

УДК 616.717-001.45-036.82:004.946](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872026185-90>

Використання окулярів віртуальної реальності як додаткового методу в реабілітації пацієнтів після ушкодження верхніх кінцівок

Н. Ю. Притула¹, В. А. Стауде^{1,2}, О. В. Земляна³, І. А. Суббота¹, О. О. Кузнєцов^{1,2}¹ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків² Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. Україна³ Харківський національний медичний університет. Україна

Over the past two decades, there has been a significant increase in the use of immersive technologies in rehabilitation. VR technologies allow for the simulation of motor tasks in a safe gaming digital environment, which contributes to better integration of the patient into the rehabilitation process, activates the neuromuscular system and reduces psychoemotional stress during the restoration of motor functions. While traditional methods involving simple, repetitive movements can be exhausting for patients and make them less motivated to continue treatment. Objective. Examined the effectiveness of using VR technology as an auxiliary method of rehabilitation in patients with traumatic injuries of the upper limbs after a blast injury. Materials. The effectiveness of using VR technology as an auxiliary rehabilitation method in patients with traumatic injuries of the upper extremities after a blast injury was analyzed. Results. The study included a case series of 4 military personnel with traumatic injuries of the upper limbs resulting from a blast injury. The rehabilitation program included standard physical therapy and physiotherapy methods in combination with training in a virtual environment using virtual reality glasses with the VR Vitalis program. Patients performed tasks aimed at improving coordination, strength and amplitude of movements in the shoulder, elbow and radiocarpal joints, considering the need for movement restoration. The dynamics of the range of motion was assessed using goniometry, muscle strength using dynamometry, and the level of motivation for classes was assessed using a survey. Conclusion. It was found that the use of VR technologies as an additional method to traditional rehabilitation contributed to a noticeable improvement in the indicators of functional recovery of upper limb movements. Positive dynamics were recorded not only in physical indicators, but also in the psycho-emotional state. All participants reported increased motivation and better involvement in the treatment process. Keywords. Virtual reality, upper limb injury, blast injury, rehabilitation.

Протягом останніх років спостерігається значне зростання використання імерсивних технологій в реабілітації. VR-технології дозволяють моделювати рухові завдання в безпечному ігровому цифровому середовищі, що сприяє кращому інтегруванню пацієнта в процес реабілітації, активують нервово-м'язову систему та знижують психоемоційне навантаження під час відновлення рухових функцій, тоді як традиційні методи, які включають прості, повторювані рухи, можуть бути виснажливими для хворих і зменшувати мотивацію до лікування. Мета. Оцінити ефективність використання VR-технологій як допоміжного методу реабілітації у пацієнтів із травматичними ушкодженнями верхніх кінцівок після вибухової травми. Матеріали. Проаналізовано ефективність використання VR-технологій як допоміжного методу реабілітації в пацієнтів із травматичними ушкодженнями верхніх кінцівок після вибухової травми. Результати. У дослідження включено історії хвороб 4 військовослужбовців із травматичними ушкодженнями верхніх кінцівок. Реабілітаційна програма складалася зі стандартних методів фізичної терапії в поєднанні з тренуванням у віртуальному середовищі з використанням окулярів віртуальної реальності з програмою VR Vitalis. Пацієнти виконували завдання, спрямовані на покращення координації, сили й амплітуди рухів у плечовому, ліктьовому та променево-зап'ястковому суглобах. Аналіз динаміки обсягу рухів здійснювали за допомогою гоніометрії, сили м'язів — динамометрії та рівень мотивації до занять методом опитування. Висновок. Виявлено, що застосування VR-технологій як додаткового інструмента до традиційної реабілітації сприяло помітному покращенню показників функціонального відновлення рухів верхньої кінцівки. Зафіксовано позитивну динаміку не лише у фізичних показниках, а й у психоемоційному стані. Усі учасники повідомляли про зростання мотивації та кращу залученість у процес лікування.

Ключові слова. Віртуальна реальність, ураження верхніх кінцівок, вибухова травма, реабілітація

Вступ

Протягом останніх двох десятиліть спостерігається значне зростання використання імерсивних технологій в реабілітації. Ці технології включають віртуальну реальність (VR — virtual reality), доповнену реальність (AR — augmented reality) та змішану реальність (MR — mixed reality), які разом називають розширеною реальністю (XR — extended reality) [1]. Найпопулярнішими на сьогодні є технології VR, оскільки їхнє використання дозволяє занурити пацієнта в повністю контрольоване тривимірне середовище, у той час як застосування AR-технологій накладає елементи VR на навколишнє середовище у вигляді відео в реальному часі, що відображається на екрані електронного пристрою [2]. Отже AR доцільно використовувати для навчання лікарів на віртуальному пацієнті, детальнішого планування медичних інтервенцій і навіть покращення інтраопераційної навігації [3]. VR-технології дозволяють моделювати рухові завдання в безпечному ігровому цифровому середовищі, що сприяє кращому інтегруванню пацієнта в процес реабілітації [4], активує нервово-м'язову систему та знижує психоемоційне навантаження під час відновлення рухових функцій [5], у той час як традиційні методи, які включають прості, повторювані рухи, можуть бути виснажливими для хворих і знижувати мотивацію до продовження лікування [6].

В умовах зростання кількості вибухових і мінно-вибухових травм (МВТ) серед військовослужбовців і цивільного населення [7] питання ефективної реабілітації після уражень верхніх кінцівок набуває особливої важливості. Хронічний біль, порушення периферичних нервів і функціональні обмеження є основними перешкодами в оптимальному відновленні пацієнтів після травматичного ушкодження цієї локалізації [8]. Традиційні фізичні вправи вимагають тривалого часу та достатньої концентрації з боку пацієнта, що може знижувати мотивацію до занять. Використання VR-технології як допоміжного методу дозволяє зробити процес реабілітації більш інтерактивним і психологічно комфортним, підвищуючи ефективність відновлення функції руху [9].

Мета: оцінити ефективність використання VR-технології як допоміжного методу реабілітації в пацієнтів із травматичними ушкодженнями верхніх кінцівок після вибухової травми.

Матеріал і методи

У дослідження включено 4 приклади реабілітаційного лікування військовослужбовців із травматичними ушкодженнями верхніх кінцівок, отриманими внаслідок вибухової травми. Реабілітаційна програма включала стандартні методи фізичної терапії в поєднанні з тренуванням у віртуальному середовищі з використанням окулярів віртуальної реальності (VR-окулярів) із програмою VR Vitalis. Пацієнти виконували завдання, спрямовані на покращення координації, сили й амплітуди рухів у плечовому, ліктьовому та променево-зап'ястковому суглобах. Проаналізовано динаміку обсягу рухів за допомогою гоніометрії, силу м'язів за допомогою динамометрії та рівень мотивації до занять методом опитування.

Роботу проведено відповідно до принципів біоетики, вимог законодавства та згідно з Гельсінською декларацією, Конституцією України, основами законодавства України. Робота виконувалася в межах стандартного реабілітаційного процесу з отриманням письмової інформованої згоди пацієнтів, схвалена комітетом із біоетики ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків (протокол № 259 від 29 січня 2026 р.).

Результати

Через 2 тижні тренування з VR-окулярами у всіх пацієнтів було відмічене покращення амплітуди рухів та сили м'язів. Віртуальні завдання, спрямовані на імітацію щоденних дій (захоплення предметів, обертальні рухи тощо), стимулювали активацію дрібної моторики, координації та пропріоцепції. У динаміці відмічалось відновлення контролю над рухами та зменшення ригідності уражених сегментів.

Клінічний приклад № 1

Пацієнт Д., 28 р. Діагноз: наслідки МВТ (05.2022 р.), посттравматичний артроз лівого плечового суглоба. Виражений больовий синдром. Деформація II–III пальців лівої кисті. Порушення функції кисті. Невропатія серединного нерва зліва (табл. 1). Спостерігалось помірне, але стабільне покращення амплітуди рухів у лівому плечовому суглобі. Згинання збільшилось на 12°, розгинання — на 3°, відведення — на 2°, що свідчить про позитивний вплив терапії на капсульно-зв'язковий та м'язовий апарат плечового пояса. Більш виражені зміни зафіксовано в силових показниках (у %): м'язова сила згиначів зросла на 32,9, розгиначів — на

53,6, привідних — на 21,3, відвідних — на 24,5. Аналогічна позитивна динаміка відзначалася і в променево-зап'ястковому суглобі, де максимальне зростання обсягу рухів спостерігалось під час тильного згинання (+18°).

Клінічний приклад № 2

Пацієнт А., 36 р. Діагноз: наслідки вогнепального осколкового поранення (03.10.2024): множинні сліпі осколкові поранення обох верхніх і нижніх кінцівок із наявністю сторонніх тіл (металевих уламків); консолидований перелом II п'ясткової кістки правої китиці зі змішаною контрактурою 2–5 п'ястково-фалангових суглобів правого променево-зап'ясткового суглоба за помірного порушення функцій; посттравматична нейропатія правого променевого та ліктьового нервів, лівого ліктьового нерва з помірними мотосенсорними розладами; зміцнілих післяопераційних рубців шкіри з незначним порушенням функції (табл. 2). Через важкі неврологічні та структурні обмеження покращення обсягу рухів було мінімальне. Водночас динамометричні показники де-

монстрували функціонально значуще покращення. Найбільший приріст сили зафіксовано в згиначах пальців (+45,5 %) та м'язах, які забезпечують променево-зап'ясткове згинання (+25,0 %).

Клінічний приклад № 3

Пацієнт Є., 33 р. Діагноз: наслідки вогнепального осколкового поранення (18.03.2024): консолидований перелом обох кісток лівого передпліччя, у середній третині фіксовані металоконструкціями. Комбінована контрактура лівого ліктьового та променево-зап'ясткового суглобів. Післятравматична невропатія ліктьового нерва (табл. 3). У пацієнта спостерігалось покращення як обсягу рухів, так і м'язової сили. У ліктьовому суглобі — зменшення дефіциту розгинання на 6° та збільшення згинання на 5°. У променево-зап'ястковому суглобі суттєво виражене покращення стосувалося долонного згинання (+13°). Динамометрія виявила значне зростання сили: згиначі ліктя збільшили показники на 70,6 %, розгиначі — на 46,3 %. Особливо показовим є подвоєння сили згиначів пальців

Таблиця 1

Функціональне оцінювання в суглобах лівої верхньої кінцівки пацієнта Д.

Показник	Початкове значення	Кінцеве значення
Гоніометрія – плечовий суглоб; – променево-зап'ястковий суглоб	розгинання/згинання 47°/0°/135°; відведення/приведення 123°/0°/44° тильне/долонне згинання: 60°/0°/73°; ліктьове/променево-зап'ясткове згинання 23°/0°/52°	розгинання/згинання 50°/0°/147°; відведення/приведення 125°/0°/44° тильне/долонне згинання: 78°/0°/83°; ліктьове/променево-зап'ясткове згинання 25°/0°/54°
Динамометрія, кг (плечовий суглоб)	згиначі — 14,0; розгиначі — 8,4; привідні — 10,8; відвідні — 11,0	згиначі — 18,6; розгиначі — 12,9; привідні — 13,1; відвідні — 13,7

Таблиця 2

Функціональне оцінювання правого променево-зап'ясткового суглоба пацієнта А.

Показник	Початкове значення	Кінцеве значення
Гоніометрія (променево-зап'ястковий суглоб)	тильне/долонне згинання: 0°/23°/65°; ліктьове/променево-зап'ясткове згинання 0°/10°/18°	тильне/долонне згинання: 0°/17°/65°; ліктьове/променево-зап'ясткове згинання 2°/0°/17°
Динамометрія, кг (променево-зап'ястковий суглоб)	тильне згинання 0,4; долонне згинання 8,3; ліктьове згинання 6,6; променево-зап'ясткове згинання 3,2; згиначі пальців 11,0	тильне згинання 1,0; долонне згинання 8,6; ліктьове згинання 6,6; променево-зап'ясткове згинання 4,0; згиначі пальців 16,0

Таблиця 3

Функціональне оцінювання в суглобах лівої верхньої кінцівки пацієнта Є.

Показник	Початкове значення	Кінцеве значення
Гоніометрія – ліктьовий суглоб; – променево-зап'ястковий суглоб	згинання/розгинання 0°/21°/138° тильне/долонне згинання: 36°/0°/37°; ліктьове/променево-зап'ясткове згинання 21°/0°/21°	згинання/розгинання 0°/15°/143° тильне/долонне згинання: 45°/0°/50°; ліктьове/променево-зап'ясткове згинання 22°/0°/25°
Динамометрія, кг – променево-зап'ястковий суглоб; – ліктьовий суглоб	тильне згинання 1,9; долонне згинання 2,7; ліктьове згинання 2,2; променево-зап'ясткове згинання 2,7; згиначі пальців 5,0 згиначі 3,4; розгиначі 4,1	тильне згинання 2,4; долонне згинання 4,3; ліктьове згинання 5,6; променево-зап'ясткове згинання 3,2; згиначі пальців 10,0 згиначі 5,8; розгиначі 6,0

(+100 %), що має високу клінічну значущість для відновлення функцій самообслуговування.

Клінічний приклад № 4

Пацієнт Б., 30 р. Діагноз: наслідки вогнепального осколкового поранення (28.03.2025) лівої кисті: слабкоконсолідований вогнепальний перелом II п'ясткової кістки, псевдоартроз і вогнепальний кістковий дефект III п'ясткової кістки зі зміщенням. Стан після етапного хірургічного лікування лівої кисті: ревізія зони перелому III п'ясткової кістки лівої кисті, монтаж стрижневого АЗФ (19.08.2025), резекція в/3 правої маломілкової кістки, аутопластика маломілковою кісткою дефекту III п'ясткової кістки, демонтаж стрижневого АЗФ, МОС III п'ясткової кістки пластиною та гвинтами (02.09.2025). Комбінована контрактура лівої кисті. Тимчасове порушення функції лівої верхньої кінцівки (табл. 4). Пацієнт демонстрував помірне покращення амплітуди рухів у променево-зап'ястковому суглобі, переважно за рахунок долонного (+8°) та ліктьового згинання (+3°). Водночас зафіксовано виражений приріст м'язової сили, особливо згиначів кисті, показники яких зросли в 3 рази (+200 %). Також суттєво збільшилася сила м'язів, які забезпечують тильне (+59,4 %) та ліктьове згинання (+44,2 %), що вказує на значне покращення функціональної витривалості кисті.

Обговорення

Хоча застосування технології VR-реальності більш поширено в реабілітації пацієнтів після інсультів [10, 11]. Проте в останні роки увага приділяється і її використанню як додаткового методу в ортопедичному профілі [12, 13].

Систематичний огляд А. М. AlHossan і співавт. [14] включав спостереження за участю пацієнтів, яким відновили ротаторну манжету плеча, та порівняння реабілітації на основі віртуальної реальності зі стандартною фізичною терапією (6 досліджень (n ≈ 332 хворих) відповідали критеріям включення). Автори не виявили статистично значущої різниці між реабілітацією на основі VR та традиційною щодо зменшення відчутного болю

та покращення функціональних результатів, про які повідомляли пацієнти. Проте вони довели, що VR-терапія привела до значного покращення повного обсягу відведення плеча порівняно з традиційною реабілітацією. Проте показники покращення згинання плеча та зовнішньої ротації суттєво не відрізнялися між групами. Зважаючи на отримані результати, підсумуємо — цифрова реабілітація може покращити дотримання пацієнтами режиму лікування завдяки більшій залученості та доступності, хоча для максимальної результативності може бути необхідна інтеграція періодичної взаємодії з клініцистом. Отже, зазначимо, ці результати підтверджують можливість включення цифрових технологій охорони здоров'я до протоколів післяопераційної реабілітації плеча, адаптованих до індивідуальних потреб пацієнта.

У 2025 році наведено декілька рандомізованих контрольованих досліджень щодо використання віртуальної реальності в реабілітації осіб із ушкодженнями верхньої кінцівки. С. Prahm і співавт. [15] ознайомили в одноцентровому рандомізованому контрольованому дослідженні зі 150 історіями хвороб стаціонарних пацієнтів, які проходили реабілітацію після травматичних ушкоджень кисті з використанням додатку StableHandVR (n = 75 група втручання, n = 75 контрольна). Під час оцінювання враховувалися активний діапазон рухів кисті (ROM), опозиція великого пальця (Карап'ї), сила згиначів кисті, функція верхньої кінцівки (DASH), біль (NRS), якість життя (SF-36), зручність використання (SUS), внутрішня мотивація (IMI) та дотримання тренувань. У підсумку група втручання досягла значно більшого покращення обертання зап'ястя (+27,8° проти +17,3; p < 0,001) та опозиції великого пальця (p = 0,04). Біль під час руху зменшився в обох групах. Пацієнти, які використовували StableHandVR, добровільно перевищували призначений обсяг тренувань на 63 %, повідомляючи про краще сприйняте зусилля (p < 0,001), корисність (p = 0,018) та відмінну зручність використання (SUS = 85,3). Таким чином застосування VR-втручання StableHandVR дозволило

Таблиця 4

Функціональне оцінювання лівого променево-зап'ясткового суглоба пацієнта Б.

Показник	Початкове значення	Кінцеве значення
Гоніометрія (променево-зап'ястковий суглоб)	тильне/долонне згинання: 71°/0°/60°; ліктьове/променево згинання 29°/0°/43°	тильне/долонне згинання: 70°/0°/68°; ліктьове/променево згинання 32°/0°/44°
Динамометрія, кг (променево-зап'ястковий суглоб)	тильне згинання 6,9; долонне згинання 11,0; ліктьове згинання 8,6; променево згинання 7,2; згиначі кисті 8,0	тильне згинання 11,0; долонне згинання 13,8; ліктьове згинання 12,4; променево згинання 11,2; згиначі кисті 24,0

покращити відновлення рухових функцій, залученість пацієнта до терапії та дотримання режиму тренувань, що доводить можливість його інтеграції в клінічні реабілітаційні шляхи. S. Kablanoglu та співавт. [16] вивчали вплив рухової терапії на основі віртуальної реальності на біль, відчуття, якість життя, участь в активності та функції верхніх кінцівок у хворих з ураженням периферичних нервів кисті. У дослідженні взяли участь 42 особи ($n = 21$ група втручання, $n = 21$ контрольна). Обидві групи пройшли 30 терапевтичних сеансів протягом 6 тижнів, що склалися з 5 процедур на тиждень, кожне тривалістю 60 хвилин. На додаток до своїх звичайних програм реабілітації верхніх кінцівок, учасники досліджуваної групи отримали 30 сеансів рухової терапії на основі віртуальної реальності (6 тижнів, 5 днів на тиждень, по 20 хв). Біль у верхніх кінцівках оцінювали за допомогою візуальної аналогової шкали (ВАШ), сенсорний поріг — за допомогою тесту Semmes Weinstein Monofilament Test у 5-нитковій версії, силу стискання кисті — динамометром Jamar Dynamometer, рівень участі в активності — шкалою Quick Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand та індексу кисті Durooz, функціональність верхніх кінцівок — тестом функції кисті Jebsen Taylor Hand Function Test, а якість життя, пов'язану зі здоров'ям, — 5-вимірною європейською шкалою якості життя (EQ-5D-3L). Виявлено статистично значущі відмінності між показниками ВАШ після тестування груп ($p = 0,001$), Jamar ($p = 0,004$), Quick Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand ($p = 0,015$) та індексу кисті Durooz ($p < 0,001$) балів на користь учасників досліджуваної групи. Використання VR-технологій продемонструвало позитивний вплив щодо зменшення відчуття болю, покращення якості життя, зростання активності та функції верхніх кінцівок у пацієнтів з ураженням периферичних нервів кисті.

Серія випадків, яку ми навели, підкреслює, що застосування VR-технологій як додаткового інструмента до традиційної реабілітації сприяє помітному покращенню показників функціонального відновлення рухів верхньої кінцівки. У пацієнтів спостерігається позитивна динаміка не лише у фізичних показниках, а й у психоемоційному стані: вони виявляють високу зацікавленість у процесі, активно співпрацюють із фахівцями та демонструють стабільну мотивацію до регулярних занять. Особливо важливо, що після кількох сеансів із VR-окулярами хворі відзначали підвищення зацікавленості навіть під час виконання стандартних фізичних вправ,

які раніше сприймалися як одноманітні або виснажливі. Слід зазначити, що пояснення системи VR-реальності пацієнту може покращувати очікування від реабілітації [17]. Елементи ігрової взаємодії та можливість бачити власний прогрес у віртуальному середовищі значно підвищують рівень самооцінки та сприяють збереженню позитивного настрою під час лікування [18].

Висновки

Використання віртуальної реальності в реабілітації пацієнтів із травматичними ушкодженнями верхніх кінцівок після вибухових травм є ефективним допоміжним методом. Результативність зумовлена покращенням активації м'язово-нервових зв'язків, повторюваними руховими стимулами та візуальним зворотним зв'язком, які забезпечує VR-середовище. Технологія підвищує мотивацію, полегшує процес виконання вправ і сприяє швидшому відновленню рухових функцій. Варто зазначити, що дослідження серії випадків є цінним інструментом для генерації знань і формування гіпотез, але не для обґрунтування ефективності лікування в межах доказової медицини. Отже необхідні подальші дослідження для більш детального вивчення ефективності й оптимізації застосування VR-технологій у реабілітаційному процесі. Проте отримані результати свідчать про доцільність подальшого впровадження VR-технологій у клінічну практику реабілітації та розробку спеціалізованих програм із використанням віртуального середовища.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Можна очікувати, що використання VR-окулярів як додаткового методу до стандартних реабілітаційних втручань буде доцільно для підвищення мотивації до виконання вправ, покращення психологічного стану та залученості пацієнтів у процес лікування.

Інформація про фінансування. Жодних вигод у будь-якій формі не було і не буде отримано від виробників медичних пристроїв, які були залучені до нашого дослідження.

Внесок авторів. Притула Н. Ю., Стауде В. А. — обґрунтували доцільність дослідження, розробили його методiku, провели відбір пацієнтів; Субота І. А. — провів біомеханічні дослідження та проаналізував результати; Кузнєцов О. О. — виконував практичні заняття з пацієнтами; Земляна О. В. — аналіз літератури, написання відповідної частини тексту.

Подяка. Обладнання було надано за державної підтримки Технологічного агентства Чеської республіки та Міністерства промисловості і торгівлі в межах програми TREND.

Список літератури

1. Azini, P., Estejab, H., Raisali, F., Jafari, N., & Hedayat, D. (2026). Leveraging extended reality technologies to enhance the architectural design of healthcare environments: A Systematic Review. *Applied ergonomics*, 131, 104656. <https://>

- doi.org/10.1016/j.apergo.2025.104656
2. Yeung, A. W. K., Tosevska, A., Klager, E., Eibensteiner, F., Laxar, D., Stoyanov, J., Glisic, M., Zeiner, S., Kulnik, S. T., Crutzen, R., Kimberger, O., Kletecka-Pulker, M., Atanasov, A. G., & Willschke, H. (2021). Virtual and Augmented Reality Applications in Medicine: Analysis of the Scientific Literature. *Journal of medical Internet research*, 23(2), e25499. <https://doi.org/10.2196/25499>
 3. van Doormaal, J. A. M., & van Doormaal, T. P. C. (2024). Augmented Reality in Neurosurgery. *Advances in experimental medicine and biology*, 1462, 351–374. https://doi.org/10.1007/978-3-031-64892-2_21
 4. Lim, D. Y., Hwang, D. M., Cho, K. H., Moon, C. W., & Ahn, S. Y. (2025). Correction: A Fully Immersive Virtual Reality Method for Upper Limb Rehabilitation in Spinal Cord Injury. *Annals of rehabilitation medicine*, 49(1), 60. <https://doi.org/10.5535/arm.19181.e>
 5. Tao, G., Garrett, B., Taverner, T., Cordingley, E., & Sun, C. (2021). Immersive virtual reality health games: a narrative review of game design. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 18(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00801-3>
 6. Donati, D., Pinotti, E., Mantovani, M., Casarotti, S., Fini, A., Tedeschi, R., & Caselli, S. (2025). The Role of Immersive Virtual Reality in Upper Limb Rehabilitation for Subacute Stroke: A Review. *Journal of clinical medicine*, 14(6), 1903. <https://doi.org/10.3390/jcm14061903>
 7. Harrington, C. J., Dearden, M. E., McGlone, P., Potter, B. K., Tintle, S. M., & Souza, J. M. (2025). The scope and distribution of upper extremity nerve injuries associated with combat-related extremity limb salvage. *The journal of hand surgery*, 50(3), 384.e1–384.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2023.09.008>
 8. Leal, J. A., Hayda, R., Biliavskiy, V., Klapchuk, Y., Gomez, A., & Whiting, P. (2025). 2024 international trauma care forum guest nation symposium: gunshot injuries. *OTA international: the open access journal of orthopaedic trauma*, 8(6 Suppl), e444. <https://doi.org/10.1097/OI9.0000000000000444>
 9. Valmaggia, L. R., Latif, L., Kempton, M. J., & Rus-Calafell, M. (2016). Virtual reality in the psychological treatment for mental health problems: An systematic review of recent evidence. *Psychiatry research*, 236, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.01.015>
 10. Zhang, J., Yang, J., Xu, Q., Xiao, Y., Zuo, L., & Cai, E. (2024). Effectiveness of virtual reality-based rehabilitation on the upper extremity motor function of stroke patients: A protocol for systematic review and meta-analysis. *PLoS one*, 19(11), e0313296. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313296>
 11. Xie, Q., Zhang, Q., Zhang, Y., Sheng, B., Wang, X., Luo, J., & Huang, J. (2025). Research on upper limb motor function evaluation and rehabilitation training system of stroke patients based on artificial intelligence: A usability and feasibility study from therapist and patient perspectives. *Digital health*, 11, 20552076251386665. <https://doi.org/10.1177/20552076251386665>
 12. Lattré, T., Decramer, A., Vanhaecke, J., Van der Linden, D., & Goubau, J. (2024). Immersive virtual reality in orthopedic hand therapy. *Hand surgery & rehabilitation*, 43(4), 101750. <https://doi.org/10.1016/j.hansur.2024.101750>
 13. Jha, C. K., Shukla, Y., Mukherjee, R., Rathva, P., Joshi, M., & Jain, D. (2024). A glove-based virtual hand rehabilitation system for patients with post-traumatic hand injuries. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 71(7), 2033–2041. <https://doi.org/10.1109/TBME.2024.3360888>
 14. AlHossan, A. M., Jahhaf, R. H., Alharbi, A. S., Alqahtani, L. M., Alshahrani, R. M., Alowaidah, L. T., Alshangiti, H. Y., & Degen, R. M. (2025). Digital and virtual reality-based rehabilitation versus conventional therapy for rotator cuff tears and post-repair recovery: a systematic review and meta-analysis. *JSES reviews, reports, and techniques*, 6(1), 100584. <https://doi.org/10.1016/j.xrtr.2025.09.003>
 15. Prahm, C., Bressler, M., Gohlke, T., Hönning, A., Harhaus-Wähner, L., Daigeler, A., & Kolbenschlag, J. (2025). Immersive virtual reality for functional hand and finger rehabilitation: results from a randomized controlled trial in 150 patients after traumatic hand injuries. *NPJ digital medicine*, 8(1), 792. <https://doi.org/10.1038/s41746-025-02206-9>
 16. Kablanoğlu, S., & Sade, S. I. (2025). Effectiveness of virtual reality-based movement therapy in peripheral nerve injuries of the hand. *Journal of hand therapy: official journal of the American Society of Hand Therapists*, 38(2), 370–377. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2025.04.010>
 17. Slatman, S., van Lankveld, W., Staal, J. B., van Goor, H., Ostelo, R., Westendorp, J., & Knoop, J. (2025). The effect of physiotherapists' explanation of therapeutic virtual reality on treatment expectations in healthy people and people with chronic musculoskeletal pain: Two online RCTs. *PEC innovation*, 8, 100443. <https://doi.org/10.1016/j.pecinn.2025.100443>
 18. Tao, G., Garrett, B., Taverner, T., Cordingley, E., & Sun, C. (2021). Immersive virtual reality health games: a narrative review of game design. *Journal of neuroengineering and reha-*

Стаття надійшла до редакції 11.01.2026	Отримано після рецензування 16.02.2026	Прийнято до друку 23.02.2026
---	---	---------------------------------

USE OF VIRTUAL REALITY EYEGLASSES AS AN ADDITIONAL METHOD IN REHABILITATION AFTER UPPER LIMB INJURY

N. Prytula¹, V. Staude^{1,2}, O. Zemlyana³, I. Subbota¹, O. Kuznetsov^{1,2}

¹ Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

² Stepan Gzhytskyi Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies

³ Kharkiv National Medical University, Ukraine

* Nataliia Prytula: natpryt@ukr.net

* Volodymyr Staude, MD, DMSci: staudevl@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2959-9208>

* Olga Zemlyana, MD, PhD: earthhaz2022@gmail.com

* Igor Subbota: igorsublabor@gmail.com

* Oleksandr Kuznetsov: sash.kuznetso@gmail.com