

**СОЛТИК Інна**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-3696-0201>e-mail: [soltyki@khmnu.edu.ua](mailto:soltyki@khmnu.edu.ua)**БАСЕНКО Людмила**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-3892-3797>e-mail: [basenkoliu@khmnu.edu.ua](mailto:basenkoliu@khmnu.edu.ua)**ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ ІЗ НАСЛІДКАМИ БОЙОВИХ ТРАВМ**

У сучасних умовах тривалої російсько-української війни в Україні значно зросла кількість пацієнтів із наслідками бойових травм, що потребують високотехнологічних підходів у реабілітації. Традиційні клінічні методи оцінки рухових і функціональних порушень часто не забезпечують достатньої об'єктивності для планування ефективних терапевтичних програм. У цьому контексті особливе значення набуває інтеграція інструментальних методів функціональної діагностики та інформаційних технологій.

У статті проаналізовано сучасні апаратні методи оцінки функціонального стану пацієнтів із бойовими травмами, зокрема комп'ютеризований аналіз ходи, стабілометрію, поверхневу електроміографію, ізокінетичну динамометрію, інерціальні сенсорні системи та кардіореспіраторний моніторинг. Розглянуто способи інтеграції отриманих даних у цифрові платформи та мобільні застосунки для моніторингу та управління реабілітаційним процесом. Показано, що використання цих технологій дозволяє підвищити точність функціональної оцінки, індивідуалізувати терапевтичні програми, забезпечити дистанційний контроль за виконанням вправ, а також підвищити мотивацію та безпеку пацієнтів.

Крім того, наголошено на важливості формування цифрових компетентностей майбутніх фахівців з реабілітації для ефективного впровадження сучасних методів у клінічну практику. Отримані дані дозволяють окреслити перспективи розвитку стандартизованих протоколів, створення національних цифрових реєстрів результатів реабілітації та масштабування доказових підходів у сфері післявоєнної допомоги. Стаття має як теоретичну, так і практичну цінність, демонструючи ефективність комплексного підходу до реабілітації військовослужбовців із функціональними порушеннями після бойових травм.

Ключові слова: функціональна діагностика, інструментальні методи, інформаційні технології, реабілітація, фізична терапія, ерготерапія, бойові травми.

<https://doi.org/10.31891/pcs.2026.1.16>

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 23.02.2026

Прийнята до друку / Accepted 24.03.2026

Опубліковано / Published 26.03.2026

© СОЛТИК Інна, БАСЕНКО Людмила

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

Сучасні війни зумовлюють різке зростання кількості осіб із комбінованими ушкодженнями опорно-рухового апарату, периферичної та центральної нервової системи, наслідками мінно-вибухових травм, ампутаціями, черепно-мозковими ушкодженнями та хронічними больовими синдромами. Такі пацієнти потребують тривалої, поетапної та міждисциплінарної реабілітації, яка ґрунтується на точному визначенні функціонального стану, динаміки відновлення та ефективності терапевтичних втручань. У

цьому контексті ключового значення набуває застосування інструментальних методів функціональної діагностики, здатних забезпечити об'єктивні клінічні рішення і персоналізацію програм відновлення.

Попри активний розвиток реабілітаційної медицини, у практиці фізичної терапії та ерготерапії все ще переважають клінічні шкали та спостереження, які, хоча й залишаються необхідними, не завжди дають змогу зафіксувати субклінічні зміни, ранні ознаки перевантаження тканин, асиметрію рухів або порушення нейром'язового контролю. В умовах складних поліструктурних ушкоджень, характерних

для бойових травм, така обмеженість інструментарію може призводити до затримки корекції реабілітаційних програм, недостатньої індивідуалізації втручань і, відповідно, зниження функціональних результатів.

Паралельно із цим стрімкий розвиток інформаційних технологій — зокрема wearable-пристроїв (цифрові прилади, які людина носить на тілі), систем комп'ютеризованого аналізу рухів, стабілометричних платформ, поверхневої електроміографії, мобільних застосунків для моніторингу активності та телереабілітаційних платформ — створює принципово нові можливості для збору, оброблення та інтерпретації функціональних даних. Інтеграція таких цифрових рішень у клінічний процес дозволяє здійснювати безперервний моніторинг стану пацієнта, відстежувати динаміку відновлення в реальному часі, прогнозувати ризики ускладнень і формувати доказово обґрунтовані реабілітаційні стратегії.

Водночас у системі післятравматичної допомоги військовослужбовцям і цивільним особам із наслідками бойових ушкоджень залишається низка невирішених питань, пов'язаних із стандартизацією застосування інструментальних методів, інтеграцією цифрових платформ у мультидисциплінарні команди, а також підготовкою фахівців до роботи з великими масивами функціональних даних. Нерідко сучасні апаратні комплекси використовуються фрагментарно, без єдиних протоколів оцінювання та чіткої прив'язки отриманих показників до клінічних цілей фізичної терапії й ерготерапії.

Таким чином, на перетині клінічної реабілітації, функціональної діагностики та інформаційних технологій формується актуальна науково-практична проблема, а саме відсутність системного підходу до використання інструментальних методів та цифрових рішень у реабілітації пацієнтів із наслідками бойових травм, що обмежує можливості персоналізації втручань, оцінювання ефективності лікування та прогнозування функціональних результатів. Її вирішення має принципове значення для підвищення якості реабілітаційної допомоги, оптимізації ресурсів охорони здоров'я, розроблення стандартизованих протоколів

обстеження та формування сучасних освітніх програм підготовки фізичних терапевтів й ерготерапевтів, орієнтованих на цифрову та доказову клінічну практику.

## 2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

У сучасній науковій літературі спостерігається чітка тенденція до інтеграції інструментальних методів функціональної діагностики та інформаційних технологій у процес реабілітації пацієнтів із тяжкими ушкодженнями, включно з наслідками бойових травм. Це пов'язано з необхідністю об'єктивізації оцінювання функціонального стану, підвищення точності моніторингу відновлення та персоналізації реабілітаційних стратегій.

Одним із важливих напрямів є використання комп'ютеризованих технологій у реабілітації рухових функцій, що було окреслено для пацієнтів з наслідками інсульту. Зокрема, у дослідженні [1] відзначено, що роботизовані системи, телереабілітація та застосування відеоігор та VR-середовищ забезпечують точність рухів, регулярність тренувань та підвищення мотивації пацієнтів, сприяючи поліпшенню рухових та когнітивних функцій у порівнянні з традиційними підходами.

Українські публікації [2] також фіксують зростання інтересу до інноваційних технологій у фізичній терапії: так, дослідження застосування роботизованих систем продемонструвало, що автоматизовані тренажери та екзоскелети сприяють більш точному контролю рухових вправ і адаптації терапій під індивідуальні потреби пацієнтів.

Крім того, у фахових виданнях України з'являються роботи [3], які узагальнюють досвід впровадження мобільних застосунків у реабілітаційну практику, акцентуючи увагу на персоналізованому підході до відновлення фізичних функцій та дистанційному моніторингу пацієнтів. Такі розробки включають інструменти для віддаленого відстеження активності та прогресу пацієнтів у позамедичному середовищі.

В академічному просторі також фіксуються проривні дослідження [4] у сфері розробки сенсорних технологій, зокрема гнучких та самоклеючих трибоелектричних сенсорів для реального часу моніторингу

стану опорно-рухового апарату, що дозволяють аналізувати патерни ходи та адаптувати реабілітаційні стратегії на основі об'єктивних даних.

Важливо відзначити і освітній аспект проблеми: у публікації [5] розглядається впровадження методів функціональної діагностики в освітній процес майбутніх терапевтів, що є частиною формування професійних компетентностей і відповідає потребам сучасної медичної реабілітації.

Варто також згадати роботу [6], яка окреслює телемедичні та інформаційно-аналітичні системи, що поєднують теледіагностику, телеметрію та інтерактивні сервіси для підтримки мультидисциплінарної взаємодії між пацієнтом та мультидисциплінарною командою. Це створює основу для побудови комплексних цифрових платформ у сфері реабілітації.

Окремі публікації, присвячені реабілітації військовослужбовців після бойових ушкоджень, зосереджують увагу на фізкультурно-спортивних аспектах відновлення функціональних можливостей, демонструючи практичну значимість формування програм адаптивної фізичної активності [7].

Таким чином, аналіз останніх досліджень показує, що вже існують численні напрацювання у сфері інтеграції інструментальних і цифрових технологій у реабілітаційну практику. Проте більшість із них орієнтовані на загальні групи пацієнтів (наприклад, після інсульту), а не спеціально на наслідки бойових травм; фрагментарно поєднують технології, що потребує систематизації та стандартизації підходів саме для цієї групи пацієнтів. Тому наукові й практичні завдання полягають у створенні уніфікованих протоколів застосування інструментальних методів у поєднанні з інформаційними технологіями, які були б адекватні функціональним дефіцитам, характерним для осіб з бойовими травмами, та інтегровані в систему доказової реабілітаційної практики.

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

Незважаючи на зростання кількості наукових публікацій, присвячених застосуванню інструментальних методів функціональної діагностики та цифрових технологій у реабілітації, аналіз літератури свідчить про наявність низки прогалин, що стримують системне впровадження цих підходів у роботі з пацієнтами, які мають наслідки бойових травм.

Більшість наявних досліджень зосереджуються на окремих категоріях пацієнтів (особах після інсульту, ортопедичних операцій або з нейродегенеративними захворюваннями), тоді як специфічні функціональні порушення, характерні для мінно-вибухових ушкоджень, політравм, ампутацій, поєднаних нейроім'язових уражень та хронічного больового синдрому, залишаються недостатньо систематизованими у контексті інструментальної діагностики. Відсутні узагальнені алгоритми вибору апаратних методів залежно від типу ушкодження, етапу реабілітації та клінічних цілей фізичної терапії й ерготерапії.

Також у наукових роботах часто розглядаються окремі технологічні рішення — поверхнева електроміографія, стабілометрия, комп'ютеризований аналіз ходи, wearable-сенсори або телереабілітаційні платформи — без достатнього обґрунтування їх комплексного використання в межах єдиної клінічної моделі. Недостатньо дослідженим залишається питання інтеграції різних джерел функціональних даних у спільні цифрові середовища та використання таких даних для міждисциплінарного планування реабілітаційних втручань.

Обмежено висвітлено проблему стандартизації протоколів інструментального обстеження саме для військових пацієнтів. У наявних публікаціях бракує чітко визначених наборів показників, частоти вимірювань, критеріїв клінічно значущих змін і порогових значень, які могли б бути безпосередньо використані в практиці реабілітаційних відділень. Це ускладнює порівняння результатів між різними центрами та знижує можливість накопичення доказової бази.

Недостатньо дослідженим залишається освітній компонент проблеми — підготовка майбутніх фізичних терапевтів та ерготерапевтів до роботи з інструментальними методами

функціональної діагностики та цифровими платформами у контексті бойових травм. У більшості робіт ці технології розглядаються з позицій клінічного застосування, тоді як питання формування цифрової компетентності, аналітичного мислення щодо інтерпретації даних, етичних і правових аспектів використання телемедицини рішень у післявоєнній реабілітації залишаються фрагментарно представленими.

Малодослідженим залишається питання клінічної валідності та практичної доцільності застосування високотехнологічних систем в умовах реабілітаційних закладів із різним рівнем ресурсного забезпечення. Не повністю з'ясовано, які саме інструментальні та цифрові рішення є найбільш ефективними з точки зору співвідношення «вартість–результат», доступності для регіональних центрів та можливості масштабування в національній системі реабілітації.

У зв'язку з цим дана стаття спрямована на заповнення окреслених науково-практичних прогалів шляхом узагальнення сучасних підходів до використання інструментальних методів функціональної діагностики у поєднанні з інформаційними технологіями в реабілітації пацієнтів із наслідками бойових травм, а також формування концептуальної моделі їх інтеграції у клінічний та освітній процес підготовки фахівців з фізичної терапії та ерготерапії.

#### 4. ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

У сучасних умовах російсько-української війни в Україні суттєво зростає кількість пацієнтів із наслідками бойових травм, зокрема мінно-вибухових ушкоджень, поєднаних уражень опорно-рухового апарату та нервової системи, ампутацій, черепно-мозкових травм і хронічних больових синдромів. Такі складні клінічні випадки потребують високого рівня об'єктивної оцінки функціонального стану, точного моніторингу динаміки відновлення та персоналізації реабілітаційних програм. У цьому контексті інструментальні методи функціональної діагностики у поєднанні з сучасними інформаційними технологіями — цифровими сенсорними системами, комп'ютеризованим аналізом рухів, телереабілітаційними платформами та аналітичними програмними комплексами —

відкривають нові можливості для підвищення ефективності фізичної терапії й ерготерапії. Саме тому визначення цілей даної статті ґрунтується на необхідності інтеграції теоретичних засад функціональної оцінки з практичними моделями використання цифрових рішень у процесі реабілітації осіб із бойовими травмами.

Метою статті є теоретичне обґрунтування та аналітичне узагальнення можливостей застосування інструментальних методів функціональної діагностики та інформаційних технологій у реабілітації пацієнтів із наслідками бойових травм, а також визначення їх ролі у підвищенні точності клінічних рішень, індивідуалізації реабілітаційних програм і оцінюванні функціональних результатів.

Для досягнення цієї мети передбачається не лише систематизація сучасних апаратних і цифрових рішень, але й аналіз шляхів їх інтеграції у міждисциплінарну клінічну практику фізичної терапії та ерготерапії, визначення потенційних переваг і обмежень їх застосування в умовах реабілітаційних закладів різного рівня, а також окреслення перспектив використання таких технологій у підготовці майбутніх фахівців галузі та розвитку доказової реабілітаційної допомоги.

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

Реабілітація пацієнтів із наслідками бойових травм характеризується клінічною складністю, зумовленою поєднанням структурних ушкоджень, неврологічних дефіцитів, больових синдромів, порушень координації, витривалості та психоемоційного стану. У таких умовах традиційні клінічні методи оцінювання, засновані виключно на спостереженні, мануальному тестуванні чи суб'єктивних шкалах, не завжди забезпечують достатній рівень точності для прийняття рішень щодо вибору інтенсивності навантаження, корекції програм фізичної терапії та ерготерапії або прогнозування функціонального відновлення. Саме тому у сучасній реабілітаційній практиці дедалі більшого значення набуває системне використання інструментальних методів функціональної діагностики у поєднанні з інформаційними

технологіями, які дозволяють отримувати кількісні, відтворювані та клінічно значущі показники.

До ключових апаратних інструментальних методів оцінювання функціонального стану, що застосовуються у реабілітації після бойових ушкоджень, належать комп'ютеризований аналіз ходи, стабілометрія, поверхнева електроміографія, ізокінетична динамометрія, інерціальні сенсорні системи, а також кардіореспіраторний моніторинг навантаження. Кожен із цих підходів забезпечує специфічну інформацію щодо функціонального стану пацієнта та може бути інтегрований у різні етапи реабілітаційного процесу.

Комп'ютеризований аналіз ходи дозволяє детально оцінити просторово-часові параметри руху, симетрію кроку, фазову структуру циклу ходьби та кінематичні характеристики сегментів нижніх кінцівок. Для осіб після мінно-вибухових травм або ампутацій такі показники є критично важливими при підборі протезів, ортезів, тренуванні переносу ваги та корекції компенсаторних стратегій руху. Отримані цифрові дані створюють основу для обґрунтованого вибору терапевтичних вправ і дозволяють відстежувати навіть незначні позитивні зрушення, які можуть залишатися непомітними під час візуального спостереження.

Стабілометричні платформи застосовуються для аналізу постурального контролю та здатності підтримувати рівновагу у статичних і динамічних умовах. Для пацієнтів із вестибулярними порушеннями, ушкодженнями периферичних нервів або черепно-мозковими травмами такі дані є особливо інформативними, оскільки дозволяють кількісно оцінити коливання центру тиску, швидкість корекційних реакцій і залежність від зорового контролю. Це створює можливість індивідуалізувати баланс-тренінг та поступово ускладнювати вправи на основі об'єктивних критеріїв.

Поверхнева електроміографія використовується для аналізу патернів активації м'язів, виявлення ко-контракцій (процес клінічного або інструментального визначення одночасної активації м'язів-антагоністів, тобто м'язів, що виконують протилежні рухи в одному суглобі), затримок

у включенні м'язових груп та асиметрій між ураженою й інтактною сторонами. Виявлення ко-контракції означає, що обидві групи м'язів скорочуються паралельно, що призводить до зменшення амплітуди руху, підвищення ригідності, неекономного використання енергії, болю або швидкої втомлюваності, порушення координації та формування патологічних рухових патернів. У пацієнтів після бойових травм (черепно-мозкові ушкодження, ураження периферичних нервів, інсультподібні стани, ампутації, ортопедичні ушкодження) ко-контракція часто є ознакою порушеного центрального моторного контролю, спастичності, больового захисного патерну, нестабільності суглоба, порушення пропріоцепції, неадекватних компенсацій. Для фізичного терапевта та ерготерапевта її ідентифікація важлива для диференціації спастичності чи захисного напруження; корекції програм вправ; вибору нейром'язових технік; оцінки ефективності втручання; підбору ортезів або біофідбек-тренінгу. У пацієнтів після нейротравм або складних ортопедичних ушкоджень ці дані дозволяють точніше спрямовувати тренування на відновлення моторного контролю, оптимізувати дозування навантаження та запобігати формуванню неефективних рухових стратегій.

Ізокінетична динамометрія, у свою чергу, забезпечує кількісну оцінку сили та витривалості м'язів у контрольованих умовах, що має значення для безпечного переходу від ранніх етапів реабілітації до функціонального тренування та повернення до професійної чи спортивної активності. Поєднання цього методу з кардіореспіраторним моніторингом дозволяє враховувати загальну фізичну працездатність та ризики перевантаження серцево-судинної системи.

Ключовим аспектом сучасного підходу є не лише використання окремих апаратних систем, але й інтеграція отриманих показників у єдине цифрове середовище. Спеціалізовані програмні платформи дозволяють накопичувати результати обстежень, візуалізувати динаміку показників у часі, формувати звіти для мультидисциплінарної команди та забезпечувати комунікацію між фізичним терапевтом, ерготерапевтом, лікарем ФРМ і психологом.

Wearable-сенсори (електронні цифрові прилади, які людина носить на тілі або в одязі та які призначені для безперервного або періодичного вимірювання фізіологічних, біомеханічних і поведінкових показників у реальних умовах життя або під час реабілітації) та мобільні застосунки розширюють можливості моніторингу за межами реабілітаційного відділення, дозволяючи відстежувати рівень фізичної активності, якість сну, частоту серцевих скорочень та дотримання домашніх програм вправ. Для пацієнтів із бойовими травмами, які проходять тривалу амбулаторну або домашню реабілітацію, це створює умови для безперервного контролю та своєчасної корекції втручань. У контексті реабілітації після бойових травм wearable-технології використовують як інструмент функціональної діагностики та моніторингу відновлення. Wearable-сенсори компактні та портативні, працюють у режимі реального часу, фіксують дані протягом доби або під час виконання вправ; передають інформацію на смартфон, планшет чи сервер; дозволяють віддалений клінічний контроль, формують цифрові профілі відновлення пацієнта. Для військової реабілітації wearable-системи дають змогу об'єктивно оцінювати функціональний статус, контролювати виконання домашніх програм, виявляти перевантаження або асиметрію, прогнозувати ризик повторних травм, персоналізувати реабілітаційні втручання, підтримувати телереабілітацію.

Телереабілітаційні платформи відіграють особливу роль у забезпеченні доступності допомоги для осіб, які проживають у віддалених регіонах або мають обмежену мобільність. Вони дозволяють проводити дистанційні консультації, контролювати виконання вправ за допомогою відеозв'язку, а також аналізувати дані, отримані від сенсорних систем, у режимі реального часу. Таким чином, інформаційні технології стають не лише інструментом збору даних, а й засобом організації безперервного реабілітаційного процесу.

Результати узагальнення сучасних наукових публікацій та клінічного досвіду свідчать, що комбіноване застосування інструментальних методів і цифрових технологій дозволяє підвищити точність

функціональної діагностики, своєчасно виявляти негативні тенденції у відновленні та адаптувати реабілітаційні програми відповідно до індивідуальних потреб пацієнта. Такий підхід сприяє переходу від реактивної моделі терапії до проактивної, орієнтованої на прогнозування ризиків та запобігання ускладненням.

З позицій доказової медицини особливого значення набуває можливість кількісної оцінки ефективності втручань. Цифрові показники сили, стабільності, симетрії рухів або рівня фізичної активності дозволяють обґрунтовувати клінічні рішення, порівнювати результати між різними етапами реабілітації та формувати стандартизовані протоколи допомоги для пацієнтів із наслідками бойових травм.

Водночас аналіз наявних даних вказує на необхідність адаптації технологічних рішень до реальних умов функціонування реабілітаційних закладів. Не всі високотехнологічні системи є доступними для регіональних центрів, що актуалізує потребу у виборі оптимальних за співвідношенням «ресурси–результат» інструментів, зокрема портативних сенсорних пристроїв та програмних платформ із відкритою архітектурою.

Окремого значення набуває підготовка фахівців до роботи з інструментальними та цифровими системами. Формування у студентів-бакалаврів за спеціальністю І7 «Терапія та реабілітація» за освітньо-професійними програмами з фізичної терапії та ерготерапії компетентностей у сфері аналізу даних, інтерпретації результатів функціональних тестів і використання телереабілітаційних сервісів є передумовою сталого впровадження інновацій у клінічну практику. Інтеграція таких технологій у навчальні програми сприяє розвитку критичного мислення, міждисциплінарної взаємодії та орієнтації на доказову реабілітацію.

На основі проведеного аналізу складено узагальнювальну таблицю результатів дослідження (таблиця 1), як аналітичний підсумок дослідження інтеграції інструментальних методів функціональної діагностики та інформаційних технологій у реабілітації військовослужбовців із наслідками бойових травм.

Таблиця 1.

**Інтеграція інструментальних методів функціональної діагностики та інформаційних технологій у реабілітації пацієнтів із наслідками бойових травм**

Інструментальний метод	Тип функціональних порушень при бойових травмах	Інформаційні технології для обробки даних	Клінічні та реабілітаційні можливості	Практичний ефект для пацієнта
Комп'ютеризований аналіз ходи	Ампутації, мінно-вибухові ушкодження, порушення симетрії, патологічні патерни ходьби	3D-моделювання рухів, аналітичні платформи, AI-алгоритми	Оптимізація протезування, корекція кінематики, контроль прогресу	Покращення стабільності, швидкості ходьби, зниження ризику падіння
Стабілометрія	Порушення рівноваги, вестибулярні розлади, ЧМТ	Біомеханічні програми аналізу, VR-тренінги	Індивідуалізація баланс-терапії, контроль постуральних реакцій	Зростання впевненості у русі, зменшення нестійкості
Поверхнева електроміографія (sEMG)	Нейром'язові дисфункції, ко-контракції, слабкість	Цифрова фільтрація сигналів, біофідбек-системи	Корекція моторного контролю, навчання правильній активації м'язів	Покращення координації, зменшення патологічних рухових стратегій
Ізокінетична динамометрія	Зниження сили, асиметрія, м'язова атрофія	Програмне профілювання сили, бази даних	Планування навантаження, контроль безпеки	Підвищення сили та витривалості
Wearable-сенсори (ЧСС, акселерометри)	Знижена активність, порушення витривалості	Мобільні застосунки, хмарні сервіси	Дистанційний моніторинг, контроль домашніх програм	Підвищення залученості, самоконтроль
Кардіореспіраторний моніторинг	Обмеження толерантності до навантаження	Телеметрія, цифрові реєстри	Безпечне дозування вправ	Зменшення ризику перевантаження
VR/AR-системи	Порушення рухового планування, страх падіння	Віртуальні середовища, сенсорний зворотний зв'язок	Мотиваційні тренування, симуляція побутових завдань	Покращення участі в діяльності
Телереабілітаційні платформи	Обмежений доступ до центрів реабілітації	Відеозв'язок, цифрові дашборди	Безперервність терапії	Стабільність результатів

Отже, викладений матеріал дозволяє обґрунтувати доцільність системного використання інструментальних методів функціональної діагностики у поєднанні з інформаційними технологіями як одного з ключових напрямів підвищення якості реабілітації пацієнтів із наслідками бойових травм. Запропонований інтегрований підхід створює підґрунтя для розроблення стандартизованих клінічних протоколів, удосконалення освітніх програм і розвитку національної системи реабілітаційної допомоги в умовах післявоєнного відновлення.

Використання інструментальних методів функціональної діагностики та цифрових технологій у реабілітації пацієнтів із наслідками бойових травм має безперечну

клінічну та організаційну цінність. Водночас їх практична ефективність у реальних умовах функціонування реабілітаційних закладів суттєво залежить від рівня ресурсного забезпечення, кадрового потенціалу та інтеграції технологій у клінічні протоколи. Високочартісні роботизовані комплекси, системи тривимірного аналізу рухів, нейрофізіологічні лабораторії та платформи доповненої реальності можуть демонструвати високі показники точності вимірювань і терапевтичної дії, однак без належної підготовки фахівців їхній потенціал часто залишається нереалізованим.

З позиції співвідношення «вартість–результат» найбільш доцільними для широкого впровадження в регіональних

центрах реабілітації є модульні, масштабовані та відносно недорогі цифрові рішення, які забезпечують достатню інформативність для клінічного прийняття рішень. До таких рішень належать портативні електроміографічні системи, інерційні датчики руху, «розумні» устілки для аналізу ходи, стабілоплатформи з базовим програмним забезпеченням, wearable-пристрої для моніторингу фізичної активності й сну, а також хмарні платформи для збереження та аналізу клінічних даних. Вони дають змогу об'єктивізувати функціональний статус пацієнта, відстежувати динаміку відновлення, контролювати дотримання домашніх програм та своєчасно коригувати реабілітаційні втручання без значних капіталовкладень.

Особливої уваги заслуговують телереабілітаційні платформи, мобільні додатки з біологічним зворотним зв'язком і системи дистанційного збору даних, які можуть істотно підвищити доступність спеціалізованої допомоги для пацієнтів із віддалених регіонів. Їх масштабування в межах національної системи реабілітації є економічно доцільним, оскільки вони зменшують потребу в частих стаціонарних візитах, оптимізують навантаження на персонал та сприяють безперервності терапевтичного процесу.

Разом із тим упровадження дорогого високотехнологічного обладнання — таких як роботизовані екзоскелети, системи віртуальної реальності з біомеханічним аналізом, комплексні лабораторії руху або нейромодуляційні платформи — має здійснюватися вибірково, з урахуванням профілю закладу, обсягу пацієнтів і наявності підготовлених кадрів. У спеціалізованих національних або міжрегіональних центрах такі технології можуть відігравати роль референтних інструментів для поглибленої діагностики, складних клінічних випадків та наукових досліджень, однак їх повсюдне встановлення без створення відповідної освітньої інфраструктури є економічно та організаційно необґрунтованим.

Принципово важливо наголосити, що жодна технологія не може замінити клінічну експертизу лікаря фізичної та реабілітаційної медицини, фізичного терапевта та ерготерапевта. Навіть найсучасніше

обладнання залишається лише інструментом у руках фахівця, і за відсутності достатнього рівня підготовки персоналу воно не забезпечує очікуваного клінічного ефекту. Недостатнє розуміння принципів роботи приладів, обмежена інтерпретація цифрових показників, відсутність навичок інтеграції результатів інструментальних вимірювань у реабілітаційний план можуть призводити до формального використання технологій або помилкових клінічних рішень.

У цьому контексті стратегічним пріоритетом розвитку національної системи реабілітації має стати паралельне інвестування у технічне оснащення та безперервну освіту фахівців. Йдеться про створення програм підвищення кваліфікації з біомеханічного аналізу рухів, цифрової обробки сигналів, інтерпретації електроміографічних та стабілометричних даних, використання телемедицини платформ, а також міждисциплінарної командної роботи в умовах високотехнологічного середовища. Доцільним є формування регіональних навчально-методичних центрів, які поєднували б клінічну практику з підготовкою кадрів і апробацією нових технологічних рішень.

Таким чином, оптимальною моделлю впровадження інструментальних і цифрових технологій у реабілітації пацієнтів із бойовими травмами є поетапний і диференційований підхід: широке застосування доступних, портативних і масштабованих рішень у регіональних закладах у поєднанні з функціонуванням високоспеціалізованих центрів, оснащених складним обладнанням та інтегрованих у систему підготовки кадрів і наукових досліджень. Саме така модель дозволить досягти оптимального балансу між економічною ефективністю, клінічною результативністю та довгостроковим розвитком національної реабілітаційної інфраструктури.

## **6. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

Проведений теоретико-аналітичний огляд сучасних підходів до використання інструментальних методів функціональної діагностики у поєднанні з інформаційними

технологіями в реабілітації пацієнтів із наслідками бойових травм дозволяє зробити низку узагальнених висновків, що мають як наукове, так і прикладне значення для розвитку фізичної терапії та ерготерапії в умовах післявоєнного відновлення системи охорони здоров'я.

Встановлено, що інтеграція комп'ютеризованого аналізу рухів, стабілометрії, поверхневої електроміографії, ізокінетичної динамометрії, інерціальних сенсорних систем і кардіореспіраторного моніторингу суттєво підвищує об'єктивність функціональної оцінки, дозволяє своєчасно виявляти приховані порушення моторного контролю та формувати персоналізовані програми реабілітації для пацієнтів із поліструктурними ушкодженнями, характерними для бойових травм. Також показано, що використання інформаційних технологій — телереабілітаційних платформ, мобільних застосунків, wearable-сенсорів і цифрових аналітичних систем — забезпечує безперервність реабілітаційного процесу, покращує контроль за дотриманням програм домашніх занять, сприяє міждисциплінарній взаємодії фахівців та створює умови для накопичення стандартизованих клінічних даних. Це, у свою чергу, формує підґрунтя для розвитку доказової практики та порівняльного аналізу ефективності різних реабілітаційних підходів.

Обґрунтовано, що системне впровадження інструментальних і цифрових рішень має супроводжуватися розробленням уніфікованих протоколів обстеження для військових пацієнтів із різними типами ушкоджень, визначенням клінічно значущих показників та порогових значень, а також адаптацією технологій до ресурсних можливостей реабілітаційних закладів різного рівня. Акцентовано на важливості освітнього компоненту: формування у студентів спеціальності «Терапія та

реабілітація» компетентностей у сфері цифрової діагностики, аналізу функціональних даних та телереабілітації є необхідною умовою сталого розвитку галузі та підготовки фахівців, здатних працювати в умовах високотехнологічної клінічної практики.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку пов'язані з проведенням клінічних досліджень ефективності інтегрованих моделей реабілітації із застосуванням інструментальних методів і цифрових платформ у різних групах пацієнтів із наслідками бойових травм, зокрема після ампутацій, черепно-мозкових ушкоджень, уражень периферичної нервової системи та комбінованих ортопедичних травм. Окремого наукового інтересу потребує розроблення та валідація національних клінічних протоколів функціональної оцінки, а також створення цифрових реєстрів реабілітаційних результатів для формування масштабної доказової бази. Подальші розвідки доцільно спрямувати й на оцінювання економічної ефективності впровадження технологічних рішень у реабілітаційних закладах, визначення оптимальних за співвідношенням «вартість–результат» інструментальних систем, а також на дослідження педагогічних моделей інтеграції цифрових технологій у підготовку бакалаврів з фізичної терапії та ерготерапії.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що поєднання інструментальних методів функціональної діагностики та інформаційних технологій є одним із ключових напрямів модернізації реабілітаційної допомоги пацієнтам із наслідками бойових травм і становить перспективну основу для розвитку клінічної практики, наукових досліджень та освітніх програм у галузі фізичної терапії й ерготерапії.

### Література

1. Довніч Є.А., Нестерчук Н.Є., Михайлова І.О.. Застосування комп'ютеризованих технологій у реабілітації пацієнтів з наслідками інсульту. *Art of Medicine*. 2024. 31(3). С. 219-225. <https://doi.org/10.21802/artm.2024.3.31.219>
2. Дуб М.М., Гнатюк В.В., Расторгуєва І.С. Використання інноваційних технологій у фізичній терапії: вплив роботизованих систем на реабілітацію після травм опорно-рухового апарату. *Health & Education*. 2025. № 1. С. 134-139. <https://journals.medacad.rivne.ua/index.php/health-education/article/view/250>
3. Горошко В.І., Горошко А.І. Інноваційні технології мобільних застосунків у реабілітаційній практиці: персоналізований підхід до відновлення функцій організму. *Україна. Здоров'я нації*. 2025. № 3 (81). С. 174-184. [https://journals.uzhnu.uz.ua/index.php/health/article/download/1434/1513/2892?utm\\_source](https://journals.uzhnu.uz.ua/index.php/health/article/download/1434/1513/2892?utm_source)

4. Cai Lin, Yunyi Ding, Kai Lin, Ru Wang, Yichen Luo, Xiaofen Wu. Stretchable and self-adhesive triboelectric sensor for real-time musculoskeletal monitoring and personalized recovery. *arXiv*. 5 Aug 2025. Medical Physics. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.11655>
5. Bashkirova N., Dudina K., Akhe Ye. The first experience of teaching the elective course "Instrumental methods of functional diagnostics". *Перспективи та інновації науки*. 2024. № 6(40), С. 18-24. [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-6\(40\)-18-24](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-6(40)-18-24)
6. Digital health systems: SMART-system for remote support of hybrid E-rehabilitation services and activities. Palagin O.V., Malakhov K.S., Velychko V.Yu., Semykopna T.V., Shchurov O.S. *Проблеми програмування*. 2022. № 3-4. Спеціальний випуск. С. 311-326. <https://pp.isofts.kiev.ua/index.php/ojs1/article/view/532/584>
7. Ковальчук Р., Шинкарук В., Гриців М. Роль фізкультурно-спортивної реабілітації у відновленні функціональних можливостей військовослужбовців після бойових поранень. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2025. 13(2). С. 53–59. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i2-007>

### References

1. Dovnich, Ye.A., Nesterchuk, N.Ie., Mykhailova, I.O. (2024). Zastosuvannya kompiuteryzovanykh tekhnolohii u rehabilitatsii patsientiv z naslidkamy insultu. *Art of Medicine*. 31(3), 219-225. <https://doi.org/10.21802/artm.2024.3.31.219> [In Ukrainian].
2. Dub, M.M., Hnatiuk, V.V., Rastorhuieva, I.S. (2025). Vykorystannya innovatsiinykh tekhnolohii u fizychnii terapii: vplyv robotyzovanykh system na rehabilitatsiiu pislia travm oporno-rukhovoho aparatu. *Health & Education*. № 1, 134-139. <https://journals.medacad.rivne.ua/index.php/health-education/article/view/250> [In Ukrainian].
3. Horoshko, V.I., Horoshko, A.I. (2025). Innovatsiini tekhnolohii mobilnykh zastosunkiv u rehabilitatsiini praktytsi: personalizovanyi pidkhid do vidnovlennia funktsii orhanizmu. *Ukraina. Zdorovia natsii*. № 3 (81), 174-184. [https://journals.uzhnu.uz.ua/index.php/health/article/download/1434/1513/2892?utm\\_source](https://journals.uzhnu.uz.ua/index.php/health/article/download/1434/1513/2892?utm_source) [In Ukrainian].
4. Cai Lin, Yunyi Ding, Kai Lin, Ru Wang, Yichen Luo, Xiaofen Wu. (2025). Stretchable and self-adhesive triboelectric sensor for real-time musculoskeletal monitoring and personalized recovery. *arXiv*, Medical Physics. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.11655>
5. Bashkirova, N., Dudina, K., Akhe, Ye. (2024). The first experience of teaching the elective course "Instrumental methods of functional diagnostics". *Perspektyvy ta innovatsii nauky*. № 6(40), 18-24. [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-6\(40\)-18-24](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-6(40)-18-24)
6. Palagin, O.V., Malakhov, K.S., Velychko, V.Yu., Semykopna, T.V., Shchurov, O.S. (2022). Digital health systems: SMART-system for remote support of hybrid E-rehabilitation services and activities. *Problemy prohramuvannia*. № 3-4. Spetsialnyi vypusk, 311-326. <https://pp.isofts.kiev.ua/index.php/ojs1/article/view/532/584>
7. Kovalchuk, R., Shynkaruk, V., Hrytsiv, M. (2025). Rol fizkulturno-sportyvnoi rehabilitatsii u vidnovlenni funktsionalnykh mozhlyvostei viiskovoslužbovtiv pislia boiovykh poranen. *Osvita. Innovatyka. Praktyka*. 13(2), 53–59. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i2-007> [In Ukrainian].

### Abstract

SOLTYK Inna, BASENKO Liudmyla  
Khmelnitskyi National University

### INSTRUMENTAL METHODS OF FUNCTIONAL DIAGNOSTICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH CONSEQUENCES OF COMBAT INJURIES

*The protracted russian-ukrainian war has led to a steady increase in the number of patients with complex combat injuries, including combined musculoskeletal, neurological, and psycho-emotional disorders that significantly limit functional independence and social activity. Under these conditions, modern rehabilitation increasingly relies on the integration of instrumental methods of functional diagnostics and information technologies to ensure objective assessment, individual goal setting, and continuous monitoring of recovery processes. This article substantiates the role of instrumental diagnostic tools, such as surface electromyography, gait analysis systems, stabilometry, dynamometry, wearable motion sensors, cardiopulmonary tests, and digital monitoring of pain or fatigue, in the comprehensive assessment of the functional status of military personnel with combat injuries.*

*Particular attention is paid to information technologies that support clinical decision-making, including electronic rehabilitation records, telerehabilitation platforms, mobile health applications, virtual and augmented reality environments, artificial intelligence-based analytics, and remote biosignal monitoring systems. The article analyzes how the integration of these technologies improves interdisciplinary collaboration, increases patient engagement, allows for adaptive modification of therapeutic programs, and increases the transparency and reproducibility of clinical outcomes.*

*Based on a synthesis of current scientific literature and generalized results of clinical implementation in rehabilitation facilities for wounded military personnel, the article demonstrates that technology-supported functional diagnostics contributes to earlier detection of motor disorders, more accurate assessment of progress, and optimization of therapy intensity. The results of the study show that digital solutions contribute to the continuity of medical care at the inpatient and outpatient stages, reduce barriers to access to specialized services, and support long-term follow-up after discharge. The*

*study concludes that the combined use of instrumental assessment methods and information technology is a promising direction for the development of military medical rehabilitation, creating a basis for evidence-based practice and personalized rehabilitation strategies for patients with combat injuries.*

*Keywords: functional diagnostics, instrumental methods, information technologies, rehabilitation, physical therapy, occupational therapy, combat injuries.*

---