. Інтеграція зазначених методів дозволила покращити рівень побутової адаптації пацієнтів за шкалою QuickDASH протягом тримісячного циклу реабілітації. Подальші наукові дослідження можуть бути спрямовані на вивчення довготривалих результатів запропонованої програми для оцінки стійкості досягнутого ефекту та повноти професійної реадаптації військових.

## Література

1. Harrington C. J., Dearden M. E., McGlone P. et al. The Scope and Distribution of Upper Extremity Nerve Injuries Associated With Combat-Related Extremity Limb Salvage. *Journal of Hand Surgery*. 2025. Vol. 3. P. 384.e1–384.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2023.09.008>
2. Jung C., Yun J. H., Kim E. J., Park J., Yeom J., Kim K. E. Traumatic peripheral nerve injuries in young Korean soldiers: a recent 10-year retrospective study. *Journal Trauma Inj*. 2024. Vol. 37(3). P. 192–200. <https://doi.org/10.20408/jti.2024.0001>
3. Страфун С. С., Борзих Н. О., Гайко О. Г., Борзих О. В., Гайович В. В., Цимбалюк Я. В. Пріоритетні напрями хірургічного лікування поранених з ушкодженням периферичних нервів верхньої кінцівки при поліструктурних травмах. *Травма*. 2018. Т. 19, № 3. С. 75-80. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.3.19.2018.136410>
4. Dunn J. C., Eckhoff M. D., Nicholson T. C. et al. Combat-Sustained Peripheral Nerve Injuries in the United States Military. *Journal of Hand Surgery American*. 2021. Vol. 46(2). P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2020.08.004>
5. Eckhoff M. D., Craft M. R., Nicholson T. C., Nesti L. J., Dunn J. C. Lower Extremity Combat Sustained Peripheral Nerve Injury in US Military Personnel. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2021. Vol. 9(3). P. e3447. <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000003447>
6. Лобойко О. І. Особливості травматичних ушкоджень периферичних нервів у військовослужбовців, які отримали вогнепальні поранення кінцівок. Збірник наукових праць Науково-практичної конференції «Неврологічні аспекти наслідків ушкодження опорнорухової системи при бойовій травмі» (19 вересня 2024 р., Харків, Україна). Харків, 2024. С. 14-17. URL: <https://archive.sytenko.org.ua/communities/810b89e3-e875-4e9d-ac71-7b86ead10fa7>
7. Akhavan-Sigari R., Mielke D., Farhadi A., Rohde V. Study of Radial Nerve Injury Caused By Gunshot Wounds and Explosive Injuries among Iraqi Soldiers. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2018. Vol. 6(9). P. 1622–1626. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2018.346>
8. Birch R., Misra P., Stewart M. P. et al. Nerve injuries sustained during warfare: part I – Epidemiology. *Journal of Bone & Joint Surgery*. 2012. Vol. 4. P. 523–528. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.94B4.28483>
9. Howard I. M., Sedarsky K., Gallagher M., Miller M., Puffer R. C. Combat-related peripheral nerve injuries. *Muscle Nerve*. 2025. Vol. 71(5). P. 768–781. <https://doi.org/10.1002/mus.28168>
10. Wade S. M., Nesti L. J., Cook G. A. et al. Managing Complex Peripheral Nerve Injuries Within the Military Health System: A Multidisciplinary Approach to Treatment, Education, and Research at Walter Reed National Military Medical Center. *Military Medicine*. 2020. Vol. 185(5-6). P. 825–830. <https://doi.org/10.1093/milmed/usz415>
11. Robinson L. R. Traumatic injury to peripheral nerves. *Muscle Nerve*. 2022. Vol. 66(6). P. 661–670. <https://doi.org/10.1002/mus.27706>
12. Carey-Ewend A. G., Goldfarb J. H., Randall Z. D., Brogan D. M., Dy C. J. The Current State of Outcome Measurements After Peripheral Nerve Injury: A Systematic Review. *Journal of Hand Surgery Global Online*. 2025. Vol. 7(2). P. 192–195. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2024.12.001>
13. Dy C. J., Antes A. L., Baltzer H. L. et al. COMET Nerve Study Group. Development of a Core Outcomes Set for Peripheral Nerve Injury. *Journal of Hand Surgery Global Online*. 2025. Vol. 7(4). P. 100724. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2025.02.014>
14. Fader L., Nyland J., Li H., Pyle B., Yoshida K. Radial nerve palsy following humeral shaft fracture: a theoretical PNF rehabilitation approach for tendon and nerve transfers. *Physiother Theory Pract*. 2022. Vol. 38(13). P. 2284-2294. <https://doi.org/10.1080/09593985.2021.1938310>
15. Ni L., Yao Z., Zhao Y. et al. Electrical stimulation therapy for peripheral nerve injury. *Front Neurol*. 2023. Vol. 2. P. 1081458. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1081458>
16. Shi S., Ou X., Du X. A prospective observational study comparing outcomes application of low-frequency pulse electrical combined with target-oriented rehabilitation therapy in postoperative nerve function rehabilitation of patients with distal humeral fracture and radial nerve injury. *Front Neurol*. 2024. Vol. 4. P. 1370313. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1370313>
17. Basson A., Olivier B., Ellis R., Coppieters M., Stewart A., Mudzi W. The Effectiveness of Neural Mobilization for Neuromusculoskeletal Conditions: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal Orthop Sports Phys Ther*. 2017. Vol. 9. P. 593–615. <https://doi.org/10.2519/jospt.2017.7117>

## References

1. Harrington C. J., Dearden M. E., McGlone P. et al. (2025). The Scope and Distribution of Upper Extremity Nerve Injuries Associated With Combat-Related Extremity Limb Salvage. *Journal of Hand Surgery*, 3, 384.e1–384.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2023.09.008>
2. Jung C., Yun J. H., Kim E. J., Park J., Yeom J., Kim K. E. (2024). Traumatic peripheral nerve injuries in young Korean soldiers: a recent 10-year retrospective study. *Journal Trauma Inj*, 37(3), 192–200. <https://doi.org/10.20408/jti.2024.0001>
3. Страфун С. С., Борзих Н. О., Гаїко О. Г., Борзих О. В., Гаїович В. В., Цимбалюк Я. В. (2018). Пріоритетні напрями хірургічного лікування поранених з ушкодженням периферичних нервів верхньої кінцівки при поліструктурних травмах [Priority areas of surgical treatment of wounded with damage to the peripheral nerves of the upper limb in polystructural injuries]. *Травма*, 3, 75-80. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.3.19.2018.136410> [in Ukrainian].
4. Dunn J. C., Eckhoff M. D., Nicholson T. C. et al. (2021). Combat-Sustained Peripheral Nerve Injuries in the United States Military. *Journal of Hand Surgery American*, 46(2), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2020.08.004>

5. Eckhoff M. D., Craft M. R., Nicholson T. C., Nesti L. J., Dunn J. C. (2021). Lower Extremity Combat Sustained Peripheral Nerve Injury in US Military Personnel. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 9(3), e3447. <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000003447>
6. Loboiko O. I. (2024). Osoblyvosti travmatychnykh ushkodzen peryferychnykh nerviv u viiskovosluzhbovtziv, yaki otrymaly vohnepalni poranennia kintsivok [Features of traumatic injuries of peripheral nerves in servicemen who received gunshot wounds to the extremities]. Zbirnyk naukovykh prats Naukovo-praktychnoi konferentsii «Nevrolohichni aspekty naslidkiv ushkodzhennia opornorukhovoi systemy pry boiovii travmi» (19 veresnia 2024 r., Kharkiv, Ukraina). Kharkiv, 14-17. URL: <https://archive.sytenko.org.ua/communities/810b89e3-e875-4e9d-ac71-7b86ead10fa7> [in Ukrainian].
7. Akhavan-Sigari R., Mielke D., Farhadi A., Rohde V. (2018). Study of Radial Nerve Injury Caused By Gunshot Wounds and Explosive Injuries among Iraqi Soldiers. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 6(9), 1622–1626. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2018.346>
8. Birch R., Misra P., Stewart M. P. et al. (2012). Nerve injuries sustained during warfare: part I – Epidemiology. *Journal of Bone & Joint Surgery*, 4, 523–528. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.94B4.28483>
9. Howard I. M., Sedarsky K., Gallagher M., Miller M., Puffer R. C. (2025). Combat-related peripheral nerve injuries. *Muscle Nerve*, 71(5), 768–781. <https://doi.org/10.1002/mus.28168>
10. Wade S. M., Nesti L. J., Cook G. A. et al. (2020). Managing Complex Peripheral Nerve Injuries Within the Military Health System: A Multidisciplinary Approach to Treatment, Education, and Research at Walter Reed National Military Medical Center. *Military Medicine*, 185(5-6), 825–830. <https://doi.org/10.1093/milmed/usz415>
11. Robinson L. R. (2022). Traumatic injury to peripheral nerves. *Muscle Nerve*, 66(6), 661–670. <https://doi.org/10.1002/mus.27706>
12. Carey-Ewend A. G., Goldfarb J. H., Randall Z. D., Brogan D. M., Dy C. J. (2025). The Current State of Outcome Measurements After Peripheral Nerve Injury: A Systematic Review. *Journal of Hand Surgery Global Online*, 7(2), 192–195. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2024.12.001>
13. Dy C. J., Antes A. L., Baltzer H. L. et al. (2025). COMET Nerve Study Group. Development of a Core Outcomes Set for Peripheral Nerve Injury. *Journal of Hand Surgery Global Online*, 7(4), 100724. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2025.02.014>
14. Fader L., Nyland J., Li H., Pyle B., Yoshida K. (2022). Radial nerve palsy following humeral shaft fracture: a theoretical PNF rehabilitation approach for tendon and nerve transfers. *Physiother Theory Pract*, 38(13), 2284-2294. <https://doi.org/10.1080/09593985.2021.1938310>
15. Ni L., Yao Z., Zhao Y. et al. (2023). Electrical stimulation therapy for peripheral nerve injury. *Front Neurol*, 2, 1081458. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1081458>
16. Shi S., Ou X., Du X. (2024). A prospective observational study comparing outcomes application of low-frequency pulse electrical combined with target-oriented rehabilitation therapy in postoperative nerve function rehabilitation of patients with distal humeral fracture and radial nerve injury. *Front Neurol*, 4, 1370313. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1370313>
17. Basson A., Olivier B., Ellis R., Coppeters M., Stewart A., Mudzi W. (2017). The Effectiveness of Neural Mobilization for Neuromusculoskeletal Conditions: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal Orthop Sports Phys Ther*, 9, 593–615. <https://doi.org/10.2519/jospt.2017.7117>

#### Abstract

KALONOVA Iryna, BESSARABOVA Olena  
Zaporizhzhia National University

### COMPREHENSIVE APPROACH TO PHYSICAL THERAPY FOR SERVICE MEMBERS WITH COMBAT-RELATED RADIAL NERVE INJURIES ASSOCIATED WITH HUMERAL FRACTURES

Combat-related peripheral nerve injuries, particularly of the radial nerve, are a widespread consequence of modern mine-blast and shrapnel trauma, leading to prolonged disability and high rates of functional impairment among service members. The clinical management of these cases is significantly complicated when neuropathy develops secondary to gunshot humeral fractures, which triggers extensive scarring, persistent perineural edema, and secondary nerve trunk ischemia. Despite substantial advancements in military medicine, optimizing physical therapy protocols to accelerate axonal reinnervation and restore hand functional capacity in polystructural injuries remains a highly relevant issue in modern rehabilitation. The aim of the study was to justify and evaluate the effectiveness of a comprehensive physical therapy model for service members with traumatic radial nerve injuries, aimed at preventing secondary complications and achieving optimal functional recovery. The study involved 28 service members diagnosed with traumatic radial neuropathy following shrapnel wounds and humeral osteosynthesis. The intervention group implemented a program including passive and active neuromobilization, sensory training, and functional electrical stimulation based on the biofeedback principle. The control group received standard range-of-motion exercises and passive electrical stimulation. Outcome measures included the Visual Analogue Scale for pain, manual muscle testing, the Quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (QuickDASH) index, and electroneuromyography (ENMG) parameters. Reassessment after 3 months revealed a statistically significant advantage of the comprehensive program in the intervention group across all parameters ( $p < 0.05$ ). A significant improvement in hand function according to QuickDASH and higher rates of nerve conduction recovery were established. Neurodynamic techniques were found to promote remyelination and reduce neuropathic pain, while active stimulation accelerated the reinnervation of the wrist extensor muscles. The results confirm the pathogenetic validity of the

*proposed approach and open prospects for its implementation into the rehabilitation system for military personnel at various stages of recovery.*

*Keywords: military personnel, combat injury, radial nerve, standardized tests, electroneuromyography, physical therapy.*