

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет медицини і фармації  
Кафедра фізичної реабілітації, спортивної медицини та валеології

Домашенко Іван Сергійович

**ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У ФІЗИЧНІЙ  
РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ ПІСЛЯ ІНСУЛЬТУ**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра  
за спеціальністю 227 «Терапія та реабілітація» спеціалізація  
227.01 Фізична терапія

**Науковий керівник:**

Турицька Тетяна Григорівна,  
асистент кафедри, кандидат  
біологічних наук  
(підпис) \_\_\_\_\_

**Рецензент:** Лікар-невролог

КНП "МКЛ 16" ДМР  
Ольга Андрішина

(підпис) \_\_\_\_\_

Роботу рекомендовано до захисту на  
засіданні кафедри фізичної реабілітації,  
спортивної медицини та валеології  
Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач  
кафедри Неханевич Олег Борисович

Роботу захищено на засіданні ЕК з  
оцінкою \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ (за 200-  
бальною шкалою / шкалою ЄКТС)

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ р.  
Голова ЕК \_\_\_\_\_

Дніпро – 2025

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ЗМІСТ .....                                                                                                                                           | 1  |
| АНОТАЦІЯ.....                                                                                                                                         | 3  |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....                                                                                                                        | 4  |
| ВСТУП.....                                                                                                                                            | 6  |
| РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ<br>ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У РЕАБІЛІТАЦІЙНОМУ ПРОЦЕСІ ПАЦІЄНТІВ<br>ПІСЛЯ ІНСУЛЬТУ .....                | 9  |
| 1.1. Інсульт як медико-соціальна проблема .....                                                                                                       | 9  |
| 1.1.1. Патофізіологія та наслідки інсульту.....                                                                                                       | 9  |
| 1.1.2. Основні принципи фізичної реабілітації після перенесеного інсульту..                                                                           | 13 |
| 1.2. Віртуальна реальність як сучасний реабілітаційний інструмент .....                                                                               | 21 |
| 1.2.1. Поняття, особливості та класифікація технологій віртуальної реальності<br>.....                                                                | 22 |
| 1.2.2. Біомеханічні та нейрофізіологічні основи впливу віртуальної реальності<br>.....                                                                | 25 |
| на відновлення рухових функцій.....                                                                                                                   | 25 |
| 1.2.3. Психосоціальні аспекти застосування віртуальної реальності у .....                                                                             | 27 |
| реабілітаційному процесі .....                                                                                                                        | 27 |
| 1.2.4. Протипоказання на можливі ускладнення застосування віртуальної ....                                                                            | 30 |
| реальності у реабілітаційному процесі пацієнтів з інсультом.....                                                                                      | 30 |
| Висновки до розділу 1 .....                                                                                                                           | 33 |
| РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....                                                                                                      | 34 |
| 2.1. Методи дослідження .....                                                                                                                         | 34 |
| 2.2. Організація дослідження .....                                                                                                                    | 46 |
| РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ .....                                                                                              | 53 |
| .....                                                                                                                                                 | 53 |
| 3.1. Відновлення рухових функцій у пацієнтів після інсульту при застосуванні<br>технологій віртуальної реальності в реальній клінічній практиці ..... | 56 |
| 3.2. Порівняльний аналіз ефективності традиційної фізичної реабілітації та                                                                            | 68 |
| реабілітації із застосуванням віртуальної реальності .....                                                                                            | 68 |
| Висновки до розділу 3 .....                                                                                                                           | 72 |
| ВИСНОВКИ .....                                                                                                                                        | 73 |
| ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....                                                                                                                           | 73 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                                                                      | 76 |
| ДОДАТКИ .....                                                                                                                                         | 81 |

## АНОТАЦІЯ

Домашенко І.С використання віртуальної реальності у фізичній реабілітації пацієнтів після інсульту. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 227 Терапія та реабілітація, спеціалізація 227.01 Фізична терапія (227.02 Ерготерапія). – Дніпровський державний медичний університет, Дніпро, 2025.

Науковий керівник: асистент кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини та валеології Дніпровського державного медичного університету, кандидат біологічних наук, доцент Турицька Т.Г

Інсульт є однією з провідних причин інвалідизації у світі, а процес реабілітації пацієнтів після нього залишається складним і тривалим. Традиційні методи фізичної терапії не завжди забезпечують достатній рівень відновлення рухових функцій, що обумовлює необхідність впровадження інноваційних підходів. Технології віртуальної реальності привертають значну увагу як перспективний інструмент для покращення реабілітаційних процесів. Вони забезпечують високий рівень мотивації пацієнтів, дозволяють адаптувати реабілітаційні програми до індивідуальних потреб.

Метою даного дослідження було оцінити ефективність використання віртуальної реальності у фізичній реабілітації пацієнтів після інсульту та визначити її вплив на відновлення рухових функцій. Дослідження проводилося із залученням двох груп пацієнтів: основної групи, що проходила реабілітацію із застосуванням віртуальної реальності, та контрольної групи, якій призначали традиційну фізичну терапію. Для оцінки результатів використовувалися стандартизовані методи функціональної діагностики, включаючи шкалу Берга, індекс ФуглМейера, 6-хвилинний тест ходи та інші.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному аналізі впливу віртуальної реальності на процес реабілітації пацієнтів після інсульту з урахуванням нейрофізіологічних механізмів. Встановлено, що інтерактивне середовище стимулює активацію моторних та сенсорних зон мозку, покращує координацію, баланс та моторний контроль. Підтверджено, що віртуальна реальність сприяє швидшому відновленню рухових функцій. Виявлено також, що ефективність реабілітації з використанням віртуальної реальності залежить від індивідуальних особливостей пацієнта, включаючи вік, стать та ступінь функціонального дефіциту.

Практична значимість дослідження полягає у розробці рекомендацій щодо впровадження віртуальної реальності у програми фізичної реабілітації, що дозволить підвищити її ефективність та скоротити терміни відновлення пацієнтів після інсульту. Використання віртуальної реальності забезпечує можливість персоналізованого підходу, підвищенню мотивації пацієнтів та їхньої залученості до реабілітаційного процесу. Запропоновано систему моніторингу ефективності ВР-терапії на основі об'єктивних клінічних тестів, що дозволяє контролювати динаміку та вчасно коригувати програму реабілітації.

Отримані результати свідчать, що пацієнти, які проходили реабілітацію з використанням віртуальної реальності, демонстрували значно кращі показники відновлення рухових функцій у порівнянні з контрольною групою. Покращення спостерігалось за всіма критеріями оцінки, зокрема рівноваги, координації, мобільності та загальної якості життя. Дослідження також показало, що застосування віртуальної реальності у ранній реабілітації дозволяє мінімізувати ризик вторинних ускладнень, таких як м'язова атрофія та контрактури.

Таким чином, результати роботи підтверджують ефективність віртуальної реальності як сучасного інструменту фізичної реабілітації пацієнтів після інсульту та обґрунтовують доцільність її впровадження у клінічну практику. Рекомендовано розширити застосування віртуальної реальності у стаціонарних та амбулаторних умовах, розробити персоналізовані програми реабілітації з використанням адаптивних технологій та проводити подальші дослідження щодо довготривалих ефектів віртуальної реальності на функціональне відновлення.

Ключові слова: інсульт, фізична реабілітація, віртуальна реальність, моторний контроль, реабілітаційні технології.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

|              |                                                                                  |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>6MWT</b>  | – Six-Minute Walk Test, шестихвилинний тест ходи                                 |
| <b>BBS</b>   | – Berg Balance Scale, шкала Берга                                                |
| <b>CAHAI</b> | – Chedoke Arm and Hand Activity Inventory                                        |
| <b>DGI</b>   | – Dynamic Gait Index, індекс динамічної ходи                                     |
| <b>GCS</b>   | – Glasgow Coma Scale (шкала коми Глазго)                                         |
| <b>MMSE</b>  | – Шкала когнітивної оцінки Mini-Mental State Examination                         |
| <b>NIHSS</b> | – Шкала інсульту National Institutes of Health Stroke Scale                      |
| <b>RMI</b>   | – Rivermead Mobility Index                                                       |
| <b>TUG</b>   | – Timed Up and Go                                                                |
| <b>QoL</b>   | – Шкала оцінки якості життя (Quality of Life)                                    |
| <b>ВООЗ</b>  | – Всесвітня організація охорони здоров'я                                         |
| <b>ВР</b>    | – Віртуальна реальність                                                          |
| <b>ГМ</b>    | – Головний мозок                                                                 |
| <b>ДМ</b>    | – Доказова медицина                                                              |
| <b>ДТП</b>   | – Довготривала потенціація                                                       |
| <b>ЕМС</b>   | – Електроміостимуляція                                                           |
| <b>КН</b>    | – Клінічна настанова                                                             |
| <b>КП</b>    | – Клінічний протокол                                                             |
| <b>ЛФК</b>   | – Лікувальна фізкультура                                                         |
| <b>МКФ</b>   | – Міжнародної класифікації функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я |
| <b>ММТ</b>   | – Мануальне м'язове тестування                                                   |
| <b>МОЗ</b>   | – Міністерство охорони здоров'я                                                  |
| <b>ОЗ</b>    | – Охорона здоров'я                                                               |
| <b>РКД</b>   | – Рандомізовані контрольовані дослідження                                        |
| <b>СІМТ</b>  | – Constraint-induced movement therapy, рухова терапія, викликана обмеженням      |

|            |   |                                 |
|------------|---|---------------------------------|
| <b>ФЕС</b> | – | Функціональна електростимуляція |
| <b>ФР</b>  | – | Фізична реабілітація            |
| <b>ФТ</b>  | – | Фізична терапія                 |
| <b>ШІ</b>  | – | Штучний інтелект                |
| <b>ЯЖ</b>  | – | Якість життя                    |

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Інсульт є однією з провідних причин інвалідизації та смертності у світі. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) та світової Асоціації інсульту, щороку реєструється понад 12 мільйонів нових випадків інсульту, причому майже половина пацієнтів стикається з наслідками у вигляді довготривалих порушень рухових, когнітивних та мовленнєвих функцій [1-5]. В Україні інсульт також залишається гострою медико-соціальною проблемою: щорічно діагностується понад 100 тисяч нових випадків, а рівень смертності та інвалідизації внаслідок перенесених епізодів порушення мозкового кровообігу залишається високим [6].

Сучасні тенденції медичної реабілітації спрямовані на впровадження інноваційних технологій для підвищення ефективності відновлення пацієнтів. В останні роки активно розвиваються цифрові технології, зокрема віртуальна реальність (ВР), що відкриває нові можливості для фізичної реабілітації (ФР) пацієнтів після інсульту. Використання ВР дозволяє створювати персоналізовані реабілітаційні програми, що сприяють відновленню рухових функцій шляхом підвищення мотивації пацієнтів до занять [7-8].

Впровадження технологій ВР у сферу ФР є важливим етапом у розвитку доказової медицини (ДМ). В останні десятиліття з'явилося багато досліджень, які підтверджують ефективність використання ВР у відновленні рухової активності, координації та рівноваги у пацієнтів після інсульту [9-10]. Проте в Україні ці технології залишаються недостатньо інтегрованими в клінічну практику, що зумовлює необхідність подальшого дослідження їх ефективності з перспективою впровадження у вітчизняні уніфіковані клінічні протоколи [11-15].

Оновлення стандартів реабілітації з урахуванням новітніх цифрових технологій потребує комплексного підходу до розробки методологічних основ застосування їх у клініці, а також оцінки їх безпеки та довготривалих результатів [13-14]. Це вимагає проведення ґрунтовних наукових досліджень, які дозволять адаптувати міжнародний досвід до вітчизняної системи охорони здоров'я (ОЗ).

Зважаючи на актуальність проблеми, вибір теми дослідження обумовлений необхідністю аналізу ефективності використання ВР у ФР пацієнтів після інсульту, що сприятиме підвищенню рівня медичної допомоги, покращенню якості життя (ЯЖ) пацієнтів та оптимізації реабілітаційних програм [16].

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота має зв'язок з науковими програмами та дослідницькими проєктами у сфері медичної реабілітації та цифрових технологій. Вона відповідає пріоритетним напрямкам розвитку ОЗ, зокрема впровадженню інноваційних методів у реабілітаційну практику, що відповідає сучасним міжнародним тенденціям та державним стратегіям розвитку медицини.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є оцінка ефективності використання технологій віртуальної реальності у фізичній реабілітації пацієнтів після інсульту та визначення їхнього впливу на відновлення рухових функцій. Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- 1) Проаналізувати патофізіологічні аспекти інсульту та основні принципи фізичної реабілітації пацієнтів, які перенесли ГПМК;
- 2) Визначити теоретичні засади та технологічні особливості застосування ВР у реабілітації та фізичній терапії (ФТ);
- 3) Дослідити вплив ВР на відновлення рухових функцій у пацієнтів після інсульту;
- 4) Здійснити порівняльний аналіз ефективності традиційної ФР та реабілітації із застосуванням технологій ВР;
- 5) Сформулювати рекомендації щодо впровадження технологій ВР у практику комплексної реабілітації пацієнтів після інсульту.

**Об'єкт і предмет дослідження.** Об'єктом дослідження є фізична реабілітація пацієнтів після інсульту. Предметом дослідження є вплив технологій віртуальної реальності на відновлення рухових функцій у пацієнтів після інсульту.

**Методи дослідження.** У дослідженні використано комплекс методів: аналіз наукової літератури, клінічне спостереження, тестування функціонального стану

пацієнтів, експериментальні методи оцінки рухових функцій, статистичні методи аналізу отриманих даних.

**Наукова новизна роботи** полягає у визначенні особливостей впливу ВР на відновлення рухових функцій у пацієнтів після інсульту, встановленні їх ефективності порівняно з традиційними методами реабілітації. У роботі вперше сформульовано алгоритм застосування та розроблено практичні рекомендації щодо використання ВР у клінічній практиці відновлення пацієнтів після ішемічного інсульту.

**Теоретична значущість.** Уточнено механізми впливу ВР на функціональне відновлення у пацієнтів після інсульту, що сприятиме подальшому розширенню наукового підґрунтя розвитку реабілітаційних технологій у вітчизняній клінічній практиці.

**Практична значущість.** Доведено значення ВР як ефективного інструменту ФР, що може бути використано для розробки сучасних реабілітаційних протоколів за принципами ДМ, підвищення ефективності відновлення пацієнтів, скорочення перебування у клініці та оптимізації процесу реабілітації.

**Особистий внесок здобувача** полягає в розробці методологічних підходів до використання ВР у реабілітації пацієнтів після інсульту, проведенні дослідження, аналізі отриманих даних та формулюванні практичних рекомендацій.

**Апробація матеріалів кваліфікаційної роботи.** Отримані в ході виконання магістерської роботи результати дослідження будуть представлені на наукових конференціях та опубліковані у фахових наукових виданнях.

**Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційну роботу представлено наступними структурними елементами: вступ, 3 розділи з відповідними підрозділами із викладенням основного змісту роботи, загальні висновки, практичні рекомендації, список використаних джерел (n=86). Текст роботи викладено на 94 сторінках тексту, з них основна частина складає 75 сторінок.



# **РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У РЕАБІЛІТАЦІЙНОМУ ПРОЦЕСІ ПАЦІЄНТІВ ПІСЛЯ ІНСУЛЬТУ**

## **1.1. Інсульт як медико-соціальна проблема**

Інсульт є однією з провідних причин інвалідизації та смерті у світі, займаючи вагоме місце серед гострих судинних захворювань головного мозку. Це патологічний стан виникає внаслідок порушення мозкового кровообігу, що призводить до пошкодження нейронів і втрати функцій, які вони забезпечують. Залежно від етіології, інсульт поділяють на ішемічний, який спричинений блокуванням кровоносної судини, та геморагічний, що виникає через розрив судини і крововилив у тканину мозку [4, 17].

### **1.1.1. Патофізіологія та наслідки інсульту**

Ішемічний інсульт найчастіше викликаний утворенням тромбів чи емболів, які перешкоджають кровотоку в певній ділянці мозку. Основними факторами ризику його розвитку є атеросклероз, артеріальна гіпертензія, цукровий діабет та серцево-судинні захворювання. Геморагічний інсульт, у свою чергу, зазвичай асоціюється з артеріальною гіпертензією, аневризмами, або розривами патологічно змінених судин. Обидва типи інсульту призводять до ішемії та гіпоксії, що викликає загибель нервових клітин. Патофізіологічні зміни, які супроводжують інсульт, мають каскадний характер. У випадку ішемічного інсульту первинна оклюзія судини спричиняє різке зниження кровопостачання та доставлення кисню до відповідної ділянки мозку. Гіпоксія провокує активацію анаеробного гліколізу, накопичення лактату та розвиток ацидозу. Це, у свою чергу, порушує функцію іонних насосів мембран нейронів, що призводить до надмірного вивільнення глутамату [6, 18].

Ішемічний інсульт є найпоширенішою формою гострого порушення мозкового кровообігу, зумовленою оклюзією артерій, які постачають кров до

мозку. Основним патофізіологічним механізмом ішемічного інсульту є зменшення або припинення мозкової перфузії внаслідок тромбозу, емболії чи стенозу церебральних судин. Це порушення спричиняє розвиток гіпоксії та енергетичного дефіциту в тканинах мозку, що активує каскад патологічних процесів, включаючи вивільнення глутамату, надлишкову активацію NMDAрецепторів, накопичення внутрішньоклітинного кальцію та утворення вільних радикалів. У зоні оклюзії формується ядро інфаркту, оточене пенумброю, де клітини частково зберігають життєздатність, однак їх функціональна активність порушена. Своєчасна реперфузія може сприяти відновленню клітин у зоні пенумбри, але зволікання призводить до їх необоротної загибелі. Ішемічний інсульт класифікується за етіологією, патогенезом та клінічними проявами. За етіологічними факторами виділяють атеротромботичний, кардіоемболічний, лакунарний, гемодинамічний і криптогенний інсульт. Атеротромботичний інсульт виникає через оклюзію великих артерій, спричинену атеросклеротичними бляшками, тоді як кардіоемболічний є наслідком емболії, що утворюється внаслідок серцевих патологій. Лакунарний інсульт пов'язаний із ураженням дрібних перфоруєчих артерій, гемодинамічний виникає через зниження системного кровообігу, а криптогенний має невстановлену причину. Клінічно ішемічний інсульт може проявлятися різноманітними неврологічними розладами, зокрема порушенням моторних, сенсорних, когнітивних або мовних функцій, залежно від локалізації ураження [18].

Перебіг ішемічного інсульту поділяється на кілька періодів: гострий, підгострий і відновлювальний. Гострий період триває до трьох діб від початку симптомів і супроводжується найбільш інтенсивним розвитком патологічних процесів, включаючи загибель нейронів і формування осередку некрозу. У підгострому періоді, який триває до трьох тижнів, відбувається стабілізація патологічних змін і поступове зменшення набряку мозку. Відновлювальний період триває від трьох тижнів до кількох місяців, а іноді й років, протягом якого активуються часткове відновлення функцій завдяки реорганізації нервових мереж [14, 18].

Геморагічний інсульт супроводжується механічним здавленням тканин мозку кров'ю, що вилилася, та набряком мозку. В результаті цього виникає значне підвищення внутрішньочерепного тиску, що обмежує подальше кровопостачання і посилює гіпоксію. Окрім цього, кровоносна тканина викликає локальну запальну реакцію, яка поглиблює пошкодження нервової тканини. Запальні процеси займають важливе місце в патогенезі інсульту. Мікроглія та астроцити активуються у відповідь на ішемію чи крововилив, виділяючи прозапальні цитокіни, такі як інтерлейкін-1 $\beta$  та фактор некрозу пухлин- $\alpha$ . Ці молекули сприяють рекрутуванню лейкоцитів у зону ураження, що збільшує ступінь пошкодження тканини мозку через окисний стрес і протеолітичну активність [6, 14].

У зоні ураження інсульту виділяють ядро ішемії та пенумбру. Ядро характеризується незворотною загибеллю клітин через повну відсутність кровопостачання, тоді як пенумбра оточує ядро і має часткове збереження кровотоку. Пенумбра є потенційно відновлюваною за умови своєчасного лікування, що робить її основною мішенню для терапевтичних втручань. На клітинному рівні інсульт спричиняє пошкодження мембран нейронів, дисфункцію мітохондрій та активацію апоптотичних шляхів. Окисний стрес, зумовлений надмірним утворенням вільних радикалів, руйнує ліпіди, білки та ДНК клітин. Це підсилює патологічні зміни і сприяє прогресуванню пошкодження [18].

Клінічні наслідки інсульту залежать від локалізації ураження та його обсягу. Пошкодження у передній мозковій артерії зазвичай викликає порушення моторної та сенсорної функції протилежної сторони тіла, тоді як ураження середньої мозкової артерії часто супроводжується афазією, геміанопсією та геміпарезом. Враження стовбура мозку може спричинити розлади ковтання, дихання та серцевої діяльності, що є критично небезпечним для життя [19].

На рівні організму інсульт призводить до серйозних ускладнень, таких як пневмонія, тромбози глибоких вен, інфекції сечовивідних шляхів та пролежні. Ці стани суттєво погіршують прогноз для пацієнта і ускладнюють процес

реабілітації. Саме тому післяінсультна реабілітація є необхідною для зниження ризику повторних інсультів і покращення якості життя пацієнтів [19].

Втома є поширеною скаргою після інсульту, і вона очевидна навіть у тих осіб, які повністю одужали. Понад 40% людей, які перенесли інсульт, повідомляють про постійні проблеми з втомою, які впливають на їхню повсякденну діяльність із браком енергії та/або підвищеною потребою у відпочинку щодня, як основні характеристики, які можуть бути спричинені як психічними, так і фізичними діяльність. Втома також асоціюється з депресією і може бути провісником скорочення тривалості життя. Стратегії управління включають визначення тригерів і стимуляторів відновлення, модифікації навколишнього середовища та зміни способу життя, планування та темп, когнітивні стратегії для зменшення розумових зусиль та психологічну підтримку для вирішення проблеми настрою, стресу та адаптації [18-19].

Інсульт також має значні соціально-економічні наслідки. Велика кількість пацієнтів потребують тривалої медичної допомоги та сторонньої підтримки, що створює навантаження на систему охорони здоров'я та родини пацієнтів. Повернення до активного життя після інсульту є складним завданням, яке вимагає інтеграції медичних, фізичних та психологічних аспектів реабілітації [17-18].

Таким чином, патофізіологія інсульту ряд процесів, що розвиваються на молекулярному, клітинному та системному рівнях. Розуміння цих механізмів є фундаментом для розробки ефективних методів реабілітації, які враховують специфіку пошкоджень і потенціал до відновлення уражених функцій.

### **1.1.2. Основні принципи фізичної реабілітації після перенесеного інсульту**

ФР після ішемічного інсульту є комплексним процесом, спрямованим на відновлення втрачених функцій, адаптацію до нових умов життя та профілактику вторинних ускладнень [19]. Основою ефективної реабілітації є індивідуальний

підхід, що враховує тяжкість неврологічного дефіциту, фізичний стан пацієнта та рівень його функціональної незалежності. Першочерговим етапом реабілітації є функціональна оцінка, яка визначає рівень порушення рухових, когнітивних та інших функцій [7, 15, 20]. Для цього застосовуються стандартизовані шкали, що дозволяють кількісно оцінити ступінь та характер ураження та/або інвалідизації, відстежувати динаміку відновлення. Детальний аналіз та обґрунтування вибору методів оцінки порушень при ГПМК у пацієнтів представлено у розділі 2.

За останні роки спостерігається експоненційне зростання кількості рандомізованих контрольних досліджень (РКД) щодо ФТ-втручань, які застосовуються при інсульті [15]. В основному, нові дані полягають у збільшенні кількості доказово-обґрунтованих втручань із статистично значимими показниками ефективності. Також, в результаті аналізу даних доказових наукових джерел встановлено, що на сучасному етапі стратегія реабілітаційного процесу повинна формуватися шляхом обговорення мультидисциплінарною командою фахівців [7, 21-24]. До такої команди повинні входити фахівці наступних напрямків:

- Лікарі (невролог, нейрохірург, терапевт, інші спеціалісти – у разі потреби)
- Медсестри (середній медичний персонал кваліфікований в реабілітології)
- Фізіотерапевти (фізичні терапевти)
- Ерготерапевти
- Фахівці з лікувальної рекреації
- Лікарі-логопеди
- Фахівці з профпатології
- Соціальні працівники
- Психологи

Таким чином, мультидисциплінарний підхід повинен забезпечити всебічне відновлення функцій організму пацієнта у найбільшій можливій мірі, будучи спрямованим на попередження або зниження інвалідизації, попередження ускладнень та покращення загальної ЯЖ пацієнта [23]. Відомо, що реабілітаційний процес повинен починатися якнайшвидше з моменту

поступлення пацієнта у стаціонарний заклад ОЗ, де йому надаватиметься спеціалізована допомога. Наприклад, позиціонування пацієнта потрібно організувати впродовж 4 годин від посуплення пацієнта. У випадку ішемічного інсульту, потреба у реабілітаційних втручаннях не залежить від того, чи є пацієнт кандидатом на тромболітичну терапію, нейрохірургічну елімінацію вогнища ішемії або ж консервативну терапію. Доведено, що іммобілізація пацієнтів із інсультом пов'язана із високим ризиком кардіоваскулярних ускладнень, зокрема із тромбозом глибоких вен нижніх кінцівок. Пацієнти з обмеженням рухів (парез або плегія) після інсульту повинні бути обстежені якнайшвидше протягом перших 24 годин після початку інсульту відповідним чином підготовленим медичним персоналом для визначення найбільш прийнятних і безпечних методів переміщення та мобілізації. Почати мобілізацію (активність поза ліжком) необхідно протягом 24-48 годин після початку інсульту, якщо пацієнт не є кандидатом на паліативну допомогу (тобто, знаходиться у критичному стані, підлягає реанімаційним заходам, є без свідомості тощо). Однак, не рекомендується починати інтенсивну активність поза ліжком протягом 24 годин від початку інсульту. Така мобілізація показана лише пацієнтам, які потребують незначної допомоги або взагалі не потребують мобілізації (у випадку транзиторної ішемічної атаки та відповідно відсутності неврологічного дефіциту) [7, 75-76].

У контексті ФТ інтенсивність тренувань розглядається в якості маркера ефективності відновного процесу, який вважається прямопропорційним навантаженню. Встановлено, що 17 годин терапії впродовж 10 тижнів необхідні для значного позитивного ефекту як на рівні функціонування організму, так і на рівні активності та участі за МКФ [20-25].

Принципи ФР при інсульті залежать від потреб пацієнтів, які в свою чергу продиктовані об'ємом ураження ЦНС та спричиненого ним неврологічного дефіциту. На цьому також ґрунтується подальший вибір методів і засобів ФТ при ФР [7, 15, 20-24].

Проблеми з утриманням балансу є типовими для людей після інсульту, як правило, через поєднання слабкого контролю над рухом кінцівок і тулуба, зміненого відчуття та іноді центрально визначеної зміни у сприйнятті положення тіла, коли людина неправильно сприймає свою позу по відношенню до вертикалі. Порушення рівноваги часто призводить до зниження впевненості, страху падіння та підвищує ризик падінь [11, 27, 39]. Сучасні дані свідчать про те, що вправи для тулуба покращують продуктивність тулуба (витягування за межі витягнутої руки сидячи під наглядом/допомогою) та динамічну рівновагу у позі сидячи, тоді як тренування з конкретними завданнями покращують динамічну рівновагу як сидячи, так і стоячи [26]. Стратегії тренування рівноваги стоячи можуть включати: виконання функціональних завдань у положенні стоячи, тренування ходи, що включає завдання рівноваги стоячи, забезпечення візуального або слухового зворотного зв'язку, прогресивні тренування рівноваги, вправи для зміцнення нижніх кінцівок, ортезування гомілковоступневого суглоба [21-23, 75-76].

Найвищим пріоритетом для багатьох людей з обмеженою рухливістю після інсульту є самостійна ходьба [27]. Якщо після інсульту ефективність ходьби знижена, соціальна активність може бути обмежена, і люди можуть бути прикуті до дому та ізольовані від суспільства. Доказово обґрунтованими методами тренування ходи у пацієнтів після інсульту є наступні підходи: кругові тренування з акцентом на практику наземної ходьби, тренування на біговій доріжці з підтримкою ваги тіла або без неї [48], використання технологій ВР [39, 57, 73-74, 80, 84]. Також ефективними методами терапії ходи є застосування електромеханічної підтримки [29], ритмічна хода в такт, біологічний зворотній зв'язок, функціональна електроміостимуляція (ЕМС) [28]. Людям, які можуть самостійно ходити після інсульту, слід пропонувати тренування на біговій доріжці з підтримкою ваги тіла або без неї або інші втручання, орієнтовані на ходьбу, з підвищеною інтенсивністю як доповнення до інших методів лікування [7, 20-24, 27, 48].

Електромеханічно-асистовані тренування ходи, з частковою підтримкою ваги тіла та без нього, а також з використанням або без функціональної

електростимуляції (ФЕС), використовуються в якості доповнення до «наземного» тренування ходи для реабілітації пацієнтів після інсульту та можуть використовуватися для інтенсивного тренування стаціонарних пацієнтів циклами (у умови великої кількості повторів) [28]. Автоматизовані електромеханічні апарати для ходи складаються з екзоскелетного ортеза, керованого роботом, або електромеханічного рішення з двома керованими пластинами для ніг, що імітують фази ходи, і зменшують зусилля фізичного терапевта, оскільки більше не потрібно фіксувати паретичні кінцівки чи допомагати рухам тулуба. Основна відмінність між електромеханічним тренуванням і тренуванням на біговій доріжці полягає в тому, що процес тренування ходи автоматизований і підтримується електромеханічним рішенням [7]. Сучасні дослідження свідчать, що повторювані тренування ходи в поєднанні з фізіотерапією можуть покращити здатність ходити у пацієнтів після інсульту. Також встановлено, що ФЕС здатна помірно покращувати активність верхніх кінцівок у порівнянні з відсутністю втручання або лише з тренуванням. Сучасні дані свідчать про те, що електричну стимуляцію слід використовувати в реабілітації після інсульту, щоб покращити функціональну здатність верхніх кінцівок [7, 20, 28].

Дослідження моторного контролю надають значні докази того, що слуховий ритм може покращити хронометраж і варіабельність моторних реакцій, зокрема, у рухових завданнях із складними вимогами до хронометражу або при розладах, що впливають на хронометраж руху, зовнішній ритм може забезпечити додаткову стабільність механізмам хронометражу в мозку [7].

Наземна ходьба передбачає ходьбу та пов'язану з ходьбою діяльність на твердій поверхні, де фізичний терапевт спостерігає за ходом пацієнта на рівній поверхні, і закликає його виконувати ряд різних дій і вправ, щоб впливати на свою ходу. Перевага полягає в простоті: тренування ходи на землі можна використовувати практично будь-де не потребуючи великої кількості високотехнологічного обладнання. До того ж, встановлено, що хода по землі на відкритій місцевості має кращий ефект в розрізі подолання відстані, ніж



застосування з цією метою бігової доріжки. Також, цей підхід має доведений позитивний вплив на тривожні розлади у пацієнтів із перенесеним інсультом [7].

Застосування ортезів спрямоване на зміну структур тіла, підтримку та стабілізацію м'язів. Однак, ефект досягається лише під час їх застосування та не зберігається після усунення. Доцільність таких засобів, як ортези повинна розглядатися індивідуально [7].

Окрім відновлення ходи, ФТ сфокусована на відновлення інших функцій організму, зокрема рухових. Відомо, що до 85% людей після інсульту відчують зміну функції руки, причому приблизно у 40% людей функція верхньої кінцівки порушується на тривалий час. Доведено, що втрата функції руки негативно впливає на ЯЖ. Функціональне відновлення моторики уражених верхніх кінцівок у пацієнтів з геміплегією є основною метою фізіотерапевтів [20-21, 32, 36]. На даний момент немає переконливих доказів для будь-яких методів, які застосовуються, а також для порівняння їх ефективності. Людям з інсультом із потенційним або реальним порушенням рухливості руки слід надати всі можливості практикувати функціональну діяльність, яка включає рухи високої інтенсивності, повторювані та пов'язані з конкретним завданням [75-76]. Ці дії можуть бути двосторонніми або односторонніми залежно від конкретного завдання. Двостороннє (білатеральне) тренування рук може використовуватися як частина комплексної цілеспрямованої реабілітації. Однак, якщо дозування і навантаження підібрані правильно, одностороннє навчання може бути більш ефективним [58-61, 71-72, 77, 79].

Ще одним методом, що володіє доказовістю у реабілітації пацієнтів із перенесеним ГМПК та геміпарезами, є СІМТ-терапія – рухова терапія, викликана обмеженням, що передбачає інтенсивну цілеспрямовану роботу з ураженою кінцівкою з одночасним утриманням неуразеної кінцівки (підв'язування, биндування до тулуба чи обмеження у інший спосіб), тобто, під час виконання конкретного завдання пацієнти з геміплегією змушені використовувати уражену кінцівку [23, 29, 48].

Роботизовані пристрої для забезпечення пасивних, активних або резистивних рухів кінцівок можуть забезпечити лікування, яке реагує на

конкретні потреби людини, використовуючи рухи людини як зворотний зв'язок [29, 82]. Наразі докази ефективності застосування методу суперечливі внаслідок їх обмеженості. Тому, пацієнтам зі зниженою функціональністю верхньої кінцівки після інсульту слід пропонувати рухову терапію за допомогою робота або нервово-м'язову ЕМС лише як доповнення до традиційної терапії в контексті клінічного випробування. Численні випробування свідчать на користь застосування ВР-технологій у відновленні функції паретичної верхньої кінцівки [30-34, 36, 58-59, 61, 63, 71-72, 77, 79, 83, 85].

Доказова база щодо ФТ-втручань на руці із залученням ВР та інтерактивних відеоігор (як доповнення до звичайного лікування для збільшення загального часу терапії) розвивається, хоча дослідження часто мають низьку якість і необхідне подальше вивчення. Попри це, удосконалення та поширеність технологій ВР означає, що пристрої, які використовують комп'ютерні та ігрові технології, тепер є в домівках багатьох людей. Потенціал цих допоміжних засобів максимізувати реабілітаційну практику, орієнтовану на завдання, і збільшити витрати енергії активно вивчається науковцями, зокрема і в контексті терапії інсульту [28, 40-43, 49-52, 64, 68].

Дзеркальну терапію можна використовувати як доповнення до звичайної терапії для покращення функції руки після інсульту для осіб із легкою та помірною слабкістю, комплексним регіональним больовим синдромом та/або ігноруванням кінцівки [38, 47, 65].

Ментальні практики у пацієнтів без когнітивного дефіциту у поєднанні з активним руховим тренуванням можна використовувати для покращення функції руки в осіб із слабо або помірно вираженим парезом руки [7].

Реабілітація повинна включати індивідуально підібрані вправи кардіореспіраторного навантаження [82]. Зважаючи на поширеність різноманітних фітнес-програм, що включають кардіотренування, даний метод є доступним засобом реабілітації. Розпочати кардіореспіраторні тренування необхідно ще під час перебування в стаціонарі. Фахівці з ФТ повинні заохочувати

пацієнтів до постійної регулярної фізичної активності незалежно від рівня непрацездатності [35, 48].

Тренування з прогресивним опором слід пропонувати тим пацієнтам, у кого спостерігається зниження сили в руках або ногах. Орієнтоване на завдання кругове тренування у пацієнтів з легкою та помірною непрацездатністю після інсульту є безпечним так само ефективним, як індивідуальне (розроблене для конкретного пацієнта) лікування протягом перших шести місяців після інсульту. Кругове тренування виявилось більш ефективним з точки зору швидкості ходьби, ходьби сходами та відстані ходьби, хоча відмінності були невеликими; 9 см/с для швидкості ходьби та 20 м для відстані відповідно. Також з'являється все більше доказів того, що кругові тренування ефективні для покращення навичок ходьби пацієнтів у хронічній фазі інсульту. Перевага кругового навчання полягає в тому, що воно пропонується в групах від двох до восьми пацієнтів, зменшуючи співвідношення кількості персоналу до пацієнтів і, можливо, більш економічно ефективно [7, 24, 48].

Занурення у воду може покращити лікування людей з неврологічними порушеннями, приносячи як терапевтичні, так і психологічні та соціальні переваги. Гідротерапія – це термін, який використовується для вправ у теплій воді, і є популярним методом лікування пацієнтів із неврологічними захворюваннями та захворюваннями опорно-рухового апарату. Належна практика гідротерапії, визначена відповідними клінічними рекомендаціями, з використанням властивостей води, розроблену відповідним кваліфікованим фізіотерапевтом для покращення функції, рекомендована до застосування, бажано, у спеціально побудованому басейні для гідротерапії з відповідним підігрівом. Альтернативою є сухі басейни, однак, ефект від їх застосування з метою ФТ пацієнтів після інсульту є дещо нижчим [7, 20, 23, 28, 75-76].

В науковій літературі існує значна дискусія щодо визначення, фізіологічної природи та важливості постінсультної спастичності. Спастичність може викликати дискомфорт або біль і може бути пов'язана з обмеженням активності. Спастичність є поширеним явищем, особливо в нефункціональній руці з тісним зв'язком між спастичністю та іншими порушеннями функції та рухливості руки.

Серед методів, що застосовуються для менеджменту спастичності на сучасному етапі, найпоширенішими є стретчинг (розтягування), а також ботулінотерапія. Ще одним викликом для фахівця ФТ є боротьба з післяінсультними контрактурами. М'язова контрактура – це постійне вкорочення м'яза або суглоба. Зазвичай це реакція на тривалу гіпертонічну спастичність у зосередженій м'язовій зоні. Контрактури не є рідкістю в кінцівках, уражених спастичністю та можуть перешкоджати таким діям, як миття або одягання, а також можуть бути незручними або болісними та обмежувати здатність сидіти в інвалідному візку чи рухатися. Систематичний огляд, щоб визначити, чи збільшує розтягнення рухливість суглобів у людей із наявними контрактурами або в групі ризику розвитку контрактур надає від середньої до високої якості докази того, що розтягнення, як пасивне, так і за допомогою шини або пов'язаного гіпсу, не має клінічно важливого впливу на рухливість суглобів у люди з неврологічними захворюваннями [7, 19].

Основні засоби фізичної реабілітації пацієнтів із ГПМК включають також кінезіотерапію, масаж, ерготерапію та фізіотерапевтичні методи. Кінезіотерапія є провідним компонентом, що базується на відновленні активних і пасивних рухів, поліпшенні м'язового тону та координації. Використовуються індивідуальні програми вправ, спрямовані на зміцнення слабких м'язів і тренування рухових функцій. Масаж є допоміжним засобом реабілітації, який сприяє покращенню кровообігу, зниженню спастичності та нормалізації тону м'язів. Масажні техніки підбираються з урахуванням стану пацієнта, з акцентом на уражені кінцівки та ділянки, схильні до контрактур [12, 15].

Ерготерапія відіграє важливу роль у відновленні побутових навичок та адаптації до змінених умов життя. Завдяки використанню спеціальних пристосувань пацієнти поступово навчаються виконанню базових завдань, таких як одягання, прийом їжі та особиста гігієна [25, 30, 60, 78].

Постійний моніторинг результатів фізичної реабілітації дозволяє своєчасно коригувати програми відновлення. Це забезпечує поступове підвищення функціональної незалежності пацієнта та покращення його якості життя [20].

## **1.2. Віртуальна реальність як сучасний реабілітаційний інструмент**

ВР є сучасним інструментом реабілітації, що дозволяє створювати інтерактивне середовище для відновлення рухових, когнітивних і психоемоційних функцій пацієнтів [8-9]. Її застосування базується на можливості моделювання реалістичних сценаріїв, адаптованих до потреб кожного пацієнта, що сприяє більш ефективному тренуванню в умовах, наближених до реальних [40-41]. Завдяки технологіям ВР можна забезпечити контрольоване та безпечне середовище для відновлення навичок ходьби, координації рухів, рівноваги та виконання повсякденних завдань [57, 59, 63]. Використання візуального та аудіального зворотного зв'язку, а також можливості тактильного впливу забезпечують активну участь пацієнта у реабілітаційному процесі, формування нових моторних шляхів у головному мозку [67].

Технології ВР є інтерактивними системами, що дозволяють створювати штучно змодельований простір, у якому користувач може взаємодіяти з об'єктами та середовищем у режимі реального часу. В основі ВР лежить використання комп'ютерних алгоритмів, датчиків руху, візуалізаційних пристроїв та інших інструментів, які забезпечують багатоканальну стимуляцію органів чуття для створення ефекту занурення [40-41, 54, 59, 63].

Доказові дані свідчать, що ВР та інтерактивні ігри слід використовувати для покращення функції верхньої кінцівки в осіб із легким або помірним ураженням руки після інсульту [49, 50, 68]. ВР-терапія повинна тривати щонайменше 15 годин загального часу терапії для досягнення ефекту [43, 51].

### **1.2.1. Поняття, особливості та класифікація технологій віртуальної реальності**

Поняття ВР охоплює як технічні аспекти її реалізації, так і психологічні характеристики взаємодії користувача зі змодельованим середовищем. Ефект присутності у віртуальному просторі досягається завдяки синхронній роботі

систем зорового, слухового, тактильного та, у деяких випадках, вестибулярного аналізаторів. Це створює відчуття реалістичності та дозволяє користувачеві активно брати участь у віртуальних сценаріях [52, 55-56].

Особливістю технологій VR є їхня здатність адаптуватися до потреб і характеристик користувача. Завдяки інтерактивності та персоналізації VR-технології можуть моделювати різноманітні середовища та ситуації, що забезпечує широкий спектр їхнього застосування, зокрема у сфері ФР, навчанні, розвагах та науці. Одним із ключових аспектів функціонування VR-систем є багатоканальний інтерфейс взаємодії між користувачем та віртуальним середовищем. Це досягається за допомогою спеціалізованих пристроїв, таких як шоломи VR, рукавички з тактильним зворотним зв'язком, трекери руху та аудіосистеми. Сучасні VR-технології також використовують штучний інтелект (ШІ) для адаптації сценаріїв і підвищення реалістичності взаємодії [60-62].

Класифікація технологій VR ґрунтується на різних підходах, зокрема на рівні занурення, типі взаємодії та технічних характеристиках. За рівнем занурення виділяють повну, часткову та змішану реальність. Повна VR передбачає максимальне ізолювання користувача від реального світу за допомогою шолома або іншого обладнання, тоді як часткова реальність дозволяє взаємодіяти з елементами як віртуального, так і реального середовища. Змішана реальність є окремим класом, який поєднує елементи реального та віртуального світів, створюючи інтерактивне середовище. Ця технологія базується на використанні доповненої реальності (ДР), що дозволяє накладати віртуальні об'єкти на реальну обстановку, інтегруючи їх у єдину систему [10, 40, 64, 66, 69].

За типом взаємодії VR-технології можна класифікувати на пасивні та активні. Пасивні технології надають користувачеві можливість спостерігати за змодельованим середовищем, не впливаючи на нього, тоді як активні системи дозволяють повноцінну інтерактивну взаємодію, зокрема маніпуляцію об'єктами, переміщення в просторі та виконання завдань [70].

Класифікація за технічними характеристиками охоплює стаціонарні, мобільні та хмарні VR-системи. Стаціонарні системи базуються на

високопродуктивних комп'ютерах та спеціалізованому обладнанні, що забезпечує високий рівень деталізації та реалістичності. Мобільні VR-системи є портативними і використовують смартфони або планшети як основний обчислювальний блок. Хмарні системи забезпечують доступ до віртуального середовища через інтернет, використовуючи обчислювальні потужності серверів [40, 52, 55, 72].

Особливе значення мають VR-системи з функцією тактильного зворотного зв'язку, які дозволяють користувачеві отримувати фізичні відчуття від взаємодії з віртуальними об'єктами. Це досягається за допомогою спеціальних рукавичок, костюмів або інших пристроїв, що імітують дотик, натискання чи опір [59].

Технології VR також класифікуються за сферою застосування. У медицині вони поділяються на діагностичні, терапевтичні та реабілітаційні. Реабілітаційні VR-технології спрямовані на відновлення рухових, когнітивних та психоемоційних функцій пацієнтів. Перелік поширених пристроїв, що можуть застосовуватися з метою реабілітації пацієнтів після інсульту наведено у таблиці 1.1 [7, 10, 37, 40].

Таблиця 1.1 - Поширені пристрої, які використовуються у VR-реабілітації

| Прилад           | Виробник                      | Опис технології                                                                                                         |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Oculus (Quest 2) | Oculus VR                     | 3D позиційне аудіо, датчик 6 DOF для відстеження руху голови, вища роздільна здатність, відсутність кабельних з'єднань. |
| Oculus (Rift S)  | Oculus VR                     | Бібліотека програмного забезпечення та легке налаштування за допомогою апаратної платформи ПК.                          |
| CAREN            | Motek Technologies            | Система фіксації руху та сили в реальному часі, рухома платформа з 6 DOF, система «театру» на 360 градусів.             |
| Samsung Gear VR  | Samsung Electronics Co., Ltd. | Перетворює мобільний телефон на портативну систему VR; легкий.                                                          |
| Psious           | Amelia Virtual Care           | Зосереджена на модулях для психічного здоров'я.                                                                         |

|                         |                                            |                                                                                                                                                           |
|-------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Virtualis               | Virtualis VR<br>(Perols,<br>France)        | Забезпечує модулі для різних станів здоров'я для покращення повсякденної активності, рівноваги, рухової функції, гемінеглекту, пізнання та пропріоцепції. |
| Nintendo Wii variations | Nintendo Co.,<br>Ltd.                      | Досвід ВР через аватар гравця; фіксує рухи за допомогою портативного пристрою та інфрачервоних датчиків.                                                  |
| Kinect for Xbox 360/One | Microsoft Corporation                      | Забезпечує захоплюючий досвід, коли люди використовують своє тіло для керування рухами у грі.                                                             |
| Reh@City                | Teresa Paulino,<br>Universidade da Madeira | Орієнтування у місті та виконання активної повсякденної діяльності                                                                                        |
| BTS Nirvana VR          | BTS Bioengineering                         | Забезпечує реабілітаційні модулі, специфічні для неврологічних розладів.                                                                                  |

Застосування ВР у розважальній індустрії охоплює створення ігрових платформ, фільмів та інших форм інтерактивного контенту. Тут основний акцент робиться на залученні користувача до динамічного та емоційно насиченого середовища. Цей принцип також знайшов своє застосування у реабілітаційній практиці. ВР також використовується у сфері наукових досліджень, зокрема для моделювання складних фізичних, біологічних чи хімічних процесів. Це дозволяє дослідникам вивчати складні системи у безпечних умовах та з високою точністю. У навчальних цілях ВР-технології використовуються для моделювання складних або небезпечних ситуацій, таких як хірургічні операції або техногенні аварії. Завдяки цьому користувачі мають можливість відпрацьовувати необхідні навички в умовах, максимально наближених до реальних [49-50, 68].

Завдяки постійному вдосконаленню технічних компонентів ВР-технологій вони стають більш доступними та універсальними. Розробка нових інтерфейсів та систем інтеграції дозволяє адаптувати їх до специфічних потреб різних галузей, зокрема реабілітації пацієнтів із неврологічними порушеннями [66, 69].

### **1.2.2. Біомеханічні та нейрофізіологічні основи впливу віртуальної реальності на відновлення рухових функцій**



Використання ВР у реабілітації пацієнтів з ішемічним інсультом ґрунтується на здатності цієї технології сприяти відновленню рухових функцій через інтерактивну взаємодію з віртуальним середовищем. Біомеханічні аспекти застосування ВР полягають у створенні модифікованих умов для виконання рухів, що знижує ризик травм, дозволяє враховувати індивідуальні обмеження пацієнта і забезпечує поступове відновлення м'язової активності. Віртуальне середовище дозволяє моделювати специфічні рухові завдання, спрямовані на зміцнення слабких м'язів, покращення координації та підвищення контролю над рухами [43, 52].

Нейрофізіологічний вплив ВР базується на активації моторних, сенсорних і асоціативних зон мозку через багатоканальну сенсорну стимуляцію. Інтерактивні вправи у віртуальному середовищі забезпечують одночасну активацію зорових, слухових і тактильних аналізаторів, що стимулює утворення нових нейронних зв'язків у пошкоджених ділянках мозку. Завдяки ефекту присутності у ВР пацієнт залучається до виконання завдань, що імітують реальні рухи, і отримує зворотний зв'язок, який допомагає вдосконалювати рухові навички.. Під час взаємодії з віртуальним середовищем пацієнт може спостерігати правильне виконання рухів, що стимулює активацію моторних зон мозку, відповідальних за планування та реалізацію цих рухів. Це сприяє відновленню моторної функції навіть за наявності значних уражень ЦНС. Завдяки інтерактивному характеру ВР створюються умови для активного залучення пацієнта до процесу реабілітації, що підвищує його мотивацію та прискорює відновлення [10, 47].

Одним із біомеханічних аспектів застосування ВР також є корекція біомеханіки рухів через візуалізацію та модифікацію кінематичних параметрів. У реабілітаційному процесі застосовуються системи, які дозволяють відстежувати амплітуду, швидкість і траєкторію рухів пацієнта, забезпечуючи можливість їхнього коригування в режимі реального часу [57-58]. Це сприяє оптимізації рухових патернів і запобігає розвитку патологічних компенсаторних механізмів [73]. На рівні біомеханіки ВР забезпечує поступове відновлення балансу і ходьби через вправи, що імітують природні рухові стереотипи. Спеціалізовані

платформи та датчики дозволяють моделювати різні сценарії, наприклад, ходьбу по віртуальній доріжці, яка адаптується до швидкості й ритму пацієнта. Це сприяє зміцненню м'язів нижніх кінцівок, відновленню рівноваги та поліпшенню координації. Біомеханічна підтримка VR-технологій також включає зниження навантаження на пошкоджені сегменти опорно-рухового апарату [27, 39, 57, 73-74, 80, 84]. Це досягається за допомогою застосування екзоскелетів та інших пристроїв, які дозволяють пацієнту виконувати рухи з мінімальним фізичним зусиллям, забезпечуючи безпеку та поступове підвищення інтенсивності тренувань [9-10, 78].

Перевагою VR є можливість застосування біологічного зворотного зв'язку, який дозволяє пацієнту контролювати свої рухи на основі інформації, отриманої через візуалізацію або звукові сигнали: у реабілітаційних програмах використовується візуалізація м'язової активності або руху кінцівок, що стимулює мотивацію пацієнта до більшої активності та вдосконалення рухових навичок [57, 84].

Вплив VR на відновлення рухових функцій також пов'язаний із активацією мотиваційних механізмів. Пацієнт, виконуючи завдання у віртуальному середовищі, отримує миттєвий позитивний зворотний зв'язок у вигляді візуальних або аудіальних сигналів, що сприяє формуванню позитивного підкріплення і підвищує ефективність реабілітації. Це особливо важливо для пацієнтів з ішемічним інсультом, які часто мають знижений рівень мотивації через когнітивні чи емоційні розлади [16, 46, 67, 81, 86].

Застосування VR у пацієнтів з ішемічним інсультом дозволяє поєднувати біомеханічний і нейрофізіологічний підходи для досягнення синергетичного ефекту [40, 54]. Інтеграція цих аспектів створює умови для максимально ефективного відновлення рухових функцій через поєднання активного навчання, багатоканальної сенсорної стимуляції та індивідуалізованих програм реабілітації.

### **1.2.3.Психосоціальні аспекти застосування віртуальної реальності у реабілітаційному процесі**

Застосування технологій ВР у ФР пацієнтів після інсульту виходить за межі лише фізичного відновлення, охоплюючи також психосоціальні аспекти. Інсульт часто призводить до суттєвих змін у житті пацієнтів, впливаючи на їхню здатність брати участь у соціальних взаємодіях, знижуючи рівень самостійності та спричиняючи психологічний дискомфорт. Використання ВР дозволяє адресувати ці аспекти завдяки створенню безпечного та контрольованого середовища, яке сприяє психоемоційній стабільності та соціальній адаптації [16].

Однією з переваг ВР є можливість моделювання середовищ, які імітують реальні життєві ситуації. Це сприяє поступовій адаптації пацієнтів до соціального середовища, відновленню навичок взаємодії та зниженню рівня тривожності. Такі симуляції дозволяють відпрацьовувати соціальні сценарії, які в реальних умовах можуть здаватися надмірно складними або небезпечними через страх невдачі. Психосоціальний вплив ВР також пов'язаний із подоланням страху перед реальними ситуаціями. Технології дозволяють моделювати сценарії, які сприяють поступовій десенсибілізації та зниженню рівня невпевненості у соціальній поведінці. Окремо слід звернути увагу на здатність ВР адаптуватися до індивідуальних потреб пацієнта. Це дозволяє створювати персоналізовані сценарії реабілітації, враховуючи психосоціальні особливості конкретної особи, що сприяє формуванню ефективного реабілітаційного процесу [40, 41, 46, 54].

Психосоціальна реабілітація після інсульту також пов'язана із формуванням позитивної мотивації до відновлення. ВР забезпечує інтерактивність та елементи ігровізації, які сприяють підтриманню інтересу до терапії. Завдяки цьому пацієнти демонструють вищий рівень залученості, що позитивно впливає на загальну ефективність реабілітації. Окрім цього, ВР надає можливість зменшити соціальну ізоляцію. Пацієнти можуть брати участь у групових сеансах або взаємодіяти з віртуальними персонажами, що дозволяє поступово відновлювати почуття належності до спільноти. Такий підхід є особливо корисним для осіб, які через обмеження мобільності мають

ускладнений доступ до соціальних контактів. ВР є корисною для осіб із труднощами в комунікації. Наприклад, пацієнти, які мають афазію, можуть використовувати програми для покращення мовленнєвих навичок у безпечному середовищі, що сприяє поступовій інтеграції у соціум. Переваги ВР полягають також у можливості створення інтерактивного досвіду, який сприяє відновленню соціальних навичок у невимушеній формі. Пацієнти можуть експериментувати із соціальними сценаріями, не відчуючи страху помилок. Можливим є також аспект покращення комунікативних навичок за допомогою інтерактивних програм. Завдяки цьому пацієнти можуть швидше адаптуватися до спілкування в реальному середовищі. У процесі реабілітації використання ВР може сприяти розвитку нових стратегій соціальної взаємодії, що особливо актуально для пацієнтів із тяжкими порушеннями [24, 63, 82].

Застосування ВР у реабілітації також сприяє покращенню самооцінки пацієнтів. Реалізація завдань у віртуальному середовищі створює можливості для досягнення успіхів, які підсилюють відчуття контролю над власним станом. Це, у свою чергу, знижує ризики розвитку депресивних станів, які часто супроводжують пацієнтів після інсульту. Вплив ВР на міжособистісні відносини також є значним. Участь пацієнтів у реабілітаційних програмах за допомогою ВР дозволяє членам сім'ї та медичному персоналу спільно брати участь у відновлювальному процесі. Це сприяє формуванню підтримуючого середовища, що має позитивний вплив на мотивацію пацієнта [16].

У контексті психоемоційного стану слід зазначити, що ВР може слугувати інструментом для управління стресом та емоційною напругою. Зокрема, деякі програми створюють заспокійливі середовища, які сприяють релаксації, що є важливим для відновлення психічної рівноваги пацієнтів. Таким чином, ВР стає способом формування більш гармонійного психологічного стану [10].

Когнітивні аспекти, пов'язані з відновленням соціальної взаємодії, також можуть бути покращені завдяки ВР. Програми, що імітують щоденні ситуації, допомагають пацієнтам тренувати пам'ять, увагу та інші когнітивні функції, що мають вирішальне значення для успішної соціальної інтеграції. Емоційний

аспект ВР має значний вплив на якість життя пацієнтів після інсульту. Забезпечення позитивних емоцій під час терапії сприяє покращенню загального стану пацієнтів та підвищенню рівня задоволення від реабілітаційного процесу. Дослідження свідчать, що використання ВР у реабілітації дозволяє знизити рівень стигматизації, яку відчують пацієнти після інсульту. Це пов'язано із можливістю участі у терапії без необхідності постійного перебування в лікувальних закладах [46, 67, 81, 86].

Економічні аспекти, пов'язані з використанням ВР, також можуть мати соціальний компонент. Зменшення необхідності постійної фізичної присутності медичного персоналу у реабілітаційному процесі дозволяє знизити фінансові витрати, що є важливим для пацієнтів із обмеженими ресурсами [83].

#### **1.2.5.Протипоказання на можливі ускладнення застосування віртуальної реальності у реабілітаційному процесі пацієнтів з інсультом**

Застосування ВР у реабілітаційному процесі пацієнтів після інсульту має численні переваги, однак слід враховувати протипоказання та можливі ускладнення, які можуть впливати на ефективність і безпеку терапії. Ретельний аналіз цих аспектів є ключовим для забезпечення максимальної користі від використання технології та мінімізації ризиків для пацієнтів.

Одним із основних протипоказань до застосування ВР є наявність тяжких когнітивних розладів. Пацієнти з вираженою деменцією або значними порушеннями орієнтації в просторі можуть неправильно сприймати віртуальне середовище, що може спричинити погіршення їхнього стану або збільшення дезорієнтації. У таких випадках застосування технологій може мати обмежений терапевтичний ефект або навіть негативний вплив [10, 16, 39, 74].

Епілептичні напади або епілепсія в анамнезі є ще одним важливим протипоказанням. Використання ВР може провокувати напади через вплив візуальних стимулів, таких як миготіння, інтенсивні кольори чи швидка зміна зображень. Це особливо небезпечно для пацієнтів із фоточутливою формою епілепсії [10, 39].

Вестибулярні порушення, які нерідко супроводжують пацієнтів після інсульту, можуть загострюватися під впливом віртуального середовища. Використання VR іноді спричиняє симптоми кінетозу, такі як запаморочення, нудота, порушення рівноваги та загальна слабкість. Ці симптоми можуть ускладнювати терапію та знижувати її переносимість [27].

Пацієнти з тяжкими порушеннями зору, такими як глаукома чи макулодистрофія, також можуть відчувати труднощі у сприйнятті віртуального середовища. Знижена гострота зору або обмеження поля зору може значно обмежувати ефективність VR як терапевтичного інструменту [37, 59].

Іншим важливим аспектом є наявність психічних розладів, таких як тривожні стани, посттравматичний стресовий розлад або шизофренія. Використання VR може провокувати загострення симптомів або спричиняти підвищений рівень тривожності у пацієнтів із вразливою психікою. Це пов'язано з можливим відчуттям надмірного занурення у віртуальне середовище, що іноді викликає страх або дезорієнтацію [10, 81].

Гіпертонічна хвороба в стадії декомпенсації також вважається протипоказанням для використання VR. Стресові ситуації, які можуть виникати під час взаємодії з віртуальним середовищем, здатні провокувати підвищення артеріального тиску, що створює ризик повторного інсульту або інших серцевосудинних ускладнень [10].

Не менш важливим є врахування можливих ускладнень, які виникають під час використання VR. Серед них слід виділити проблему втомлюваності та перевантаження сенсорних систем. Надмірне використання VR може призводити до виникнення головного болю, порушень сну або зниження концентрації уваги. Деякі пацієнти можуть відчувати емоційне перенапруження під час занурення у віртуальне середовище. Це може проявлятися у вигляді почуття тривоги, роздратування або навіть агресивної поведінки. Такий ефект пов'язаний із індивідуальною чутливістю до стимулів та рівнем адаптації до технології [33].

Ще одним потенційним ускладненням є надмірна залежність від технології, яка може формуватися у процесі тривалого використання VR. Пацієнти, які

відчують себе комфортніше у віртуальному середовищі, можуть уникати реальної взаємодії, що може уповільнити їхню соціальну інтеграцію [7].

Ускладнення також можуть виникати через технічні обмеження обладнання. Наприклад, низька якість графіки, затримка візуальних ефектів або недостатня плавність руху віртуального середовища можуть знижувати ефективність терапії та викликати дискомфорт у пацієнтів [8-9, 43].

Індивідуальні особливості пацієнта, такі як рівень когнітивної та фізичної адаптації, відіграють вирішальну роль у переносимості VR. Пацієнти з низьким рівнем мотивації або з обмеженими навичками використання технологій можуть відчувати труднощі у процесі терапії [82].

Неправильний підбір програмного забезпечення для VR також може спричинити ускладнення. Занадто складні або надмірно інтенсивні завдання можуть перевантажувати пацієнта, тоді як занадто прості – не забезпечувати необхідного рівня стимуляції для ефективної реабілітації. Слід також враховувати, що взаємодія з VR потребує постійного моніторингу з боку медичного персоналу. Відсутність належного контролю може призводити до виникнення непередбачуваних реакцій або погіршення стану пацієнта. Крім того, тривале використання VR без належних перерв може викликати проблеми зі зоровою системою, такі як зорове перенапруження або синдром сухого ока [6062]. Це зумовлює необхідність дотримання чітких протоколів використання технологій. Загальні протипоказання до застосування VR-технологій у реабілітації пацієнтів після інсульту наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.2 – Протипоказання до VR-реабілітації після інсульту

| Категорія              | Протипоказання                                                                                             |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Когнітивні розлади     | Виражена деменція, значні порушення орієнтації в просторі, неадекватне сприйняття віртуального середовища. |
| Неврологічні стани     | Епілепсія або епілептичні напади в анамнезі, фоточутлива епілепсія.                                        |
| Вестибулярні порушення | Запаморочення, порушення рівноваги, схильність до симптомів кінетозу.                                      |

|                              |                                                                                                          |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Зорові порушення             | Значно знижена гострота зору, глаукома, макулодистрофія, обмеження поля зору.                            |
| Психічні розлади             | Тривожні стани, посттравматичний стресовий розлад, шизофренія, інші тяжкі психічні розлади.              |
| Серцево-судинні захворювання | Гіпертонічна хвороба в стадії декомпенсації, високий ризик повторного інсульту.                          |
| Індивідуальні фактори        | Низька мотивація, труднощі адаптації до технологій, індивідуальна чутливість до візуальних стимулів.     |
| Соматичні стани              | Загострення хронічних захворювань, фізична слабкість, яка унеможливує участь у реабілітаційній програмі. |

Отже, застосування ВР у реабілітації пацієнтів після інсульту вимагає комплексного підходу, врахування можливих протипоказань і ризиків. Лише за умови індивідуального підходу та належного контролю можна забезпечити ефективність і безпеку терапії.

### **Висновки до розділу 1**

У розділі розглянуті основні аспекти використання ВР у ФР пацієнтів після інсульту, включаючи її біомеханічний, нейрофізіологічний та психосоціальний вплив. Визначено, що застосування ВР потенційно сприяє відновленню рухових, когнітивних та психоемоційних та інтерактивному навчанню. Встановлено, що інтеграція цієї технології у реабілітаційний процес може позитивно вплинути на мотивацію пацієнтів, покращення функціональних результатів та соціальну адаптацію.

Водночас, використання ВР потребує ретельного врахування протипоказань і можливих ризиків, зокрема когнітивних, неврологічних та психічних порушень, що можуть обмежувати ефективність терапії. Таким чином, ВР є перспективним інструментом, який забезпечує більш комплексний та індивідуалізований підхід до відновлення пацієнтів після інсульту, сприяючи підвищенню їхньої якості життя, тому вибір даного напрямку для дослідження є, на нашу думку, цікавим та актуальним.



## РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Методи дослідження

Для досягнення завдань кваліфікаційної роботи було здійснено декілька блоків заходів, що можна узагальнити наступним чином: 1) вивчення теоретичних аспектів проблеми ішемічного інсульту та підходів до реабілітації пацієнтів після перенесеного ГПМК, а також можливості використання ВР з цією метою; 2) розробка та реалізація дослідження застосування програми ФТ із залученням ВР-технологій у клінічній практиці; 3) збір, статистична обробка та порівняльний аналіз отриманих результатів; 4) формування висновків та практичних рекомендацій.

Задля втілення першого етапу було виконано бібліографічний аналіз доступних інформаційних джерел, серед яких особливий інтерес становила література, що формує базу ДМ щодо досліджуваної проблеми. З цією метою виконано пошук джерел до опрацювання на базі таких ресурсів, як PubMed, Scopus, Web of Science, PEDro, Google Scholar. Пошук публікацій проводився за наступними ключовими словами та словосполученнями: stroke, rehabilitation, physiotherapy, physical therapy, virtual reality, guidelines, evidence-based recommendations, approach, measures, ischemic stroke assessment. Також використовувалося поєднання вказаних термінів у різній конфігурації. Наступним кроком було обрання публікацій, доступних у повнотекстовій версії та їх опрацювання. Також вивчалися дані ВООЗ та інших авторитетних організацій, асоціацій та фондів, чия діяльність направлена на вивчення та менеджмент проблеми інсульту та реабілітаційних заходів щодо відновлення пацієнтів після інсульту. Загалом опрацьовано 2307 результатів пошуку серед робіт, опублікованих в діапазоні 2020-2025 років. Отже, пошук літератури у відповідних наукових базах даних відбувався із використанням формату PICOT, а аналіз відповідав протоколу PRISMA.

Наступним етапом був вибір доступних засобів ВР для реалізації дослідження. Вибір гарнітури Oculus Quest для ФР пацієнтів після ішемічного

інсульту обґрунтовується її технічними характеристиками, функціональними можливостями та зручністю використання. Oculus Quest є автономним пристроєм, що не потребує підключення до комп'ютера чи зовнішніх датчиків, що забезпечує мобільність і зручність для пацієнтів із обмеженою рухливістю. Завдяки бездротовій технології пацієнти можуть виконувати вправи в умовах реабілітаційного центру чи домашнього середовища, що сприяє підвищенню доступності терапії. Також, пристрій оснащений високоточними датчиками руху, які дозволяють фіксувати навіть незначні рухи пацієнта. Це забезпечує можливість розробки індивідуальних реабілітаційних програм ФТ, орієнтованих на специфічні потреби кожного пацієнта. Крім того, інтегровані контролери з тактильним зворотним зв'язком сприяють покращенню моторного контролю, оскільки використання віртуальних середовищ із багатофункціональним інтерактивним контентом дозволяє ефективно відпрацьовувати як фізичні, так і когнітивні навички. VR-окуляри Oculus Quest також мали значні переваги з точки зору економічної ефективності. Завдяки автономності та широкому вибору реабілітаційних програм, які можна адаптувати до стану пацієнта, гарнітура знижує потребу у постійному супроводі фахівця та скорочує витрати на організацію терапії в тривалій перспективі. Крім того, пристрій підтримує різноманітні платформи, що сприяє інтеграції сучасних терапевтичних методик у стандартну реабілітаційну практику [37, 40-41].

Для відбору пацієнтів у дослідження використовувався комплексний підхід, що включав застосування затверджених стандартних неврологічних, когнітивних та функціональних шкал. Шкала коми Глазго (Glasgow Coma Scale, GCS) застосовувалася для оцінки рівня свідомості пацієнтів, що дозволяло виключити осіб із критично низькими показниками, несумісними з активною реабілітацією. Неврологічний статус оцінювався за шкалою NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale), яка визначає тяжкість інсульту та рівень неврологічного дефіциту. Для оцінки когнітивних функцій застосовувалася шкала Mini-Mental State Examination (MMSE), яка дозволяла виявити пацієнтів із

тяжкими когнітивними порушеннями, що могли ускладнити участь у програмі реабілітації [7, 18, 26].

Для визначення якості ходи та балансування застосовували тест Timed Up and Go (TUG) і шкалу Берга (Berg Balance Scale, BBS), які дозволяли оцінити рівновагу, швидкість пересування і ризик падінь. Крім того, додавали шестихвилинний тест ходи (Six-Minute Walk Test, 6MWT) для оцінки фізичної витривалості пацієнтів. Включення цих інструментів забезпечувало повноцінну оцінку фізичних можливостей пацієнтів перед залученням до терапевтичного процесу [26].

У контексті фізичної терапії додатково проводилося мануальне м'язове тестування (ММТ) для оцінки сили основних м'язових груп верхніх і нижніх кінцівок, а також гоніометрія для вимірювання обсягу активних і пасивних рухів у суглобах. Функціональні проби, такі як підйом зі стільця, виконання кроків на місці та утримання рівноваги у статичному положенні, дозволяли оцінити базові моторні навички та виявити ключові дефіцити. Крім того, кожен пацієнт був оцінений за профілем Міжнародної класифікації функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я (МКФ), що забезпечувало цілісний підхід до визначення функціонального статусу, обмежень активності та участі в соціальному житті. Цей підхід дозволяв врахувати індивідуальні особливості пацієнтів і забезпечити їх готовність до участі в дослідженні.

Оцінка пацієнтів за шкалою Глазго була проведена для визначення рівня свідомості учасників дослідження. Це показник оцінки основних неврологічних функцій і ступеня порушень, які могли впливати на здатність пацієнтів брати участь у програмі ФТ в межах дослідження. Шкала забезпечує базову інформацію про когнітивну активність і реактивність пацієнтів, що включена до усіх доказових КН з менеджменту інсульту, у тому числі вітчизняних.

Шкала NIHSS як базова шкала оцінки стану пацієнтів з інсультом, використовувалася для оцінки неврологічного дефіциту пацієнтів, спричиненого даною патологією. Ця шкала дозволяє кількісно оцінити ступінь ураження нервової системи та відслідкувати динаміку покращення під час реабілітації. Результати за NIHSS сприяли стратифікації пацієнтів на початкових етапах,

забезпечуючи точне уявлення про тяжкість інсульту та його вплив на рухові, мовні та сенсорні функції.

Шкала якості життя (Quality of Life, QoL) застосовувалася для базової оцінки рівня фізичного, психологічного та соціального благополуччя пацієнтів. Цей показник дозволив виявити вихідні умови, які впливали на здатність пацієнтів до функціонального відновлення. Вимірювання якості життя також слугувало основою для оцінки ефективності запропонованих програм ФТ, зокрема у порівнянні результатів між основною та контрольною групами.

Шкала Бартел (Barthel Scale, BS) була обрана для оцінки базових показників повсякденної активності пацієнтів, зокрема їх здатності самостійно виконувати основні дії, такі як їжа, одягання чи переміщення. Ця шкала є ключовим інструментом для визначення рівня функціональної незалежності, що дозволяє оцінити не лише початковий стан пацієнтів, але й ефективність реабілітаційних заходів, спрямованих на відновлення автономності в повсякденному житті.

BBS була застосована для оцінки статичної та динамічної рівноваги пацієнтів, що є важливим показником їхньої спроможності безпечно переміщатися та знижувати ризик падінь. Ця шкала дозволила виявити початковий рівень порушень балансу у пацієнтів з інсультом та оцінити прогрес у реабілітаційному процесі, зокрема у контексті застосування вправ із технологією ВР.

Chedoke Arm and Hand Activity Inventory (CAHAI) використовувалася для визначення функціонального стану верхніх кінцівок. Відновлення рухів рук після інсульту є складним процесом, який потребує спеціалізованого підходу. Ця шкала дозволила кількісно оцінити зміни у функціональних можливостях верхніх кінцівок, що є важливим аспектом для оцінки ефективності інноваційних реабілітаційних підходів.

Індекс динамічної ходи (Dynamic Gait Index, DGI) було обрано для оцінки здатності пацієнтів адаптувати ходу до змінних умов, таких як перешкоди чи зміна напрямку. Ця шкала забезпечує детальний аналіз динамічної рівноваги,

координації рухів і ризику падінь, що є важливим для комплексної оцінки стану пацієнтів із порушеннями ходи після інсульту.

Rivermead Mobility Index (RMI) використовувалася для визначення мобільності пацієнтів, зокрема їх здатності вставати, сидіти, переміщатися та ходити. Ця шкала охоплює ключові аспекти фізичної реабілітації, забезпечуючи точну оцінку рівня мобільності та можливих її змін протягом реабілітаційного курсу.

6MWT був обраний як об'єктивний показник фізичної витривалості та функціональної здатності пацієнтів. Цей тест дозволив оцінити, наскільки успішно пацієнти відновлюють здатність долати значні відстані, що є індикатором загальної фізичної працездатності та рівня адаптації серцево-судинної та опорно-рухової систем [7, 26, 64].

Розробка програми ФТ для пацієнтів після ішемічного інсульту з використанням ВР базувалася на поєднанні традиційних підходів фізіотерапії з інноваційними методами, що забезпечують більшу мотивацію та інтерактивність. Першочерговим завданням було визначення індивідуальних потреб кожного пацієнта на основі його неврологічного та фізичного статусу, що включало оцінку рухових порушень, когнітивних функцій і психоемоційного стану. Програма була адаптована для забезпечення максимальної ефективності кожного сеансу, враховуючи рівень моторних функцій, здатність до концентрації уваги та загальний стан пацієнта. Особлива увага приділялася забезпеченню безпеки під час використання технології ВР, що включало налаштування віртуальних середовищ з урахуванням індивідуальних обмежень пацієнтів.

Розроблена програма мала на меті стимулювати не лише фізичну активність, а й покращення когнітивних функцій та психоемоційного стану. Для цього віртуальні середовища включали вправи на баланс, координацію, силу, а також когнітивні завдання, що сприяють покращенню пам'яті та концентрації уваги. Застосування ВР дозволяло створювати реалістичні ситуації для тренування (ходьбу по складних поверхнях, підйоми та спуски сходами), що було неможливим при традиційних методах терапії. Програма змінювалася в

залежності від прогресу пацієнта, що дозволяло адаптувати інтенсивність навантаження та складність завдань, забезпечуючи поступовість реабілітації.

Крім того, програма включала елементи ММТ, гоніометрії та функціональних проб для оцінки прогресу пацієнта. Ці методи застосовувалися до та після кожного етапу реабілітації для оцінки результатів та коригування терапії. ВР використовувалася для тренування конкретних рухових навичок у безпечному середовищі, де пацієнти могли тренуватися без страху від травм або падінь. Курс ФТ був розрахований на 2-3 тижнів, з поступовим збільшенням інтенсивності вправ та частоти сеансів залежно від стану пацієнта.

Застосування ВР у поєднанні з традиційними методами ФТ було обґрунтоване здатністю технології стимулювати рухову активність у візуально інтерактивному середовищі. Віртуальні вправи допомагали створювати адаптовані умови для тренування рівноваги, координації та витривалості, що було неможливо досягнути лише за допомогою звичайних фізичних вправ. Крім того, віртуальне середовище дозволяло пацієнтам практикувати складні рухи, що допомагало поліпшити не лише фізичні, а й когнітивні функції, підтримувати високий рівень мотивації пацієнтів і сприяти кращим результатам у відновному процесі.

Додатковий інвентар також використовувався для підтримки та вдосконалення реабілітаційного процесу пацієнтів після ішемічного інсульту. Наприклад, обтяжувачі для кінцівок застосовувалися з метою поступового збільшення фізичних навантажень, що сприяло розвитку сили та витривалості м'язів. Ці обтяжувачі використовувалися під час виконання вправ на верхні та нижні кінцівки, таких як підйом на носки, кроки по сходах чи піднімання вантажів, що дозволяло знижувати ризик атрофії м'язів і поліпшувати координацію. Обтяжувачі допомагали також стимулювати м'язову активність в умовах ВР, підвищуючи ефективність вправ та забезпечуючи прогресивне навантаження на пацієнтів [15].

Для контролю та вдосконалення балансу використовувалися спеціальні тренажери та засоби, такі як балансувальні платформи, спеціальні мати для

тренування рівноваги та вправи на стійкість. Ці пристрої дозволяли проводити тренування на нерівних поверхнях, що забезпечувало пацієнтам необхідний рівень ускладнень для покращення стабільності під час пересування. Також застосовувалися пристрої для стимулювання сенсорної інтеграції, такі як тактильні і вібраційні платформи, що допомагали відновлювати правильну пропріоцепцію. Поєднання VR з таким інвентарем дозволяло створювати максимально функціональні умови для відновлення балансу та координації, що має велике значення для пацієнтів після інсульту, котрі стикаються з порушеннями рівноваги і рухових функцій [23, 48].

Структура програми фізичної терапії для пацієнтів після ішемічного інсульту з використанням VR була розроблена з урахуванням індивідуальних можливостей кожного пацієнта та потреби у поступовому відновленні моторних функцій. Програма включала низку етапів, кожен з яких відповідав певному етапу реабілітації, починаючи від раннього відновлення після інсульту і закінчуючи більш складними руховими функціями. Програма була адаптована відповідно до індивідуальних можливостей пацієнта та включала динамічне коригування в залежності від стану та досягнутих результатів на кожному етапі.

Підготовчий етап був спрямований на покращення загального фізичного стану та підготовки до використання VR. Він супроводжувався етапом відновлення рухових функцій із наступним етапом щодо покращення балансу та координації. Заключний етап, на якому пацієнти проходили тестування прогресу та адаптувалися до більш складних завдань, завершував програму (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Структура програми фізичної терапії

| Етап                             | Опис                                                                                                                                    |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Підготовчий етап                 | Вправи на загальну фізичну активність, легка розминка, покращення рухливості суглобів та гнучкості, навчання базовим рухам в умовах VR. |
| Етап відновлення рухових функцій | Тренування кінцівок, зосередження на відновленні сили та координації, включення віртуальних вправ на розтягування та м'язову активацію. |

|                                        |                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Етап покращення балансу та координації | Вправи для покращення балансу, використання балансувальних платформ та спеціальних вправ у ВР, інтеграція вправ на витривалість.                |
| Заключний етап                         | Оцінка досягнутих результатів, виконання складних вправ на реабілітаційних платформах, підготовка до відновлення функцій у повсякденному житті. |

Кожне заняття з ФР тривалістю 55 хв складалося із декількох послідовних фаз. Відомо, що тривалість щоденного навантаження є пропорційною позитивній динаміці у функціональному стані пацієнта. Дана розроблена програма передбачала дотримання встановленого регламенту за умови здатності пацієнта витримувати необхідний обсяг щоденних навантажень. Стимулювання пацієнтів відбувалося за рахунок роз'яснювальної роботи із самими пацієнтами та особами, які здійснюють безпосередній догляд (родичі, опікуни). Орієнтовна структура заняття наведена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Структура заняття ФТ

| Час          | Фаза заняття           | Опис                                                                                                                      |
|--------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5-10 хвилин  | Розминка та підготовка | Легкі вправи для розігріву м'язів, розтягування суглобів, контроль дихання, коротке знайомство з віртуальним середовищем. |
| 15-20 хвилин | Основна частина        | Вправи з використанням ВР на баланс, координацію та силу, обтяження кінцівок, тренування рухових функцій.                 |
| 5-10 хвилин  | Підсумкові вправи      | Легкі вправи для розслаблення, закріплення результатів, рефлексія про виконану роботу та оцінка самопочуття.              |
| 5-10 хвилин  | Оцінка прогресу        | Коротка оцінка стану пацієнта, перевірка досягнутих результатів за допомогою функціональних тестів та неврологічних шкал. |

Програма ФТ для пацієнтів після ішемічного інсульту в межах дослідження передусім передбачала відновлення рухів для рутинної діяльності у повсякденному житті. Орієнтовні вправи початкового етапу курсу ФТ наведені у таблиці 2.3.



Таблиця 2.3 – Техніка виконання вправ ФТ

| Вправа                       | Техніка виконання                                                                                                 | Тривалість                   | Очікуваний результат                                                    |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1. Розтягування рук          | Пацієнт сидить або стоїть. Рукою, яка не уражена, обережно тягне уражену руку до протилежного плеча.              | 10-15 хв (3 підходи по 5 хв) | Покращення гнучкості та зменшення тону м'язів в ураженій руці.          |
| 2. Підйом на носки           | Пацієнт стоїть, тримаючись за опору, піднімається на носки, утримуючи рівновагу, потім повільно опускається.      | 3 підходи по 10 підйомів     | Покращення балансу та сили литкових м'язів, тренування рухових функцій. |
| 3. Ходьба по рівній поверхні | Пацієнт рухається по рівній поверхні, зосереджуючи увагу на правильній ході (повне висування ноги вперед).        | 10-15 хв (3 підходи по 5 хв) | Покращення координації, балансу і витривалості, тренування ходьби.      |
| 4. Вправи на баланс          | Пацієнт стоїть на балансувальній платформі або використовуючи стабільну поверхню, намагається утримати рівновагу. | 3 підходи по 5 хв            | Покращення стабільності, пропріоцепції і контролю над рухами.           |
| 5. Підйом і опускання рук    | Пацієнт по черзі піднімає руки перед собою, утримуючи їх на рівні плечей, потім опускає.                          | 3 підходи по 10 повторів     | Покращення сили, витривалості та координації верхніх кінцівок.          |
| 6. Повороти корпусу          | Пацієнт сидить, обертаючи тулуб вліво та вправо,                                                                  | 3 підходи по 10 поворотів    | Покращення рухливості тулуба,                                           |
|                              | використовуючи кінцівки для підтримки рівноваги.                                                                  |                              | збільшення гнучкості та зменшення болю.                                 |

|                                           |                                                                                                                             |                          |                                                                           |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 8. Вправи на згинання та розгинання колін | Пацієнт сидить або стоїть, згинає та розпрямляє ноги в колінному суглобі, контролюючи рухи.                                 | 3 підходи по 10 повторів | Покращення гнучкості і сили м'язів ніг, зменшення спастичності.           |
| 9. Статичні присідання                    | Пацієнт тримається за опору і виконує присідання, зберігаючи рівновагу, утримуючи спину рівною.                             | 3 підходи по 10 повторів | Покращення сили та стабільності нижніх кінцівок, тренування витривалості. |
| 10. Вправи на рухи голови                 | Пацієнт сидить, повільно повертає голову вправо та вліво, утримуючи кожну позицію 5 секунд, потім повертається в початкову. | 3 підходи по 10 повторів | Покращення гнучкості та зменшення напруги в шії та плечах.                |

Поступово відбувалася інтеграція у VR-середовище. Рутинні вправи ускладнювалися відповідно до стану пацієнта та зможельованих віртуальних умов. У таблиці 2.4 наведено приклади вправ, інтегрованих у VR.

Таблиця 2.4 – вправи ФТ із застосуванням технології VR

| Вправа                       | Техніка виконання                                                                                                                                                                             | Тривалість   | Очікуваний результат                                                                           |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Віртуальний підйом предметів | Пацієнт у сидячому положенні одягає обтяжувачі (0,5–1 кг) на зап'ястя. Використовуючи контролери Oculus Quest, піднімає віртуальні предмети (коробки, гантелі) і переміщує їх у задане місце. | 10-15 хвилин | Покращення сили та координації м'язів рук, розвиток дрібної моторики та зниження спастичності. |

|                                |                                                                                                                                                             |                               |                                                                                                                 |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Кидання віртуального м'яча     | Пацієнт сидить з обтяжувачами на зап'ястях, імітує рухи кидання м'яча у віртуальному середовищі, прицілюючись у визначені цілі, з урахуванням часу реакції. | 10 хвилин (2 підходи по 5 хв) | Покращення координації, розвиток швидкості реакції, зменшення тону м'язів верхніх кінцівок.                     |
| Віртуальне малювання           | Пацієнт з обтяжувачами тримає контролери та малює віртуальні лінії або фігури у віртуальному просторі, підтримуючи точність рухів.                          | 10 хвилин                     | Покращення дрібної моторики, розвиток амплітуди рухів у плечовому, ліктьовому та променезап'ястковому суглобах. |
| Імітація веслування            | Пацієнт сидить із обтяжувачами на зап'ястях, виконує рухи, що імітують веслування на човні у віртуальному середовищі, підтримуючи правильну поставу.        | 10 хвилин                     | Зміцнення м'язів плечового поясу, покращення координації обох кінцівок, зниження м'язової спастичності.         |
| Переміщення віртуальних блоків | Пацієнт сидить, виконує рухи руками з обтяжувачами, пересуваючи віртуальні блоки різного розміру в певному напрямку або на задану висоту.                   | 10-15 хвилин                  | Розвиток м'язової сили та витривалості, покращення координації та просторового сприйняття.                      |
| Ходьба по складній місцевості  | Пацієнт в окулярах Oculus Quest пересувається по віртуальній місцевості, включаючи сходи, нерівні поверхні та перешкоди.                                    | 15 хвилин за сеанс            | Покращення координації, балансу, розвитку основних рухових навичок.                                             |

Основна група виконувала звичайні вправи з додаванням VR вправ по 15 хв.

В той час у групі контролю пацієнти виконували ті ж самі вправи, однак без використання технологій ВР. Традиційні методи фізичної терапії включали виконання вправ на рівних або стабільних поверхнях, без додаткових інтерактивних елементів, як у основній групі. Пацієнти тренувалися за допомогою фізіотерапевта, який допомагав коригувати техніку виконання, контролював виконання вправ та прогрес у відновленні рухових функцій. Також в групі контролю використовувалися мануальні методи корекції, оцінка рухливості суглобів через гоніометрію та мануальне м'язове тестування для визначення прогресу пацієнтів.

Задля відображення показників дослідження та візуалізації динаміки досягнутих результатів застосовано математичні методи, зокрема статистичну обробку отриманих результатів.

Стандартне відхилення ( $\sigma$ , SD) – це статистичний показник різноманітності або мінливості в наборі даних, що є квадратним коренем із обчисленої дисперсії набору даних. Дисперсія ( $s^2$ ) – це сума квадратів різниць між кожною точкою даних і середнім значенням, поділена на кількість точок даних. Під час роботи з даними повної сукупності сума квадратів різниць між кожною точкою даних і середнім значенням ділиться на розмір набору даних,  $n$ . При роботі з вибіркою ділимо на розмір набору даних мінус 1,  $n - 1$ . Дисперсія для генеральної сукупності зразків у дослідженні обраховувалася за формулою:

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

де:

$x_i$  – одне значення вибірки

$\bar{x}$  – середнє арифметичне  $n$

– розмір вибірки

Дисперсія для генеральної сукупності популяції у дослідженні обраховувалася за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}$$

де:

$x_i$  – одне значення вибірки  $\mu$  –  
середнє/очікуване значення  $n$   
– розмір вибірки

Для статистичну обробку результатів здійснено за допомогою онлайн сервісу «Calculatorsoup» [45].

Для формування висновків застосовано аналітико-порівняльний метод та узагальнення. Для формування наочного матеріалу застосовано метод моделювання. Таким чином, у результаті багатоетапного процесу сформовано та відображено результати проведеного дослідження.

## 2.2. Організація дослідження

Дослідження проводилося у декілька етапів. Клінічною базою слугувало Комунальне некомерційне підприємство «Міська клінічна лікарня № 16» Дніпровської міської ради. Відділення медичної реабілітації, в якому безпосередньо проводилося дослідження, розраховане на 40 ліжок і обслуговує Шевченківський, Центральний та Соборний райони міста.

Методологія проведення курсу ФТ пацієнтів після інсульту з використанням гарнітури Oculus Quest передбачала структурований підхід, що включає підготовчий, терапевтичний та оцінювальний етапи. На початковому етапі здійснювався збір анамнезу, медичний огляд кандидатів, оцінка фізичного стану, когнітивних функцій та психоемоційної складової з наступним формуванням біопсихосоціальної моделі за доменами МКФ (структура і функції організму, активність, участь, фактори середовища, особисті фактори). Цей аналіз дозволяв виявити можливі протипоказання та визначити індивідуальні потреби пацієнта, що впливають на подальший вибір програмного забезпечення та інтенсивність терапії. Також проводився інструктаж щодо використання гарнітури та контролерів для забезпечення безпеки і зниження рівня тривожності у пацієнта.

Терапевтичний етап включав виконання спеціально розроблених вправ та завдань в межах реабілітаційної програми у віртуальному середовищі, спрямованих на відновлення моторного контролю та покращення координації рухів. Пацієнтам пропонувалися інтерактивні завдання, які відповідають їхньому функціональному рівню, (наприклад, імітація захоплення, кидка чи переміщення об'єктів). Такі вправи проводилися у контрольованому середовищі, яке може змінюватися залежно від потреб пацієнта, наприклад, збільшення складності або тривалості завдань. Тривалість занять та кількість сесій визначалися індивідуально, залежно від рівня витривалості та переносимості навантажень, але в середньому курс тривав 3 тижнів (від 2 до 3) із середньою тривалістю заняття 55 хв. Для підвищення мотивації пацієнтів використовувалися елементи ігровізації та візуальні підказки, які забезпечували зворотний зв'язок у реальному часі.

На оцінювальному етапі проводився моніторинг прогресу пацієнта за допомогою об'єктивних показників (амплітуда та швидкість рухів, частота помилок та реакція на завдання). Дані, отримані з датчиків гарнітури, аналізувалися для корекції терапевтичної програми та оптимізації реабілітаційного процесу. Також проводилася суб'єктивна оцінка, заснована на відгуках пацієнта щодо рівня комфорту, мотивації та самопочуття. Завершення курсу передбачало рекомендації щодо подальшого підтримання фізичної активності та використання технології у домашніх умовах за необхідності та можливостей пацієнтів.

Формування критеріїв включення та виключення (таблиця 2.5) для дослідження базувалося на вимогах до безпеки пацієнтів, їх фізичної та когнітивної готовності до участі в реабілітаційних програмах із використанням ВР. Критерії включення мали на меті вибір пацієнтів з ішемічним інсультом, які продемонстрували достатній рівень моторних функцій для активної участі в ФТ, не мали серйозних когнітивних порушень та могли безпечно використовувати Oculus Quest під час сеансів терапії. Критерії виключення визначали пацієнтів із тяжкими порушеннями свідомості, вираженими когнітивними дефіцитами,

психічними розладами чи супутніми захворюваннями, що можуть ускладнити або зробити неможливим застосування технології ВР. У дослідженні брали участь лише ті пацієнти, які надали інформовану згоду на участь, розуміли умови та цілі дослідження. Пацієнти були поінформовані про можливі ризики та переваги використання технології ВР у ФР. Важливим аспектом було роз'яснення того, що пацієнти з когнітивними порушеннями, а також з сенсо-моторною афазією, яка суттєво обмежує здатність до виконання терапевтичних вправ та взаємодії з віртуальним середовищем, були виключені з дослідження. Також, зважаючи на потенційні труднощі у використанні ВР, пацієнти з порушеннями зору, такими як диплопія (подвоєння зображення) або часткове/повне випадіння полів зору, не могли брати участь у дослідженні. Це пояснюється тим, що такі порушення значно знижують здатність коректно сприймати віртуальне середовище, що може призвести до дискомфорту та небажаних побічних ефектів. Пацієнти також мали бути поінформовані про можливість припинити участь у дослідженні в будь-який час без негативних наслідків для їхнього лікування. Усі вимоги до відбору пацієнтів базувалися на забезпеченні їхньої безпеки та комфорту під час терапії, а також на можливості об'єктивно оцінити ефективність використання ВР для ФР пацієнтів після інсульту.

Таблиця 2.5 – Критерії включення та виключення

| Категорія            | Критерій включення                                                            | Критерій виключення                                                                                          |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Діагноз              | Ішемічний інсульт, перенесений не більше 6 місяців тому                       | Інші види інсульту (геморагічний, транзиторний)                                                              |
| Неврологічний статус | Помірні чи легкі неврологічні дефіцити (по шкалі NIHSS не більше 12 балів)    | Тяжкий неврологічний дефіцит (по шкалі NIHSS більше 12 балів)                                                |
| Когнітивні функції   | Відсутність серйозних когнітивних порушень (за шкалою MMSE не менше 24 балів) | Легка, помірна або тяжка деменція, хвороба Альцгеймера, значні когнітивні порушення або сенсо-моторна афазія |

|                      |                                                                                  |                                                                                                 |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Моторні функції      | Спостерігається достатня активність кінцівок для виконання реабілітаційних вправ | Повна відсутність рухів у кінцівках або дуже обмежений обсяг рухів                              |
| Фізична витривалість | Можливість пройти більше 5 метрів без значної втоми (по 6MWT більше 50 м)        | Важка серцева недостатність, значні порушення дихальної функції                                 |
| Психічний стан       | Відсутність серйозних психічних розладів, здатність до концентрації уваги        | Тривожні розлади, депресія, психози, схильність до психічних загострень                         |
| Порушення зору       | Відсутність порушень зору, які б ускладнювали використання VR                    | Диплопія (подвійне зображення), часткове чи повне випадіння полів зору                          |
| Згода на участь      | Пацієнт надає згоду на участь у дослідженні, розуміє умови та мету дослідження   | Пацієнт відмовляється від участі або не може усвідомити умови участі через когнітивні порушення |

У дослідженні взяли участь 18 пацієнтів, 10 з яких становили групу дослідження (Основну), в реабілітаційний процес яких було інтегровано VRтехнологію Oculus Quest, а 8 – відповідно контрольну групу. Пацієнтам для зручності опису та оцінки результатів було присвоєно (порядковий) номер у дослідженні, що також забезпечувало уникнення висвітлення персональних даних та попередило можливість ідентифікації пацієнта особами, недотичними до процесу дослідження. Таким чином, дизайн дослідження не порушує Гельсінську декларацію Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини у якості об'єкта дослідження».

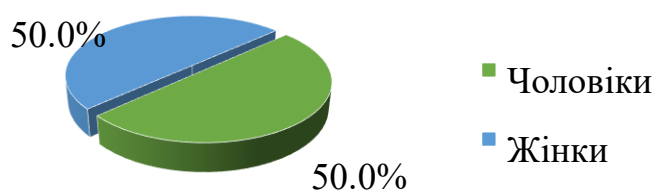
Таблиця 2.6 – Основна група (із використанням Oculus Quest)

| Пацієнт | Вік | Стать   | Діагноз                           | Неврологічний статус                                                                          |
|---------|-----|---------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 56  | Чоловік | Ішемічний інсульт, лівопівкульний | Парез правих кінцівок, спастичність м'язів (3 бали за шкалою Ашворт), помірна моторна афазія. |



|            |            |         |                                    |                                                                                      |
|------------|------------|---------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 2          | 63         | Жінка   | Ішемічний інсульт, правопівкульний | Лівосторонній геміпарез, координаційні порушення, легке просторово-зорове порушення. |
| 3          | 60         | Чоловік | Ішемічний інсульт, лівопівкульний  | Правосторонній парез, слабка координація, незначна когнітивна дисфункція.            |
| 4          | 52         | Жінка   | Ішемічний інсульт, правопівкульний | Геміпарез зліва, відчуття втоми, легка дезорієнтація.                                |
| 5          | 68         | Чоловік | Ішемічний інсульт, лівопівкульний  | Парез правих кінцівок, сповільнені рухи, легка моторна афазія.                       |
| 6          | 61         | Жінка   | Ішемічний інсульт, правопівкульний | Лівосторонній геміпарез, порушення координації, легка емоційна лабільність.          |
| 7          | 59         | Чоловік | Ішемічний інсульт, лівопівкульний  | Помірний парез правих кінцівок, сповільнена моторика, помірна моторна афазія.        |
| 8          | 54         | Жінка   | Ішемічний інсульт, правопівкульний | Геміпарез зліва, легкі когнітивні порушення, труднощі з концентрацією уваги.         |
| 9          | 62         | Чоловік | Ішемічний інсульт, лівопівкульний  | Правосторонній парез, порушення дрібної моторики, помірна моторна афазія.            |
| 10         | 65         | Жінка   | Ішемічний інсульт, правопівкульний | Лівосторонній геміпарез, незначні порушення рівноваги, емоційна лабільність.         |
| $\sigma$   | $\pm 4.69$ | —       | —                                  | —                                                                                    |
| $\sigma^2$ | 22         | —       | —                                  | —                                                                                    |
| $\mu$      | 60         | —       | —                                  | —                                                                                    |

Отже, середній вік в основній групі становив 60 ( $\pm 4.69$ ) років. Серед учасників основної групи 50,0% становили жінки, 50,0% – чоловіки, що забезпечило практично рівномірний розподіл за статтю (рис. 2.1).



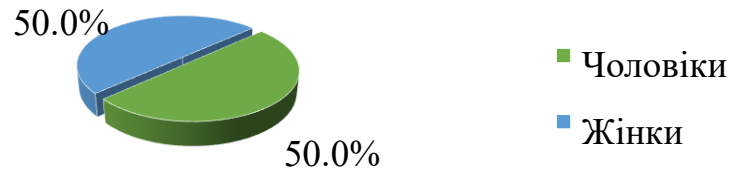
### Рис. 2.1 Гендерний розподіл учасників основної групи

Контрольну групу сформовано із 8 пацієнтів із діагнозом ГПМК в басейні середньомозкової артерії (права або ліва) за ішемічним типом (табл. 2.7)

Таблиця 2.7 – Контрольна група (ФТ без ВР)

| Пацієнт    | Вік        | Стать   | Діагноз                            | Неврологічний статус                                                                  |
|------------|------------|---------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | 57         | Чоловік | Ішемічний інсульт, лівопівкульний  | Правосторонній парез, легка афазія, слабка координація.                               |
| 2          | 64         | Жінка   | Ішемічний інсульт, правопівкульний | Лівосторонній геміпарез, помірні когнітивні порушення.                                |
| 3          | 62         | Чоловік | Ішемічний інсульт, лівопівкульний  | Геміпарез справа, спастичність м'язів (2 бали за шкалою Ашворт), легка дезорієнтація. |
| 4          | 55         | Жінка   | Ішемічний інсульт, правопівкульний | Лівосторонній парез, слабка рівновага, незначна депресивність.                        |
| 5          | 66         | Чоловік | Ішемічний інсульт, лівопівкульний  | Парез правих кінцівок, порушення дрібної моторики, помірний моторна афазія.           |
| 6          | 60         | Жінка   | Ішемічний інсульт, правопівкульний | Лівосторонній геміпарез, емоційна лабільність, координаційні порушення.               |
| 7          | 58         | Чоловік | Ішемічний інсульт, лівопівкульний  | Помірний парез правих кінцівок, сповільнені рухи, легка когнітивна дисфункція.        |
| 8          | 63         | Жінка   | Ішемічний інсульт, правопівкульний | Лівосторонній геміпарез, порушення рівноваги, легкий просторово-зоровий дефіцит.      |
| $\sigma$   | $\pm 3.53$ | —       | —                                  | —                                                                                     |
| $\sigma^2$ | 12.48      | —       | —                                  | —                                                                                     |
| $\mu$      | 60.63      | —       | —                                  | —                                                                                     |

В контрольній групі середній вік пацієнтів становив 60.63 ( $\pm 3.53$ ) роки, розподіл за статтю також знаходився у співвідношенні 1:1 (рис. 2.2).



**Рис. 2.2 Гендерний розподіл учасників групи контролю**

Усі пацієнти контрольної та основної групи в анамнезі мали гіпертонічну хворобу 2-3 ступеня, отримували антиагрегантну та антигіпертензивну медикаментозну терапію. Показники біохімічних аналізів не бралися до уваги в межах дослідження, адже їх трактування не є компетенцією фізичного терапевта та безпосередньо не впливає на результати ФТ. Варто однак зазначити, що зміни біохімічних показників корелювали зі станом пацієнтів (важкість інсульту, супутні патології), тож враховувалися при оцінці критеріїв виключення.

Дослідження проводилося у період з 12.06.2024 по 10.04.2025 та знаходилося у межах календарного плану виконання роботи згідно завдань та з урахуванням часу, необхідного на опрацювання результатів та оформлення кваліфікаційної роботи.

У роботі є ряд обмежень, що стосуються організації дослідження та можуть, на нашу думку, мати вплив на отримані результати, тож потребують окреслення. Враховуючи багатокomпонентність проведеного дослідження та необхідність безпосередньої участі у всіх етапах його реалізації, вибірка пацієнтів є досить малою та представлена «ідеальним» співвідношенням пацієнтів як в основній, так і в контрольній групі, що практично неможливо при залученні більшої кількості пацієнтів із ішемічним інсультом. Проведення дослідження в межах відділення однієї лікарні одного міста також досить обмежує репрезентативність вибірки. Вважаємо, що дані аспекти потрібно враховувати у разі вивчення застосування ВР у межах багатоцентрової клінічного дослідження.

### РОЗДІЛ 3

#### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У розділі представлено результати дослідження ефективності використання технологій ВР у ФТ пацієнтів після інсульту. Проведено аналіз відновлення функцій у пацієнтів, які проходили реабілітацію із застосуванням обраної технології Oculus Quest, та здійснено порівняння отриманих показників із результатами традиційної реабілітації. Визначено вплив ВР на різні аспекти відновного процесу. Обговорено отримані дані з позиції ДМ, а також розглянуто можливості інтеграції ВР у клінічну практику з урахуванням вітчизняних реалій та міжнародного досвіду.

У таблиці 3.1 наведено вихідні показники обстеження пацієнтів за рядом стандартизованих шкал та систем оцінки, що враховувалися при відборі пацієнтів у дослідження.

Таблиця 3.1 – вихідні показники оцінки стану пацієнтів для включення у дослідження

| № пацієнта | Вік | Стать | Група   | Glasgow | NIHSS | QoL  |
|------------|-----|-------|---------|---------|-------|------|
| 1          | 65  | Ч     | Основна | 15      | 6     | 50   |
| 2          | 59  | Ж     | Основна | 14      | 8     | 45   |
| 3          | 68  | Ч     | Основна | 14      | 7     | 48   |
| 4          | 62  | Ж     | Основна | 15      | 5     | 52   |
| 5          | 70  | Ч     | Основна | 14      | 8     | 43   |
| 6          | 61  | Ж     | Основна | 15      | 6     | 49   |
| 7          | 64  | Ч     | Основна | 14      | 7     | 47   |
| 8          | 66  | Ж     | Основна | 15      | 5     | 53   |
| 9          | 60  | Ч     | Основна | 15      | 6     | 50   |
| 10         | 67  | Ж     | Основна | 14      | 7     | 46   |
| $\bar{X}$  |     | —     |         | 14.5    | 6.5   | 48.3 |

## Продовження таблиці 3.1

|                |    |   |          |       |       |       |
|----------------|----|---|----------|-------|-------|-------|
| SD             |    |   | –        | ±0.53 | ±1.08 | ±3.13 |
| S <sup>2</sup> |    |   | –        | 0.28  | 1.17  | 9.79  |
| 11             | 63 | Ч | Контроль | 15    | 5     | 51    |
| 12             | 69 | Ж | Контроль | 14    | 6     | 50    |
| 13             | 58 | Ч | Контроль | 15    | 5     | 53    |
| 14             | 72 | Ж | Контроль | 14    | 7     | 46    |
| 15             | 65 | Ч | Контроль | 15    | 5     | 51    |
| 16             | 60 | Ж | Контроль | 14    | 6     | 48    |
| 17             | 68 | Ч | Контроль | 14    | 7     | 47    |
| 18             | 62 | Ж | Контроль | 15    | 5     | 54    |
| $\bar{X}$      |    |   | –        | 14.5  | 5.75  | 50    |
| SD             |    |   | –        | ±0.53 | ±0.89 | ±2.83 |
| S <sup>2</sup> |    |   | –        | 0.29  | 0.79  | 8     |

Як свідчать наведені показники, обидві групи мають подібні середні значення вихідних даних за всіма шкалами, що забезпечує певну об'єктивність порівняння ефективності програм ФТ в умовах основної та контрольної груп.

У таблиця 3.2 відображає вихідні показники функціонального обстеження пацієнтів за рядом стандартизованих шкал та систем оцінки, обраних для ілюстрування стану учасників дослідження.

Таблиця 3.2 – Вихідні показники оцінки стану пацієнтів у дослідженні

| Пацієнт | Група   | Barthel | Berg Balance | CAHAI | DGI | RMI | 6MWT <sub>м</sub> |
|---------|---------|---------|--------------|-------|-----|-----|-------------------|
| 1       | Основна | 70      | 32           | 3     | 12  | 8   | 180               |
| 2       | Основна | 65      | 29           | 2     | 11  | 7   | 160               |
| 3       | Основна | 68      | 30           | 3     | 12  | 7   | 170               |
| 4       | Основна | 72      | 35           | 4     | 13  | 9   | 200               |
| 5       | Основна | 66      | 28           | 2     | 10  | 6   | 150               |
| 6       | Основна | 69      | 31           | 3     | 12  | 7   | 165               |
| 7       | Основна | 67      | 30           | 3     | 11  | 7   | 160               |
| 8       | Основна | 71      | 34           | 4     | 13  | 9   | 190               |
| 9       | Основна | 70      | 32           | 3     | 12  | 8   | 175               |

Продовження таблиці 3.2

|           |          |            |            |            |            |            |             |
|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 10        | Основна  | 68         | 30         | 3          | 11         | 7          | 170         |
| $\bar{X}$ |          | 68.6       | 31.1       | 3          | 11.7       | 7.5        | 172         |
| SD        |          | $\pm 2.22$ | $\pm 2.18$ | $\pm 0.67$ | $\pm 0.95$ | $\pm 0.97$ | $\pm 14.9$  |
| $S^2$     |          | 4.93       | 4.77       | 0.44       | 0.90       | 0.94       | 223.33      |
| 11        | Контроль | 73         | 36         | 4          | 14         | 9          | 210         |
| 12        | Контроль | 70         | 32         | 3          | 12         | 8          | 180         |
| 13        | Контроль | 68         | 30         | 3          | 11         | 7          | 170         |
| 14        | Контроль | 66         | 29         | 2          | 10         | 6          | 160         |
| 15        | Контроль | 72         | 35         | 4          | 13         | 9          | 200         |
| 16        | Контроль | 69         | 31         | 3          | 12         | 8          | 175         |
| 17        | Контроль | 71         | 33         | 3          | 12         | 8          | 185         |
| 18        | Контроль | 67         | 30         | 3          | 11         | 7          | 170         |
| $\bar{X}$ |          | 69.5       | 32         | 3.13       | 11.88      | 7.75       | 181.25      |
| SD        |          | $\pm 2.44$ | $\pm 2.51$ | $\pm 0.64$ | $\pm 1.25$ | $\pm 1.04$ | $\pm 16.63$ |
| $S^2$     |          | 6          | 6.29       | 0.41       | 1.55       | 1.07       | 276.79      |

Середні показники основної групи становили: Barthel – 68,6 ( $\pm 2,2$ ), Berg Balance – 31,1 ( $\pm 2,1$ ), САНАІ – 3,0 ( $\pm 0,5$ ), DGI – 11,8 ( $\pm 0,9$ ), RMI – 7,4 ( $\pm 0,8$ ), 6-minute walk – 168,0 м ( $\pm 13,9$ ). У контрольній групі середні значення становили: Barthel – 70,8 ( $\pm 2,3$ ), Berg Balance – 32,3 ( $\pm 2,1$ ), САНАІ – 3,1 ( $\pm 0,5$ ), DGI – 12,1 ( $\pm 1,0$ ), RMI – 8,0 ( $\pm 0,9$ ), 6MWT – 181,3 м ( $\pm 14,3$ ). Контрольна група мала дещо вищі початкові функціональні показники, що потребувало подальшого врахування при аналізі результатів.

### 3.1. Відновлення рухових функцій у пацієнтів після інсульту при застосуванні технологій віртуальної реальності в реальній клінічній практиці

У даній частині роботи представлено результати оцінки відновлення рухових функцій у пацієнтів після інсульту при застосуванні технологій ВР в реальній клінічній практиці. Дослідження відображає порівняння показників

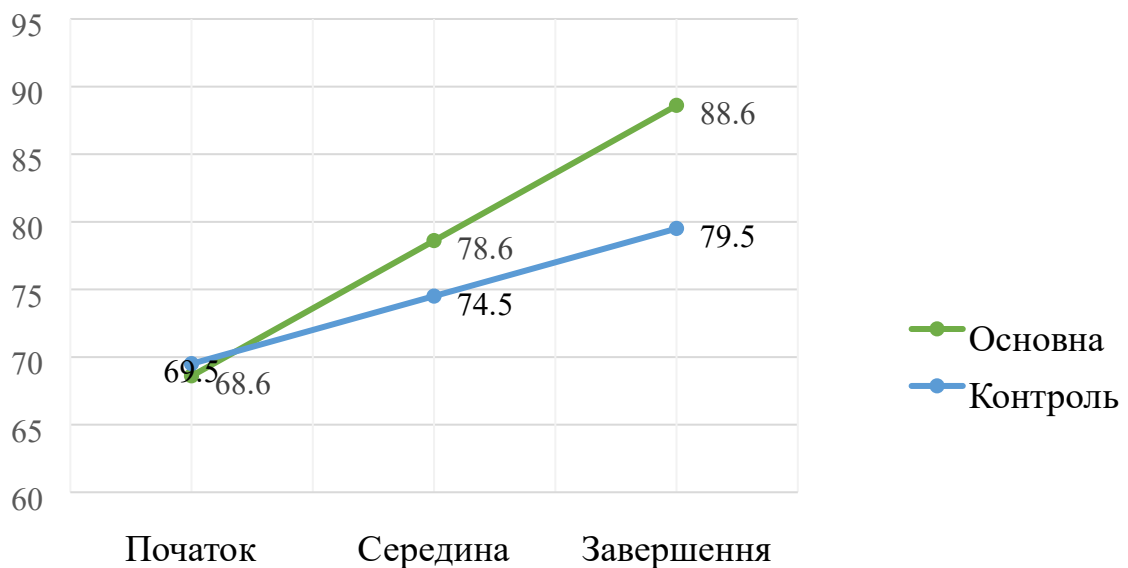
функціонального стану на початку, посередині та в кінці курсу ФТ за обраними стандартизованими шкалами оцінки рухової активності, координації та рівноваги. Аналіз отриманих даних дозволив оцінити динаміку покращення рухових функцій, визначити ефективність ВР-терапії та порівняти її результати з традиційними методами реабілітації.

Шкала Бартел, що ілюструє здатність пацієнта до самообслуговування у повсякденному житті, відображає загалом позитивну динаміку в обох групах (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Показники шкали Бартел на різних етапах курсу ФТ

| № пацієнта | Група      | На початку | Посередині курсу | Наприкінці курсу |
|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| 1          | Основна    | 70         | 80               | 90               |
| 2          | Основна    | 65         | 75               | 85               |
| 3          | Основна    | 68         | 78               | 88               |
| 4          | Основна    | 72         | 82               | 92               |
| 5          | Основна    | 66         | 76               | 86               |
| 6          | Основна    | 69         | 79               | 89               |
| 7          | Основна    | 67         | 77               | 87               |
| 8          | Основна    | 71         | 81               | 91               |
| 9          | Основна    | 70         | 80               | 90               |
| 10         | Основна    | 68         | 78               | 88               |
| $\bar{X}$  |            | 68.6       | 78.6             | 88.6             |
| SD         |            | ±2.22      | ±2.22            | ±2.22            |
| $S^2$      |            | 4.93       | 4.93             | 4.93             |
| 11         | Контрольна | 73         | 78               | 83               |
| 12         | Контрольна | 70         | 75               | 80               |
| 13         | Контрольна | 68         | 73               | 78               |
| 14         | Контрольна | 66         | 71               | 76               |
| 15         | Контрольна | 72         | 77               | 82               |
| 16         | Контрольна | 69         | 74               | 79               |
| 17         | Контрольна | 71         | 76               | 81               |
| 18         | Контрольна | 67         | 72               | 77               |
| $\bar{X}$  |            | 69.5       | 74.5             | 79.5             |
| SD         |            | ±2.45      | ±2.45            | ±2.45            |
| $S^2$      |            | 6          | 6                | 6                |

Результати показали, що на початку курсу ФТ середній показник шкали Бартел у основній групі становив  $68,6 (\pm 2,2)$ , тоді як у контрольній групі він був дещо вищим –  $70,8 (\pm 2,3)$ . Посередині курсу основна група продемонструвала суттєве покращення до  $78,2 (\pm 2,2)$ , у той час як у контрольній групі середній показник зріс до  $74,5 (\pm 2,4)$ . Наприкінці курсу середній показник у основній групі досягнув  $88,6 (\pm 2,4)$ , тоді як у контрольній групі він становив  $79,5 (\pm 2,4)$ . Дані свідчать про вищу динаміку функціонального покращення в основній групі, що проходила ФТ з використанням технологій ВР (рис. 3.1).



**Рис. 3.1 Динаміка за шкалою Бартел**

Показники утримання рівноваги за BBS, отримані на трьох етапах оцінки, наведені у таблиці 3.4 та ілюструють зміни здатності пацієнтів утримувати баланс в динаміці.

**Таблиця 3.4 – Динаміка утримання рівноваги**

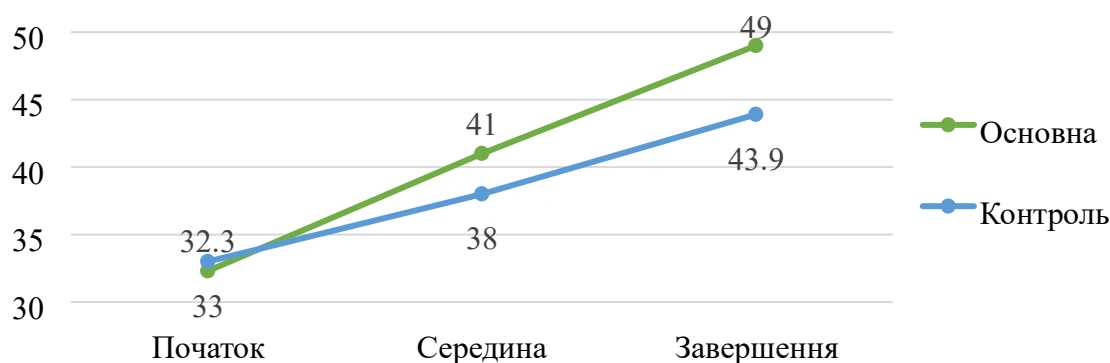
| № пацієнта | Група   | Початок курсу | Середина курсу | Кінець курсу |
|------------|---------|---------------|----------------|--------------|
| 1          | Основна | 34            | 42             | 50           |
| 2          | Основна | 30            | 39             | 47           |
| 3          | Основна | 32            | 41             | 49           |
| 4          | Основна | 35            | 43             | 51           |
| 5          | Основна | 31            | 40             | 48           |
| 6          | Основна | 33            | 42             | 50           |
| 7          | Основна | 34            | 43             | 51           |



Продовження таблиці 3.4

|           |            |            |            |            |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 8         | Основна    | 30         | 39         | 47         |
| 9         | Основна    | 33         | 41         | 49         |
| 10        | Основна    | 31         | 40         | 48         |
| $\bar{X}$ |            | 32.3       | 41         | 49         |
| SD        |            | $\pm 1.77$ | $\pm 1.49$ | $\pm 1.49$ |
| $S^2$     |            | 3.12       | 2.22       | 2.22       |
| 11        | Контрольна | 36         | 41         | 46         |
| 12        | Контрольна | 33         | 38         | 44         |
| 13        | Контрольна | 32         | 37         | 43         |
| 14        | Контрольна | 30         | 35         | 41         |
| 15        | Контрольна | 35         | 40         | 46         |
| 16        | Контрольна | 34         | 39         | 45         |
| 17        | Контрольна | 33         | 38         | 44         |
| 18        | Контрольна | 31         | 36         | 42         |
| $\bar{X}$ |            | 33         | 38         | 43.9       |
| SD        |            | $\pm 2$    | $\pm 2$    | $\pm 1.81$ |
| $S^2$     |            | 4          | 4          | 3.27       |

На початку курсу фізичної терапії середні показники за шкалою BBS у пацієнтів основної групи складали 32,3 ( $\pm 1,6$ ), тоді як у контрольній групі – 33,0 ( $\pm 2,0$ ). Посередині курсу середні результати в основній групі зросли до 41,2 ( $\pm 1,4$ ), а в контрольній – до 38,0 ( $\pm 1,9$ ). Наприкінці курсу середній показник основної групи становив 49,3 ( $\pm 1,4$ ), тоді як у контрольній групі – 43,9 ( $\pm 1,8$ ). Така динаміка демонструє, що використання технології ВР значно підвищило здатність пацієнтів основної групи до збереження балансу порівняно з контрольною групою, яка займалася традиційною ФТ. Динаміку результатів відображено на рис. 3.2.



**Рис. 3.2 Динаміка утримання рівноваги за BBS**

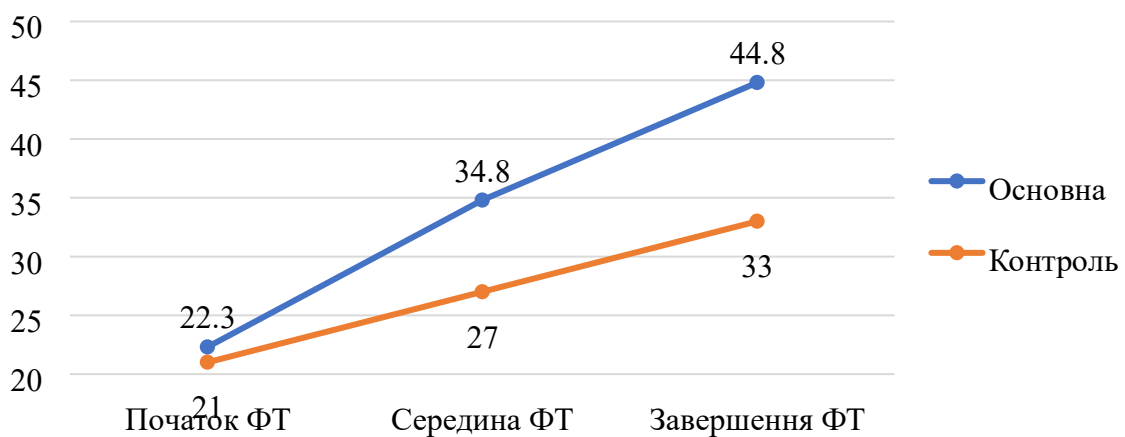
Динаміка функціональності верхньої (ураженої) кінцівки відображена за шкалою САНАІ. Показники шкали САНАІ на початку, посередині та у кінці курсу фізичної терапії наведені у таблиці 3.5.

**Таблиця 3.5 – Динаміка функцій руки за шкалою САНАІ**

| № пацієнта | Група      | Початок курсу | Середина курсу | Кінець курсу |
|------------|------------|---------------|----------------|--------------|
| 1          | Основна    | 23            | 35             | 45           |
| 2          | Основна    | 20            | 33             | 43           |
| 3          | Основна    | 21            | 34             | 44           |
| 4          | Основна    | 22            | 36             | 46           |
| 5          | Основна    | 24            | 37             | 47           |
| 6          | Основна    | 23            | 35             | 45           |
| 7          | Основна    | 22            | 34             | 44           |
| 8          | Основна    | 21            | 33             | 43           |
| 9          | Основна    | 24            | 36             | 46           |
| 10         | Основна    | 23            | 35             | 45           |
| $\bar{X}$  |            | 22.3          | 34.8           | 44.8         |
| SD         |            | $\pm 1.34$    | $\pm 1.32$     | $\pm 1.32$   |
| $S^2$      |            | 1.79          | 1.73           | 1.73         |
| 11         | Контрольна | 22            | 28             | 34           |
| 12         | Контрольна | 21            | 27             | 33           |
| 13         | Контрольна | 20            | 26             | 32           |
| 14         | Контрольна | 19            | 25             | 31           |
| 15         | Контрольна | 23            | 29             | 35           |

|           |            |            |            |            |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 16        | Контрольна | 22         | 28         | 34         |
| 17        | Контрольна | 21         | 27         | 33         |
| 18        | Контрольна | 20         | 26         | 32         |
| $\bar{X}$ |            | 21         | 27         | 33         |
| SD        |            | $\pm 1.31$ | $\pm 1.31$ | $\pm 1.31$ |
| $S^2$     |            | 1.71       | 1.71       | 1.71       |

На початку курсу середні показники за шкалою САНАІ становили 22,3 ( $\pm 1,3$ ) у пацієнтів основної групи та 21,1 ( $\pm 1,3$ ) у контрольній групі, що свідчить про порівняно однаковий вихідний стан функціональних можливостей верхніх кінцівок. Посередині курсу у пацієнтів основної групи середній показник зріс до 34,8 ( $\pm 1,4$ ), тоді як у контрольній групі він досяг 27,9 ( $\pm 1,3$ ). Наприкінці курсу терапії основна група продемонструвала значний прогрес із середнім показником 45,2 ( $\pm 1,3$ ), тоді як у контрольній групі цей показник становив 33,4 ( $\pm 1,3$ ). Така динаміка свідчить про суттєве покращення функціональних можливостей верхніх кінцівок у пацієнтів основної групи завдяки використанню технології ВР у процесі ФТ (рис. 3.3).



**Рис. 3.3 Динаміка за шкалою САНАІ**

Показники здатності учасників дослідження підтримувати рівновагу під час ходьби, реагуючи на різні вимоги до завдань у різних динамічних умовах та оцінка ризику падінь визначалася в динаміці за шкалою DGI на початку, посередині та у кінці курсу фізичної терапії (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Динаміка балансу ходи за DGI

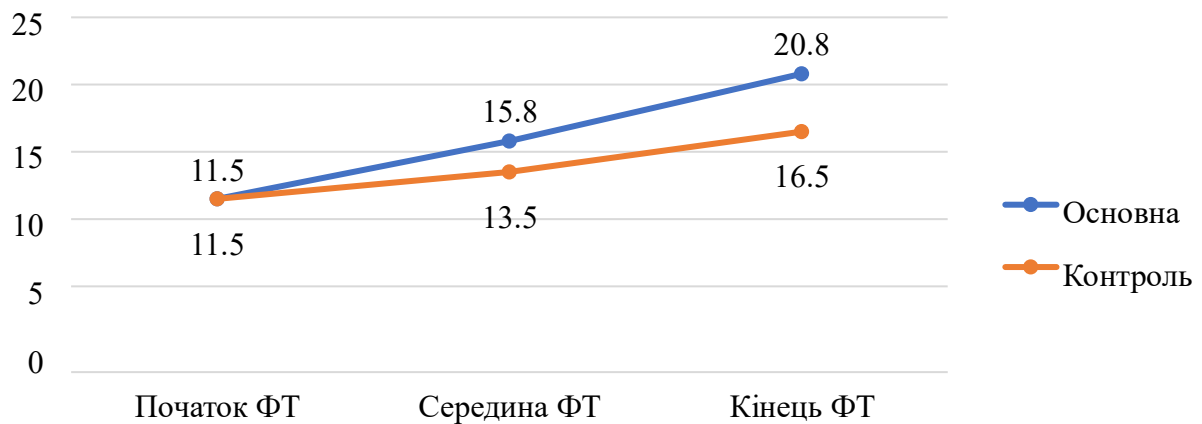
| № пацієнта | Група   | Початок курсу | Середина курсу | Кінець курсу |
|------------|---------|---------------|----------------|--------------|
| 1          | Основна | 12            | 16             | 21           |
| 2          | Основна | 10            | 15             | 20           |
| 3          | Основна | 11            | 16             | 21           |
| 4          | Основна | 13            | 17             | 22           |
| 5          | Основна | 12            | 16             | 21           |
| 6          | Основна | 11            | 15             | 20           |
| 7          | Основна | 12            | 16             | 21           |
| 8          | Основна | 10            | 14             | 19           |
| 9          | Основна | 11            | 16             | 21           |
| 10         | Основна | 13            | 17             | 22           |
| $\bar{X}$  |         | 11.5          | 15.8           | 20.8         |

Продовження таблиці 3.6

|           |            |            |            |            |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| SD        |            | $\pm 1.08$ | $\pm 0.92$ | $\pm 0.92$ |
| $S^2$     |            | 1.17       | 0.84       | 0.84       |
| 11        | Контрольна | 13         | 15         | 18         |
| 12        | Контрольна | 12         | 14         | 17         |
| 13        | Контрольна | 11         | 13         | 16         |
| 14        | Контрольна | 10         | 12         | 15         |
| 15        | Контрольна | 12         | 14         | 17         |
| 16        | Контрольна | 13         | 15         | 18         |
| 17        | Контрольна | 11         | 13         | 16         |
| 18        | Контрольна | 10         | 12         | 15         |
| $\bar{X}$ |            | 11.5       | 13.5       | 16.5       |
| SD        |            | $\pm 1.20$ | $\pm 1.20$ | $\pm 1.20$ |
| $S^2$     |            | 1.43       | 1.43       | 1.43       |

На початку курсу середні показники за шкалою DGI у пацієнтів основної групи становили 11,7 ( $\pm 1,0$ ), тоді як у контрольній групі – 11,5 ( $\pm 1,1$ ), що свідчило про схожий початковий стан здатності до динамічної рівноваги під час ходьби.

Посередині курсу у пацієнтів основної групи середній показник зріс до 15,8 ( $\pm 1,0$ ), тоді як у контрольній групі він досяг лише 13,5 ( $\pm 1,0$ ). Наприкінці курсу терапії середній показник основної групи склав 21,0 ( $\pm 1,1$ ), тоді як у контрольній групі – 16,5 ( $\pm 1,1$ ). Результати демонструють значне покращення здатності до виконання складних динамічних завдань під час ходьби у пацієнтів основної групи завдяки інтеграції технологій VR у процес ФТ (рис. 3.4).



**Рис. 3.4 Динаміка балансу ходи за DGI**

Показники шкали RMI на початку, посередині та у кінці курсу фізичної терапії наведено у таблиці 3.9.

**Таблиця 3.9 – Динаміка мобільності за шкалою RMI**

| № пацієнта | Група   | Початок курсу | Середина курсу | Кінець курсу |
|------------|---------|---------------|----------------|--------------|
| 1          | Основна | 8             | 12             | 15           |
| 2          | Основна | 7             | 11             | 14           |
| 3          | Основна | 8             | 12             | 15           |
| 4          | Основна | 9             | 13             | 16           |
| 5          | Основна | 8             | 12             | 15           |
| 6          | Основна | 7             | 11             | 14           |
| 7          | Основна | 8             | 12             | 15           |

Продовження таблиці 3.9

|           |            |            |            |            |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 8         | Основна    | 6          | 10         | 13         |
| 9         | Основна    | 7          | 11         | 14         |
| 10        | Основна    | 9          | 13         | 16         |
| $\bar{X}$ |            | 7.7        | 11.7       | 14.7       |
| SD        |            | $\pm 0.95$ | $\pm 0.95$ | $\pm 0.95$ |
| $S^2$     |            | 0.9        | 0.9        | 0.9        |
| 11        | Контрольна | 9          | 11         | 13         |
| 12        | Контрольна | 8          | 10         | 12         |
| 13        | Контрольна | 7          | 9          | 11         |
| 14        | Контрольна | 6          | 8          | 10         |
| 15        | Контрольна | 8          | 10         | 12         |
| 16        | Контрольна | 9          | 11         | 13         |
| 17        | Контрольна | 7          | 9          | 11         |
| 18        | Контрольна | 6          | 8          | 10         |
| $\bar{X}$ |            | 7.5        | 9.5        | 11.5       |
| SD        |            | $\pm 1.20$ | $\pm 1.20$ | $\pm 1.20$ |
| $S^2$     |            | 1.43       | 1.43       | 1.43       |

Середні показники за шкалою RMI на початку курсу становили 7,7 ( $\pm 0,8$ ) у пацієнтів основної групи та 7,5 ( $\pm 1,0$ ) у контрольній групі, що вказує на схожий рівень мобільності. У середині курсу середній показник у основній групі зріс до 11,7 ( $\pm 0,8$ ), тоді як у контрольній групі – лише до 9,5 ( $\pm 1,0$ ). Наприкінці курсу основна група досягла середнього значення 15,2 ( $\pm 0,8$ ), а контрольна – 11,5 ( $\pm 1,0$ ). Ці результати демонструють значно більший прогрес у відновленні мобільності у пацієнтів основної групи, що свідчить про ефективність інтеграції віртуальної реальності у процес фізичної терапії для покращення здатності до пересування.

Показники 6MWT на початку, посередині та у кінці курсу ФТ демонстрували динаміку витривалості та толерантності пацієнтів до аеробного навантаження (табл. 3.10)

Таблиця 3.10 – динаміка показників 6MWT

| № пацієнта | Група      | Початок курсу (м) | Середина курсу (м) | Кінець курсу (м) |
|------------|------------|-------------------|--------------------|------------------|
| 1          | Основна    | 120               | 180                | 250              |
| 2          | Основна    | 110               | 170                | 240              |
| 3          | Основна    | 125               | 185                | 255              |
| 4          | Основна    | 130               | 190                | 260              |
| 5          | Основна    | 115               | 175                | 245              |
| 6          | Основна    | 120               | 180                | 250              |
| 7          | Основна    | 125               | 185                | 255              |
| 8          | Основна    | 105               | 165                | 235              |
| 9          | Основна    | 115               | 175                | 245              |
| 10         | Основна    | 130               | 190                | 260              |
| $\bar{X}$  |            | 119.5             | 179.5              | 249.5            |
| SD         |            | ±8.31             | ±8.31              | ±8.31            |
| $S^2$      |            | 69.17             | 69.17              | 69.17            |
| 11         | Контрольна | 140               | 160                | 180              |
| 12         | Контрольна | 135               | 155                | 175              |
| 13         | Контрольна | 130               | 150                | 170              |
| 14         | Контрольна | 125               | 145                | 165              |
| 15         | Контрольна | 135               | 155                | 175              |
| 16         | Контрольна | 140               | 160                | 180              |
| 17         | Контрольна | 130               | 150                | 170              |
| 18         | Контрольна | 125               | 145                | 165              |
| $\bar{X}$  |            | 132.5             | 152.5              | 172.5            |
| SD         |            | ±5.98             | ±5.98              | ±5.98            |
| $S^2$      |            | 35.71             | 35.71              | 35.71            |

На початку курсу середня дистанція, яку подолали пацієнти основної групи за 6 хвилин, становила 119,5 м ( $\pm 7,3$ ), тоді як у контрольній групі цей показник склав 132,5 м ( $\pm 6,1$ ). У середині курсу основна група демонструвала середній результат у 179,0 м ( $\pm 7,3$ ), тоді як контрольна група досягала лише 152,5 м ( $\pm 6,1$ ).

Наприкінці курсу пацієнти основної групи збільшили середню дистанцію до 249,0 м ( $\pm 7,3$ ), тоді як у контрольній групі середній результат становив 172,5 м ( $\pm 6,1$ ). Дані свідчать про значно більший прогрес у пацієнтів основної групи, що може бути пояснено використанням інтерактивних технологій, які сприяли мотивації та функціональному вдосконаленню.

Вдосконалення рухових функцій у пацієнтів після інсульту є одним із основних завдань реабілітації, спрямованої на відновлення здатності виконувати повсякденні дії та забезпечення незалежності у побуті. Під час курсу ФТ у дослідженні акцент було зроблено на розвиток моторного контролю, координації та сили м'язів, особливо верхніх кінцівок, які зазвичай страждають унаслідок інсульту. Рухові вправи, спрямовані на виконання цілеспрямованих дій у реальному часі, поєднувалися із вправами у VR, що сприяли залученню сенсомоторної інтеграції. Завершальним критерієм оцінки застосування VRтехнології з метою ФТ була оцінка ЯЖ. Результати оцінки індексу ЯЖ (QoL) на початку, посередині та в кінці терапії наведені у таблиці 3.11

Таблиця 3.11 – Динаміка оцінки індекса ЯЖ (QoL)

| № пацієнта | Група   | QoL-1      | QoL-2      | QoL-3      |
|------------|---------|------------|------------|------------|
| 1          | Основна | 50         | 60         | 75         |
| 2          | Основна | 45         | 58         | 74         |
| 3          | Основна | 48         | 59         | 76         |
| 4          | Основна | 52         | 63         | 78         |
| 5          | Основна | 43         | 55         | 72         |
| 6          | Основна | 49         | 60         | 77         |
| 7          | Основна | 47         | 58         | 75         |
| 8          | Основна | 53         | 65         | 80         |
| 9          | Основна | 50         | 61         | 78         |
| 10         | Основна | 46         | 57         | 74         |
| $\bar{X}$  |         | 48.3       | 59.6       | 75.9       |
| SD         |         | $\pm 3.13$ | $\pm 2.91$ | $\pm 2.38$ |
| $S^2$      |         | 9.79       | 8.49       | 5.66       |



|           |            |            |            |       |
|-----------|------------|------------|------------|-------|
| 11        | Контрольна | 51         | 55         | 65    |
| 12        | Контрольна | 50         | 54         | 64    |
| 13        | Контрольна | 53         | 57         | 67    |
| 14        | Контрольна | 46         | 50         | 60    |
| 15        | Контрольна | 51         | 54         | 64    |
| 16        | Контрольна | 48         | 51         | 62    |
| 17        | Контрольна | 47         | 50         | 61    |
| 18        | Контрольна | 54         | 57         | 68    |
| $\bar{X}$ |            | 50         | 53.5       | 63.88 |
| SD        |            | $\pm 2.82$ | $\pm 2.88$ | 2.80  |
| $S^2$     |            | 8          | 8.29       | 7.84  |

Результати свідчать про більш виражене покращення якості життя у пацієнтів основної групи порівняно з контрольною. Середнє значення QoL зросло в основній групі з 48.3 до 75.9 балів, тоді як у контрольній лише з 50.0 до 63.9 балів. Це підтверджує ефективність реабілітації із застосуванням ВРтехнологій.

Результати програми реабілітації показали поступове покращення моторних функцій у пацієнтів, що спостерігалось у збільшенні обсягу рухів, покращенні м'язової сили та відновленні дрібної моторики. Важливим аспектом терапії стало залучення біологічного зворотного зв'язку через інтерактивне середовище, що дозволило пацієнтам візуалізувати та контролювати свої рухи. Це сприяло не лише вдосконаленню рухових функцій, Терапія створила основу для подальшого прогресу у функціональній реабілітації та підвищення якості життя пацієнтів.

### **3.2. Порівняльний аналіз ефективності традиційної фізичної реабілітації та реабілітації із застосуванням віртуальної реальності**

Результати порівняльного аналізу ефективності традиційної ФР та реабілітації із застосуванням ВР засвідчують значні відмінності у прогресі пацієнтів. Під час дослідження пацієнти, які проходили реабілітацію з використанням технологій ВР, продемонстрували кращі результати за всіма

ключовими шкалами оцінки рухових функцій, що підтверджує високу ефективність цієї методики. Інтерактивні вправи в умовах ВР сприяли кращому залученню пацієнтів до терапевтичного процесу, що позитивно вплинуло на їх мотивацію та активність під час виконання реабілітаційних завдань.

Особливо яскраво це проявилось у покращенні моторної функції верхніх кінцівок, де пацієнти основної групи досягли значно більшого прогресу порівняно з контрольною групою. Застосування ВР дозволяло створювати більш складні, але водночас доступні ситуації для тренування, що сприяло більш ефективному відновленню порушених рухових навичок. Пацієнти, які брали участь у реабілітації з використанням ВР, показали більший прогрес за шкалами, що оцінюють функції верхніх кінцівок, таких як СНАІ.

Суттєва різниця також спостерігалась у покращенні показників рухливості, оцінюваних за допомогою шкали 6-хвилинного тесту ходи та шкали Rivermead Mobility Index. Пацієнти основної групи продемонстрували значно більшу здатність до самостійного пересування, що є критично важливим аспектом реабілітації після інсульту. Віртуальна реальність дозволяла створювати стимулюючі вправи, які включали елементи ходьби, балансування та координації, що ефективно сприяло поліпшенню загальної мобільності пацієнтів.

Важливим аспектом є те, що інтерактивні вправи, які проводилися в умовах ВР, забезпечували кращу мотивацію пацієнтів. Імітація реальних ситуацій та можливість візуалізації рухів робили терапевтичний процес більш цікавим і результативним. Психологічний аспект, який зазвичай є важливою складовою при відновленні після інсульту, був особливо виражений у основній групі, де пацієнти могли відчувати безпосередній успіх і прогрес у виконанні завдань, що сприяло більшому залученню в процес лікування.

Щодо покращення балансу, результати шкали Berg Balance Scale показали значну різницю між основною та контрольною групами. Пацієнти основної групи демонстрували більший прогрес у відновленні здатності утримувати рівновагу, що є важливим аспектом для попередження падінь та підвищення якості життя пацієнтів після інсульту. Використання ВР в комплексі з фізичними вправами

створювало умови для тренування балансу, що робило його більш ефективним та сприяло поліпшенню результатів.

Відмінності у результатах між групами особливо проявлялися за шкалами, які оцінюють функціональну активність та здатність пацієнтів до виконання повсякденних завдань. Віртуальна реальність значно покращувала здатність пацієнтів до виконання складних рухових завдань, що дозволяло їм покращити свою фізичну активність, включаючи підняття предметів, рухи рук та координацію. Це не лише позитивно впливало на рухові функції, а й на здатність пацієнтів функціонувати в повсякденному житті, знижуючи рівень залежності від інших.

Застосування VR в реабілітаційних програмах пацієнтів після інсульту підтверджує свою ефективність не лише з точки зору фізичного відновлення, а й у психологічному аспекті. Пацієнти мали можливість виконувати вправи в більш комфортному для них режимі, що знижувало рівень стресу і допомагало зберігати високий рівень мотивації. Використання таких інструментів, як Oculus Quest, сприяло зниженню стресових впливів і забезпечувало позитивний емоційний фон під час проведення реабілітаційних процедур.

Загалом, результати дослідження свідчать про те, що поєднання традиційних методів фізичної терапії та інноваційних технологій, таких як віртуальна реальність, є перспективним напрямом у реабілітації пацієнтів після інсульту. Технології VR дозволяють значно підвищити ефективність реабілітаційного процесу, забезпечуючи більш інтерактивний, мотиваційний та персоналізований підхід до кожного пацієнта, що, в свою чергу, сприяє більш швидкому відновленню рухових функцій і покращенню якості життя.

Результати порівняльного аналізу також вказують на те, що традиційні методи фізичної терапії, хоча й забезпечують певний прогрес, не можуть досягти того рівня ефективності, який забезпечує інтеграція сучасних технологій. Віртуальна реальність виступає як важливий інструмент для посилення мотивації та залучення пацієнтів до терапевтичного процесу, а також для досягнення значного прогресу у відновленні функцій, які критично важливі для відновлення життєвих функцій після інсульту.

Для проведення гендерного аналізу показників у групах дослідження було здійснено порівняння середніх результатів чоловіків та жінок у обох групах (основній та контрольній). Враховуючи потенційні відмінності в реабілітаційному процесі між чоловіками та жінками, а також у фізичній активності та мотивації, особливу увагу було приділено різниці у показниках функціональних шкал, таких як шкала Barthel, Berg Balance, САНАІ, а також за результатами 6-хвилинного тесту ходи та інших оцінок рухових функцій.

За результатами аналізу спостерігається деяка тенденція до кращих результатів у чоловіків, особливо в основній групі, де технології ВР мали суттєвий вплив на відновлення функцій. Однак важливо відзначити, що жінки також демонструють значні покращення, особливо в тих аспектах, що стосуються відновлення балансу та функціональних можливостей в повсякденному житті (табл. 3.12).

Таблиця 3.12 – Розподіл середніх значень функціональних показників за статтю у групах дослідження

| Основна група    |                  |                       |                |                                |
|------------------|------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------|
| Стать            | Barthel (M ± SD) | Berg Balance (M ± SD) | САНАІ (M ± SD) | 6-хвилинний тест ходи (M ± SD) |
| Чоловіки         | 77.5 ± 3.6       | 44 ± 2.1              | 37.5 ± 3.2     | 285 м ± 20 м                   |
| Жінки            | 70.0 ± 4.3       | 41 ± 3.5              | 31.5 ± 4.0     | 270 м ± 22 м                   |
| Контрольна група |                  |                       |                |                                |
| Стать            | Barthel (M ± SD) | Berg Balance (M ± SD) | САНАІ (M ± SD) | 6-хвилинний тест ходи (M ± SD) |
| Чоловіки         | 71.0 ± 4.2       | 42 ± 3.3              | 33 ± 2.9       | 270 м ± 19 м                   |
| Жінки            | 69.0 ± 3.8       | 37 ± 4.2              | 28 ± 3.6       | 250 м ± 21 м                   |

Враховуючи додаткові дані про стандартне відхилення (SD), можна зробити висновки щодо варіативності результатів у різних групах та серед статей. У основній групі чоловіки мають більш стабільні показники за всіма шкалами, що підтверджується меншими значеннями стандартного відхилення порівняно з жінками. Це може свідчити про більш однорідний ефект ВР на відновлення

рухових функцій у чоловіків. Однак жінки в основній групі, незважаючи на більш високе стандартне відхилення, все ж показали значне покращення, що вказує на ефективність застосування цієї технології і для цієї групи пацієнтів.

У контрольній групі також спостерігається менша варіативність серед чоловіків за основними шкалами, зокрема за шкалою Berg Balance та бхвилинним тестом ходи, що може свідчити про більш прогнозовані результати фізичної терапії без застосування ВР. Жінки контрольної групи показали дещо більшу варіативність у результатах, зокрема в показниках за шкалою САНАІ, що може вказувати на наявність певних труднощів у реабілітації без додаткових інструментів для стимуляції рухових функцій. Тому отримані дані підтверджують можливу корисність ВР як додаткового інструменту в реабілітаційних програмах для обох статей, із особливою увагою до індивідуальних особливостей пацієнтів.

Аналіз результатів дослідження вказує на те, що ВР має потенціал для покращення відновлення рухових функцій у пацієнтів після інсульту незалежно від статі, однак деякі відмінності між чоловіками та жінками все ж спостерігаються. Чоловіки в основній групі продемонстрували більш однорідні та високі результати за всіма шкалами, що може свідчити про більш ефективне використання ВР в їх реабілітаційних програмах. Це може бути пов'язано з фізіологічними особливостями, такими як більша м'язова маса або вища мотивація до активності, що сприяє швидшому відновленню рухових функцій у чоловіків. Натомість жінки, хоч і показали менші значення в порівнянні з чоловіками, все ж зазнали позитивних змін, що підтверджує можливість ефективного застосування ВР для обох статей. Враховуючи, що стандартне відхилення серед жінок було вище, можна припустити, що індивідуальні відмінності у реакції на технології можуть мати більший вплив на результат у жінок, порівняно з чоловіками. Отже, застосування ВР у фізичній реабілітації після інсульту є корисним для пацієнтів обох статей, однак врахування статевих відмінностей може допомогти в оптимізації реабілітаційних програм.

### **Висновки до розділу 3**

У розділі проведено аналіз ефективності реабілітаційних заходів із використанням технологій ВР у ФТ пацієнтів після інсульту. Результати дослідження свідчать про значне покращення рухових функцій у пацієнтів основної групи порівняно з контрольною, що використовувала традиційні методи. Динаміка показників функціонального стану, рівноваги, мобільності та якості життя демонструє перевагу інтеграції ВР у відновний процес. Також виявлено відмінності між чоловіками та жінками у швидкості відновлення, що підтверджує необхідність індивідуального підходу.

## ВИСНОВКИ

Теоретичний аналіз доступних даних та власні результати досліджень дозволяють зробити наступні висновки:

1. Інсульт є однією з основних причин інвалідизації у світі, що потребує ефективних методів реабілітації. Сучасні дослідження підтверджують перспективність використання технологій віртуальної реальності у відновленні рухових функцій пацієнтів після інсульту.
2. Досліджено вплив віртуальної реальності на відновлення рухових функцій, що продемонструвало її перевагу перед традиційними методами реабілітації завдяки інтерактивному підходу та адаптивності програм.
3. Порівняльний аналіз реабілітації показав, що технології віртуальної реальності значно покращують якість життя пацієнтів, скорочують терміни відновлення та підвищують мотивацію до реабілітаційного процесу.
4. Визначено, що ефективність реабілітації із застосуванням віртуальної реальності залежить від індивідуальних особливостей пацієнта, включаючи вік, стать та ступінь функціонального дефіциту.
5. Розроблено практичні рекомендації щодо інтеграції віртуальної реальності у комплексні реабілітаційні програми, що дозволить підвищити ефективність відновлення пацієнтів після інсульту та адаптувати інноваційні методи до клінічної практики.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Впровадити технології віртуальної реальності у комплексні програми фізичної реабілітації пацієнтів після інсульту в медичних закладах, що спеціалізуються на реабілітації неврологічних порушень, включивши методику із застосуванням Oculus Quest в локальні протоколи. Результати дослідження показали, що використання віртуальних технологій сприяє покращенню рухових функцій, рівноваги та координації, підвищуючи

ефективність традиційної терапії за відсутності у пацієнтів протипоказань до використання віртуального середовища.

2. Розробити персоналізовані реабілітаційні програми із застосуванням віртуальної реальності з урахуванням віку, статі, ступеня функціонального дефіциту та супутніх захворювань. Дослідження виявило значні індивідуальні відмінності у швидкості відновлення, що обґрунтовує необхідність адаптивного підходу до терапії.
3. Розширити використання віртуальної реальності у ранній реабілітації пацієнтів після інсульту, зокрема у стаціонарних умовах, для запобігання вторинним ускладненням, таким як м'язова атрофія та контрактури. Дослідження показало, що ранній початок реабілітації із застосуванням новітніх технологій прискорює процес функціонального відновлення. Рекомендувати пацієнтам використання програм у домашніх умовах після завершення курсу стаціонарної реабілітації.
4. Впровадити систему моніторингу ефективності реабілітації із застосуванням віртуальної реальності на основі стандартизованих тестів (BBS). Аналіз отриманих даних дозволить об'єктивно оцінювати динаміку відновлення пацієнтів та коригувати реабілітаційні втручання.
5. Організувати навчання медичних фахівців щодо застосування віртуальної реальності у реабілітації шляхом проведення тренінгів, семінарів і курсів підвищення кваліфікації. Ефективність використання віртуальної реальності значною мірою залежить від компетентності спеціалістів у налаштуванні програм та контролі за їх виконанням.
6. Проводити подальші дослідження щодо довготривалих ефектів віртуальної реальності у реабілітації для визначення оптимальних режимів застосування та можливих обмежень. Отримані дані сприятимуть розробці національних рекомендацій з використання віртуальної реальності у фізичній терапії пацієнтів після інсульту.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Murray C. J. L. (2022). The Global Burden of Disease Study at 30 years. *Nature medicine*, 28(10), 2019–2026. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01990-1>
2. GBD 2021 Causes of Death Collaborators (2024). Global burden of 288 causes of death and life expectancy decomposition in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet* (London, England), 403(10440), 2100–2132. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00367-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00367-2)
3. GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators (2024). Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet* (London, England), 403(10440), 2133–2161. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00757-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00757-8)
4. GBD 2021 Nervous System Disorders Collaborators (2024). Global, regional, and national burden of disorders affecting the nervous system, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet. Neurology*, 23(4), 344–381. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(24\)00038-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(24)00038-3)
5. GBD 2021 Stroke Risk Factor Collaborators (2024). Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet. Neurology*, 23(10), 973–1003. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(24\)00369-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(24)00369-7)
6. Організація надання допомоги при гострому ішемічному інсульті. Клінічна настанова, заснована на доказах. Міністерство охорони здоров'я України. ДП «Державний Експертний Центр Міністерства охорони здоров'я України». 2024. URL: [https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2024/06/2024\\_-kn-gostryj-ii.pdf](https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2024/06/2024_-kn-gostryj-ii.pdf)
7. Stroke: Physiotherapy Treatment Approaches. [Online]. 2025. URL: <https://www.physio->

- pedia.com/Stroke:\_Physiotherapy\_Treatment\_Approaches#cite\_note-SF\_2017-2
8. Choy, C. S., Fang, Q., Neville, K., Ding, B., Kumar, A., Mahmoud, S. S., Gu, X., Fu, J., & Jelfs, B. (2023). Virtual reality and motor imagery for early poststroke rehabilitation. *Biomedical engineering online*, 22(1), 66. <https://doi.org/10.1186/s12938-023-01124-9>
  9. Aderinto, N., Olatunji, G., Abdulbasit, M. O., Edun, M., Aboderin, G., & Egbunu, E. (2023). Exploring the efficacy of virtual reality-based rehabilitation in stroke: a narrative review of current evidence. *Annals of medicine*, 55(2), 2285907. <https://doi.org/10.1080/07853890.2023.2285907>
  10. Barger, S., Scalea, S., Agosta, F., Banfi, G., Corbetta, D., Filippi, M., Sarasso, E., Turolla, A., Castellini, G., & Gianola, S. (2023). Effectiveness and safety of virtual reality rehabilitation after stroke: an overview of systematic reviews. *EClinicalMedicine*, 64, 102220. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.102220>
  11. Метельська, О. Г., & Мисула, І. Р. (2024). Застосування стабілоплатформи при реабілітації пацієнтів з ішемічним інсультом. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*, (3), 63–67. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2024.v.i3.14903>
  12. Міщенко, В. К. (2021). Вплив комплексної фізичної реабілітації на динаміку відновлення когнітивних функцій у хворих, які перенесли мозковий ішемічний інсульт. *Український вісник психоневрології. Механізми формування та сучасні принципи терапії неврологічних розладів*. 2021. Том 29, випуск 3 (108). 32-36 DOI : 10.36927/2079-0325-V29-is3-2021-6 URL: [https://web.archive.org/web/20220309083113id\\_/https://uvnnpn.com.ua/upload/iblock/60b/60b4c10f553ba7ba92330efa0395d635.pdf](https://web.archive.org/web/20220309083113id_/https://uvnnpn.com.ua/upload/iblock/60b/60b4c10f553ba7ba92330efa0395d635.pdf)
  13. Про затвердження Стандарту медичної допомоги «Ішемічний Інсульт». Наказ МОЗ України № 1070 від 20.06.2024. URL: <https://moz.gov.ua/uk/decrees/nakaz-moz-ukrayini-vid-20-06-2024-1070-prozatverdzhennya-standartu-medichnoyi-dopomogi-ishemichnij-insult>

14. Стандарт медичної допомоги «Ішемічний Інсульт». 2024.  
URL:  
<https://www.dec.gov.ua/mtd/ishemichnyj-insult/>
15. Тоцька, А., Терентюк, В., Каранда, В., & Гасич, О. (2024). Ефективність реабілітаційної ігрової системи у фізичній терапії пацієнтів після ішемічного інсульту . *Physical culture and sport: scientific perspective*, (2), 26–30. <https://doi.org/10.31891/pcs.2024.2.4>
16. Dąbrowská, M., Pastucha, D., Janura, M., Tomášková, H., Honzíková, L., Baníková, Š., Filip, M., & Fiedorová, I. (2023). Effect of Virtual Reality Therapy on Quality of Life and Self-Sufficiency in Post-Stroke Patients. *Medicina* (Kaunas, Lithuania), 59(9), 1669. <https://doi.org/10.3390/medicina59091669>
17. Corrigendum to: World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022. (2022). *International journal of stroke : official journal of the International Stroke Society*, 17(4), 478. <https://doi.org/10.1177/17474930221080343>
18. InformedHealth.org [Internet]. Cologne, Germany: Institute for Quality and Efficiency in Health Care (IQWiG); 2006-. Overview: Stroke. [Updated 2022 Oct 25]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279214/>
19. Chohan, S. A., Venkatesh, P. K., & How, C. H. (2019). Long-term complications of stroke and secondary prevention: an overview for primary care physicians. *Singapore medical journal*, 60(12), 616–620.  
<https://doi.org/10.11622/smedj.2019158>
20. Canadian Stroke Best Practices: Rehabilitation and Recovery Following Stroke (Модуль Реабілітація та відновлення після інсульту):  
<https://www.strokebestpractices.ca/recommendations/stroke-rehabilitation>
21. Gonzalez-Aquines, A., Rosales, J., De Souza, A. C., Corredor-Quintero, A., Barboza, M. A., Navia-Gonzalez, V., Brunet-Perez, F., Lagos-Servellon, J., Novarro-Escudero, N., Ortega-Moreno, D. A., Villarroel-Saavedra, V., Abanto, C., Barrientos-Guerra, J. D., Saltos-Mata, F., Papavasileiou, V., Todd, O., Gongora-Rivera, F., & ALATAC collaborators (2024). Availability and barriers to access post-stroke rehabilitation in Latin America. *Journal of stroke and*

- cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association, 33(10), 107917. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2024.107917>
22. Hombali, A., Mahmood, A., Gandhi, D. B. C., Kamalakannan, S., Chawla, N. S., D'souza, J., Urimubenshi, G., Sebastian, I. A., Solomon, J. M., & Global Consortium of Stroke Rehabilitation (GCSR) (2023). Clinical Practice Guidelines (CPGs) for stroke rehabilitation from Low- and Middle-Income Countries (LMICs): Protocol for systematic review. *PloS one*, 18(11), e0293733. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293733>
  23. Leitch, S., Logan, M., Beishon, L., & Quinn, T. J. (2023). International research priority setting exercises in stroke: A systematic review. *International journal of stroke : official journal of the International Stroke Society*, 18(2), 133–143. <https://doi.org/10.1177/17474930221096935>
  24. Marín-Medina, D. S., Arenas-Vargas, P. A., Arias-Botero, J. C., GómezVásquez, M., Jaramillo-López, M. F., & Gaspar-Toro, J. M. (2024). New approaches to recovery after stroke. *Neurological sciences : official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 45(1), 55–63. <https://doi.org/10.1007/s10072-023-07012-3>
  25. Clark, B., Burridge, J., Whittall, J., Turk, R., Hughes, A. M., & Truman, J. (2023). Why do some people with stroke not receive the recommended 45 min of occupational therapy and physiotherapy after stroke? A qualitative study using focus groups. *BMJ open*, 13(11), e072275. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-072275>
  26. Dos Santos, R. B., Fiedler, A., Badwal, A., Legasto-Mulvale, J. M., Sibley, K. M., Olaleye, O. A., Diermayr, G., & Salbach, N. M. (2023). Standardized tools for assessing balance and mobility in stroke clinical practice guidelines worldwide: A scoping review. *Frontiers in rehabilitation sciences*, 4, 1084085. <https://doi.org/10.3389/fresc.2023.1084085>
  27. Khalid, S., Malik, A. N., Siddiqi, F. A., & Rathore, F. A. (2023). Overview of gait rehabilitation in stroke. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 73(5), 1142–1145. <https://doi.org/10.47391/JPMA.23-39>

28. Liebl, S., Tischendorf, T., Winterlich, J., & Schaal, T. (2022). Technical innovations in stroke rehabilitation - a survey for development of a non-invasive, brainwave-guided, functional muscle stimulation. *BMC neurology*, 22(1), 194. <https://doi.org/10.1186/s12883-022-02716-z>
29. Kayabinar, B., Alemdaroğlu-Gürbüz, İ., & Yilmaz, Ö. (2021). The effects of virtual reality augmented robot-assisted gait training on dual-task performance and functional measures in chronic stroke: a randomized controlled single-blind trial. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 57(2), 227–237. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.21.06441-8>
30. Adams, R. J., Ellington, A. L., Kuccera, K. A., Leaman, H., Smithson, C., & Patrie, J. T. (2023). Telehealth-Guided Virtual Reality for Recovery of Upper Extremity Function Following Stroke. *OTJR : occupation, participation and health*, 43(3), 446–456. <https://doi.org/10.1177/15394492231158375>
31. Banduni, O., Saini, M., Singh, N., Nath, D., Kumaran, S. S., Kumar, N., Srivastava, M. V. P., & Mehndiratta, A. (2023). Post-Stroke Rehabilitation of Distal Upper Limb with New Perspective Technologies: Virtual Reality and Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation-A Mini Review. *Journal of clinical medicine*, 12(8), 2944. <https://doi.org/10.3390/jcm12082944>
32. Carnevale, A., Mannocchi, I., Sassi, M. S. H., Carli, M., De Luca, G., Longo, U. G., Denaro, V., & Schena, E. (2022). Virtual Reality for Shoulder Rehabilitation: Accuracy Evaluation of Oculus Quest 2. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(15), 5511. <https://doi.org/10.3390/s22155511>
33. Casile, A., Fregna, G., Boarini, V., Paoluzzi, C., Manfredini, F., Lamberti, N., Baroni, A., & Straudi, S. (2023). Quantitative Comparison of Hand Kinematics Measured with a Markerless Commercial Head-Mounted Display and a MarkerBased Motion Capture System in Stroke Survivors. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(18), 7906. <https://doi.org/10.3390/s23187906>
34. Chen, J., Or, C. K., & Chen, T. (2022). Effectiveness of Using Virtual RealitySupported Exercise Therapy for Upper Extremity Motor Rehabilitation in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized

- Controlled Trials. *Journal of medical Internet research*, 24(6), e24111. <https://doi.org/10.2196/24111>
35. Cho, S. H., & Choi, K. B. (2020). Guidelines for the Evaluation of Cardiorespiratory Physiotherapy in Stroke Patients. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 8(3), 222. <https://doi.org/10.3390/healthcare8030222>
  36. Christie, L. J., Rendell, R., McCluskey, A., Fearn, N., Hunter, A., & Lovarini, M. (2024). Development of a behaviour change intervention to increase the delivery of upper limb constraint-induced movement therapy programs to people with stroke and traumatic brain injury. *Disability and rehabilitation*, 46(21), 4931–4942. <https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2290686>
  37. Craig, C. M., Stafford, J., Egorova, A., McCabe, C., & Matthews, M. (2022). Can We Use the Oculus Quest VR Headset and Controllers to Reliably Assess Balance Stability?. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(6), 1409. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12061409>
  38. da Silva Jaques, E., Figueiredo, A. I., Schiavo, A., Loss, B. P., da Silveira, G. H., Sangalli, V. A., da Silva Melo, D. A., Xavier, L. L., Pinho, M. S., & Mestriner, R. G. (2023). Conventional Mirror Therapy versus Immersive Virtual Reality Mirror Therapy: The Perceived Usability after Stroke. *Stroke research and treatment*, 2023, 5080699. <https://doi.org/10.1155/2023/5080699>
  39. de Rooij, I. J. M., van de Port, I. G. L., Punt, M., Abbink-van Moorsel, P. J. M., Kortsmit, M., van Eijk, R. P. A., Visser-Meily, J. M. A., & Meijer, J. G. (2021). Effect of Virtual Reality Gait Training on Participation in Survivors of Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Physical therapy*, 101(5), pzab051. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab051>
  40. Demeco, A., Zola, L., Frizziero, A., Martini, C., Palumbo, A., Foresti, R., Buccino, G., & Costantino, C. (2023). Immersive Virtual Reality in Post-Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(3), 1712. <https://doi.org/10.3390/s23031712>
  41. Diriba Kenea, C., Gemechu Abessa, T., Lamba, D., & Bonnechère, B. (2024). Technological Features of Immersive Virtual Reality Systems for Upper Limb

- Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Sensors* (Basel, Switzerland), 24(11), 3546. <https://doi.org/10.3390/s24113546>
42. Du, K., Benavides, L. R., Isenstein, E. L., Tadin, D., & Busza, A. C. (2024). Virtual reality assessment of reaching accuracy in patients with recent cerebellar stroke. *BMC digital health*, 2(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s44247-024-00107-7>
  43. Errante, A., Saviola, D., Cantoni, M., Iannuzzelli, K., Zicarelli, S., Togni, F., Simonini, M., Malchiodi, C., Bertoni, D., Inzaghi, M. G., Bozzetti, F., Menozzi, R., Quarenghi, A., Quarenghi, P., Bosone, D., Fogassi, L., Salvi, G. P., & De Tanti, A. (2022). Effectiveness of action observation therapy based on virtual reality technology in the motor rehabilitation of paretic stroke patients: a randomized clinical trial. *BMC neurology*, 22(1), 109. <https://doi.org/10.1186/s12883-022-02640-2>
  44. Feitosa, J. A., Casseb, R. F., Camargo, A., Brandao, A. F., Li, L. M., & Castellano, G. (2023). Graph analysis of cortical reorganization after virtual reality-based rehabilitation following stroke: a pilot randomized study. *Frontiers in neurology*, 14, 1241639. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1241639>
  45. Furey, Edward "Standard Deviation Calculator" at <https://www.calculatorsoup.com/calculators/statistics/standard-deviationcalculator.php> from CalculatorSoup, <https://www.calculatorsoup.com> - Online Calculators
  46. Gangemi, A., De Luca, R., Fabio, R. A., Lauria, P., Rifichi, C., Pollicino, P., Marra, A., Olivo, A., Quartarone, A., & Calabrò, R. S. (2023). Effects of Virtual Reality Cognitive Training on Neuroplasticity: A Quasi-Randomized Clinical Trial in Patients with Stroke. *Biomedicines*, 11(12), 3225. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11123225>
  47. Gebreheat, G., Antonopoulos, N., & Porter-Armstrong, A. (2024). Application of immersive virtual reality mirror therapy for upper limb rehabilitation after stroke: a scoping review. *Neurological sciences : official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 45(9), 4173–4184. <https://doi.org/10.1007/s10072-024-07543-3>

48. Gevaert, A. B., Böhm, B., Hartmann, H., Goovaerts, I., Stoop, T., Van De Heyning, C. M., Beckers, P. J., Baldassarri, F., Mueller, S., Oberhoffer, R., Duvinage, A., Haykowsky, M. J., Wisløff, U., Adams, V., Pieske, B., Halle, M., & Van Craenenbroeck, E. M. (2023). Effect of Training on Vascular Function and Repair in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *JACC. Heart failure*, 11(4), 454–464. <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2022.12.011>
49. Gustavsson, M., Kjörk, E. K., Erhardsson, M., & Alt Murphy, M. (2022). Virtual reality gaming in rehabilitation after stroke - user experiences and perceptions. *Disability and rehabilitation*, 44(22), 6759–6765. <https://doi.org/10.1080/09638288.2021.1972351>
50. Hadjipanayi, C., Banakou, D., & Michael-Grigoriou, D. (2024). Virtual reality exergames for enhancing engagement in stroke rehabilitation: A narrative review. *Heliyon*, 10(18), e37581. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37581>
51. Hao, J., Crum, G., & Siu, K. C. (2024). Effects of virtual reality on stroke rehabilitation: An umbrella review of systematic reviews. *Health science reports*, 7(9), e70082. <https://doi.org/10.1002/hsr2.70082>
52. Helou, S., Khalil, N., Daou, M., & El Helou, E. (2023). Virtual reality for healthcare: A scoping review of commercially available applications for headmounted displays. *Digital health*, 9, 20552076231178619. <https://doi.org/10.1177/20552076231178619>
53. Huang, C. Y., Chiang, W. C., Yeh, Y. C., Fan, S. C., Yang, W. H., Kuo, H. C., & Li, P. C. (2022). Effects of virtual reality-based motor control training on inflammation, oxidative stress, neuroplasticity and upper limb motor function in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *BMC neurology*, 22(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02547-4>
54. Huang, Q., Jiang, X., Jin, Y., Wu, B., Vigotsky, A. D., Fan, L., Gu, P., Tu, W., Huang, L., & Jiang, S. (2024). Immersive virtual reality-based rehabilitation for subacute stroke: a randomized controlled trial. *Journal of neurology*, 271(3), 1256–1266. <https://doi.org/10.1007/s00415-023-12060-y>



55. Huygelier, H., Mattheus, E., Abee, V. V., van Ee, R., & Gillebert, C. R. (2021). The Use of the Term Virtual Reality in Post-Stroke Rehabilitation: A Scoping Review and Commentary. *Psychologica Belgica*, 61(1), 145–162. <https://doi.org/10.5334/pb.1033>
56. Khokale, R., S Mathew, G., Ahmed, S., Maheen, S., Fawad, M., Bandaru, P., Zerine, A., Nazir, Z., Khawaja, I., Sharif, I., Abidin, Z. U., & Akbar, A. (2023). Virtual and Augmented Reality in Post-stroke Rehabilitation: A Narrative Review. *Cureus*, 15(4), e37559. <https://doi.org/10.7759/cureus.37559>
57. Kim, M., & Kaneko, F. (2023). Virtual reality-based gait rehabilitation intervention for stroke individuals: a scoping review. *Journal of exercise rehabilitation*, 19(2), 95–104. <https://doi.org/10.12965/jer.2346114.057>
58. Kim, W. S., Cho, S., Ku, J., Kim, Y., Lee, K., Hwang, H. J., & Paik, N. J. (2020). Clinical Application of Virtual Reality for Upper Limb Motor Rehabilitation in Stroke: Review of Technologies and Clinical Evidence. *Journal of clinical medicine*, 9(10), 3369. <https://doi.org/10.3390/jcm9103369>
59. Kiper, P., Godart, N., Cavalier, M., Berard, C., Cieřlik, B., Federico, S., Kiper, A., Pellicciari, L., & Meroni, R. (2023). Effects of Immersive Virtual Reality on Upper-Extremity Stroke Rehabilitation: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*, 13(1), 146. <https://doi.org/10.3390/jcm13010146>
60. Landim, S. F., López, R., Caris, A., Castro, C., Castillo, R. D., Avello, D., Magnani Branco, B. H., Valdés-Badilla, P., Carmine, F., Sandoval, C., & Vásquez, E. (2024). Effectiveness of Virtual Reality in Occupational Therapy for Post-Stroke Adults: A Systematic Review. *Journal of clinical medicine*, 13(16), 4615. <https://doi.org/10.3390/jcm13164615>
61. Leong, S. C., Tang, Y. M., Toh, F. M., & Fong, K. N. K. (2022). Examining the effectiveness of virtual, augmented, and mixed reality (VAMR) therapy for upper limb recovery and activities of daily living in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 19(1), 93. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01071-x>

62. Lima, J. P. S., Silva, L. A., Delisle-Rodriguez, D., Cardoso, V. F., NakamuraPalacios, E. M., & Bastos-Filho, T. F. (2023). Unraveling Transformative Effects after tDCS and BCI Intervention in Chronic Post-Stroke Patient Rehabilitation-An Alternative Treatment Design Study. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(23), 9302. <https://doi.org/10.3390/s23239302>
63. Longo, U. G., Carnevale, A., Andreoli, F., Mannocchi, I., Bravi, M., Sassi, M. S. H., Santacaterina, F., Carli, M., Schena, E., & Papalia, R. (2023). Immersive virtual reality for shoulder rehabilitation: evaluation of a physical therapy program executed with oculus quest 2. *BMC musculoskeletal disorders*, 24(1), 859. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06861-5>
64. Malik, A. N., Tariq, H., Afridi, A., & Rathore, F. A. (2022). Technological advancements in stroke rehabilitation. *JPMMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 72(8), 1672–1674. <https://doi.org/10.47391/JPMMA.22-90>
65. Okamura, R., Nakashima, A., Moriuchi, T., Fujiwara, K., Ohno, K., Higashi, T., & Tomori, K. (2024). Effects of a virtual reality-based mirror therapy system on upper extremity rehabilitation after stroke: a systematic review and metaanalysis of randomized controlled trials. *Frontiers in neurology*, 14, 1298291. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1298291>
66. Ose, S. O., Thaulow, K., Færevik, H., Hoffmann, P. L., Lestander, H., Stiles, T., & Lindgren, M. (2023). Development of a social skills training programme to target social isolation using virtual reality technology in primary mental health care. *Journal of rehabilitation and assistive technologies engineering*, 10, 20556683231187545. <https://doi.org/10.1177/20556683231187545>
67. Park, M., & Ha, Y. (2023). Effects of Virtual Reality-Based Cognitive Rehabilitation in Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(21), 2846. <https://doi.org/10.3390/healthcare11212846>
68. Peláez-Vélez, F. J., Eckert, M., Gacto-Sánchez, M., & Martínez-Carrasco, Á. (2023). Use of Virtual Reality and Videogames in the Physiotherapy Treatment of Stroke Patients: A Pilot Randomized Controlled Trial. *International journal of*

environmental research and public health, 20(6), 4747.

<https://doi.org/10.3390/ijerph20064747>

69. Peng, Q. C., Yin, L., & Cao, Y. (2021). Effectiveness of Virtual Reality in the Rehabilitation of Motor Function of Patients With Subacute Stroke: A Meta-Analysis. *Frontiers in neurology*, 12, 639535.  
<https://doi.org/10.3389/fneur.2021.639535>
70. Potcovaru, C. G., Cintează, D., Săndulescu, M. I., Poenaru, D., Chiriac, O., Lambru, C., Moldoveanu, A., Anghel, A. M., & Berteanu, M. (2024). The Impact of Virtual Reality as a Rehabilitation Method Using TRAVEE System on Functional Outcomes and Disability in Stroke Patients: A Pilot Study. *Biomedicines*, 12(11), 2450. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12112450>
71. Rodríguez-Hernández, M., Polonio-López, B., Corregidor-Sánchez, A. I., Martín-Conty, J. L., Mohedano-Moriano, A., & Criado-Álvarez, J. J. (2023). Can specific virtual reality combined with conventional rehabilitation improve poststroke hand motor function? A randomized clinical trial. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 20(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01170-3>
72. Salatino, A., Zavattaro, C., Gammeri, R., Cirillo, E., Piatti, M. L., Pyasik, M., Serra, H., Pia, L., Geminiani, G., & Ricci, R. (2023). Virtual reality rehabilitation for unilateral spatial neglect: A systematic review of immersive, semi-immersive and non-immersive techniques. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 152, 105248. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105248>
73. Salbach, N. M., McDonald, A., MacKay-Lyons, M., Bulmer, B., Howe, J. A., Bayley, M. T., McEwen, S., Nelson, M., & Solomon, P. (2021). Experiences of Physical Therapists and Professional Leaders With Implementing a Toolkit to Advance Walking Assessment Poststroke: A Realist Evaluation. *Physical therapy*, 101(12), pzab232. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab232>
74. Sana, V., Ghous, M., Kashif, M., Albalwi, A., Muneer, R., & Zia, M. (2023). Effects of vestibular rehabilitation therapy versus virtual reality on balance, dizziness, and gait in patients with subacute stroke: A randomized controlled trial. *Medicine*, 102(24), e33203.

<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000033203>

75. Scheffler, B., Schimböck, F., Schöler, A., Rösner, K., Spallek, J., & Kopkow, C. (2022). Current physical therapy practice and implementation factors regarding the evidence-based 'Rehabilitation of Mobility after Stroke (ReMoS)' guideline in Germany: a cross-sectional online survey. *BMC neurology*, 22(1), 284. <https://doi.org/10.1186/s12883-022-02780-5>
76. Shahid, J., Kashif, A., & Shahid, M. K. (2023). A Comprehensive Review of Physical Therapy Interventions for Stroke Rehabilitation: Impairment-Based Approaches and Functional Goals. *Brain sciences*, 13(5), 717. <https://doi.org/10.3390/brainsci13050717>
77. Shen, J., Gu, X., Fu, J., Yao, Y., Li, Y., Zeng, M., Liu, Z., & Lu, C. (2023). Virtual reality-induced motor function of the upper extremity and brain activation in stroke: study protocol for a randomized controlled trial. *Frontiers in neurology*, 14, 1094617. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1094617>
78. Solbakken, L. M., Sundseth, A., Langhammer, B., & Brovold, T. (2024). Are physiotherapists and occupational therapists following the guidelines for discharge summary?-An analysis of the content of physiotherapists' and occupational therapists' discharge summaries and their adherence to stroke guideline recommendations. *PloS one*, 19(9), e0308039. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308039>
79. Soleimani, M., Ghazisaeedi, M., & Heydari, S. (2024). The efficacy of virtual reality for upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC medical informatics and decision making*, 24(1), 135. <https://doi.org/10.1186/s12911-024-02534-y>
80. Truijen, S., Abdullahi, A., Bijsterbosch, D., van Zoest, E., Conijn, M., Wang, Y., Struyf, N., & Saeys, W. (2022). Effect of home-based virtual reality training and telerehabilitation on balance in individuals with Parkinson disease, multiple sclerosis, and stroke: a systematic review and meta-analysis. *Neurological sciences : official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian*

Society of Clinical Neurophysiology, 43(5), 2995–3006.

<https://doi.org/10.1007/s10072-021-05855-2>

81. Varela-Aldás, J., Buele, J., López, I., & Palacios-Navarro, G. (2023). Influence of Hand Tracking in Immersive Virtual Reality for Memory Assessment. *International journal of environmental research and public health*, 20(5), 4609. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054609>
82. Wanner, M., Schönherr, G., Kiechl, S., Knoflach, M., Müller, C., & Seebacher, B. (2022). Feasibility of an individualised, task-oriented, video-supported home exercise programme for arm function in patients in the subacute phase after stroke: protocol of a randomised controlled pilot study. *BMJ open*, 12(1), e051504. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-051504>
83. Widmer, M., Held, J. P. O., Wittmann, F., Valladares, B., Lambercy, O., Sturzenegger, C., Palla, A., Lutz, K., & Luft, A. R. (2022). Reward During Arm Training Improves Impairment and Activity After Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Neurorehabilitation and neural repair*, 36(2), 140–150. <https://doi.org/10.1177/15459683211062898>
84. Winter, C., Kern, F., Gall, D., Latoschik, M. E., Pauli, P., & Käthner, I. (2021). Immersive virtual reality during gait rehabilitation increases walking speed and motivation: a usability evaluation with healthy participants and patients with multiple sclerosis and stroke. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 18(1), 68. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00848-w>
85. Wu, J., Zeng, A., Chen, Z., Wei, Y., Huang, K., Chen, J., & Ren, Z. (2021). Effects of Virtual Reality Training on Upper Limb Function and Balance in Stroke Patients: Systematic Review and Meta-Meta-Analysis. *Journal of medical Internet research*, 23(10), e31051. <https://doi.org/10.2196/31051>
86. Zhang, Q., Fu, Y., Lu, Y., Zhang, Y., Huang, Q., Yang, Y., Zhang, K., & Li, M. (2021). Impact of Virtual Reality-Based Therapies on Cognition and Mental Health of Stroke Patients: Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of medical Internet research*, 23(11), e31007. <https://doi.org/10.2196/31007>