

DOI: 10.26693/jmbs08.01.041

УДК 616.858-036.82:615.8

Нажар Салєх С. Х., Селезньова С. В.,  
Козинський О. В.,  
Мамедалієва Севиндж Алі-Кизи,  
Хіра Харпріт Сінгх

## ОСОБЛИВОСТІ VR-РЕАБІЛІТАЦІЇ У ПАЦІЄНТІВ З ХВОРОБОЮ ПАРКІНСОНА

Донецький національний медичний університет,  
Кропивницький, Україна

*Мета дослідження:* за даними літературних джерел визначити можливості й ефективність проведення VR-реабілітації у хворих із хворобою Паркінсона порівняно зі звичайним реабілітаційним втручанням.

*Матеріали і методи:* дослідження проведено за результатами вивчення та аналізу існуючих світових наукових досліджень із встановленням можливостей і ефективності проведення VR-реабілітації у хворих із хворобою Паркінсона порівняно зі звичайним реабілітаційним втручанням. Пошук інформації виконувався з використанням вітчизняних та закордонних інтернет-ресурсів мережі Google Scholar, PubMed, Medscape, баз даних Scopus і Web of Science, тощо.

*Результати та висновки.* Лікування при хворобі Паркінсона спрямовується на відновлення моторних і немоторних проявів, що корегується відповідними фармакологічними та хірургічними засобами, які без доповнення адекватним реабілітаційним втручанням є не повністю ефективними. Медикаментозна терапія є ефективною лише на перших етапах захворювання (деякі розлади й взагалі зовсім не реагують на фармакологічні засоби); а глибока стимуляція порушеної області мозку шляхом імплантування електродів при неправильному інтраопераційному їх розташуванні або невірних параметрах стимуляції може спровокувати додатково рухові та сенсорні розлади та інші побічні реакції. Фізична реабілітація при хворобі Паркінсона є ефективним доповненням до медикаментозної терапії та хірургічного втручання, а тривале реабілітаційне втручання ефективно покращує рухові здібності та когнітивні можливості при даному захворюванні. При хворобі Паркінсона реабілітаційні заходи, спрямовані на моторно-когнітивні взаємодії більш корисні на ранніх стадіях, що дає змогу покращити моторику та загальну повсякденну діяльність хворого в реальному житті. Однак, із прогресуванням хвороби Паркінсона моторно-когнітивні порушення значно обмежують здатність до навчання, тому воно спрямовується на змінені підкіркові та кортикальні механізми пластичності, що робить хворих особливо залежними від зовнішніх джерел зворотного зв'язку;

проблема чого досить добре нівелюється застосуванням VR реабілітаційних механізмів. Ефективність реабілітаційної VR-методики при хворобі Паркінсона визначається необхідністю обов'язкового врахування виниклих сенсорно-моторних і когнітивних порушень, точної оцінки ефективності реабілітаційних заходів, оптимізованої адаптації та безпеки для самого хворого.

При визначенні можливостей VR-реабілітаційних технологій у хворих із хворобою Паркінсона порівняно зі звичайним реабілітаційним втручанням було визначено, що дані технології є найбільш багатообіцяючими методами лікування та реабілітаційного втручання та ефективним інструментом для ревіталізації порушень та мають цілу низку переваг у реабілітації порушень ходи та рівноваги, когнітивних зрушень, покращенні якості життя та повсякденної діяльності хворих, нівелюванні нейропсихічної симптоматики, покращуючи пластичність рухових нервів і контроль над м'язами.

**Ключові слова:** хвороба Паркінсона, VR-реабілітація, реабілітаційне втручання, порушення ходи, порушення рівноваги, когнітивні функції.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами:** робота виконана згідно плану науково-дослідних робіт кафедри реабілітаційної та спортивної медицини Донецького національного медичного університету МОЗ України «Дослідження медико-соціальних моделей управлінської діяльності у лікувальних закладах в умовах реформування системи охорони здоров'я», № держ. реєстрації 0222U002853.

**Вступ.** Хвороба Паркінсона (ХП) є значно складним і поширеним прогресуючим мультисистемним нейродегенеративним захворюванням [1], що виникає через дегенеративні зміни у нервовій системі хворого [2] та провокує рухові та немоторні порушення, які охоплюють моторну, сенсомоторну та сенсорну сфери людини [3] через дисфункцію базальних гангліїв мозку [4]. Визначають, що ХП викликає порушення ініціації та виконання довільних рухів через дегенерацію чорної субстанції та смугастого шляху, що призводить до значних

труднощів повсякденної діяльності та погіршення якості життя хворих.

ХП є значно поширеним захворюванням, яке вражає більш ніж 6 млн людей у всьому світі, кількість яких постійно стрімко зростає [5]. Так, наприклад, за проведеними дослідженнями кількість хворих на ХП у Великій Британії з 145 тис. у 2018 році за прогнозами до 2025 року зростає до 168 тис. [6]. Визначається, що ХП уражує від однієї до двох осіб на 1000 населення, а її поширеність значно зростає з віком [7]. Так, захворюваність на ХП у осіб до 60 років складає від 0,13 % до 1,6 %, а у віці від 80 до 84 років – сягає 9,0 % [8].

Численні дослідження вказують, що основними порушеннями при ХП є рухові, які на перших етапах захворювання включають брадикінезію, ригідність, тремор і постуральну нестабільність; до яких з часом доєднуються й інші складні рухові розлади (наприклад, завмирання ходи). Визначається, що ХП порушує автоматизм рухів, ходу та рівновагу, що провокує зміну повсякденної мобільності навіть на ранніх стадіях захворювання [9, 10], через що при ХП досить часто відзначаються часті падіння хворих (в два-три рази частіше на відміну від здорових літніх людей) [11], що разом із зниженнями когнітивних функцій та іншими немоторними розладами (втома, апатія, тривога та депресія) створює досить значні проблеми для участі самих хворих в реабілітаційному процесі [12–14]. Дані проблеми при ХП спровоковані зниженнями можливостей моторного навчання через порушення функціонування смугастого тіла хворого, яке координує цілу низку когнітивних функцій, серед яких першочерговими є рухи та їх координація, можливість прийняття рішень, мотивація, тощо [15], для компенсації чого хворі з ХП застосовують альтернативні нейронні ланцюги, які залучають додаткову увагу, сенсорне та зорове стимулювання [16].

Таким чином, не дивлячись на те, що клінічний діагноз ХП базується на наявності брадикінезії та інших рухових розладів, дане захворювання є більш ніж простим руховим розладом [17], клінічні ознаки якого варіюють від моторних до сенсорних, а основними клінічними проявами є моторні (брадикінезія, дистонія, тремор і порушення постуральної рівноваги) та немоторні (зниження когнітивних функцій і депресія) [18].

З огляду на основні порушення, що виникають при ХП, її лікування спрямовується на відновлення моторних і немоторних проявів, що корегується відповідними фармакологічними та хірургічними засобами, які без доповнення адекватним реабілітаційним втручанням є не повністю ефективними [19]. Визначається, що медикаментозна терапія є ефективною лише протягом перших років після

розвитку ХП (деякі розлади й взагалі зовсім не реагують на фармакологічні засоби); а глибока стимуляція порушеної області мозку шляхом імплантування електродів в мозок при неправильному інтраопераційному розташуванні електрода або параметрів стимуляції може провокувати додатково рухові та сенсорні розлади та інші побічні реакції [20].

Тому, багатьма дослідженнями визначається, що фізична реабілітація при ХП є ефективним доповненням до медикаментозної терапії та хірургічного втручання, а тривале реабілітаційне втручання ефективно покращує рухові здібності та когнітивні можливості при ХП [21], задля чого останнім часом все більш частіше додатково застосовується методика віртуальної реальності (VR) [22]. Вчені вказують, що реабілітація хворих при ХП потребує обов'язкового врахування виниклих сенсорно-моторних і когнітивних порушень, точної оцінки ефективності реабілітаційних заходів, оптимізованої адаптації та (саме основне) безпеки для самого хворого [23].

Для реабілітації використовуються різні механізми, які включають індивідуальні чи групові вправи, ходьбу на землі та/або на біговій доріжці, тренування компенсаторних рухів, вправи на рівновагу, силові вправи, багатозадачні тренування, тощо [24, 25]. Дані багатьох досліджень визначають, що ці вправи значно покращують ходу та рівновагу хворих [26, 27], але, є значна варіабельність у ефективності даних заходів для окремих людей із ХП [28], наприклад, деякі втручання зменшують кількість падінь у хворих із легким перебігом захворювання, при цьому збільшуючи їх кількість при тяжкому перебігу [29].

**Мета дослідження:** за даними літературних джерел визначити можливості й ефективність проведення VR-реабілітації у хворих із хворобою Паркінсона порівняно зі звичайним реабілітаційним втручанням.

**Матеріал та методи:** дослідження проведено за результатами вивчення та аналізу існуючих світових наукових досліджень із встановленням можливостей і ефективності проведення VR-реабілітації у хворих із хворобою Паркінсона порівняно зі звичайним реабілітаційним втручанням. Пошук інформації виконувався з використанням вітчизняних та закордонних інтернет-ресурсів мережі Google Scholar, PubMed, Medscape, баз даних Scopus і Web of Science, тощо.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Ґрунтуючись на проведених дослідженнях було підтверджено, що при ХП реабілітаційні заходи, спрямовані на моторно-когнітивні взаємодії більш корисні на ранніх стадіях [31], що дає змогу покращити моторику та загальну повсякденну діяльність

хворого в реальному житті. Однак, із прогресуванням ХП моторно-когнітивні порушення значно обмежують здатність до навчання, тому навчання спрямовується на змінені підкіркові та кортикальні механізми пластичності, що робить хворих особливо залежними від зовнішніх джерел зворотного зв'язку; проблема чого досить добре нівелюється застосуванням VR реабілітаційних механізмів.

Ефективність використання VR реабілітації обумовлюється ще й тим, що існуючі звичайні підходи до реабілітаційного втручання на сьогодні ще дещо обмежені у повноцінному забезпеченні оптимального навчання при ХП, а поточний підхід до реабілітаційного втручання повністю не спроможний забезпечити оптимальні та ефективні результати [32, 33].

Численні дослідження довели, що штучний інтелект дає змогу отримати об'єктивні дані при виконанні завдань при ХП [34], через що технологія VR останнім часом стала однією з найбільш багатообіцяючих методів лікування та реабілітаційного втручання при ХП та ефективним інструментом для дослідження ревіталізації порушень, що може забезпечити зорові, слухові та соматосенсорні стимули. Вказується, що VR спроможне забезпечити хворих із ХП більшою сенсорною стимуляцією зі зворотним зв'язком у реальному часі під час конкретних завдань.

Основним завданням VR-реабілітації є виклик та/або тренування мозкових та поведінкових реакцій в контрольованій обстановці, що є повним замісником реального світу. Основною перевагою VR-реабілітації є повне «занурення» (повна інтеграція) хворого у віртуальне середовище [35], хоча, ступінь та механізми застосування VR-реабілітації ще й на сьогодні є джерелом багатьох дискусій та досліджень [36, 37]. В світовій літературі визначається, що VR має на увазі «застосування візуальних симуляцій, створених за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення, які імітують реальний світ або мислимі середовища, об'єкти та події в режимі реального часу та вимагають інтерактивності через поточні поведінкові реакції користувача».

Технологія VR як терапевтичний інструмент останніми роками постає темою багатьох досліджень в нейрореабілітації [2, 34, 38], які в основному стосуються відновлення порушень ходи та рівноваги [39–43]. Ця технологія є середовищем, що створено комп'ютером, у якому хворий сприймає, відчуває й взаємодіє як в реальному середовищі завдяки поєднанню стимуляції декількох сенсорних каналів (зір, звук і дотик) [44, 45]. Окрім цього, технологія VR визначає функціональний стан хворого до та після реабілітаційного втручання та

забезпечує постійний миттєвий зворотний зв'язок через доповнену реальність, яку вона забезпечує.

Проте VR є досить новою технологією, яка ще й на сьогодні в повній мірі не застосовується в клінічній практиці, а технологічні платформи та схеми лікування на основі VR-технології також знаходяться в стадії досліджень [46–49].

Так, Canning C. G. et al. [50] визначили, що VR-технологія є багатообіцяючим інструментом для вивчення та реабілітації порушень ходи та рівноваги при ХП і сформулювали основні моменти застосування VR при ХП:

- VR покращує розуміння поведінкових і нейронних механізмів відновлення ходи та рівноваги.
- Технологією VR можна маніпулювати таким чином, який неможливий та безпечний в реальному світі.
- VR-реабілітація значно покращує ходу та рівновагу при ХП.
- Застосування VR повинно бути адаптовано для надання персоналізованих втручань із залученням не тільки лікарів, а й технологічних експертів та самих хворих, що дозволить пацієнтам відчувати віртуальне середовище із зануренням або без нього [51].

Окрім цього, проведені дослідження підтвердили активну роль VR-технології при ХП та інсультній патології [52], когнітивних розладах і погіршенні якості життя у похилому віці [53], покращуючи функцію рівноваги та повсякденну діяльність [54] і стимулюючи покращення автобіографічної пам'яті [55]. При цьому, порівняно з традиційною реабілітацією VR має перевагу через можливість надання більшої індивідуальності реабілітаційного навчання.

Таким чином, на основі численних проведених досліджень були сформовані основні переваги [56–61] та недоліки [62] реабілітаційної роботи з хворими на ХП із використанням VR.

Так, серед основних клінічних переваг застосування VR при ХП визначаються:

- Сприяння нейропластичності та моторному навчанню.
- Індивідуальність моторно-когнітивних або лімбічних завдань, які спрямовані на зорову, слухову або тактильну стимуляцію, що є передумовою більш ефективних результатів.
- Сприяння індивідуалізації втручання.
- Практична реалізація виконання складних завдань у безпечному середовищі.
- Можливість безпечного маніпулювання сенсоромоторною стратегією тренування із застосуванням методики імерсійної VR (технології повного або часткового «занурення» у віртуальний світ).
- Вбудованість різноманітних варіацій завдань.

- Забезпеченість мультисенсорного зворотного зв'язку в реальному часі.
- Переваги практичного застосування:
- Портативність, широка доступність і певною мірою простота використання.
- Зменшення витрат і потреб в сторонньому догляді зі сприянням можливостей реабілітаційних втручань вдома.
- Значна мотиваційність, задоволеність та прийнятність.

Основними клінічними недоліками VR при ХП

є:

- Можливість провокування надмірної втоми.
- Підвищений ризик падінь або травм (за відсутності нагляду) в домашніх умовах.
- Можливість короточасного погіршення ходи при застосуванні імерсійної VR.
- Зорове перенапруження, короточасне запаморочення та втрата координації.
- Можливість посилення невідповідності стратегій рухової активності.
- Надмірність і залежність від зворотнього зв'язку, що провокує розвиток невпевненості спрямування уваги.
- Труднощі з навчанням користування системою VR.
- Недоліки практичного застосування:
- Неможливість налаштування рекреаційної системи відповідно до рівня здібностей хворого та її значна когнітивна та/або моторна складність.
- Технічні труднощі.
- Значна вартість і важкодоступність складних VR реабілітаційних систем.
- Труднощі з пошуком фізичного простору для VR реабілітаційних систем вдома.

#### Обговорення результатів дослідження.

Отримані результати щодо ефективності та доцільності VR-технологій при реабілітаційній роботі з хворими на ХП цілковито співпадають з іншими проведеними світовими дослідженнями. Так, Ying W. et al. [63] відзначили деяку відмінність в ефективності VR-втручання при ХП через різну амплітуду та ритмічність тремору на різних клінічних стадіях (шкала Hoehn-Yahr), а систематичний огляд [64, проведений Lei C. et al. визначив, що реабілітаційне навчання із застосуванням VR-технологій є більш ефективним (порівняно зі звичайним навчанням) у відновленні рухової функції, рівноваги, довжини кроку та швидкості руху, якості життя та нейропсихічної симптоматиці.

Інший метааналіз [65] визначив, що застосування VR-технологій в реабілітаційному втручанні порівняно зі звичайною реабілітацією призводить до більш значного покращення довжини кроку (стандартизована середня різниця (SMD) = 1,27 (95,0 % довірчі інтервали (ДІ) 0,38–2,16),  $p = 0,005$ ),

швидкості ходи (SMD = 1,43 (95,0 % ДІ = 0,51–2,34),  $p = 0,002$ ), рівноваги (SMD = 1,02 (95,0 % ДІ 0,38–1,65),  $p = 0,002$ ) та повсякденної діяльності (SMD = 0,96 (95,0 % ДІ 0,02–1,89),  $p < 0,05$ ) з вірогідним ( $p < 0,05$ ) покращенням рухових функцій, координації, когнітивних функцій та психічного здоров'я й якості життя.

Shen X. et al. [66] констатували, що VR-технологія генерує миттєвий зворотний зв'язок щодо аудіовізуальних почуттів і пропріоцепції хворого, що покращує відповідність та ефективність реабілітаційного втручання, а Rose T. et al. [34] зафіксували, що активне виконання VR-завдань підвищує пластичність рухових нервів і покращує контроль над м'язами.

Вищевказане було підтверджено й численними іншими дослідженнями щодо ефективності застосування VR-технологій при реабілітації хворих із ХП. Так, Sampson P. et al. [67] констатували покращення рухової активності рук, а Mahajan H. P. et al. [68] та Yelshyna Darya et al. [69] виявили ефективність покращення здатності хворих сприймати свою просторову позицію.

Ефективність VR-реаблітації підтверджується й проведеними дослідженнями при інсультній патології та хворобі Альцгеймера [70], що вказує на ефективність даної реабілітації у напрямку покращення функції рівноваги та інших порушених функцій.

Інше дослідження [2] продемонструвало покращення ходи та рівноваги хворих із ХП за оцінкою шкали рівноваги Берга (BBS), шкали оцінювання часу підйому і ходьби (TUG) та шкали дослідження моторики (UPDRS3) і FGA шкали при використанні VR-тренувань і визначило позитивний вплив на покращення здатності до самообслуговування.

Дослідження Pazzaglia C. et al. [71] в свою чергу підтвердили, що VR-методика при ХП порівняно зі звичайною реабілітацією призводить до збільшення показника BBS до 45,6 (стандартне відхилення (SD) = 7,9) проти 49,2 (SD = 8,1) із середньою різницею 3,6 і 95,0 % ДІ 1,3–5,9;  $p = 0,003$ , показнику індексу динамічної ходи (DGI) до 18,7 (SD = 4,7) проти 20,2 (SD = 4,2), середня різниця 1,6 і 95,0 % ДІ 0,6–2,5;  $p = 0,003$  і розумового стану шкали оцінки якості життя SF-36 до 37,7 (SD = 11,4) проти 43,5 (SD = 9,2), середня різниця 5,8 і 95,0 % ДІ 0,4–11,3;  $p = 0,037$  та зниження оцінки функціональних обмежень руки, плеча та кисті (DASH) до 29,6 (SD = 17,5) проти 21,6 (SD = 15,1), середня різниця 7,9 і 95,0 % ДІ 13,7–2,2;  $p = 0,009$ .

**Висновки.** Таким чином, при визначенні можливостей VR-реабілітаційних технологій у хворих із ХП порівняно зі звичайним реабілітаційним втручанням було визначено, що дані технології є

найбільш багатообіцяючими методами лікування та реабілітаційного втручання та ефективним інструментом для ревіталізації порушень та мають цілу низку переваг у реабілітації порушень ходи та рівноваги, когнітивних зрушень, покращенні якості життя та повсякденної діяльності хворих,

нівелюванні нейропсихічної симптоматики, покращуючи пластичність рухових нервів і контроль над м'язами.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у визначенні інших перспективних механізмів реабілітаційного втручання при ХП.

## References

1. Canning CG, Paul SS, Alice N. Prevention of falls in Parkinson's disease: a review of fall risk factors and the role of physical interventions. *Neurodegener Dis Manag*. 2014;3:203-221. PMID: 25095816. doi: 10.2217/nmt.14.22
2. Silva KG, De Freitas TB, Doná F, Ganança FF, Ferraz HB, Torriani-Pasin C, et al. Effects of virtual rehabilitation versus conventional physical therapy on postural control, gait, and cognition of patients with Parkinson's disease: study protocol for a randomized controlled feasibility trial. *Pilot Feasibility Stud*. 2017 Dec 6;3:68. PMID: 29225912. PMCID: PMC5719545. doi: 10.1186/s40814-017-0210-3
3. Abraham A, Duncan RP, Earhart GM. The Role of Mental Imagery in Parkinson's Disease Rehabilitation. *Brain Sciences*. 2021;11(2):185. PMID: 33540883. PMCID: PMC7913152. doi: 10.3390/brainsci11020185
4. Kalia LV, Lang AE. Parkinson's disease. *Lancet*. 2015;386:896-912. PMID: 25904081. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61393-3
5. GBD 2016 Parkinson's Disease Collaborators. Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol*. 2018 Nov;17(11):939-953. PMID: 30287051. doi: 10.1016/S1474-4422(18)30295-3
6. Parkinson's U. K. The incidence and prevalence of Parkinson's in the UK. Results from the Clinical Practice Research Datalink Summary report. Available from: <https://www.parkinsons.org.uk/sites/default/files/2018-01/CS2960%20Incidence%20and%20prevalence%20report%20branding%20summary%20report.pdf>
7. Tysnes OB, Storstein A. Epidemiology of Parkinson's disease. *J Neural Transm (Vienna)*. 2017;124:901-905. PMID: 28150045. doi: 10.1007/s00702-017-1686-y
8. Nerius M, Fink A, Doblhammer G. Parkinson's disease in Germany: prevalence and incidence based on health claims data. *Acta Neurol Scand*. 2017;5:386-392. PMID: 27726128. PMCID: PMC5655709. doi: 10.1111/ane.12694
9. Del Din S, Godfrey A, Galna B, Lord S, Rochester L. Free-living gait characteristics in ageing and Parkinson's disease: impact of environment and ambulatory bout length. *J Neuroeng Rehabil*. 2016 May 12;13(1):46. PMID: 27175731. PMCID: PMC4866360. doi: 10.1186/s12984-016-0154-5
10. Ball N, Teo WP, Chandra S, Chapman J. Parkinson's disease and the environment. *Front Neurol*. 2019;19:218.
11. Fasano A, Canning CG, Hausdorff JM, Lord S, Rochester L. Falls in Parkinson's disease: a complex and evolving picture. *Mov Disord*. 2017 Nov;32(11):1524-1536. PMID: 29067726. doi: 10.1002/mds.27195
12. Lo Monaco MR, Petracca M, Weintraub D, Fusco D, Liperoti R, Zuccalà G, et al. Prevalence of impulsive-compulsive symptoms in elderly Parkinson's disease patients: a case-control study. *J Clin Psychiatry*. 2018 May/ Jun;79(3):17m11612. PMID: 29702754. doi: 10.4088/JCP.17m11612
13. Seppi K, Ray Chaudhuri K, Coelho M, Fox SH, Katzenschlager R, Perez Lloret S, et al; the collaborators of the Parkinson's Disease Update on Non-Motor Symptoms Study Group on behalf of the Movement Disorders Society Evidence-Based Medicine Committee. Update on treatments for nonmotor symptoms of Parkinson's disease - an evidence-based medicine review. *Mov Disord*. 2019 Feb;34(2):180-198. PMID: 30653247. PMCID: PMC6916382. doi: 10.1002/mds.27602
14. Strouwen C, Molenaar EALM, Münks L, Broeder S, Ginis P, Bloem BR, et al. Determinants of dual-task training effect size in Parkinson disease: who will benefit most? *J Neurol Phys Ther*. 2019 Jan;43(1):3-11. PMID: 30531381. doi: 10.1097/NPT.0000000000000247
15. Marinelli L, Trompetto C, Canneva S, Mori L, Nobili F, Fattapposta F, et al. Learning «How to Learn»: super declarative motor learning is impaired in Parkinson's disease. *Neural Plast*. 2017;2017:3162087. PMID: 28828186. PMCID: PMC5554559. doi: 10.1155/2017/3162087
16. Stuart S, Lord S, Hill E, Rochester L. Gait in Parkinson's disease: a visuo-cognitive challenge. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016 Mar;62:76-88. PMID: 26773722. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.01.002
17. Poewe W, Seppi K, Tanner CM, Halliday GM, Brundin P, Volkman J, et al. Parkinson disease. *Nat Rev Dis Primers*. 2017 Mar 23;3:17013. PMID: 28332488. doi: 10.1038/nrdp.2017.13
18. Rizos A, Martinez-Martin P, Odin P, Antonini A, Kessel B, Kozul TK, et al.; EUROPAR and the IPDMDS non-Motor PD Study Group. Characterizing motor and non-motor aspects of early-morning off periods in Parkinson's disease: An international multicenter study. *Parkinsonism Relat Disord*. 2014 Nov;20(11):1231-5. PMID: 25269446. doi: 10.1016/j.parkreldis.2014.09.013

19. Armstrong MJ, Okun MS. Diagnosis and Treatment of Parkinson Disease: A Review. *JAMA*. 2020 Feb 11;323(6):548-560. PMID: 32044947. doi: 10.1001/jama.2019.22360
20. Baizabal-Carvallo JF, Jankovic J. Movement disorders induced by deep brain stimulation. *Parkinsonism Relat Disord*. 2016 Apr;25:1-9. PMID: 26806438. doi: 10.1016/j.parkreldis.2016.01.014
21. David FJ, Robichaud JA, Leurgans SE, Poon C, Kohrt WM, Goldman JG, et al. Exercise improves cognition in Parkinson's disease: The PRET-PD randomized, clinical trial. *Mov Disord*. 2015 Oct;30(12):1657-63. PMID: 26148003. PMCID: PMC4609235. doi: 10.1002/mds.26291
22. Viñas-Diz S, Sobrido-Prieto M. [Virtual reality for therapeutic purposes in stroke: A systematic review]. *Neurología (English Edition)*. 2016 May;31(4):255-77. [Spanish]. PMID: 26321468. doi: 10.1016/j.nrl.2015.06.012
23. Mak MK, Wong-Yu IS, Shen X, Chung CL. Long-term effects of exercise and physical therapy in people with Parkinson disease. *Nat Rev Neurol*. 2017 Nov;13(11):689-703. PMID: 29027544. doi: 10.1038/nrneuro.2017.128
24. de Natale ER, Paulus KS, Aiello E, Sanna B, Manca A, Sotgiu G, et al. Dance therapy improves motor and cognitive functions in patients with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*. 2017;40(1):141-144. PMID: 27814308. doi: 10.3233/NRE-161399
25. Nonnekes J, Nieuwboer A. Towards personalized rehabilitation for gait impairments in Parkinson's disease. *J Parkinsons Dis*. 2018;8(s1):S101-S106. PMID: 30584154. PMCID: PMC6311370. doi: 10.3233/JPD-181464
26. Shen X, Wong-Yu IS, Mak MK. Effects of exercise on falls, balance, and gait ability in Parkinson's disease: a meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2016 Jul;30(6):512-27. PMID: 26493731. doi: 10.1177/1545968315613447
27. Strouwen C, Molenaar EALM, Münks L, Keus SHJ, Zijlmans JCM, Vandenberghe W, et al. Training dual tasks together or apart in Parkinson's disease: results from the DUALITY trial. *Mov Disord*. 2017 Aug;32(8):1201-1210. PMID: 28440888. doi: 10.1002/mds.27014
28. Löfgren N, Conradsson D, Joseph C, Leavy B, Hagströmer M, Franzén E. Factors associated with responsiveness to gait and balance training in people with Parkinson disease. *J Neurol Phys Ther*. 2019 Jan;43(1):42-49. PMID: 30531385. doi: 10.1097/NPT.0000000000000246
29. Chivers Seymour K, Pickering R, Rochester L, Roberts HC, Ballinger C, Hulbert S, et al. Multicentre, randomised controlled trial of PDSAFE, a physiotherapist-delivered fall prevention programme for people with Parkinson's / K. Chivers Seymour et al. *J Neurol Neurosurg Psychiatr*. 2019 Jul;90(7):774-782. PMID: 30944149. PMCID: PMC6585265. doi: 10.1136/jnnp-2018-319448
30. Krakauer JW, Hadjiosif AM, Xu J, Wong AL, Haith AM. Motor learning. *Compr Physiol*. 2019 Mar 14;9(2):613-663. PMID: 30873583. doi: 10.1002/cphy.c170043
31. Ellis T, Rochester L. Mobilizing Parkinson's disease: the future of exercise. *J Parkinsons Dis*. 2018;8(s1):S95-S100. PMID: 30584167. PMCID: PMC6311359. doi: 10.3233/JPD-181489
32. Ellis TD, Dibble LE, Peterson DS. Moving beyond effectiveness. *J Neurol Phys Ther*. 2019 Jan;43(1):1-2. PMID: 30531380. doi: 10.1097/NPT.0000000000000248
33. Conradsson D, Nero H, Löfgren N, Hagströmer M, Franzén E. Monitoring training activity during gait-related balance exercise in individuals with Parkinson's disease: a proof-of-concept-study. *BMC Neurol*. 2017 Jan 31;17(1):19. PMID: 28143463. PMCID: PMC5282864. doi: 10.1186/s12883-017-0804-7
34. Rose T, Chang SN, Chen KB. Immersion of virtual reality for rehabilitation-Review. *Appl Ergon*. 2018 May;69:153-161. PMID: 29477323. doi: 10.1016/j.apergo.2018.01.009
35. Perez-Marcos D. Virtual reality experiences, embodiment, videogames and their dimensions in neurorehabilitation. *J Neuroeng Rehabil*. 2018 Nov 26;15(1):113. PMID: 30477527. PMCID: PMC6258149. doi: 10.1186/s12984-018-0461-0
36. Tieri G, Morone G, Paolucci S, Iosa M. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert Rev Med Devices*. 2018 Feb;15(2):107-117. PMID: 29313388. doi: 10.1080/17434440.2018.1425613
37. Beibei L, Qinneng D, Wusheng Z. Research progress on the role of virtual reality technology in rehabilitation of nervous system diseases. *Chin J Contemp Neurol Neurosurg*. 2018;03:222-225.
38. Bluett B, Bayram E, Litvan I. The virtual reality of Parkinson's disease freezing of gait: a systematic review. *Parkinsonism Relat Disord*. 2019 Apr;61:26-33. PMID: 30470656. PMCID: PMC6773254. doi: 10.1016/j.parkreldis.2018.11.013
39. Dockx K, Bekkers EM, Van den Bergh V, Ginis P, Rochester L, Hausdorff JM, et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Dec 21;12(12):CD010760. PMID: 28000926. PMCID: PMC6463967. doi: 10.1002/14651858.CD010760.pub2
40. Garcia-Agundez A, Folkerts AK, Konrad R, Caserman P, Tregel T, Goosses M, et al. Recent advances in rehabilitation for Parkinson's disease with exergames: a systematic review. *J Neuroeng Rehabil*. 2019 Jan 29;16(1):17. PMID: 30696453. PMCID: PMC6352377. doi: 10.1186/s12984-019-0492-1

41. Santos P, Scaldaferrri G, Santos L, Ribeiro N, Neto M, Melo A. Effects of the Nintendo Wii training on balance rehabilitation and quality of life of patients with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *NeuroRehabilitation*. 2019;44(4):569-577. PMID: 31256088. doi: 10.3233/NRE-192700
42. Wang B, Shen M, Wang YX, He ZW, Chi SQ, Yang ZH. Effect of virtual reality on balance and gait ability in patients with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2019 Jul;33(7):1130-1138. PMID: 31016994. doi: 10.1177/0269215519843174
43. Parsons TD, Gaggioli A, Riva G. Virtual Reality for Research in Social Neuroscience. *Brain Sci*. 2017 Apr 16;7(4):42. PMID: 28420150. PMCID: PMC5406699. doi: 10.3390/brainsci7040042
44. Pan X, Hamilton A. Why and how to use virtual reality to study human social interaction: The challenges of exploring a new research landscape. *Br J Psychol*. 2018 Aug;109(3):395-417. PMID: 29504117. PMCID: PMC6055846. doi: 10.1111/bjop.12290
45. Maidan I, Rosenberg-Katz K, Jacob Y, Giladi N, Hausdorff JM, Mirelman A. Disparate effects of training on brain activation in Parkinson disease. *Neurology*. 2017 Oct 24;89(17):1804-1810. PMID: 28954877. doi: 10.1212/WNL.0000000000004576
46. Baetzner AS, Wespi R, Hill Y, Gyllencreutz L, Sauter TC, Saveman BI, et al. Preparing medical first responders for crises: a systematic literature review of disaster training programs and their effectiveness. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2022 Dec 24;30(1):76. PMID: 36566227. doi: 10.1186/s13049-022-01056-8
47. Feng Z. Immersive Virtual Reality Serious Games for Evacuation Training and Research: A Systematic Literature Review. *Comput Educ*. 2018. P. 252-266. doi: 10.1016/j.compedu.2018.09.002
48. Freeman D, Haselton P, Freeman J, Spanlang B, Kishore S, Albery E, et al. Automated psychological therapy using immersive virtual reality for treatment of fear of heights: a single-blind, parallel-group, randomised controlled trial. *Lancet Psychiatry*. 2018 Aug;5(8):625-632. PMID: 30007519. doi: 10.1016/S2215-0366(18)30226-8
49. Reger GM, Smolenski D, Norr A, Katz A, Buck B, Rothbaum BO. Does Virtual Reality Increase Emotional Engagement During Exposure for PTSD? Subjective Distress During Prolonged and Virtual Reality Exposure Therapy. *J Anxiety Disord*. 2019 Jan;61:75-81. PMID: 29935999. doi: 10.1016/j.janxdis.2018.06.001
50. Canning CG, Allen NE, Nackaerts E, Paul SS, Nieuwboer A, Gilat M. Virtual reality in research and rehabilitation of gait and balance in Parkinson disease. *Nat Rev Neurol*. 2020 Aug;16(8):409-425. PMID: 32591756. doi: 10.1038/s41582-020-0370-2
51. Gallagher R, Damodaran H, Werner WG, Powell W, Deutsch JE. Auditory and visual cueing modulate cycling speed of older adults and persons with Parkinson's disease in a Virtual Cycling (V-Cycle) system. *J NeuroEngineering Rehabil*. 2016 Aug 19;13(1):77. PMID: 27543195. PMCID: PMC4992269. doi: 10.1186/s12984-016-0184-z
52. Iruthayarajah J, McIntyre A, Cotoi A, Macaluso S, Teasell R. The use of virtual reality for balance among individuals with chronic stroke: a systematic review and meta-analysis. *Top Stroke Rehabil*. 2017 Jan;24(1):68-79. PMID: 27309680. doi: 10.1080/10749357.2016.1192361
53. Donath L, Rössler R, Faude O. Effects of Virtual Reality Training (Exergaming) Compared to Alternative Exercise Training and Passive Control on Standing Balance and Functional Mobility in Healthy Community-Dwelling Seniors: A Meta-Analytical Review. *Sports Med*. 2016 Sep;46(9):1293-309. PMID: 26886474. doi: 10.1007/s40279-016-0485-1
54. Xiaoxiao W, HongWei D, Hang L, AiHong W. Effects of Virtual Reality on Balance and Activities of Daily Living in Patients with Parkinson's Disease: A Meta-Analysis. *Chin J Rehabil Theory Pract*. 2017;12:1443-1449.
55. Benoit M, Guerchouche R, Petit PD, Chapoulie E, Manera V, Chaurasia G, et al. Is it possible to use highly realistic virtual reality in the elderly? A feasibility study with image-based rendering. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2015 Mar 3;11:557-63. PMID: 25834437. PMCID: PMC4357614. doi: 10.2147/NDT.S73179
56. Cano Porras D, Siemonsma P, Inzelberg R, Zeilig G, Plotnik M. Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait: systematic review. *Neurology*. 2018 May 29;90(22):1017-1025. PMID: 29720544. doi: 10.1212/WNL.0000000000005603
57. De Keersmaecker E, Lefeber N, Geys M, Jaspers E, Kerckhofs E, Swinnen E. Virtual reality during gait training: does it improve gait function in persons with central nervous system movement disorders? A systematic review and meta-analysis. *NeuroRehabilitation*. 2019;44(1):43-66. PMID: 30814368. doi: 10.3233/NRE-182551
58. Hamilton C, Lovarini M, McCluskey A, Folly de Campos T, Hassett L. Experiences of therapists using feedback-based technology to improve physical function in rehabilitation settings: a qualitative systematic review. *Disabil Rehabil*. 2019 Jul;41(15):1739-1750. PMID: 29513052. doi: 10.1080/09638288.2018.1446187
59. Hassett L, van den Berg M, Allen N. *Everyday Technologies in Healthcare*. Florida US; 2019. p. 141-174.
60. Peterson SM, Rios E, Ferris DP. Transient visual perturbations boost short-term balance learning in virtual reality by modulating electrocortical activity. *J Neurophysiol*. 2018 Oct 1;120(4):1998-2010. PMID: 30044183. PMCID: PMC7054635. doi: 10.1152/jn.00292.2018

61. Weech S, Kenny S, Barnett-Cowan M. Presence and cybersickness in virtual reality are negatively related: a review. *Front Psychol*. 2019 Feb 4;10:158. PMID: 30778320. PMCID: PMC6369189. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00158
62. Wingham J, Adie K, Turner D, Schofield C, Pritchard C. Participant and caregiver experience of the Nintendo Wii Sports™ after stroke: qualitative study of the trial of Wii™ in stroke (TWIST). *Clin Rehabil*. 2015 Mar;29(3):295-305. PMID: 25125442. doi: 10.1177/0269215514542638
63. Ying W, Hua P, Fan J, Na C, Lei Z, Shuo Y. Analysis of tremor characteristics in patients with Parkinson's disease in different stages. *Chin J Neuroimmunol Neurol*. 2017;1:25-28. doi: 10.1016/j.jneuroim.2014.04.012
64. Lei C, Sunzi K, Dai F, Liu X, Wang Y, Zhang B, et al. Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: A systematic review. *PLoS One*. 2019 Nov 7;14(11):e0224819. PMID: 31697777. PMCID: PMC6837756. doi: 10.1371/journal.pone.0224819
65. Triegaardt J, Han TS, Sada C, Sharma S, Sharma P. The role of virtual reality on outcomes in rehabilitation of Parkinson's disease: meta-analysis and systematic review in 1031 participants. *Neurol Sci*. 2020 Mar;41(3):529-536. PMID: 31808000. PMCID: PMC7040061. doi: 10.1007/s10072-019-04144-3
66. Shen X, Mak MK. Balance and Gait Training With Augmented Feedback Improves Balance Confidence in People With Parkinson's Disease: A Randomized Controlled Trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2014 Jul;28(6):524-35. PMID: 24407915. doi: 10.1177/1545968313517752
67. Sampson P, Freeman C, Coote S, Demain S, Feys P, Meadmore K, et al. Using Functional Electrical Stimulation Mediated by Iterative Learning Control and Robotics to Improve Arm Movement for People With Multiple Sclerosis. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2016 Feb;24(2):235-48. PMID: 25823038. doi: 10.1109/TN-SRE.2015.2413906
68. Mahajan HP, Spaeth DM, Dicianno BE, Brown K, Cooper RA. Preliminary evaluation of variable compliance joystick for people with multiple sclerosis. *J Rehabil Res Dev*. 2014;51(6):951-62. PMID: 25356558. doi: 10.1682/jrrd.2013.01.0023
69. Yelshyna D, Gago MF, Bicho E, Fernandes V, Gago NF, Costa L, et al. Compensatory postural adjustments in Parkinson's disease assessed via a virtual reality environment. *Behav Brain Res*. 2016 Jan 1;296:384-392. PMID: 26304718. doi: 10.1016/j.bbr.2015.08.017
70. Zhen L, Xiuguo H, Jing S, Shaojun M. Virtual reality for improving balance in patients after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2016 May;30(5):432-40. PMID: 26141808. doi: 10.1177/02692155155936
71. Pazzaglia C, Imbimbo I, Tranchita E, Minganti C, Ricciardi D, Lo Monaco R, et al. Comparison of virtual reality rehabilitation and conventional rehabilitation in Parkinson's disease: a randomised controlled trial. *Physiotherapy*. 2020 Mar;106:36-42. PMID: 32026844. doi: 10.1016/j.physio.2019.12.007

**UDC 616.858-036.82:615.8**

### **Features of VR Rehabilitation in Patients with Parkinson's Disease**

**Nazhar Saleh S. Kh., Seleznyova S. V., Kozynskyi O. V.,  
Mamedalieva Sevinj Ali-Kyzy, Hira Harpreet Singh**

**Abstract.** *The purpose of the study was to determine the possibilities and effectiveness of VR rehabilitation in patients with Parkinson's disease compared to conventional rehabilitation intervention according to literature sources.*

**Materials and methods.** *The study was carried out based on the results of the research and analysis of existing global scientific studies with the establishment of the possibilities and effectiveness of VR rehabilitation in patients with Parkinson's disease compared to the usual rehabilitation intervention. The search for information was performed using domestic and foreign Internet resources such as Google Scholar, PubMed, Medscape, Scopus, Web of Science databases, etc.*

**Results and discussion.** *Treatment for Parkinson's disease is aimed at restoring motor and non-motor manifestations, which is corrected by appropriate pharmacological and surgical means, which are not fully effective without the addition of adequate rehabilitation interventions. Drug therapy is effective only in the first stages of the disease (some disorders do not respond to pharmacological agents at all); and deep stimulation of the affected area of the brain by implanting electrodes with their incorrect intraoperative location or incorrect stimulation parameters can provoke additional motor and sensory disorders and other adverse reactions. Physical rehabilitation in Parkinson's disease is an effective addition to drug therapy and surgery, and a long-term rehabilitation intervention effectively improves motor skills and cognitive abilities in this disease. In Parkinson's disease, rehabilitative measures aimed at motor-cognitive interactions are more useful in the early stages, which makes it possible to improve motor skills and general daily activities of the patient in real life. However, with the progression of Parkinson's disease, motor-cognitive impairments significantly limit the ability to learn, so it is directed at altered subcortical and cortical mechanisms of plasticity, which makes patients especially*



dependent on external sources of feedback. This problem is quite well leveled by the use of VR rehabilitation mechanisms. The effectiveness of rehabilitation with VR methodology in Parkinson's disease is determined by the need to take into account the arising sensory-motor and cognitive disorders, accurate assessment of the effectiveness of rehabilitation measures, optimized adaptation and safety for the patient himself.

**Conclusion.** When determining the possibilities of VR rehabilitation technologies in patients with Parkinson's disease compared to conventional rehabilitation intervention, it was determined that these technologies are the most promising methods of treatment and rehabilitation intervention and an effective tool for the revitalization of disorders, have a number of advantages in the rehabilitation of gait and balance disorders, cognitive shifts, improving the quality of life and daily activities of patients, leveling neuropsychic symptoms, improving the plasticity of motor nerves and muscle control.

**Keywords:** Parkinson's disease, VR rehabilitation, rehabilitation intervention, gait disorder, balance disorder, cognitive functions.

#### **Contributionship:**

S. Kh. Nazhar Saleh : A,B,D,E,F

Sofia V. Seleznyova : A,D,F

Olexander V. Kozynskyi : A,D

Sevinj Ali-Kyzy Mamedalieva : A,D

Hira Harpreet Singh : A,D

---

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis,  
C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article,  
E – Critical review, F – Final approval of the article

#### **CORRESPONDING AUTHOR**

##### **S. Kh. Nazhar Saleh**

Donetsk National Medical University,  
Department of Rehabilitation and Sports Medicine  
58, Korolenka Str., Kropyvnytskyi 25000, Ukraine  
phone: +380980279103, e-mail: dr.salehnazjar@gmail.com

*The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.*

Received 15.12.2022

Accepted 03.01.2023

*Recommended for publication by a meeting of the editorial board after review*