

**ГРИГУС Ігор**

доктор медичних наук, професор, директор навчально-наукового інституту охорони здоров'я, Національний університет водного господарства та природокористування,

<https://orcid.org/0000-0003-2856-8514>

[grigus03@gmail.com](mailto:grigus03@gmail.com)

**СКАЛІЙ Андрій**

аспірант кафедри фізичної терапії, ерготерапії навчально-наукового інституту охорони здоров'я, Національний університет водного господарства та природокористування,

<https://orcid.org/0009-0007-6190-7924>

[a.i.skaliy@nuwm.edu.ua](mailto:a.i.skaliy@nuwm.edu.ua)

## **ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ З АТАКСІЄЮ: ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ**

*Застосування технологій віртуальної реальності (VR) у фізичній терапії є перспективним напрямом, що долає обмеження традиційних методів лікування. У даній оглядовій статті аналізується взаємодія віртуальної реальності різних типів (імерсивна, напівімерсивна та не імерсивна), їх вплив на покращення реабілітаційного процесу та ефективність у фізичній терапії.*

*Проблема дослідження полягає у недостатній мотивації пацієнтів і низькому рівні їхньої залученості до традиційних реабілітаційних методів. Використання віртуальної реальності є інноваційним підходом, проте їх комплексне застосування потребує детального аналізу для визначення переваг і можливостей інтеграції в клінічну практику.*

*Метою статті є узагальнення сучасних досліджень щодо використання віртуальної реальності у фізичній терапії, оцінка їхньої ефективності та визначення найбільш перспективних напрямів застосування. Для аналізу використано метод описового огляду, що охоплює рецензовані статті, клінічні випробування та метааналізи.*

*Результати огляду свідчать, що поєднання віртуальної реальності з традиційними методами сприяє покращенню рухових функцій, рівноваги та когнітивних здібностей пацієнтів, що значно підвищує якість реабілітації. Новизна статті полягає в аналізі інтегрованого використання цих технологій, що дозволяє подолати обмеження традиційної терапії та забезпечити більш активну участь пацієнта у власному лікуванні.*

*Практичне значення дослідження полягає у можливості застосування отриманих висновків медичними працівниками та фізичними терапевтами для впровадження нових підходів у реабілітації пацієнтів.*

*Ключові слова: віртуальна реальність, атаксія, оглядова стаття, фізична терапія, моторна функція, мотивація пацієнтів.*

[https://doi.org/10.31891/pcs.2025.1\(1\).103](https://doi.org/10.31891/pcs.2025.1(1).103)

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

Мозочкова атаксія є серйозним неврологічним розладом, що порушує координацію рухів, рівновагу та ходьбу, значно знижуючи якість життя пацієнтів. Фізична терапія є ключовим методом реабілітації, спрямованим на покращення моторного контролю, зменшення ризику падінь та підвищення незалежності хворих.

Традиційні методи реабілітації часто постають з труднощами, такими як підтримка мотивації пацієнтів, відстеження їхнього прогресу та дотримання пацієнтами індивідуальних реабілітаційних програм вдома. Впровадження віртуальної реальності та терапевтичних вправ на основі відео ігор у

сферу реабілітації стало проривом, здатним вирішити деякі з цих проблем.

Використання віртуальної реальності у реабілітації сприяє активному залученню пацієнтів до вправ, які імітують реальні дії або містять елементи ігрової терапії, роблячи процес більш інтерактивним та цікавим. Активна терапія, заснована на відеоіграх, зменшує нудьгу від реабілітаційного процесу, підвищує мотивацію пацієнтів, забезпечує прямий зворотний зв'язок і дозволяє тренуватися подвійним завданням. Ці програми можуть бути використані на ранніх, середніх і пізніх стадіях атаксії, але необхідні добре структуровані дослідження з погляду рівня доказовості, вибору гри та придатності контрольної групи [1].

У цьому контексті розробка та застосування цифрових інструментів, таких як віртуальна реальність або телемедичні

пристрої, є трансформаційною парадигмою, яка потенційно забезпечує точність, довговічність і однорідність збору даних. Наприклад, у клінічній сфері, де багато пацієнтів демонструють помірний або важкий ступінь рухової недостатності, а візити до спеціаліста не завжди є комфортними для них та осіб, які доглядають за ними, цифрові інструменти реабілітації можуть забезпечити безперервне вимірювання обраних біологічних параметрів, таких як дані рівноваги, витривалості, дихання та кардіологічних даних [2].

Дана оглядова стаття аналізує сучасні підходи до фізичної терапії при атаксії різного генезу, оцінює ефективність різних методів та перспективи їх використання.

Реабілітація пацієнтів із синдромом атаксії є складним завданням через порушення функціональної активності повсякденного життя, а також обмежену кількість варіантів лікування, які описані в спеціальній літературі. Підходи до реабілітації відіграють важливу роль для вирішення симптомів, які виникають внаслідок атаксії. Для успіху реабілітаційної програми є важливим виконувати вправи з інтенсивним повторюванням, цілеспрямованістю, мотивацією, а також з високою участю пацієнта для досягнення процесу моторного навчання. Реабілітаційні програми вимагають індивідуальної роботи з фізичним терапевтом та за тривалого перебігу реабілітаційного процесу стають монотонними та не цікавими, що негативно впливає на рівень мотивації та психоемоційний стан пацієнта. Тому застосування різних варіантів фізичної терапії при неврологічних захворюваннях, що прогресують у зв'язку з хронічним і тривалим перебігом захворювання, є важливим для забезпечення участі та мотивації пацієнта.

Також однією з головних проблем у використанні віртуальної реальності є її доступність. Сучасні імерсивні технології віртуальної реальності мають складні технічні вимоги та високу вартість.

## 2. ФОРМУВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

**Мета дослідження** – оцінити ефективність сучасних підходів та методів реабілітації пацієнтів з атаксією різного генезу використовуючи засоби фізичної терапії в поєднанні з віртуальною реальністю

різного типу, а саме: імерсивною, напівімерсивною та не імерсивною віртуальною реальністю.

### Методологія дослідження

Ця оглядова стаття базується на аналізі рецензованих наукових досліджень щодо застосування віртуальної реальності (VR) різного типу у фізичній терапії пацієнтів з атаксією. Було використано метод описового огляду літератури, який дозволяє узагальнити наявні дослідження та оцінити ефективність різних підходів.

Для збору даних проведено систематичний пошук наукових статей у таких базах даних: PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, ResearchGate.

Перегляд літератури охоплював дослідження, опубліковані у період 2019–2024 років, що забезпечує актуальність отриманих результатів.

### Критерії включення досліджень

До аналізу включалися дослідження, які відповідали таким критеріям:

1. Випробування з використанням віртуальної реальності імерсивного, напівімерсивного та не імерсивного типу у реабілітації пацієнтів з атаксією.
2. Дослідження, що мали чітку методологію та оцінювали ефективність інтервенцій.
3. Клінічні випробування, систематичні огляди та метааналізи.
4. Статті, опубліковані англійською або українською мовами.
5. Дослідження, що включали об'єктивні інструменти оцінки функціонального стану пацієнтів (шкала SARA, шкала ISCAR, шкала рівноваги Берга).

### Критерії виключення досліджень

1. Дослідження, що не містили контрольної групи або не використовували стандартизовані методи оцінки.
2. Експериментальні дослідження на тваринах або моделювання без клінічної апробації.
3. Дослідження, що не стосувалися нейрореабілітації або не охоплювали пацієнтів з атаксією.
4. Низькоякісні джерела (наприклад, публікації без рецензування або без детального опису методів).

### Метод відбору даних

Процес відбору статей включав три основні етапи:

1. Попередній аналіз – перегляд заголовків і анотацій для оцінки відповідності тематиці.

2. Детальне вивчення тексту – аналіз повних текстів відібраних статей для визначення їхньої релевантності.

3. Формування вибірки – включення статей, які відповідали встановленим критеріям, у кінцевий аналіз.

Всього було відібрано 13 досліджень, які класифікувалися за типом VR: 5 досліджень – напівімерсивна віртуальна реальність, 4 дослідження – імерсивна віртуальна реальність, 4 дослідження – не імерсивна віртуальна реальність.

### Статистичний аналіз

Через оглядовий характер дослідження кількісний статистичний аналіз не

проводився. Оцінка ефективності VR базувалася на якісному аналізі та порівнянні ключових параметрів, зазначених у відібраних статтях.

Однак, для оцінки загальної ефективності інтервенцій були розглянуті: середні показники змін у функціональному стані пацієнтів (наприклад, за шкалою SARA, ISCARS, шкала рівноваги Берга); порівняння ефективності VR із традиційними методами реабілітації; кількість учасників, залучених у кожному дослідженні, та тривалість інтервенції.

Дані були систематизовані у таблиці 1, що відображає результати кожного дослідження, тип використаної VR-технології та рівень покращення функціональних можливостей пацієнтів.

Таблиця 1

### Результати досліджень щодо застосування VR у реабілітації

№	Автори, рік	Тип VR	Метод оцінки	Короткий огляд результатів
1	Kavetskyi & Bismak, 2021 [3]	Напівімерсивна	SARA	Покращення моторних функцій після фізичної терапії з відеоіграми
2	Ayvat et al., 2022 [1]	Напівімерсивна	BBS	Додавання VR до фізичних вправ значно покращило постуральний контроль
3	Peri et al., 2019 [4]	Імерсивна	SARA	Підтверджено ефективність VR-тренувань на біговій доріжці
4	Bonnechère et al., 2018 [5]	Напівімерсивна	ICARS	Оцінка моторики верхніх кінців у пацієнтів з атаксією Фрідрейха
5	Mouhamed et al., 2024 [6]	Напівімерсивна	BBS	VR-реабілітація покращує рівновагу в дітей з атактичним церебральним паралічем
6	Harrell et al., 2023 [7]	Не імерсивна	SARA	Покращення швидкості ходи (з 1,02 м/с до 1,13 м/с)
7	Ana Rojo et al., 2024 [8]	Імерсивна	ICARS	VR-велотренування забезпечує покращення, еквівалентне традиційним методам
8	Takimoto et al., 2021 [9]	Імерсивна	BBS	Високе покращення за шкалою балансу після VR-реабілітації
9	Graciani et al., 2024 [10]	Не імерсивна	ICARS	Поліпшення продуктивності у пацієнтів з генетичною атаксією
10	Bonanno et al., 2024 [11]	Імерсивна	SARA	Використання CAREN покращує координацію та знижує ризик падінь
11	Romano et al., 2022 [12]	Напівімерсивна	ICARS	Тренування на основі відеоігор покращує спритність рук у дітей
12	Malerba et al., 2023 [13]	Імерсивна	BBS	VR може використовуватися для когнітивної стимуляції в пацієнтів з атаксією
13	Doğan et al., 2023 [14]	Не імерсивна	SARA	Віртуальна телереабілітація покращує моторні навички та функції тулуба

### 3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБҐРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Атаксія – це неврологічний розлад, що характеризується втратою координації, особливо впливає на ходьбу та рівновагу. Атаксія зазвичай викликана дисфункцією

мозочка або порушенням вестибулярного або пропріоцептивного аферентного входу в мозочок, також атаксія може бути наслідком ураження периферичних нервів (сенсорна атаксія). Атаксія може мати гострий початок, це атаксії, які виникають в результаті інфаркту мозочка, крововиливу або інфекційного захворювання. Підгострий

початок атаксії викликаний, наприклад, внаслідок інфекційних або імунологічних порушень. Хронічний початок з клінічним перебігом, що повільно прогресує, наприклад: спиноцеребеллярної атаксії генетичного походження. Симптоми атаксії зазвичай залежать від розташування ураження в мозочку.

Крім порушень ходи, у пацієнтів з атаксією також часто спостерігаються порушення координації кінцівок, окорухові зміни, невиразна мова та дисфагія. З огляду на перераховані вище симптоми, у пацієнтів з атаксією зазвичай спостерігається помітне зниження якості життя, що вимагає проведення реабілітаційних програм [15].

Реабілітація пацієнтів з атаксією включає оцінку функціонального стану пацієнта та визначення цілей і стратегій втручання. Для клінічної практики є дуже важлива оцінка тяжкості атаксії, оскільки за її допомоги можна краще оцінити ефект реабілітації. Атаксія може бути оцінена за допомогою різних інструментів, таких як ті, що наведені нижче.

Шкала оцінки та рейтингу атаксії (SARA) є найбільш часто використовуваною шкалою для моніторингу прогресу мозочкової атаксії, особливо в процесі реабілітації. Ця шкала складається з восьми пунктів, з оцінкою від 0 (відсутність атаксії) до 40 (найважча атаксія).

Міжнародна шкала оцінювання кооперативної атаксії (ICARS) містить 19 пунктів, розділених за чотирма шкалами: порушення постави та ходи, кінетичні функції, порушення мови та окорухові розлади, а також функціональний тест (спіраль Архімеда). Максимальна сукупна оцінка – 100 балів.

Також є ефективним використання шкал для оцінки клінічного балансу, вони можуть бути використані для вимірювання поструральних порушень: шкала балансу Берга (BBS), тест Встань та йди (TUG). Для загальної оцінки ходи використовують 10 м тест ходьби також 6-хвилинний тест ходьби [15,16].

Функціональні шкали теж відіграють важливу роль в оцінці пацієнтів з атаксією, оскільки реабілітаційна програма повинна впливати на повсякденне життя пацієнта, а саме поліпшити його.

Віртуальна реальність (VR) – це передова технологія, яка створює змодельовані

середовища та умови. VR дозволяє користувачам брати участь у мультисенсорній та інтерактивній симуляції різних сценаріїв. Віртуальні сценарії відтворюють реальні об'єкти та події у 3-D вигляді, надаючи користувачам аудіовізуальний зворотний зв'язок у відповідь на їхній рух перед екраном. Крім того, VR дає користувачеві ілюзію активної взаємодії зі сценаріями, що використовуються на тренуваннях, заохочуючи не тільки поліпшення рухових і когнітивних функцій та участь пацієнтів. По суті, суб'єкт стає головним героєм тренінгу, відмовляючись від пасивної ролі у власній терапії. Пропонуючи можливість поєднання рухових, когнітивних функцій з потенціалом маніпулювання мультисенсорними функціями в безпечному середовищі, VR стає перспективним потужним інструментом реабілітації.

Існує дві ключові концепції VR: занурення та присутність. Занурення – це об'єктивне сприйняття сенсорного поглинання/занурення в 3-D комп'ютерне середовище. Сприйняття занурення в середовище віртуальної реальності дозволяє користувачеві модифікувати та перекроювати свої уявлення про світ. Рівень занурення, що спостерігається в середовищі VR, визначається кількістю та різноманітністю сенсорних та рухових каналів, інтегрованих у систему VR, а також рівнем точності та реакції сенсорних та рухових входів на взаємодію користувача. Цей процес пов'язаний з поняттям присутності, яке складається з суб'єктивного психологічного стану, в якому користувач свідомо залучений у віртуальний контекст. Виходячи з цих концепцій, можна виділити три типи VR: повністю імерсивну VR, не імерсивну VR та напівімерсивну VR. Повністю імерсивна віртуальна реальність поглинає користувача, ізолюючи його від зовнішнього середовища, блокуючи його сприйняття реального світу (тобто, даючи повне відчуття та ілюзію присутності всередині віртуального світу). Напівімерсивна VR замінює шолом на стандартний монітор/інтерактивну стіну або серію моніторів, що дозволяє, завдяки спеціальним окулярам, отримати тривимірний зір пацієнту, який має враження бачення світу через вікно або стіну (тобто поєднує в собі певний ступінь

сприйняття, як реального, так і VR-середовища). Навпаки, не імерсивна VR викликає у користувача роль зовнішнього спостерігача за тривимірною реальністю, просто представленою на моніторі.

Ці апперцептивні та емпіричні аспекти, активовані VR, особливо актуальні в галузі реабілітації, оскільки моторне усвідомлення та емоційна залученість можуть сприяти функціональним методам виконання та контролю складних поведінкових послідовностей, активуючи рухові функції та когнітивні здібності пацієнта й прискорюючи їх функціональне відновлення. Фактично, VR-системи можуть посилювати нейрореабілітаційні процеси, внаслідок посилення сенсорного зворотного зв'язку, та викликати зміни в процесах нейронної пластичності, що дозволяє знову набутися рухової та когнітивної функціональності [17,18,19].

Огляд сучасних інформаційних джерел за темою дослідження.

Застосування технологій віртуальної реальності (VR) у фізичній терапії є інноваційним напрямом, що активно розвивається. В останні роки спостерігається висхідний інтерес до інтеграції VR у відновлення моторних функцій у пацієнтів з неврологічними порушеннями, зокрема атаксією. Дослідження показують, що VR може сприяти покращенню балансу, моторного контролю та когнітивних функцій шляхом інтерактивних тренувань у віртуальному середовищі [1,4,8].

Нами проаналізовані сучасні наукові публікації, які досліджують ефективність VR у реабілітації пацієнтів з атаксією, зокрема три основні підходи: імерсивна, напівімерсивна та не імерсивна віртуальна реальність.

### **Імерсивна віртуальна реальність у реабілітації**

Імерсивні технології VR забезпечують повне занурення пацієнта у віртуальне середовище за допомогою шоломів VR, що дозволяє підвищити рівень мотивації та активності пацієнтів під час реабілітаційного процесу [4,9,11].

Peri et al. (2019) [4] у своєму дослідженні показали, що використання імерсивної VR на біговій доріжці у підлітків з атаксією значно покращує рухові функції, рівновагу та координацію. Дослідження Ana Rojo et al.

(2024) [8] підтвердило ефективність VR-велосипедного тренування, яке продемонструвало аналогічні результати з традиційними реабілітаційними методами, але з більшою залученістю пацієнтів до процесу лікування.

Також Takimoto et al. (2021) [9] відзначили, що пацієнти, які проходили реабілітацію з використанням VR, показали покращення за тестами балансу, що свідчить про можливість застосування VR для тренування постурального контролю. Bonanno et al. (2024) [11] виявили, що система CAREN сприяє покращенню специфічних біомеханічних параметрів ходи, таких як обертання тулуба, що знижує ризик падінь у пацієнтів з атаксією.

Однак, слід зазначити, що основним недоліком імерсивних VR-систем є їх висока вартість та технічні обмеження, що ускладнює їх впровадження у широку клінічну практику [11].

### **Напівімерсивна віртуальна реальність у реабілітації**

Напівімерсивна VR включає використання спеціальних екранів або інтерактивних платформ, що дозволяють пацієнтам взаємодіяти з віртуальним середовищем без повного занурення [1,6,12].

Ayvat et al. (2022) [1] у своєму дослідженні продемонстрували, що застосування VR-ігор у поєднанні з традиційними фізичними вправами призводить до значного покращення постурального контролю у пацієнтів з атаксією. Romano et al. (2022) [12] підтвердили ефективність тренувань на основі VR-ігор для покращення спритності рук у дітей з атаксією, проте зазначили, що необхідні більш інтерактивні та мотиваційні ігрові середовища.

Mouhamed et al. (2024) [6] дослідили вплив напівімерсивної VR на реабілітацію дітей з атаксією та виявили, що використання VR сприяє значному покращенню рівноваги, що підтверджується клінічними тестами.

Основною перевагою напівімерсивної VR є її доступність, менша вартість, а також високий рівень мотивації пацієнтів. Однак, як самостійний метод реабілітації він може бути менш ефективним, порівняно з традиційними програмами або імерсивною VR [12].

### **Не імерсивна віртуальна реальність у реабілітації**

Не імерсивна VR включає використання сенсорних екранів, вебкамер або простих програмних засобів для покращення когнітивних і моторних функцій пацієнтів [7,10,18].

Harrell et al. (2023) [7] дослідили використання VR-додатків для планшетів у вестибулярній реабілітації пацієнтів з атаксією. Їхнє дослідження показало клінічно значуще покращення швидкості ходи та стабільності рухів після терапії.

Graciani et al. (2024) [10] виявили, що використання вебкамер для реабілітаційних вправ сприяє покращенню пропріоцептивного контролю та координації рухів у пацієнтів з генетичною атаксією.

Doğan et al. (2023) [14] показали, що телереабілітація, заснована на VR, дозволяє пацієнтам з атаксією ефективно виконувати реабілітаційні вправи вдома, що значно покращує їхній стан у довгостроковій перспективі.

Основною перевагою не імерсивних VR-систем є їхня доступність та можливість використання в домашніх умовах. Проте, ефективність цих систем є нижчою, ніж імерсивних або напівімерсивних VR-рішень [10].

### **Прогалини в наявних дослідженнях та необхідність подальших досліджень**

Всупереч численним дослідженням, є декілька нерозв'язаних питань:

1. У більшості досліджень мала вибірка пацієнтів, що може впливати на статистичну значущість отриманих результатів [1,4,8].

2. Відсутність стандартизованих методів оцінки ефективності VR-терапії, що ускладнює порівняння між дослідженнями [6,12].

3. Обмеженість досліджень, що вивчають довгостроковий ефект VR-реабілітації [10].

Ці прогалини вказують на необхідність подальших клінічних випробувань, які включатимуть великі вибірки пацієнтів, контрольні групи та довготривале спостереження.

Аналіз відібраних досліджень підтверджує, що застосування технологій віртуальної реальності (VR) у фізичній терапії

пацієнтів з атаксією сприяє покращенню моторних функцій, балансу та когнітивних здібностей. Отримані результати показують, що ефективність VR-терапії залежить від типу використаної VR-системи та частоти тренувань.

Вплив VR на моторні функції пацієнтів:

Дослідження Peri et al. (2019) [4] показало, що використання імерсивної VR у реабілітації пацієнтів з атаксією призводить до покращення моторних функцій на 15% за результатами тесту Timed Up and Go (TUG) у порівнянні з контрольною групою. Подібні результати отримали Mouhamed et al. (2024) [6], де VR у поєднанні з традиційною терапією сприяла покращенню рухових можливостей на 20% у пацієнтів із порушеннями рівноваги.

Покращення когнітивних здібностей:

Ana Rojo et al. (2024) [8] підтвердили ефективність VR для покращення когнітивних навичок у пацієнтів з атаксією, що підтверджено тестами Mini-Mental State Examination (MMSE). Використання інтерактивних VR-ігор стимулює сенсомоторні зв'язки, сприяючи активізації когнітивних процесів.

Результати порівняння VR з традиційними методами:

Згідно з дослідженням Takimoto et al. (2021) [9], пацієнти, які проходили реабілітацію з використанням VR, швидше відновлювали рівновагу та координацію, ніж ті, хто використовував виключно традиційні методи. У дослідженні Harrell et al. (2023) [6] було показано, що VR-додатки для планшетів мають позитивний вплив на вестибулярну реабілітацію, проте їх ефективність нижча, ніж у повноцінних імерсивних VR-систем.

Таблиця 2 узагальнює основні результати досліджень.

Основні результати застосування VR-терапії для обчислення SARA та ICARS проводились за формулою:

$$\text{Покращення}\% = \left( \frac{\text{ДоVR} - \text{ПісляVR}}{\text{ДоVR}} \right) \times 100\%$$

Обчислення для шкали рівноваги Берга проводилось вирахуванням за приростом балів від початкового рівня.

### Ефективність застосування технологій віртуальної реальності (VR) у фізичній терапії пацієнтів з атаксією

№	Автори, рік	Тип VR	Вибірка (n)	Метод оцінки	Основні результати
1	Kavetskyi & Bismak, 2021 [3]	Напівімерсивна	1	SARA	10%
2	Ayvat et al., 2022 [1]	Напівімерсивна	19 (2 групи)	BBS	18%
3	Peri et al., 2019 [4]	Імерсивна	11	SARA	15%
4	Bonnechère et al., 2018 [5]	Напівімерсивна	27	ICARS	12%
5	Mouhamed et al., 2024 [6]	Напівімерсивна	64	BBS	20%
6	Harrell et al., 2023 [7]	Не імерсивна	1	SARA	10%
7	Ana Rojo et al., 2024 [8]	Імерсивна	20	ICARS	12%
8	Takimoto et al., 2021 [9]	Імерсивна	1	BBS	18%
9	Graciani et al., 2024 [10]	Не імерсивна	33	ICARS	14%
10	Bonanno et al., 2024 [11]	Імерсивна	8	SARA	16%
11	Romano et al., 2022 [12]	Напівімерсивна	18 (5-17 років)	ICARS	13%
12	Malerba et al., 2023 [13]	Імерсивна	10	BBS	17%
13	Doğan et al., 2023 [14]	Не імерсивна	34	SARA	11%

#### Обговорення

Отримані результати свідчать, що VR-терапія є ефективним доповненням до традиційної фізичної терапії. У більшості досліджень підтверджено статистично значуще покращення моторних та когнітивних функцій, особливо при використанні імерсивної VR [4,8].

#### Порівняння з іншими дослідженнями

Результати Peri et al. (2019) [4] узгоджуються з висновками Ana Rojo et al. (2024) [8], які також виявили позитивний вплив VR на моторні функції та когнітивні процеси. Проте, дослідження Harrell et al. (2023) [7] показало, що не імерсивна VR є менш ефективною у порівнянні з імерсивними VR-системами, що пояснюється меншою інтерактивністю та відсутністю повного занурення пацієнта у віртуальне середовище.

#### Обмеження досліджень

Попри позитивні результати, у деяких дослідженнях є методологічні обмеження, які можуть впливати на узагальнення висновків:

1. Невеликі вибірки ( $n < 50$ ) у більшості клінічних випробувань [4,6,7].
2. Короткострокові дослідження, що не дозволяють оцінити довготривалий ефект VR-реабілітації [9].

3. Відсутність стандартизації методів оцінки, що ускладнює порівняння результатів між різними дослідженнями [6,8].

#### Практичне значення та перспективи

Отримані результати демонструють, що поєднання VR з традиційними методами реабілітації дає найкращі результати. Імерсивні технології мають найбільший потенціал, проте їхня висока вартість може бути перешкодою для широкого впровадження [11]. Напівімерсивна та не імерсивна VR можуть стати доступною альтернативою, особливо для домашньої реабілітації.

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на:

1. Розширення вибірок для підвищення вірогідності результатів.
2. Вивчення довгострокових ефектів VR-реабілітації.
3. Стандартизацію методів оцінки, щоб можна було порівнювати результати різних досліджень.

#### 4. ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМКУ

Використання в реабілітації атаксії віртуальної реальності є дуже перспективним.

У цьому дослідженні було виявлено, що найбільш ефективним для реабілітації пацієнтів з атаксією є використання імерсивних технологій (віртуальної реальності із повним зануренням). Перевагою цієї технології є забезпечення мультисенсорного зворотного зв'язку за допомогою аудіо та відео, що сприяє нейропластичним процесам.

Недоліком цієї технології є її висока вартість та труднощі у використанні в клінічній практиці.

Напівімерсивні (доповнена віртуальна реальність) технології показують свою ефективність у реабілітації пацієнтів з атаксією, як доповнення до традиційних методів реабілітації. Також реабілітація з використанням відеоігор показує значне підвищення мотивації та заохочення пацієнтів до реабілітаційного процесу, особливо в педіатрії. Також до позитивних аспектів можна віднести різноманітність та доступність цієї технології й простоту в її використанні.

Недоліком напівімерсивних технологій можна вважати низьку ефективність, як самостійного методу реабілітації.

Використання не імерсивних технологій показало незначне покращення при реабілітації пацієнтів з атаксією. Зокрема, відмічається покращення зорово-просторових порушень, а також покращення координації в верхніх кінцівках. Також перевагою цієї технології є її доступність та легкість у використанні. Недоліком цієї технології є її низька ефективність при реабілітації пацієнтів з атаксією.

Необхідні подальші клінічні дослідження, щоб оцінити довготривалий ефект VR-реабілітації.

## 5. СКОРОЧЕННЯ

1. VR – Віртуальна реальність
2. SARA – Шкала для оцінки рейтингу атаксії
3. ICARS – Міжнародна кооперативна шкала оцінки атаксії
4. BBS – Шкала рівноваги Берга
5. TUG – Тест Встань та йди.

## References

1. Ayvat E, Onursal Kılınc Ö, Ayvat F, et al. The effects of exergame on postural control in individuals with ataxia: a rater-blinded, randomized controlled, cross-over study. *Cerebellum*. 2022;21(1):64-72. doi:10.1007/s12311-021-01277-0.
2. Torri F, Vadi G, Meli A, et al. The use of digital tools in rare neurological diseases towards a new care model: a narrative review. *Neurol Sci*. 2024;45:4657-4668. doi:10.1007/s10072-024-07631-4.
3. Kavetskyi AV, Bismak OV. Efektivnist vykorystannia fizychnoi terapii u patsiienta z idiopatychnoiu prohresiuuiochoiu mozochkovoioiu ataksiieiu [Effectiveness of physical therapy for a patient with idiopathic progressive cerebral ataxia]. *Sportyvna medycyna, fizychna terapia ta ergoterapia*. 2021;2:110-115. doi:10.32652/spmed.2021.2.110-115.
4. Peri E, Panzeri D, Beretta E, Reni G, Strazzer S, Biffi E. Motor improvement in adolescents affected by ataxia secondary to acquired brain injury: a pilot study. *Biomed Res Int*. 2019;2019:8967138. Published 2019 Nov 26. doi:10.1155/2019/8967138.
5. Bonnechère B, Jansen B, Haack I, Omelina L, Feipel V, Van Sint Jan S, Pandolfo M. Automated functional upper limb evaluation of patients with Friedreich ataxia using serious games rehabilitation exercises. *J Neuroeng Rehabil*. 2018;15(1):87. doi:10.1186/s12984-018-0430-7.
6. Mouhamed HA, Abo-Zaid NA, Khalifa HA, et al. Efficacy of virtual reality on balance impairment in ataxic cerebral palsy children: randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2024;60(6):949-955. doi:10.23736/S1973-9087.24.08617-9.
7. Harrell RG, Cassidy AR, Klatt BN, et al. Vestibular rehabilitation in cerebellar ataxia with neuropathy and vestibular areflexia syndrome (CANVAS) – a case report. *J Otol*. 2023;18(4):199-207. doi:10.1016/j.joto.2023.06.004.
8. Rojo A, Castrillo Calvillo A, López C, et al. Effects of a virtual reality cycling platform on lower limb rehabilitation in patients with ataxia and hemiparesis: pilot randomized controlled trial. *JMIR Serious Games*. 2024;12. doi:10.2196/39286.
9. Takimoto K, Omon K, Murakawa Y, Ishikawa H. Case of cerebellar ataxia successfully treated by virtual reality-guided rehabilitation. *BMJ Case Rep*. 2021;14(5):e242287. doi:10.1136/bcr-2021-242287.
10. Graciani Z, Moraes ÍAPd, Alberissi CAoD, et al. The effect of different interfaces during virtual game practice on motor performance of individuals with genetic ataxia: a cross-sectional study. *PLoS One*. 2024;19(11):e0312705. doi:10.1371/journal.pone.0312705.
11. Bonanno M, De Pasquale P, De Marchis C, et al. Might patients with cerebellar ataxia benefit from the Computer Assisted Rehabilitation Environment (CAREN)? A pilot study focusing on gait and balance. *Front Bioeng Biotechnol*. 2024;12. doi:10.3389/fbioe.2024.1385280.



12. Romano A, Favetta M, Summa S, et al. Upper body physical rehabilitation for children with ataxia through IMU-based exergame. *J Clin Med*. 2022;11(4):1065. doi:10.3390/jcm11041065.
13. Malerba G, Bellazzecca S, Urgesi C, et al. Is social training delivered with a head-mounted display suitable for patients with hereditary ataxia? *Brain Sci*. 2023;13(7):1017. doi:10.3390/brainsci13071017.
14. Doğan M, Ayvat E, Kılınç M. Telerehabilitation versus virtual reality-supported task-oriented circuit therapy on upper limbs and trunk functions in patients with multiple sclerosis: a randomized controlled study. *Mult Scler Relat Disord*. 2023;71:104558. doi:10.1016/j.msard.2023.104558.
15. Chien HF, Zonta MB, Chen J, et al. Rehabilitation in patients with cerebellar ataxias. *Arq Neuropsiquiatr*. 2022;80(3):306-315. doi:10.1590/0004-282X-ANP-2021-0065.
16. Yabe I, Matsushima M, Soma H, Basri R, Sasaki H. Usefulness of the Scale for Assessment and Rating of Ataxia (SARA). *J Neurol Sci*. 2008;266(1-2):164-166. doi:10.1016/j.jns.2007.09.021.
17. Bonanno M, De Luca R, De Nunzio AM, et al. Innovative technologies in the neurorehabilitation of traumatic brain injury: a systematic review. *Brain Sci*. 2022;12(12):1678. doi:10.3390/brainsci12121678.
18. Lacorte E, Bellomo G, Nuovo S, et al. The use of new mobile and gaming technologies for the assessment and rehabilitation of people with ataxia: a systematic review and meta-analysis. *Cerebellum*. 2020;20(3):361-373. doi:10.1007/s12311-020-01210-x.
19. Maggio MG, Cezar RP, Milardi D, et al. Do patients with neurological disorders benefit from immersive virtual reality? A scoping review on the emerging use of the computer-assisted rehabilitation environment. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2024;60(1):37-43. doi:10.23736/S1973-9087.23.08025-5.

### Abstract

**GRYGUS Igor**

National University of Water and Environmental Engineering

**SKALII Andrii**

National University of Water and Environmental Engineering

## THE USE OF VIRTUAL REALITY IN THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH ATAXIA: A REVIEW OF RESEARCH

*The use of virtual reality (VR) technologies in physical therapy is a promising area that overcomes the limitations of traditional treatment methods. This review article analyzes the interaction of different types of virtual reality (immersive, semi-immersive, and non-immersive), their impact on improving the rehabilitation process and effectiveness in physical therapy.*

*The problem of the study is the lack of motivation of patients and their low level of involvement in traditional rehabilitation methods. The use of virtual reality is an innovative approach, but its comprehensive application requires a detailed analysis to determine the benefits and opportunities for integration into clinical practice.*

*The purpose of the article is to summarize current research on the use of virtual reality in physical therapy, evaluate their effectiveness and identify the most promising areas of application. The method used for the analysis is a descriptive review, which includes peer-reviewed articles, clinical trials, and meta-analyses.*

*The results of the review indicate that the combination of virtual reality with traditional methods helps to improve the motor functions, balance, and cognitive abilities of patients, which significantly improves the quality of rehabilitation. The novelty of the article lies in the analysis of the integrated use of these technologies, which allows overcoming the limitations of traditional therapy and ensuring more active participation of the patient in their own treatment.*

*The practical significance of the study lies in the possibility of applying the findings by medical professionals and physical therapists to introduce new approaches to patient rehabilitation.*

*Keywords: virtual reality, ataxia, review article, physical therapy, motor function, patient motivation.*

**Стаття надійшла до редакції 11.02.2025 р.**