Rehabilitation & Recreation
Volume 20 No.3 (2026)

https://doi.org/10.67034/2786-8354.2026.20.3.08

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОГРАМИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ТА ЕРГОТЕРАПІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ VR-ТЕХНОЛОГІЙ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ ВОГНЕПАЛЬНИМИ ПОРАНЕННЯМИ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК ПІСЛЯ РЕКОНСТРУКТИВНИХ ВТРУЧАНЬ

EFFECTIVENESS OF A PHYSICAL THERAPY AND OCCUPATIONAL THERAPY PROGRAM USING VR TECHNOLOGIES IN PATIENTS WITH GUNSHOT WOUNDS TO THE UPPER EXTREMITIES AFTER RECONSTRUCTIVE INTERVENTIONS

Борзих Н. О.[1,2], Барабаш С. В.[1,2], Ніколаєва О. І.[1,3], Рой І. В.[1]
[1]ДУ «Національний інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, Україна
[2]Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ, Україна
[3]Навчально-науковий інститут психічного здоров'я НМУ ім. О.О. Богомольця, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0002-3733-7905
ORCID: 0009-0000-9111-7826
ORCID: 0009-0004-5031-7425
ORCID: 0000-0002-4138-4691

Borzykh N. O.[1,2], Barabash S. V.[1,2], Nikolaieva O. I.[1,3], Roi I. V.[1]
[1] State Institution "National Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
[2] National University of Ukraine on Physical Education and Sport, Kyiv, Ukraine
[3] Educational and Scientific Institute of Mental Health, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Анотації

Мета. Оцінити ефективність диференційованої програми фізичної терапії та ерготерапії із застосуванням VR-технологій у пацієнтів із вогнепальними пораненнями верхніх кінцівок залежно від ступеня тяжкості ушкоджень і виду реконструктивних втручань.

Матеріали та методи. Проведено проспективне одногрупове дослідження за дизайном «до – після» на базі відділу реабілітації ДУ «Національний інститут травматології та ортопедії НАМН України» (м. Київ). До дослідження залучено 120 пацієнтів із поліструктурними вогнепальними пораненнями верхніх кінцівок після реконструктивних втручань на післягострому етапі. Пацієнтів розподілено за ступенем тяжкості на групи I, II та об'єднану III–IV із підгрупами IV-a і IV-b. Усі пацієнти проходили диференційовану програму фізичної терапії та ерготерапії із застосуванням VR-технологій тривалістю 21 день. Функціональний стан верхньої кінцівки визначали за такими інструментами оцінки – DASH, Box and Block Test (BBT) і Nine-Hole Peg Test (9-HPT). Статистичний аналіз виконано в TIBCO Statistica 14: нормальність розподілу перевіряли за критерієм Шапіро-Вілка, для парних порівнянь застосовували критерій знакових рангів Вілкоксона, а розмір ефекту оцінювали за коефіцієнтом r.

Результати. Функціональний стан верхньої кінцівки за шкалою DASH статистично значуще покращився в усіх групах ступеня тяжкості (n=120; p≤0,001; r=0,72–0,87), найбільше – за I ступенем (Δ=13,2%). За тестом Box and Block зафіксовано значуще зростання дрібної моторики ураженої кінцівки в усіх групах (p<0,05; r=0,65–0,85) та підвищення індексу симетрії кінцівок LSI (p<0,001; r=0,63–0,77). За тестом Nine-Hole Peg Test час виконання ураженою кінцівкою достовірно скоротився в усіх групах (p<0,001; r=0,65–0,88) з паралельним зростанням LSI (p від <0,001 до 0,008; r=0,51–0,78). Функція здорової кінцівки при цьому не змінилася (p>0,05), що підтверджує специфічність ефекту для ураженої руки. Найтяжчою функціональною групою був IV-b ступінь тяжкості, який водночас продемонстрував найвиразнішу відносну динаміку (за BBT – +25% бала та +37,1% LSI; за 9-HPT – скорочення часу на 22,8% і +31,1% LSI).

Висновки. Інтеграція VR-технологій у диференційовану, стратифіковану за ступенем тяжкості програму фізичної терапії та ерготерапії є ефективним підходом до відновлення функції верхньої кінцівки у пацієнтів із поліструктурними вогнепальними пораненнями після реконструктивних втручань і надає перші

Received: 26 August 2026. Accepted: 30 October 2026. Available online: 30 October 2026

© 2026. Borzykh N. O., Barabash S. V., Nikolaieva O. I., Roi I. V.
Rehabilitation and Recreation. ISSN 2786-8354 (Online) | ISSN 2786-8346 (Print)
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

емпіричні докази доцільності такого підходу, особливо для найтяжчих клінічних груп, які потребують тривалішого реабілітаційного супроводу.

Ключові слова: вогнепальне ушкодження, мінно-вибухова травма, фізична терапія, ерготерапія, реабілітація військовослужбовців, віртуальна реальність, верхні кінцівки.

Introduction. To evaluate the effectiveness of a differentiated physical therapy and occupational therapy program incorporating VR technologies in patients with gunshot wounds to the upper extremities according to injury severity and the type of reconstructive intervention.

Materials and Methods. A prospective single-group pre–post study was conducted at the Rehabilitation Department of the State Institution "National Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine" (Kyiv). The study included 120 patients with polystructural gunshot wounds to the upper extremities who had undergone reconstructive surgery and were undergoing rehabilitation during the post-acute phase. Patients were stratified by injury severity into Groups I and II and a combined Group III–IV, with subgroups IV-a and IV-b. All patients underwent a 21-day differentiated physical therapy and occupational therapy program incorporating VR technologies. Upper extremity function was assessed using the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) questionnaire, the Box and Block Test (BBT), and the Nine-Hole Peg Test (9-HPT). Statistical analysis was performed using TIBCO Statistica 14. The normality of data distribution was assessed using the Shapiro-Wilk test; paired comparisons were performed using the Wilcoxon signed-rank test, and effect size was estimated using the r coefficient.

Results. DASH scores improved significantly across all severity groups ($n = 120$; $p \leq 0.001$; $r = 0.72–0.87$), with the greatest improvement observed in Group I ($\Delta = 13.2\%$). The Box and Block Test demonstrated a significant improvement in gross manual dexterity of the affected upper limb across all groups ($p < 0.05$; $r = 0.65–0.85$), accompanied by an increase in the Limb Symmetry Index (LSI) ($p < 0.001$; $r = 0.63–0.77$). On the Nine-Hole Peg Test, completion time for the affected upper limb decreased significantly across all groups ($p < 0.001$; $r = 0.65–0.88$), with a corresponding increase in LSI (p ranging from < 0.001 to 0.008; $r = 0.51–0.78$). Function of the unaffected upper limb remained unchanged ($p > 0.05$), supporting the specificity of the observed improvements to the affected limb. Severity level IV-b represented the most functionally impaired group and simultaneously demonstrated the most pronounced relative improvement (BBT: +25% in score and +37.1% in LSI; 9-HPT: 22.8% reduction in completion time and +31.1% in LSI).

Conclusions. The integration of VR technologies into a differentiated, severity-stratified physical therapy and occupational therapy program was associated with significant improvements in upper extremity function in patients with polystructural gunshot wounds following reconstructive surgery. The findings provide initial empirical evidence supporting the use of this approach, particularly in the most severely affected clinical groups, which may require prolonged rehabilitation.

Keywords: gunshot wounds, blast injury, physical therapy, occupational therapy, rehabilitation of military personnel, virtual reality, upper extremities.

1. Вступ

Продовження військової агресії Росії проти України супроводжується зростанням кількості поранених військовослужбовців та цивільного населення, що зумовлює підвищення потреби у наданні високоякісної хірургічної допомоги та подальшої довготривалої реабілітації.

За даними досліджень, поранення верхніх кінцівок становлять приблизно 25–30% у структурі бойової хірургічної травми, при цьому значна їх частина характеризується складним, поліструктурним характером ушкоджень [2; 12; 17].

Складність поліструктурних поранень, зумовлена ураженням різних типів анатомічних структур верхньої кінцівки, потребує індивідуальних рішень щодо етапних оперативних методів реконструктивного відновлення [10; 11].

У хірургії успішно застосовуються сучасні технологічні досягнення для лікування складних поліструктурних бойових поранень, однак у зв'язку з великим за обсягом дефектом тканин сегментів верхньої кінцівки, що спостерігається у 13–18% постраждалих, зберігається значна кількість ускладнень та незадовільних результатів лікування [24]. Реконструктивне відновлення сухожилків, периферичних нервів, кісткової тканини та м'яких тканин – здебільшого має багатоетапний характер [10], що свідчить про високий ступінь тяжкості отриманих ушкоджень і зумовлює потребу в тривалому, мультидисциплінарному реабілітаційному супроводі.

Водночас стандартні реабілітаційні протоколи, розроблені переважно для ізольованих ушкоджень окремих структур верхньої кінцівки, не враховують кумулятивного впливу одночасного поєднаного ураження кількох анатомо-функціональних структур, характерного для бойової травми, що потребує суттєвої адаптації темпу, послідовності та цілей реабілітаційних заходів. Попри значну кількість публікацій щодо хірургічної тактики лікування вогнепальних поранень верхніх кінцівок [24], дані щодо ефективності структурованих диференційованих програм фізичної терапії та ерготерапії для цієї категорії пацієнтів залишаються обмеженими [6; 8; 22; 23].

Аналіз вітчизняних наукових джерел виявив лише поодинокі роботи, присвячені фізичній терапії при вогнепальних пораненнях верхньої кінцівки. Борзих Н.О. [3] у дисертації хірургічного спрямування розглядала побудову індивідуальної програми реабілітації військовослужбовців із застосуванням кінезіо- та фізіотерапевтичних методів (механотерапія з біологічним зворотним зв'язком, PNF, ортезотерапія, електростимуляція); автор наголошувала на неможливості підбору навантажень за загальноприйнятими протоколами через тяжкість і множинність уражень [2] – цей висновок став одним із концептуальних орієнтирів для розробки диференційованого підходу в межах цього дослідження. Попадюха Ю.А. [7] дослідив ефективність роботизованих CPM-тренажерів із біологічним зворотним зв'язком для профілактики суглобових контрактур і набряку при ушкодженнях верхніх кінцівок. Калінкіна О.Д. [5] розробила МКФ-орієнтовану програму реабілітації при вогнепальних переломах проксимального відділу плечової кістки. Заславський П.С. [4] науково обґрунтував та розробив програму фізичної терапії поранених з поліструктурними вогнепальними переломами кісток передпліччя на основі принципів кистьової терапії, що поєднує терапевтичні вправи, MAPS THERAPY, масаж, постізометричну релаксацію, кінезіологічне тейпування та ортезування. Шестопал Н.О. [8] запропонувала алгоритм фізичної терапії з урахуванням локалізації травми, принципів МКФ і SMART-цілей для всіх сегментів кінцівки. Фундаментальні напрацювання Бісмак О.В. [1] щодо алгоритму реабілітаційних дій при компресійно-ішемічних невропатіях були створені поза контекстом бойової травми, проте можуть бути екстрапольовані з урахуванням характеру поранення та обсягу реконструктивного втручання.

Водночас у жодній із проаналізованих вітчизняних робіт не розглядалося застосування сучасних технологій віртуальної реальності – імерсивних (з використанням шоломів віртуальної реальності) чи напівімерсивних (екранних систем із відстеженням рухів) – у структурі програми фізичної терапії та ерготерапії для даної категорії пацієнтів, що визначає новизну цього дослідження.

2. Мета дослідження

Оцінити ефективність диференційованої програми фізичної терапії та ерготерапії із застосуванням VR-технологій у пацієнтів із вогнепальними пораненнями верхніх кінцівок залежно від ступеня тяжкості ушкоджень і виду реконструктивних втручань на рівні активності повсякденного життя з визначенням найбільш тяжкої клінічної групи.

3. Матеріали та методи

Учасники. Дослідження проведено на базі відділу реабілітації ДУ «Національний інститут травматології та ортопедії НАМН України», до якого включено 120 пацієнтів із поліструктурними вогнепальними пораненнями верхніх кінцівок після реконструктивних втручань на післягострому етапі постіммобілізаційного періоду. На першому етапі (перший реабілітаційний цикл, 0–21 день) проведено проспективне одногрупове дослідження за дизайном «до–після», у якому всі 120 пацієнтів проходили єдину програму ФТ та ЕТ.

Критерії включення: вік пацієнтів 18–60 років; військовослужбовці та цивільні особи; поліструктурні вогнепальні поранення верхніх кінцівок після проведеного оперативного лікування; стабільний загальний стан на момент обстеження; наявність інформованої згоди на участь у дослідженні.

Критерії виключення: поєднані травми інших анатомічних ділянок, що потребували пріоритетного хірургічного або інтенсивного

лікування (поранення головного чи спинного мозку, грудної клітки, таза тощо); ампутація верхньої кінцівки (за винятком ампутації II–V пальців); тяжкі системні ускладнення; гостра інфекція.

Дослідження проведено відповідно до етичних принципів Гельсінської декларації (1964–2013 рр.), настанов Міжнародної конференції з гармонізації належної клінічної практики (ICH GCP, 1996 р.), Директиви Конвенції Ради Європи № 609 (1986 р.), а також наказів Міністерства охорони здоров'я України № 690 від 23 вересня 2009 р., № 944 від 14 грудня 2009 р. та № 616 від 3 серпня 2012 р.

Дослідження виконано відповідно до плану науково-дослідної роботи відділу реабілітації ДУ «Національний інститут травматології та ортопедії НАМН України» на 2025–2027 рр. за темою «Реабілітація пацієнтів з поліструктурними вогнепальними пораненнями верхніх кінцівок», номер державної реєстрації 0125U000201. Пацієнти, що входили в групу дослідження, підписали інформовану форму згоди.

Методи. Програму ФТ та ЕТ розроблено на основі робочої класифікації наслідків поліструктурної травми верхньої кінцівки за І.М. Курінним (2009), модифікованої Н.О. Борзих (2019). Класифікація відображає ступінь тяжкості поранення та допомагає визначити тактику фізичної терапії та ерготерапії, спрогнозувавши реабілітаційний потенціал пацієнтів з урахуванням обмежень між етапами реконструктивних втручань.

До І групи тяжкості було віднесено 29 пацієнтів (24%), яким виконували оперативні втручання у вигляді шва або пластики сухожилків і м’язів, демонтажу апарата зовнішньої фіксації з можливою подальшою зміною методу фіксації, а також ревізії нерва чи невролізу.

До ІІ групи тяжкості – 22 пацієнти (18%), у яких діагностовано дефект нерва та яким було виконано шов або пластику периферичних нервів; сухожильно-м’язові транспозиції у випадках невідновних ушкоджень нервів, а також оперативні втручання, характерні для І ступеня тяжкості.

До ІІІ групи тяжкості увійшли 4 пацієнти (3%), для яких були характерні реконструктивні втручання з приводу дефектів шкіри.

До IV групи тяжкості віднесено 65 пацієнтів (54%), яким виконували пластику кісткових та/або м’язових дефектів, ендопротезування суглобів, а також інші оперативні втручання, притаманні I–III ступеням тяжкості.

У зв'язку з недостатньою чисельністю III групи тяжкості та клінічною подібністю характеру реконструктивних втручань пацієнтів III ступеня було об'єднано з пацієнтами IV ступеня для подальшого статистичного аналізу. Таким чином, у фінальному аналізі сформовано групи I (n=29), II (n=22) та IV (n=69), яку додатково поділено на підгрупи IV-a (без пластики/шва нервів, n=42) та IV-b (з пластикою/швом периферичних нервів, n=27) для коректного між- і внутрішньогрупового аналізу (рис. 1).

Інструменти оцінювання. У контексті фізичної терапії та ерготерапії поняття «клінічна тяжкість» найкоректніше визначається саме через функціональні наслідки для пацієнта – тобто через те, наскільки обмежена його здатність виконувати повсякденні дії (їсти, пити, доглядати за собою, маніпулювати предметами). Саме цей аспект відображають показники DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand; опитувальник непрацездатності руки, плеча та кисті), BBT (Box and Block Test; тест "ящик і кубики") та 9-HPT (Nine-Hole Peg Test; тест дев'яти отворів і кілочків), які належать до рівня «Діяльність та Участь» відповідно до концептуальної моделі Міжнародної класифікації функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я (МКФ)[19]. Саме ці інструменти характеризують реальний вплив вогнепальної травми на повсякденне функціонування пацієнта та застосовувались на початку курсу реабілітації і на момент виписки (21 день).

Статистичний аналіз. Статистичний аналіз виконано в програмі TIBCO Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc., США). Кількісні показники перевіряли на відповідність нормальному закону розподілу за критерієм Шапіро–Вілка. Оскільки розподіл досліджуваних показників відрізнявся від нормального, для їх опису застосовували непараметричні характеристики – медіану та інтерквартильний розмах Me (25%; 75%).

Рисунок 1 Розподіл контингенту досліджуваних між I–IV ступенями тяжкості політруктурного поранення верхньої кінцівки із виділенням підгруп IV-a і IV-b

Для оцінки динаміки «до–після» лікування в межах кожної групи ступеня тяжкості (зв'язані вибірки) використовували непараметричний критерій Вілкоксона для парних порівнянь. Величину ефекту оцінювали за коефіцієнтом $r = Z/\sqrt{N}$ з інтерпретацією за Коеном: $r < 0,3$ – малий ефект, $0,3 \leq r < 0,5$ – середній, $r \geq 0,5$ – великий.

Величину клінічного покращення подавали як відносну зміну балу відносно вихідного рівня (Δ, %). Відмінності вважали статистично значущими при $p < 0,05$.

Реабілітаційна програма. Індивідуальну диференційовану програму фізичної терапії та ерготерапії формували на основі клінічного обстеження, локалізації ушкоджених структур (плече-ліктьовий сегмент, передпліччя-зап'ястковий сегмент, кисть) та обсягу проведених реконструктивних втручань, які у більшості випадків мали комбінований характер, що свідчило про високий ступінь тяжкості отриманих ушкоджень. Враховували також загальний соматичний стан пацієнтів і наявність ранніх та пізніх післяопераційних ускладнень.

Заходи післягострого періоду спрямовували на поступове відновлення функції кінцівки з урахуванням загоєння тканин і захисту реконструйованих структур. Окремої уваги потребували пацієнти після пластики кісткових дефектів на рівні плеча, передпліччя чи кисті: у післяопераційних призначеннях таким пацієнтам зазвичай передбачено обмеження фізичних навантажень на кінцівку протягом 3–5 місяців – до завершення консолідації. Це вимагало добору методів кінезіотерапії, які не створюють осьового навантаження на зону остеосинтезу й не перешкоджають зрощенню кісток. Урахування цього обмеження є практично значущим, оскільки більше 50% пацієнтів, які потрапляють на хірургічне лікування до ДУ «Національний інститут травматології та ортопедії НАМН України» внаслідок вогнепальних поранень верхньої кінцівки, зазнають пластики кісткових дефектів.

Концептуальні характеристики програми ФТ та ЕТ:

1. Принцип ієрархічної побудови програми. Програма реалізована за принципом кумулятивного нарощування задач: кожен наступний ступінь тяжкості включає, за необхідності, задачі попереднього та доповнює їх специфічними втручаннями, що відповідають складності політруктурного ушкодження та виду реконструктивних втручань.

2. Наступність між періодами відновлення. Розроблена програма для післягострого періоду є логічним продовженням реабілітаційних

заходів гострого періоду та передумовою подальшого довготривалого відновлення. Якщо на гострому етапі пріоритетом є захист і стабілізація реконструйованих структур, то в післягострому періоді основний акцент переноситься на поступове відновлення амплітуди рухів, сили, чутливості та функціонального використання верхньої кінцівки. Досягнуті на цьому етапі результати формують основу для подальшої максимізації функціональних можливостей та відновлення активності й участі.

3. Інтеграція сучасних технологій. Авторська диференційована програма вирізняється широким залученням сучасних технологічних рішень: безпровідної міостимуляції; VR-терапії (імерсивної – шолом віртуальної реальності та напівімерсивної – TecnoBody Homing); CPM-терапії для пасивної мобілізації суглобів верхньої кінцівки, а також низькоінтенсивної лазеротерапії (LLLT – Low-Level Laser Therapy) зокрема для роботи з рубцево-фіброзними ускладненнями.

4. Ерготерапевтична складова як системоутворювальний елемент. Ерготерапевтичні завдання забезпечують послідовний перехід від адаптації до повсякденної активності (ADL) – через відпрацювання цілеспрямованих рухів та симуляцію реальних завдань у післягострому періоді – до відновлення побутових і професійних навичок на основі SMART-цілей у довготривалому.

5. Нейрореабілітаційна спрямованість при II ступені тяжкості. Дефекти периферичних нервів обумовлюють необхідність індивідуального ортезування, сенсорної реедукації, десенситизації та терапії нейропатичного болю, а у довготривалому періоді – відновлення стереогнозу та моторного перенавчання на засадах нейропластичності.

6. Покращення психоемоційного стану як невід'ємна складова програми терапії. Засоби психоемоційної підтримки – VR-релаксація, дихальні вправи та когнітивно-поведінкова терапія, яку проводив лікар-психолог – інтегровані в усі три періоди відновлення відповідно до біопсихосоціальної моделі реабілітації та з урахуванням специфіки психологічного стану пацієнтів із бойовою травмою.

Такий багатофакторний, персоналізований та технологічно насичений підхід дозволяє оптимізувати реабілітаційний процес, мінімізувати ускладнення та максимально реалізувати відновний потенціал пацієнтів із поліструктурними вогнепальними пораненнями верхніх кінцівок.

Інтеграція VR-технологій в індивідуальну диференційовану програму фізичної терапії та ерготерапії забезпечувала можливість залучення до активного рухового навчання пацієнтів після пластики дефекту кістки – категорії, яка потребувала окремої реабілітаційної тактики у зв'язку із забороною осьового навантаження на кінцівку протягом 3–5 місяців до завершення консолідації. Це зумовлювало необхідність добору методів кінезіотерапії, що виключають навантаження на зону остеосинтезу та кісткової пластики; урахування цього обмеження є практично значущим, оскільки реконструктивні втручання з приводу дефектів кісткової тканини виконано 58% пацієнтів дослідження.

Пацієнти з ураженням плече-ліктьового сегмента проходили VR-програму TecnoBody Homing для моторного перенавчання (тривалість сесії – 10–15 хв/щодня). Технічною особливістю комплексу є безмаркерна оптична система розпізнавання рухів (markerless 3D-camera), яка в реальному часі реєструє просторові координати суглобів верхньої кінцівки та коливання центру мас пацієнта без фіксації натільних датчиків на ураженому сегменті. Програмне забезпечення Homing містить інтерактивні сценарії з керуванням цілеспрямованими рухами верхньої кінцівки й тулуба; у дослідженні застосовано програми «Shooting» (відновлення координації рухів і динамічної стабільності плечового суглоба через ураження мішеней у різних проєкціях екрана) та «Library» (тренування бімануальної координації та збільшення активної амплітуди рухів у плечових суглобах через послідовне переміщення віртуальних книг між полицями).

Пацієнти з ураженням передпліччя-зап'ясткового сегмента та кисті отримували терапевтичні сесії у VR-шоломі за програмою HandLab (10–15 хв/щодня). Вибір програми обумовлений наявністю функції трекінгу рук – камера шолома фіксує та відтворює рухи верхньої кінцівки у віртуальному просторі без потреби утримувати контролер, що критично

важливо для пацієнтів з дефектом периферичних нервів, нездатних утримувати джойстик або керувати великим пальцем. HandLab орієнтована на дистальні сегменти кінцівки: завдання (переміщення різних геометричних фігур, розв'язання головоломок, малювання) прогресують за складністю, тренуючи різні типи хвату та активуючи суміжні суглоби для покращення дрібної моторики.

4. Результати та обговорення

Функціональний стан верхньої кінцівки оцінювали за валідизованим опитувальником Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) [14]. Аналіз показника DASH виявив статистично значуще зниження балу після лікування в усіх групах незалежно від ступеня тяжкості (n = 120; $p \leq 0{,}001$ у всіх випадках) (табл. 1).

Оскільки менший бал DASH відповідає кращому функціональному стану верхньої кінцівки, зниження медіани в кожній групі свідчить про покращення, а великий розмір ефекту (r = 0,72–0,87) підтверджує не лише статистичну, а й практичну значущість змін.

Найбільше відносне покращення відзначено за I ступеня тяжкості (Δ = 13,2%), найменше – за II ступеня (Δ = 3,0%); за IV-a та IV-b ступенів відносне зниження балу було близьким (8,3% та 8,1% відповідно). Отже, реабілітаційне втручання забезпечило статистично значуще покращення функціонального стану верхньої кінцівки за шкалою DASH при всіх ступенях тяжкості.

Найвищий вихідний рівень функціонального дефіциту за шкалою DASH до початку лікування зафіксовано в групі IV-b (Me = 74 (63; 78) бали), друге місце за тяжкістю посіла група II (Me = 66 (55; 79) балів) – це дозволяє розглядати їх як клінічно найтяжчі групи за описовою статистикою серед досліджених ступенів тяжкості. Такий розподіл узгоджується з обсягом реконструктивного втручання: саме групи II та IV-b об'єднує наявність шва або пластики дефекту периферичного нерва, тоді як групи I та IV-a такого втручання не потребували.

Для оцінки спритності верхньої кінцівки та пальців застосовували Box and Block Test (BBT) та Nine-Hole Peg Test (9-HPT).

За результатами тесту Box and Block (табл. 2) програма ФТ та ЕТ забезпечила статистично значуще покращення дрібної моторики ураженої кінцівки в усіх групах за ступенем тяжкості (усі $p<0{,}05$).

Приріст супроводжувався великим розміром ефекту (r=0,65–0,85), що свідчить про клінічно суттєву, а не лише статистичну динаміку. Аналогічно зросла симетрія рухової функції: індекс LSI достовірно підвищився в усіх групах ($p<0{,}001$; r=0,63–0,77). Функція здорової (контрольної) кінцівки при цьому не змінилася ($p>0{,}05$), що підтверджує специфічність ефекту саме для ураженої руки.

Найвиразнішу динаміку відзначено в найтяжчій групі (IV-b ступінь). Попри найнижчі вихідні показники – медіана 16 (11,5; 27) переміщених кубиків та LSI 44,7% (32,7; 67,5) – саме ця група продемонструвала найбільший відносний приріст: +25% за абсолютним балом (до 20 (15; 27,5); $p<0{,}001$; r=0,78) та +37,1% за індексом симетрії (до 61,3% (41,4; 74,6); $p<0{,}001$; r=0,75). Водночас абсолютні значення в цій групі залишилися найнижчими серед усіх ступенів, що вказує на збережений потенціал для подальшого відновлення й доцільність продовження реабілітації у пацієнтів із найтяжчим ураженням.

Таблиця 1

Динаміка балу DASH за ступенями тяжкості до та після програми ФТ та ЕТ, Me (25%; 75%)

Ступінь тяжкості	n	До лікування Me (25%; 75%)	Після лікування Me (25%; 75%)	Δ, %	*p*	*r*
I ст.	29	53 (46; 65)	46(39;61)	13,2%	<0,001	0,87
II ст.	22	66 (55; 79)	64(52;73)	3,0%	0,001	0,72
IV-a ст.	42	60 (51; 72)	55(43;67)	8,3%	<0,001	0,87
IV-b ст.	27	74 (63; 78)	68(58;73)	8,1%	<0,001	0,78

Примітка. Me (25%; 75%) – медіана та інтерквартильний розмах; Δ, % – відносна зміна медіани після лікування; p – критерій Вілкоксона для зв'язаних вибірок; r – розмір ефекту.

Таблиця 2

Ефективність програми ФТ та ЕТ за тестом Box and Block (BBT; кількість переміщених кубиків за 60 с), n=120

Ступінь тяжкості	n	До лікування Me (25%; 75%)	Після лікування Me (25%; 75%)	Δ, %	p	r
Ушкоджена верхня кінцівка						
I ст.	29	30 (27; 37)	35 (30; 40)	16,7	<0,001	0,85
II ст.	22	24,5 (16,5; 33,5)	26 (21,3; 36)	6,1	0,002	0,65
IV-a ст.	42	29,5 (23,3; 35,8)	33 (28; 37)	11,9	<0,001	0,77
IV-b ст.	27	16 (11,5; 27)	20 (15; 27,5)	25	<0,001	0,78
LSI, %						
I ст.	29	82,4 (62,7; 87,5)	90 (68,3; 97,8)	9,3	<0,001	0,63
II ст.	22	69,2 (56,7; 81,6)	80 (63,8; 86,3)	15,6	<0,001	0,77
IV-a ст.	42	77,5 (66,7; 91,8)	86,2 (72; 97,7)	11,2	<0,001	0,68
IV-b ст.	27	44,7 (32,7; 67,5)	61,3 (41,4; 74,6)	37,1	<0,001	0,75

Примітка. Me (25%; 75%) – медіана та інтерквартильний розмах; Δ, % – відносна зміна медіани після лікування; p – критерій Вілкоксона для зв'язаних вибірок; r – розмір ефекту. Функція здорової кінцівки достовірно не змінилася в жодній групі (p>0,05).

Таблиця 3

Ефективність програми ФТ та ЕТ за тестом Nine-Hole Peg Test (9-HPT; час виконання, с), n=120

Ступінь тяжкості	n	До лікування Me (25%; 75%)	Після лікування Me (25%; 75%)	Δ, %	p	r
Ушкоджена верхня кінцівка						
I ст.	29	29 (24; 42)	25 (21; 40)	-13,8	<0,001	0,88
II ст.	22	66 (37,5; 261,8)	60 (32,5; 248,8)	-9,1	<0,001	0,70
IV-a ст.	42	38 (26,6; 60,5)	34,5 (24; 54,8)	-9,2	<0,001	0,87
IV-b ст.	27	88,1 (43,3; 300)	68 (39,5; 300)	-22,8	<0,001	0,65
LSI, %						
I ст.	29	82,1 (66,7; 92,6)	90,9 (72,5; 100)	10,8	<0,001	0,78
II ст.	22	65,6 (37,9; 76,7)	75 (41,7; 84,2)	14,3	0,007	0,57
IV-a ст.	42	82 (63,9; 93,8)	90 (72,4; 104,5)	9,8	<0,001	0,72
IV-b ст.	27	29,7 (13; 55,9)	39 (13,5; 61,5)	31,1	0,008	0,51

Примітка. Me (25%; 75%) – медіана та інтерквартильний розмах; Δ, % – відносна зміна медіани після лікування; p – критерій Вілкоксона для зв'язаних вибірок; r – розмір ефекту. 9-HPT – час виконання завдання (секунди). Невиконаний тест оцінено як 300 с. Менше значення 9-HPT відповідає кращій функції, тому від'ємне Δ означає покращення.

Первинний аналіз даних Nine-Hole Peg Test (9-HPT) виявив специфічну особливість вибірки – наявність 17 пацієнтів (14,2% від загальної кількості), у яких через виражений функціональний дефіцит ураженої кінцівки виконання тесту було неможливим: I ст. – 0 випадків (0%); II ст. – 6 випадків (27,3%); IV-a – 2 випадки (4,8%); IV-b – 9 випадків (33,3%).

Відповідно до методології, застосованої в клінічних дослідженнях 9-HPT [16], пацієнтам, які не змогли завершити тест, присвоєно умовне порогове значення часу – 300 секунд, що дозволяє уникнути статистичного спотворення результату та зберегти повний обсяг вибірки в аналізі.

За тестом Nine-Hole Peg Test (табл. 3) реабілітаційна програма зумовила статистично значуще скорочення часу виконання ураженою кінцівкою в усіх групах за ступенем тяжкості (усі p<0,001) із великим розміром ефекту (r=0,65–0,88).

Паралельно достовірно зросла симетрія рухової функції: індекс LSI підвищився в усіх групах (p від <0,001 до 0,008; r=0,51–0,78). Функція здорової (контрольної) кінцівки не

змінилася (p>0,05), що підтверджує специфічність ефекту саме для ураженої руки.

Найтяжчою функціональною групою за сукупністю показників був IV-b ступінь. Ця група мала найгірші вихідні значення – час виконання 88,1 (43,3; 300) с (75-й процентиль на рівні стелі, тобто значна частка пацієнтів початково не завершувала тест) і найнижчу симетрію (LSI 29,7% (13,0; 55,9)). Водночас саме тут відзначено найвиразнішу динаміку: скорочення часу на 22,8% (до 68,0 (39,5; 300) с; p<0,001; r=0,65) і найбільший приріст симетрії +31,1% (LSI до 39,0% (13,5; 61,5); p=0,008; r=0,51). Попри це, абсолютні показники IV-b залишилися найгіршими серед усіх ступенів (найдовший час, найнижчий LSI), що свідчить про початок відновлення й обґрунтовує потребу в тривалішій реабілітації у пацієнтів із найтяжчим ураженням.

Дискусія. Використання віртуальної реальності (VR) для клінічної реабілітації, зокрема моторного відновлення, стало дедалі популярнішим протягом останнього десятиліття – цьому сприяли як розвиток індустрії розваг, що зробив обладнання та програмне забезпечення VR доступнішими, так і зростаюча увага наукової спільноти, підтверджена низкою доказових публікацій у провідних наукометричних базах даних [13; 18].

У систематичному огляді Said R.R. та співавт. [21] дійшли висновку, що віртуальна реальність (VR) має потенціал для покращення реабілітації верхніх кінцівок: створюючи наближене до реального, мотивуюче та привабливе середовище з великою кількістю рухових повторів і зворотним зв'язком, що стимулює нейропластичність і рухове навчання, сприяє відновленню функції кінцівки та створює передумови для реінтеграції в громаду.

Систематичний огляд Baeza-Barragán M.R. та співавт. [9] також продемонстрував покращення функціональності, якості життя та мотивації при застосуванні VR-технологій у реабілітації верхньої кінцівки в осіб з м'язовою дистрофією Дюшенна. Аналогічні переваги підтверджено й за іншої нозології: систематичний огляд і мета-аналіз De Miguel-Rubio A. та співавт. [15] засвідчив, що наукова література підтримує застосування VR у пацієнтів з акушерським плечовим паралічем – завдяки підвищенню мотивації, прямому зворотному зв’язку та кращій концентрації уваги під час втручання.

Особливої уваги заслуговує напівімерсивна VR-платформа Homing (TecnoBody), яку ми застосовували у власній програмі: у протоколі багатоцентрового РКД TELENEURO@REHAB [20] її використано для телереабілітації пацієнтів із хронічними неврологічними розладами (хвороба Паркінсона, розсіяний склероз, постінсультні стани) за задачно-орієнтованим підходом із біозворотним зв'язком. Примітно, що серед інструментів оцінки там використовуються ті самі шкали BBT та 9-HPT, що й у нашому дослідженні, – це підтверджує їхню валідність як універсальних показників мануальної спритності незалежно від етіології ураження [20].

Хоча зазначене дослідження стосується неврологічної, а не травматичної (вогнепальної) етіології, принципи задачно-орієнтованого тренування з біозворотним зв'язком є патогенетично обґрунтованими й для пацієнтів з вогнепальними пораненнями верхньої кінцівки: обидві групи потребують відновлення довільного контролю рухів, пропріоцепції та функціональної інтеграції кінцівки в повсякденну діяльність (рівень «Діяльність та Участь» за МКФ). Це створює теоретичне підґрунтя для екстраполяції подібних платформ на реабілітацію після реконструктивних втручань з приводу політруктурної вогнепальної травми, хоча це потребує окремої валідації в проспективних дослідженнях саме цієї категорії пацієнтів.

Загалом, наше дослідження розширює цю доказову базу на раніше не досліджену категорію пацієнтів – осіб із політруктурними вогнепальними пораненнями верхньої кінцівки після реконструктивних втручань. Інтеграція імерсивних і напівімерсивних VR-технологій у диференційовану програму ФТ та ЕТ супроводжувалася статистично значущим покращенням функціонального стану кінцівки (DASH), дрібної моторики та спритності (BBT, 9-HPT) і симетрії рухової функції (LSI) в усіх групах ступеня тяжкості, з великим розміром ефекту. Показово, що найвиразнішу відносну динаміку продемонструвала найтяжча група (IV-b ступінь), це узгоджується з описаними в літературі механізмами VR-опосередкованого

відновлення (висока кількість повторів, мотиваційне середовище та зворотний зв'язок, що максимізують нейропластичність і рухове перенавчання) і підтверджує специфічність терапевтичного ефекту для ураженої кінцівки. Особливе значення мотиваційний VR-простір має для пацієнтів після тривалої іммобілізації та атрофії кінцівки: занурення в ігрове середовище стимулює пацієнта до активнішого використання ураженої руки, ніж це вдається за традиційних вправ. Водночас у ранньому післягострому періоді суттєвим бар'єром до виконання активних вправ є страх руху та кінезіофобія, зумовлені больовим досвідом і побоюванням пошкодити реконструйовані структури; занурення у VR-середовище зміщує фокус уваги із відчуття загрози на виконання ігрового завдання, завдяки чому страх перед рухом нівелюється, а пацієнт досягає більшої амплітуди та інтенсивності рухів. Таким чином, наше дослідження надає перші емпіричні докази ефективності технологічно насиченої програми ФТ та ЕТ для цієї категорії постраждалих.

5. Висновки

Інтеграція імерсивних і напівімерсивних VR-технологій у диференційовану програму фізичної терапії та ерготерапії є ефективним підходом до відновлення функції верхньої кінцівки у пацієнтів із поліструктурними вогнепальними пораненнями після реконструктивних втручань, що статистично підтверджено за валідованими інструментами (DASH, Box and Block Test, Nine-Hole Peg Test) в усіх групах ступеня тяжкості з великим розміром ефекту. Мотиваційне ігрове середовище з великою кількістю повторів та зворотним зв'язком стимулює нейропластичність і рухове перенавчання та послаблює кінезіофобію, зміщуючи фокус уваги з болю й страху руху на ігрове завдання. Завдяки цьому пацієнт досягає більшої амплітуди та інтенсивності рухів, ніж за традиційних вправ; показово, що найвиразнішу динаміку відновлення продемонструвала найтяжча група (IV-b ступінь).

Ефективність програми ґрунтується на диференційованому, стратифікованому за ступенем тяжкості підході з урахуванням характеру ушкодження, обсягу й етапності реконструктивних втручань і реабілітаційного потенціалу пацієнта. Отримані дані надають перші емпіричні докази доцільності такого підходу для цієї категорії постраждалих і обґрунтовують потребу в тривалішому реабілітаційному супроводі пацієнтів із найтяжчими ураженнями.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження доцільно спрямувати на проведення проспективних контрольованих випробувань із групою порівняння, які дадуть змогу зіставити ефективність VR-програми з традиційними методами фізичної терапії та ерготерапії. Перспективним є подовження періоду спостереження для оцінки стійкості досягнутих функціональних результатів у віддаленому періоді.

Заява про використання штучного інтелекту

Під час підготовки рукопису інструменти штучного інтелекту використовувалися виключно як допоміжний засіб для мовностилістичного редагування та структурного впорядкування окремих фрагментів тексту. Усі клінічні дані, наукові положення, результати та висновки перевірені й затверджені авторами, які несуть повну відповідальність за достовірність і наукову коректність поданого матеріалу.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

1. Bismak, O. V., Havreliuk, S. V., Shestopal, N. O., & Zhuchenko, V. D. (2025). Viddaleni rezultaty vidnovlennia fizychnoi ta sotsialnoi aktyvnosti patsiientiv z travmatychnymy nevropatiiamy verkhnoi kintsivky pislia kursu reabilitatsiinoho vtruchannia [Long-term results of restoring the physical and social activity of patients with traumatic neuropathies of the upper limb after a course of rehabilitation intervention]. *Sportyvna Medytsyna, Fizychna Terapiia ta Erhoterapiia*, *1*, 168–175. https://doi.org/10.32782/spmed.2025.1.24 [in Ukrainian].
2. Borzykh, N. O., & Barabash, S. V. (2024). Suchasnyi stan pytannia vidnovnoho likuvannia patsiientiv iz polistrukturnymy vohnepalnymy poranenniamy verkhnikh kintsivok [Current state of the issue of restorative treatment of patients with polystructural gunshot injuries of the upper limbs]. *Sportyvna Medytsyna, Fizychna Terapiia ta Erhoterapiia*, *1*, 169–176. https://doi.org/10.32652/spmed.2024.1.169-176 [in Ukrainian].

3. Borzykh, N. O. (2018). Khirurhichne likuvannia patsiientiv z polistrukturnymy vohnepalnymy poranenniamy verkhnoi kintsivky ta yikh naslidkamy [Surgical treatment of patients with polystructural gunshot injuries of the upper limb and their consequences] [Doctoral dissertation, Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine]. https://ito.gov.ua/assets/uploads/2018/10/16/dis_compressed.pdf [in Ukrainian].
4. Zaslavskyi, P. S. (2023). Dynamika pokaznykiv ortopedychnoho statusu verkhnoi kintsivky u poranenykh z naslidkamy vohnepalnoho polistrukturnoho perelomu kistok peredplichchia pid vplyvom kystovoi terapii [Dynamics of the orthopedic status indicators of the upper limb in the wounded with consequences of a gunshot polystructural forearm fracture under the influence of hand therapy]. *Rehabilitation and Recreation*, *15*, 42–49. https://doi.org/10.32782/2522-1795.2023.15.5 [in Ukrainian].
5. Kalinkina, O. D., Vynohradova, M. S., Shevchuk, Yu. V., & Kalinkin, K. L. (2025). Fizychna terapiia ta erhoterapiia viiskovykh z vohnepalnoiu travmoiu plecha [Physical therapy and occupational therapy of military personnel with a gunshot shoulder injury]. *Ukraina. Zdorovia Natsii*, *2*, 153–161. https://doi.org/10.32782/2077-6594/2025.2/21 [in Ukrainian].
6. Kruk, I. M., & Grygus, I. M. (2022). Fizychna terapiia viiskovosluzhbovtsiv z naslidkamy vohnepalnykh poranen [Physical therapy of military personnel with consequences of gunshot wounds]. *Rehabilitation and Recreation*, *12*, 44–51. https://doi.org/10.32782/2522-1795.2022.12.6 [in Ukrainian].
7. Popadyukha, Y. A., & Ostroushko, O. D. (2016). Obstezhennia funktsionalnykh mozhlyvostei oporno-rukhovoho aparatu dlia vyznachennia efektyvnosti reabilitatsiinykh zakhodiv pry vohnepalnykh urazhenniakh plechovoho suhlobu [Examination of the functional capabilities of the musculoskeletal system to determine the effectiveness of rehabilitation measures in gunshot injuries of the shoulder joint]. *Naukovyi Chasopys Natsionalnoho Pedahohichnoho Universytetu imeni M. P. Drahomanova. Seriia 15*, *3*(2), 256–259. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu_015_2016_3%282%29__80 [in Ukrainian].
8. Shestopal, N. (2021). Reabilitatsiine obstezhennia patsiientiv pislia vohnepalnykh poranen kysti i peredplichchia [Rehabilitation examination of patients after gunshot wounds of the hand and forearm]. *Sportyvna Medytsyna, Fizychna Terapiia ta Erhoterapiia*, *2*, 133–139. https://doi.org/10.32652/spmed.2021.2.133-139 [in Ukrainian].
9. Baeza-Barragán, M. R., Labajos Manzanares, M. T., Ruiz Vergara, C., Casuso-Holgado, M. J., & Martín-Valero, R. (2020). The use of virtual reality technologies in the treatment of Duchenne muscular dystrophy: Systematic review. *JMIR mHealth and uHealth*, *8(12)*, e21576. https://doi.org/10.2196/21576
10. Borzykh, A., Laksha, A. M., Borzykh, N., Laksha, A. A., & Shypunov, V. (2023). Strategy of reconstructive and restorative interventions for hand tissue defects. *Georgian Medical News*, *338*, 117–120. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37419484/
11. Borzykh, O., Laksha, A., Borzykh, N., Yarmolyuk, Y., Tsivina, S., & Laksha, A. (2024). Rotational vascularized radial flap of the forearm in surgical treatment of wounded with gunshot injuries of the hand: Clinical case. *Current Aspects of Military Medicine*, *31*(1), 28–38. https://doi.org/10.32751/2310-4910-2024-31-02
12. Chabanova, N. V., Lazarieva, O. B., & Smoliar, I. I. (2026). Effectiveness of physical therapy interventions for restoring lower limb function in individuals with peripheral neuropathies caused by mine-blast injuries. *Rehabilitation and Recreation*, *20*(1), 98–105. https://doi.org/10.32782/2522-1795.2026.20.1.11
13. Chaplin, E., Karatzios, C., & Benaim, C. (2023). Clinical applications of virtual reality in musculoskeletal rehabilitation: A scoping review. *Healthcare*, *11*(24), 3178. https://doi.org/10.3390/healthcare11243178
14. De Klerk, S. (2023). Assessment of structural and cross-cultural validity of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand questionnaire: A scoping review. *Hand Therapy*, *28*(1), 3–15. https://doi.org/10.1177/17589983221140433
15. De Miguel-Rubio, A., Alba-Rueda, A., Millán-Salguero, E. M., De Miguel-Rubio, M. D., Moral-Munoz, J. A., & Lucena-Anton, D. (2023). Virtual reality for upper limb rehabilitation in patients with obstetric brachial palsy: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Medical Internet Research*, *25*, e47391. https://doi.org/10.2196/47391
16. Feys, P., Lamers, I., Francis, G., Benedict, R., Phillips, G., LaRocca, N., Hudson, L. D., & Rudick, R. (2017). The Nine-Hole Peg Test as a manual dexterity performance measure for multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, *23*(5), 711–720. https://doi.org/10.1177/1352458517690824
17. 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
18. Juan, M. C., Elexpuru, J., Dias, P., Santos, B. S., & Amorim, P. (2023). Immersive virtual reality for upper limb rehabilitation: Comparing hand and controller interaction. *Virtual Reality*, *27*(2), 1157–1171. https://doi.org/10.1007/s10055-022-00722-7
19. Leonardi, M., Lee, H., Kostanjsek, N., Fornari, A., Raggi, A., Martinuzzi, A., Yáñez, M., Almborg, A.-H., Fresk, M., Besstrashnova, Y., Shoshmin, A., Castro, S. S., Cordeiro, E. S., Cuenot, M., Haas, C., Maart, S., Maribo, T., Miller, J., Mukaino, M., & Kraus de Camargo, O. (2022). 20 years of ICF – International Classification of Functioning, Disability and Health: Uses and applications around the world. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(18), 11321. https://doi.org/10.3390/ijerph191811321
20. Rossetto, F., Mestanza Mattos, F. G., Gervasoni, E., Germanotta, M., Pavan, A., Cattaneo, D., Aprile, I., &

Baglio, F. (2024). Efficacy of telerehabilitation with digital and robotic tools for the continuity of care of people with chronic neurological disorders: The TELENEURO@REHAB protocol for a randomized controlled trial. *Digital Health*, *10*. https://doi.org/10.1177/20552076241228928

21. Said, R. R., Heyat, M. B. B., Song, K., Tian, C., & Wu, Z. (2022). A systematic review of virtual reality and robot therapy as recent rehabilitation technologies using EEG-brain-computer interface based on movement-related cortical potentials. *Biosensors*, *12*(12), 1134. https://doi.org/10.3390/bios12121134
22. Shestopal, N., Bismak, H., & Lazarieva, 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/prrht.2024-9(5).06
23. Shestopal, N., Kovelska, A., Boiko, A., & Zviriaka, O. (2025). The implement of physical therapy on the psycho-emotional state of the individuals after the gunshot wound of the upper limb. *Zdravotnícke Listy*, *13*(1), 79–86. https://zl.tnuni.sk/fileadmin/Archiv/2025/2025-13.c.1/ZL_2025_13_1_12_Shestopal.pdf
24. Strafun, S. S., Kurinnyi, I. M., Borzykh, N. O., Tsymbaliuk, Y. V., & Shypunov, V. G. (2021). Tactics of surgical treatment of wounded with gunshot injuries of the upper limb in modern conditions. *TERRA ORTHOPAEDICA*, *2*(109), 10–17. https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-109-2-10-17