

## ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В НЕЙРОРЕАБІЛІТАЦІЇ: СВІТОВИЙ ДОСВІД

Державний заклад «Луганський державний медичний університет»  
(м. Рівне, Україна)

**Анотація.** У статті розглянуто сучасні інноваційні підходи у нейрореабілітації пацієнтів із наслідками уражень нервової системи. На прикладі передового світового досвіду (програма NSW BIRP) досліджено ефективність переходу до біопсихосоціальної моделі та впровадження клінічного кейс-менеджменту для забезпечення соціальної реінтеграції. Проаналізовано роль нейропластичності та терапевтичний потенціал високотехнологічних рішень (роботизована терапія, VR/AR, NIBS) у поєднанні з класичними мануальними методиками. Визначено, що симбіоз організаційних та технологічних інновацій є оптимальною стратегією для максимального відновлення якості життя пацієнтів.

**Ключові слова:** нейрореабілітація, нейропластичність, NSW BIRP, роботизована терапія, біопсихосоціальна модель, неінвазивна стимуляція мозку (NIBS), міждисциплінарний симбіоз.

**Abstract.** The article discusses modern innovative approaches in neurorehabilitation of patients with consequences of nervous system damage. Using the example of advanced global experience (NSW BIRP program), the effectiveness of transitioning to a biopsychosocial model and implementing clinical case management to ensure social reintegration is substantiated. The role of neuroplasticity and the therapeutic potential of high-tech solutions (robotic therapy, VR/AR, NIBS) in combination with classical manual techniques are analyzed. The symbiosis of organizational and technological innovations is the optimal strategy for maximizing the restoration of patients' quality of life.

**Key words:** neurorehabilitation, neuroplasticity, NSW BIRP, robotic therapy, biopsychosocial model, non-invasive brain stimulation (NIBS), interdisciplinary symbiosis.

### Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Пропонована розвідка є частиною міжкафедральної НДР «Особливості міждисциплінарної інтеграції в процесі викладання теоретичних дисциплін у закладах вищої медичної освіти». Державний реєстраційний номер 0123U103792.

### Вступ.

Різноманітні ураження центральної нервової системи, у тому числі і травматичні, залишаються однією з провідних причин довготривалої інвалідизації пацієнтів, особливо серед осіб працездатного віку. Значних успіхів досягла сучасна медицина в порятунку життя пацієнтів у гострий період травми, але доволі часто подальший шлях відновлення, який проходить пацієнт від виписки зі стаціонару до повноцінної реінтеграції в суспільство, залишається нібито «поза кадром», маючи нерідко характер фрагментарний та недостатньо ефективний.

Традиційні реабілітаційні моделі будуються переважно довкола головної мети – відновлення фізичних функцій в умовах лікарні. Вони переважно недотичні складних когнітивних, поведінкових та соціальних викликів, з якими стикаються пацієнти в повсякденному житті. Це зумовлює необхідність пошуку інноваційних підходів, які б забезпечували безперервність надання допомоги та орієнтувалися на довгострокову якість життя.

Актуальність дослідження інноваційних стратегій у нейрореабілітації також зумовлена нагальною потребою модернізації реабілітаційних послуг та впровадження методів, здатних забезпечити високу інтенсивність та специфічність тренувань, що часто перевищує фізичні можливості мануальної терапії. Інтеграція роботизованих комплексів, нейроінтерфейсів та імерсивних технологій стає необхідною

умовою для відновлення функцій у пацієнтів з тяжким неврологічним дефіцитом. Відтак, наукове обґрунтування поєднання інноваційних організаційних підходів із новітніми технологічними рішеннями є ключовим завданням для побудови ефективної, інклюзивної та пацієнтоорієнтованої системи реабілітації.

### Мета дослідження.

Дослідження інноваційних підходів до нейрореабілітації та ефективності моделі клінічного кейс-менеджменту для забезпечення якості життя та соціальної реінтеграції нейропацієнтів.

### Об'єкт і методи дослідження.

Об'єктом дослідження є дані про сучасні підходи до нейрореабілітації та особливості реабілітаційних програм нейропацієнтів. Методологія пропонованої розвідки передбачає проведення аналізу даних, оприлюднених у наукових джерелах.

### Основна частина.

Нейрореабілітація інтерпретується як окремий, але системно інтегрований напрям клінічної медицини, що поєднує в собі методи неврології, фізичної терапії, ерготерапії та нейропсихології, застосовувані для системного відновлення пацієнтів із ураженнями нервової системи. Основним завданням цього процесу є мінімізація функціонального дефіциту та інвалідизації, що виникли внаслідок патологічних станів головного або спинного мозку. На відміну від загальної реабілітації, яка часто фокусується на опорно-руховому апараті, нейрореабілітація спрямована на відновлення регуляторних механізмів центральної нервової системи, когнітивних функцій та рухових патернів, необхідних для повноцінного життя.

Фундаментальною біологічною основою всіх відновлювальних заходів у цьому напрямі виступає нейропластичність – здатність нервової тканини до

структурної та функціональної реорганізації у відповідь на пошкодження або новий досвід. Відновлення втрачених функцій стає можливим завдяки формуванню нових нейронних зв'язків (синаптогенезу), ремодельованню кортикальних карт та активації «сплячих» синапсів. Ключовим тригером для запуску цих адаптаційних процесів є інтенсивне, цілеспрямоване та багаторазове повторення специфічних завдань у збагаченому реабілітаційному середовищі [1].

Дія відновлювальних процесів у центральній нервовій системі відбувається за допомогою складного каскаду взаємопов'язаних механізмів, що охоплюють різні рівні біологічної організації. На молекулярному етапі ключовим фактором виступає посилені експресія нейротрофінів, зокрема мозкового нейротрофічного фактора (BDNF), який стимулює регенерацію та забезпечує нейропротекцію. Ці біохімічні зміни створюють підґрунтя для процесів на синаптичному рівні, де через механізм довготривалої потенціації відбувається модуляція ефективності міжнейронної передачі: функціонально активні зв'язки консолідуються, тоді як неактивні піддаються депресії [2, 3].

Аналіз наукових публікацій дозволив побачити фундаментальну зміну парадигми у світовій нейрореабілітації, яка сьогодні характеризується переходом від пасивних та компенсаторних стратегій до активного відновлення функцій через використання високотехнологічних рішень [4]. Домінуючим трендом є інтеграція принципів нейропластичності – здатності мозку до структурної та функціональної перебудови з інженерними інноваціями, що дозволяє досягати клінічних результатів, які раніше вважалися недосяжними. Вивчення світового досвіду, зокрема Програми реабілітації після травм головного мозку Нового Південного Уельсу (NSW BIRP), виявило зміну організаційної парадигми надання допомоги. Ключовою інновацією стало переосмислення ролі кейс-менеджменту: перехід від адміністративної моделі послуг до клінічного супроводу – у цій системі менеджер виступає кваліфікованим терапевтом, який забезпечує безперервність допомоги від стаціонару до дому. Ефективність такої моделі базується на принципах людиноцентричності: допомога є орієнтованою на потреби, спрямованою на досягнення індивідуальних цілей клієнта та реалізується безпосередньо в громаді. Важливими компонентами успіху визначено активну адвокацію прав пацієнта, залучення сім'ї як партнера у реабілітації та освітню роботу з оточенням, що дозволяє створити інклюзивне середовище для соціальної участі. Аналіз моделі BIRP дозволив ідентифікувати базові елементи успішної реабілітації, які виходять за межі стандартних медичних протоколів. Ця система демонструє зміну парадигми від адміністративного супроводу до клінічного кейс-менеджменту [5].

Водночас, стрімкий розвиток нейронаук відкриває нові терапевтичні горизонти завдяки використанню роботизованих комплексів, нейроінтерфейсів та імерсивних технологій, що базуються на фундаментальних механізмах нейропластичності [6, 7]. Комплексний аналіз цих підходів є критично важливим для розробки ефективних стратегій повернення пацієнтів до повноцінного життя.

Визначено п'ять фундаментальних принципів передових практик нейрореабілітації [8]: орієнтація

на потреби пацієнта: тривалість та інтенсивність допомоги залежать від поточного стану пацієнта, а не від жорстких часових регламентів; спрямованість на цілі: реабілітаційний план формується на основі життєвих цілей самого клієнта, а не лише медичних показників; адаптація в громаді: перенесення реабілітаційного процесу з лікарняних палат у реальні умови життя, навчання та праці; зосередження на участі: головним критерієм успіху є відновлення соціальної ролі людини; залучення сім'ї: визнання родини членом реабілітаційної команди.

Дослідження показало, що інноваційні системи нівелюють розрив між стаціонарним лікуванням та життям вдома. Використання мультидисциплінарних команд та гнучких клінічних шляхів дозволяє пацієнтам отримувати необхідну підтримку на різних етапах життя, навіть через роки після травми, що суттєво підвищує якість їхнього життя та знижує навантаження на систему соціального забезпечення.

Порівняльний аналіз засвідчив, що спеціалізовані програми (на прикладі BIRP) розширюють національні стандарти кейс-менеджменту (наприклад, CMSA) [9], додаючи до функцій моніторингу та оцінки активних дій з розвитку потенціалу пацієнта та його соціального оточення.

Інноваційні технології у нейрореабілітації [10]: роботизована терапія [11] та екзоскелетні комплекси [12, 13] на сьогодні визнані «золотим стандартом» у відновленні рухових функцій, демонструючи найвищу ефективність у пацієнтів із наслідками інсульту та тяжкими черепно-мозковими травмами. Аналіз рандомізованих клінічних досліджень вказує, що механізм їхньої дії базується на можливості забезпечення високоінтенсивного, точно дозованого та багаторазово повторюваного тренування [4]. Використання роботизованих систем, таких як Lokomat, ReWalk та Armeo [14], дозволяє виконувати тисячі рухових циклів за одну сесію, що технічно неможливо при застосуванні мануальної терапії. Клінічний ефект від впровадження електромеханічних пристроїв для відновлення ходьби у поєднанні з традиційною фізіотерапією виражається у збільшенні ймовірності відновлення самостійного пересування на 25-30%. Важливу роль відіграють сучасні адаптивні алгоритми, які дозволяють роботу «відчувати» залишкові зусилля пацієнта і надавати допомогу лише у тих фазах руху, де м'язова сила є недостатньою, що стимулює активну участь кори головного мозку в процесі локомоції.

Паралельно з фізичними тренажерами, імерсивні технології: віртуальна (VR) та доповнена (AR) реальність, вийшли за межі експериментального застосування і стали невід'ємною складовою когнітивно-моторної терапії. Сфера застосування цих технологій охоплює корекцію просторового неглекту (ігнорування половини простору), відновлення рівноваги та тренування дрібної моторики. Вагомим аспектом є гейміфікація процесу, що значно підвищує мотивацію пацієнтів, одночасно знижуючи рівень депресії та тривожності [15, 16, 17].

Для посилення ефекту фізичних вправ у протоколи реабілітації провідних клінік світу активно інтегрується неінвазивна стимуляція мозку (NIBS). NIBS є групою терапевтичних методик, здатних модулювати збудливість кори головного мозку та індукувати нейропластичні зміни без необхідності хірургічного

втручання. У клінічній практиці нейрореабілітації найширше застосовуються дві технології: транскраніальна магнітна стимуляція (TMS) та транскраніальна електрична стимуляція (tES), зокрема постійним струмом (tDCS). Хоча обидва методи спрямовані на нейромодуляцію, їхні біофізичні механізми суттєво відрізняються [18, 19, 20, 21].

У нейрореабілітації (особливо постінсультній) NIBS використовується для корекції дисбалансу між півкулями, коли здорова півкуля стає гіперактивною і через мозолисте тіло надмірно гальмує пошкоджену півкулю, перешкоджаючи її відновленню [21].

Попри стрімку інтеграцію роботизованих та цифрових технологій, фундаментом клінічної практики залишаються мануальні методи впливу, які забезпечують безпосередній сенсомоторний контакт між терапевтом і пацієнтом. У сучасній нейрореабілітації мануальні техніки не протиставляються апаратним, а слугують необхідною базою для підготовки опо-

рно-рухового апарату до складних рухових завдань, забезпечуючи корекцію м'язового тону та відновлення біомеханіки суглобів.

### Висновки.

Результати дослідження дозволяють констатувати фундаментальну зміну парадигми в сучасній нейрореабілітації, яка трансформується від фрагментарних медичних утручань до цілісної біопсихосоціальної системи відновлення. Аналіз світового досвіду, зокрема моделі Програми реабілітації після травм головного мозку NSW BIRP, підтвердив критичну важливість переходу від адміністративного супроводу до моделі клінічного кейс-менеджменту. Встановлено, що саме такий підхід, що базується на принципах людиноцентричності та довгострокової підтримки, здатний забезпечити безперервність допомоги та ефективну соціальну реінтеграцію пацієнта в громаді, нівелюючи розрив між стаціонарним лікуванням і повсякденним життям.

### Література

1. Posokhov MF, Suprun EV, Kutovy I O. Aktualni pidkhydy do neireabilitatsii patsientiv z lehkymy cherepno-mozkovymy travmamy, poviazanymy z bioivymy diiamy. Processing of the XI International scientific and practical conference World trends in the development of modern scientific trends; 2025 Nov 10-12; Munich. Munich: ISPC; 2025. p. s. 87-93. [in Ukrainian].
2. Havlovska Y, Lytvynenko N, Shlykova O, Izmailova O, Havlovskiy O. Neurotrophic factor of the brain as a marker of restoration of motor and cognitive functions in the acute period of cardioembolic and atherothrombotic ischemic stroke. USMJ. 2022;128(1):32-1. DOI: [10.32345/USMJ.1\(128\).2022.32-41](https://doi.org/10.32345/USMJ.1(128).2022.32-41).
3. Mekbib DB, Debeli DK, Zhang L, Fang S, Shao Y, Yang W, et al. A novel fully immersive virtual reality environment for upper extremity rehabilitation in patients with stroke. J Annals of the New York Academy of Sciences. 2021;1493(1):75-89. DOI: [10.1111/nyas.14554](https://doi.org/10.1111/nyas.14554).
4. Marín-Medina D, Arenas-Vargas P, Arias-Botero J, Gómez-Vásquez M, Jaramillo-López M, Gaspar-Toro JM. New approaches to recovery after stroke. J Neurological Sciences. 2023;45(1):55-63. DOI: [10.1007/s10072-023-07012-3](https://doi.org/10.1007/s10072-023-07012-3).
5. Agency for Clinical Innovation. NSW Brain Injury Rehabilitation Program: Case Management. Chatswood: ACI; 2024. 76 p.
6. Jo HJ, Perez MA. Corticospinal-motor neuronal plasticity promotes exercise-mediated recovery in humans with spinal cord injury. J Brain: a journal of neurology. 2020;143(5):1368-82. DOI: [10.1093/brain/awaa052](https://doi.org/10.1093/brain/awaa052).
7. Škarabot J, Brownstein CG, Casolo A, Del Vecchio A, Ansdell P. The knowns and unknowns of neural adaptations to resistance training. J European journal of applied physiology. 2021;121(3):675-85. DOI: [10.1007/s00421-020-04567-3](https://doi.org/10.1007/s00421-020-04567-3).
8. Babova KD, redaktor. Dokazova fizychna ta reabilitatsiina medytsyna: abetka dlia multydystypynarnykh reabilitatsiinykh komand. Odesa: «Polihraf»; 2023. 76 s. [in Ukrainian].
9. Semigina T. Case management standards in the usa: an overview of key documents from professional organization. J Social work and social education. 2025;1(14):174-86. DOI: [10.31499/2618-0715.1\(14\).2025.332.104](https://doi.org/10.31499/2618-0715.1(14).2025.332.104).
10. Trushchenkova LV, Yanko OA, Skobliak PI. Innovatsiini tekhnologii reabilitatsii v orhanizatsii okhorony zdorovia ta zmitsnenni hromadskoho zdorovia naseleennia. VSHOOZ. 2025;1:42-5. DOI: [10.11603/1681-2786.2025.1.15341](https://doi.org/10.11603/1681-2786.2025.1.15341). [in Ukrainian].
11. Tkachuk TM, Kurasevych II. Vykorystannia robototekhniki u fizychnii reabilitatsii viiskovykh z amputatsiiami. Public Health Journal. 2024;1(5):140-144. [in Ukrainian].
12. Dmytruk MB. Udoskonalennia navykiv khody v osib druhoho zriloho viku pislia perenesenoho mozkovoho insultu zasobamy fizychnoi terapii na vidnovnomu etapi [dySSERTatsiia]. Kyiv: Natsionalnyi universytet fizychnoho vykhovannia i sportu Ukrainy; 2024. [in Ukrainian].
13. He Y, Xu Y, Hai M, Feng Y, Liu P, Chen Z, et al. Exoskeleton-Assisted Rehabilitation and Neuroplasticity in Spinal Cord Injury. J World neurosurgery. 2024;185:45-54. DOI: [10.1016/j.wneu.2024.01.167](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.01.167).
14. Nistor-Cseppento CD, Gherle A, Negrut N, Bungau SG, Sabau AM, Radu AF, et al. The Outcomes of Robotic Rehabilitation Assisted Devices Following Spinal Cord Injury and the Prevention of Secondary Associated Complications. J Medicina. 2022;58:1447. DOI: [10.3390/medicina58101447](https://doi.org/10.3390/medicina58101447).
15. Errante A, Saviola D, Cantoni M, Iannuzzelli K, Ziccarelli S, Togni F, et al. Effectiveness of action observation therapy based on virtual reality technology in the motor rehabilitation of paretic stroke patients: a randomized clinical trial. J BMC neurology. 2022;22(1):109. DOI: [10.1186/s12883-022-02640-2](https://doi.org/10.1186/s12883-022-02640-2).
16. Hao J, Xie H, Harp K, Chen Z, Siu KC. Effects of Virtual Reality Intervention on Neural Plasticity in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. J Archives of physical medicine and rehabilitation. 2022;103(3):523-41. DOI: [10.1016/j.apmr.2021.06.024](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.06.024).
17. Chen B, Gaikwad S, Powell RH, Jo HJ, Kessler AB, Chen D, et al. Combinatorial approaches increasing neuronal activity accelerate recovery after spinal cord injury. J Brain: a journal of neurology. 2025;148(6):1911-23. DOI: [10.1093/brain/awaf099](https://doi.org/10.1093/brain/awaf099).
18. Tomeh A, Yusof Khan AHK, Wan Sulaiman WA. Repetitive transcranial magnetic stimulation of the primary motor cortex in stroke survivors-more than motor rehabilitation: A mini-review. J Front. Aging Neurosci. 2022;14:897837. DOI: [10.3389/fnagi.2022.897837](https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.897837).
19. Oishi R, Takeda I, Ode Y, Okada Y, Kato D, Nakashima H, et al. Neuromodulation with transcranial direct current stimulation contributes to motor function recovery via microglia in spinal cord injury. J Sci Rep. 2024;14:18031. DOI: [10.1038/s41598-024-69127-7](https://doi.org/10.1038/s41598-024-69127-7).
20. Ulloa L. Electroacupuncture activates neurons to switch off inflammation. J Nature. 2021;598(7882):573-74. DOI: [10.1038/d41586-021-02714-0](https://doi.org/10.1038/d41586-021-02714-0).
21. Kesikburun S. Non-invasive brain stimulation in rehabilitation. J Turkish journal of physical medicine and rehabilitation. 2022;68(1):1-8. DOI: [10.5606/tftrd.2022.10608](https://doi.org/10.5606/tftrd.2022.10608).