

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИКО-ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра травматології та ортопедії

Аншишкін Денис Юрійович

**ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В РЕАБІЛІТАЦІЇ
ПІСЛЯ ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ КУЛЬШОВОГО СУГЛОБА**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача другого (магістерського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 227 Терапія та реабілітація
спеціалізації 227.01 Фізична терапія
галузі знань 22 Охорона здоров'я

Науковий керівник:

Головаха Максим Леонідович

професор, доктор медичних наук

Запоріжжя 2025

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИКО-ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

III медичний факультет
Кафедра травматології та ортопедії
Спеціальність 227 Терапія та реабілітація
Спеціалізація 227.1 Фізична терапія

Освітньо-кваліфікаційний рівень МАГІСТР

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

**ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В РЕАБІЛІТАЦІЇ
ПІСЛЯ ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ КУЛЬШОВОГО СУГЛОБА**

ЗДОБУВАЧ: Аншишкін Денис Юрійович

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК: завідувач кафедри травматології та ортопедії
ЗДМФУ, доктор медичних наук, професор

Максим ГОЛОВАХА

(підпис)

РЕЦЕНЗЕНТ: професор кафедри травматології та ортопедії ЗДМФУ, доктор
медичних наук

Вадим ЧОРНИЙ

(підпис)

Робота розглянута на засіданні кафедри (протокол № ____ від «__» ____ 20__ р.)
і допущена до захисту.

ЗАВІДУВАЧ КАФЕДРИ: професор, доктор медичних наук

Максим ГОЛОВАХА

(підпис)

Запоріжжя
2025

ЗМІСТ

Реферат	3
Abstract	5
Перелік умовних скорочень	6
Вступ	7
1 Розділ Огляд літератури	10
1.1 Використання роботизованих тренажерів у фізичній реабілітації	10
1.2 Застосування віртуальної реальності у фізичній реабілітації	15
1.3 Характеристика фізичної реабілітації при відновленні функцій кульшового суглоба	18
2 Розділ Завдання, методи та організація дослідження	27
2.1 Завдання дослідження	27
2.2 Методи дослідження	27
2.3 Організація дослідження	31
3 Розділ Результати дослідження	35
3.1 Обґрунтування комплексної програми фізичної реабілітації при відновленні функцій кульшового суглоба	35
3.2 Ефективність комплексної програми реабілітації пацієнтів із застосуванням роботизованих тренажерів, віртуальної реальності та інших інноваційних технологій	46
Висновки	59
Практичні рекомендації	66
Список використаних джерел	67

РЕФЕРАТ

Актуальність використання інноваційних технологій в реабілітації після ендопротезування кульшового суглоба полягає в тому, що ці технології дозволяють пацієнтам швидше та ефективніше відновлювати функції руху та повертатися до повноцінного життя. Інноваційні підходи включають в себе використання різноманітних роботизованих тренажерів, систем віртуальної реальності та інших технологій.

Мета дослідження – Аналіз і розробка ефективних підходів до реабілітації пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба на основі використання інноваційних технологій, спрямованих на оптимізацію відновлення функціональних можливостей, прискорення реабілітаційного процесу та покращення якості життя пацієнтів.

Об'єкт дослідження – Процес реабілітації пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба із застосуванням інноваційних технологій.

Методи дослідження – аналіз та узагальнення літературних джерел за обраною темою, гоніометрія, клініко-функціональні методи дослідження, методи математичної статистики.

В результаті проведеного дослідження можна стверджувати, що залучення роботизованих тренажерів та технологій віртуальної реальності до процесу реабілітації суттєво пришвидшує процес одужання пацієнтів, зменшує показники больових відчуттів та сприяє швидкому відновленню функціональних можливостей ураженої кінцівки.

Кваліфікаційна робота містить 67 сторінки, 3 таблиці, 14 рисунків і 80 літературних джерел.

Ключові слова: ендопротезування, кульшовий суглоб, реабілітація, роботизовані тренажери, технології віртуальної реальності.

ABSTRACT

The relevance of using innovative technologies in rehabilitation after hip arthroplasty is that these technologies allow patients to restore movement functions faster and more effectively and return to a full life. Innovative approaches include the use of various robotic simulators, virtual reality systems and other technologies.

The purpose of the study is to analyze and develop effective approaches to the rehabilitation of patients after hip arthroplasty based on the use of innovative technologies aimed at optimizing the restoration of functional capabilities, accelerating the rehabilitation process and improving the quality of life of patients.

The object of the study is the process of rehabilitation of patients after hip arthroplasty using innovative technologies.

Research methods are analysis and generalization of literature sources on the selected topic, goniometry, clinical and functional research methods, methods of mathematical statistics.

As a result of the study, it can be stated that the involvement of robotic simulators and virtual reality technologies in the rehabilitation process significantly accelerates the recovery process of patients, reduces pain indicators and contributes to the rapid restoration of functional capabilities of the affected limb.

The qualification work contains 67 pages, 3 tables, 14 figures and 80 literature sources.

Keywords: arthroplasty, hip joint, rehabilitation, robotic simulators, virtual reality technologies.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВР – Віртуальна реальність

КС – Кульшовий суглоб

ПР – Постізометрична релаксація м'язів

ВСТУП

Постраждали з ушкодженнями таза є одною з найбільш складних груп травматологічних хворих на всіх етапах лікування. На існуючому етапі травматологія поповнилася новими, досконалішими та ефективнішими методиками лікування ушкоджень таза у гострому періоді травми. Причиною виникнення порушень після травматичних пошкоджень кісток таза, окрім анатомічних порушень, є тривала акінезія, що пов'язана з іммобілізацією кінцівки, розвитком вторинних змін у тканинах, постільним режимом. Тривалий постільний режим після перелому спричиняє низку специфічних місцевих змін, а період вимушеного спокою зменшує рівень адаптації організму до фізичного навантаження і трудової діяльності.

Серед різноманітних лікувальних заходів, що використовуються для відновлення опорно-рухового апарату та всього організму загалом, провідне місце посідає лікувальна фізична культура. Проте, за останні роки все частіше починають використовуватися інноваційні методи реабілітації, такі як віртуальна реальність та роботизовані тренажери.

Метою роботи Аналіз і розробка ефективних підходів до реабілітації пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба на основі використання інноваційних технологій, спрямованих на оптимізацію відновлення функціональних можливостей, прискорення реабілітаційного процесу та покращення якості життя пацієнтів.

Об'єктом дослідження: процес реабілітації пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба із застосуванням інноваційних технологій.

Предметом дослідження: є визначення впливу інноваційних технологій на успішність реабілітації пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба.

Завдання роботи є:

1. Охарактеризувати використання роботизованих тренажерів у фізичній реабілітації.
2. Розглянути застосування віртуальної реальності у фізичній реабілітації.
3. Охарактеризувати фізичну реабілітацію при відновленні функцій кульшового суглоба.
4. Обґрунтувати комплексну програму фізичної реабілітації при відновленні функцій кульшового суглоба.
5. Визначити ефективність комплексної програми реабілітації пацієнтів із застосуванням роботизованих тренажерів, віртуальної реальності та інших інноваційних технологій.

Елементи наукової новизни: новизна дослідження полягатиме у впровадженні віртуальної реальності та роботизованих тренажерів з метою оптимізації відновлення функціональних можливостей після ендопротезування кульшових суглобів.

Апробація. По матеріалах магістерської роботи опубліковано, 2 тези на тему «Використання роботизованих тренажерів та віртуальної реальності у фізичній реабілітації після ендопротезування кульшових суглобів» VIII Міжнародній науково-практичній конференції Science and technology: challenges, prospects and innovations яка відбулась 28-30.03.2025 року у м. Осака, Японія та «Комплексна програма фізичної реабілітації при відновленні функцій кульшового суглоба після ендопротезування» у збірнику IV Міжнародна науково-практична конференція «European congress of scientific discovery» 1-3.04.2025 року Мадрид, Іспанія. Опублікована стаття на тему «Вивчення ефективності застосування роботизованих тренажерів, віртуальної реальності та інших інноваційних технологій у відновленні функцій кульшового суглоба» у “ScientificWorldJournal” Bulgaria, Svishtov, Issue №30, March, 2025.

Практичне значення: результати даного дослідження матимуть важливе практичне значення для лікарів-реабілітологів та ортопедів-травматологів, які займаються відновленням функцій пацієнтів реабілітації та використовуючи новітні технічні засоби такі як віртуальна реальність та роботизовані тренажери дозволить скоротити тривалість відновлення, зменшити ризик ускладнень після операції. Результати дослідження можуть бути використані у практиці реабілітаційних центрів, ортопедичних клінік та у підготовці фахівців з фізичної реабілітації.

Структура магістерської роботи. Наукова робота складається з 3 розділів, висновків, списку використаних джерел – 80, додатків 2. Загальний обсяг роботи – 67 сторінки, із них – 64 сторінка основного тексту, 3 таблиці та 14 рисунків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Використання роботизованих тренажерів у фізичній реабілітації

Роботизовані тренажери, від екзоскелетів до допоміжних тренувальних пристроїв, забезпечують високий рівень точності, повторюваності та адаптивності в традиційній фізіотерапії і значні покращення в реабілітації, а також забезпечують сенсорний і моторний зворотний зв'язок. Вони дозволяють проводити персоналізовані й контрольовані терапевтичні вправи, адаптовані до прогресу та потреб кожного пацієнта, що сприяє більш ефективному індивідуальному одужанню. Роботизовані тренажери також відіграють ключову роль у наданні слухового, візуального і тактильного зворотного зв'язку пацієнтам. Тактильний зворотний зв'язок інтегрує відчуття дотику в цифровий досвід за допомогою приводів, які генерують тактильні відчуття за допомогою сил, вібрацій, рухів, таким чином імітуючи взаємодію в реальному світі. Ця технологія використовує точні алгоритми керування та передові матеріали для надання чутливих і точних тактильних стимулів, покращуючи взаємодію з інтерфейсом користувача під час терапевтичних вправ, посилюючи процес нейропластичності й підтримуючи роботизовані системи [1].

Роботизовані технології дозволяють у режимі реального часу точно відстежувати прогрес та ефективність пацієнта. Ці дані можна використовувати для коригування процесу фізичної реабілітації, гарантуючи, що пацієнти отримають оптимальний рівень навантаження при реабілітації.

Впровадження роботизованих тренажерів у фізичну реабілітацію та догляд за пацієнтами з обмеженими фізичними можливостями може зменшити робоче навантаження терапевтів, дозволяючи їм зосередитися на аспектах, які вимагають персоналізованого втручання людини, таким чином підвищуючи загальну ефективність процесу реабілітації та догляду. Незважаючи на всі

переваги роботизованих тренажерів, лишаються проблеми, такі як висока вартість обладнання, потреба в спеціалізованому навчанні персоналу та адаптації до клінічної інфраструктури. Значний потенціал для покращення результатів лікування пацієнтів виправдовує інвестиції в дослідження та розробки в цій галузі [2].

Інтеграція новітніх технологій, у тому числі Інтернету речей (IoT), у фізичну реабілітацію також забезпечує підвищення якості терапевтичного втручання та покращення життя пацієнтів з фізичними вадами.

Ефективні стратегії впровадження та суворі оцінки є важливими для того, щоб ці інновації принесли користь широкому спектру пацієнтів. Ці стратегії підкреслюють можливості, які пропонують роботизовані технології для формування майбутнього фізичної реабілітації, покращуючи якість терапевтичних втручань і наближаючи майбутнє, в якому кожен пацієнт матиме шанс на покращене життя.

Загалом роботизовані тренажери визначаються як пристрої, які об'єднують вдосконалені двигуни та системи керування для допомоги або виконання терапевтичних рухів. Такі тренажери часто мають зворотний зв'язок у реальному часі та механізми адаптивного контролю, щоб адаптувати вправи до потреб конкретного пацієнта. Ці роботи забезпечують інтерактивний зворотний зв'язок, регулюють рівні складності на основі показників пацієнта й спрямовані на дотримання програм реабілітації і підвищення мотивації [3].

Носима робототехніка та екзоскелети — це носимі пристрої, оснащені приводами, системами керування і датчиками, що призначені для покращення або відновлення рухових можливостей людей з порушеннями рухливості. Ці пристрої часто використовуються в реабілітації для забезпечення підтримки, покращення рухової функції та полегшення виконання фізичних вправ.

Загалом роботизовані системи можуть класифікуватися за різними ознаками. Наприклад, за видом допомоги вони поділяються на:

1. Роботизовані системи розроблені, щоб допомогти людям з обмеженою рухливістю виконувати різні повсякденні дії. До них відносяться робот персональний помічник PR2 і роботизована система JACO.

2. Роботизовані системи нижніх кінцівок, що використовуються в моторній реабілітації нижніх кінцівок, полегшують реабілітацію ходи, підтримуючи вагу тіла та направляючи рухи ніг у спосіб, який імітує природну ходьбу. До них відносяться Lokomat і екзоскелет ReWalk.

3. В руховій реабілітації верхніх кінцівок використовуються пристрої, призначені для покращення рухової функції рук і кистей, забезпечуючи контрольовані й повторювані вправи, які допомагають у відновленні після інсульту чи інших станів. До них відносяться роботизовані руки InMotion, екзоскелет ARMin та роботизовані рукавички HandSOME.

В залежності від виду реабілітаційної терапії, роботизовані системи поділяються на [4]:

- ті, які використовуються у двосторонній реабілітації, що передбачає одночасне використання обох кінцівок, коли робота здорової кінцівки відображається або допомагає роботі на ураженій кінцівці. Цей вид терапії використовується для поліпшення симетрії рухів і координації між верхніми або нижніми кінцівками.

- ті, які використовуються в активній реабілітаційній терапії, коли пацієнт ініціює рух, а робот допомагає лише за необхідності. Цей метод заохочує до перенавчання рухових навичок і стимулює нейропластичність шляхом активної практики.

- ті, які використовуються в пасивній реабілітаційній терапії, коли робот керує кінцівкою пацієнта різними рухами, а сам пацієнт не докладає жодних зусиль. Такий підхід необхідний на ранніх етапах реабілітації, коли у пацієнта обмежена м'язова сила чи рухливість.

В залежності від режиму взаємодії з користувачем, роботизовані системи поділяються на [5]:

1. Інтерфейси на основі штучного інтелекту, що автоматично адаптуються до потреб користувача без прямого втручання, використовуючи алгоритми штучного інтелекту для оптимізації терапії. Ці інтерфейси регулюють рівень опору чи допомоги відповідно до прогресу користувача, наприклад системи реабілітації, які використовують машинне навчання для налаштування терапевтичних вправ.

2. Нейромоторні інтерфейси, які використовують неврологічні сигнали пацієнта для контролю. Наприклад, до них відносяться інтерфейси «мозок–комп'ютер», що забезпечують роботизований контроль за допомогою діяльності мозку, сприяючи реабілітації осіб із дуже обмеженими рухами, або електроміографічні датчики, які виявляють рухові наміри користувача.

3. Прямі інтерфейси, що дозволяють користувачам безпосередньо взаємодіяти з пристроєм за допомогою керування жестами, фізичних кнопок, сенсорних панелей. До них відносяться системи реабілітації, які використовують датчики руху чи сенсорні екрани, щоб фіксувати дії користувача і реагувати на них, наприклад система HapticMaster Robotic Arm.

В залежності від місця використання роботизовані тренажери поділяються на [6]:

- Роботизовані системи для параметризованої та дистанційно керованої терапії фахівцями за допомогою технологій IoT, що можна використовувати в контексті телетерапії.
- Роботизовані системи, що адаптовані для використання вдома, надаючи пацієнтам можливість продовжувати терапію в умовах власного будинку.
- Роботи, які використовуються в лікарнях або реабілітаційних центрах, призначені для надання інтенсивної терапії під безпосереднім наглядом спеціалістів.

Ефективній інтеграції роботизованих тренажерів у повсякденну роботу лікарень та реабілітаційних центрів часто заважає відсутність належної інфраструктури та навчання персоналу [7].

При впровадженні роботизованих тренажерів у клінічній практиці однією з найбільш значущих проблем є можливість несправностей через апаратні збої, помилки програмного забезпечення, людські помилки чи фактори навколишнього середовища. Ці несправності можуть мати серйозні наслідки для безпеки пацієнтів і ефективності процесу реабілітації. Наприклад, апаратні збої, такі як несправність двигуна чи датчика, можуть призвести до неправильних або небезпечних моделей рухів, ризикуючи подальшими травмами пацієнта. Помилки програмного забезпечення можуть спричинити неправильні відповіді чи затримки роботизованої системи, підриваючи терапевтичні цілі. Фактори навколишнього середовища, такі як коливання температури чи стрибки напруги, також можуть порушити роботу цих складних пристроїв, тоді як людські помилки, зокрема неправильне налаштування або поводження із системою, можуть призвести до збоїв або неоптимальної продуктивності системи [8].

Таким чином, на сьогодні варто створювати комплексні навчальні програми для терапевтів і медичного персоналу, інвестувати в клінічну інфраструктуру та сприяти партнерству між медичними установами та розробниками технологій [9].

Важливо включити надійні механізми безпеки, регулярні протоколи технічного обслуговування та ретельне навчання персоналу. Крім того, розробка систем із вбудованим резервуванням може допомогти гарантувати, що навіть у разі збою тренажер зможе продовжувати безпечну роботу або вимкнутись контрольованим чином, мінімізуючи ризик для пацієнта. Ці досягнення підкреслюють універсальність роботизованих технологій та їхній потенціал для вирішення різноманітних проблем у сфері охорони здоров'я, від покращення хірургічних результатів до підтримки старіючого населення [10].

1.2 Застосування віртуальної реальності у фізичній реабілітації

Віртуальна реальність відноситься до вдосконаленої форми інтерфейсу «людина-комп'ютер», де оператори входять і взаємодіють із надзвичайно природним середовищем, яке створюється комп'ютером. Такі взаємодії в основному досягаються через доставку оптичної ілюзії, яка надає візуальну інформацію. Протягом останнього десятиліття використання комп'ютерної віртуальної реальності стає все більш поширеним у сфері охорони здоров'я як для діагностики, так і для лікування. Поряд з іншими сферами охорони здоров'я, фізична реабілітація зазнає змін завдяки новітнім технологіям. Фізіотерапія в основному використовує оцінку стану пацієнта та цільові вправи для лікування. Також, вона прагне створити безпечне та відтворюване середовище, де пацієнти можуть покращити власні обмеження в певних повсякденних діях, які нагадують їх повсякденне функціонування [11].

Часто рекомендовані фізіотерапевтичні вправи можуть стати монотонними, що погано впливає на мотивацію пацієнтів, тоді як було показано, що віртуальна реальність покращує її. Так, віртуальна реальність через телереабілітацію пропонує дистанційну терапію для пацієнтів, які не мають змоги їздити до реабілітаційних центрів. Як наслідок, віртуальна реальність стає все більш популярною як для оцінки фізичного стану пацієнта, так і для контролю процесу реабілітації (Див.Таб.1.1). Загалом віртуальна реальність подібна до традиційної терапії, оскільки пропонує контрольоване середовище в розширеному середовищі, одночасно впливаючи та відстежуючи кінематичні реакції пацієнта [12].

Таблиця 1.1 – Найпоширеніші системи віртуальної реальності, що використовуються в охороні здоров'я

		Виробник	Характеристика
Віртуальна реальність (VR)	Virtualis	Virtualis VR (Perols, France)	Надає модулі для різноманітних станів здоров'я для покращення повсякденної активності, рівноваги, рухової функції, пізнання та пропріоцепції.
	Psious	Amelia Virtual Care	Зосереджується на модулях для психічного здоров'я.
	Samsung Gear VR	Samsung Electronics Co., Ltd.	Перетворює мобільний телефон на портативну систему віртуальної реальності та є легкою платформою для використання.
	CAREN	Motek Technologies	Включає в себе систему фіксації руху та сили в режимі реального часу, рухому платформу з шести DOF і систему 360-градусного огляду
	Oculus (Rift S)	Oculus VR	Rift S надає бібліотеку програмного забезпечення та просте налаштування за допомогою апаратної платформи персонального комп'ютера
	Oculus (Quest 2)	Oculus VR	3D позиційний аудіо і датчик шести ступенів свободи для відстеження рухів голови, що забезпечують вищу роздільну здатність та не потребують кабельних з'єднань.
Доповнена реальність	Nintendo Wii variations	Nintendo Co., Ltd.	Забезпечує досвід віртуальної реальності через аватар гравця, який фіксує всі рухи гравця за допомогою портативного пристрою та інфрачервоних датчиків.
	BTS Nirvana VR	BTS Bioengineering	Забезпечує реабілітаційні модулі, специфічні для неврологічних розладів.

Віртуальна реальність використовується як інструмент для діагностики певних станів здоров'я. Розрізняють два стани, де віртуальна реальність використовується як діагностичний інструмент, це постуральна стабільність у пацієнтів із хворобою Альцгеймера та діагностика тих, хто має порушення рівноваги внаслідок легкої черепно-мозкової травми.

Також, віртуальна реальність використовується для оцінки ходи в умовах фізіотерапії. Так, в дослідженні Matar використовували віртуальну реальність, щоб дослідити відмінності ходи в осіб із хворобою Паркінсона із та без застиглої ходи. Результати дослідження показали, що у людей із застиглою ходою збільшена затримка кроку у відповідь на подразники та збільшена моторна затримка у відповідь на фактори навколишнього середовища, такі як вузькі дверні прорізи та відкривання розсувних дверей, порівняно з особами без застиглої ходи.

На додаток до того, щоб служити діагностичним інструментом, віртуальна реальність також використовується для допомоги літньому населенню та іншим групам населення для усунення функціональних дефіцитів. Ці функціональні дефіцити охоплюють здатність до ходи, дефіцит рівноваги, постуральне коливання, захоплення верхніх кінцівок, витривалість або фантомний біль у кінцівках [13].

Багато дослідників вивчали й використання залучення віртуальної реальності для секвенування рухової когнітивної функції з ходою та пересуванням. Такі дослідження свідчать про покращення швидкості ходи в групі втручання, яка використовувала віртуальну реальність для реабілітації рівноваги серед людей похилого віку, яким загрожує падіння. Проте деякі дослідники не виявили значних результатів використання віртуальної реальності для покращення ходи та пересування. Наприклад, невідомо, чи може віртуальна реальність покращити швидкість ходи, оскільки дослідники використовували телереабілітацію та віртуальну реальність для порівняння тренувань рівноваги в клініці разом із вимірюванням вторинних результатів,

які не виявили клінічно значущих відмінностей у швидкості ходьби на 10 метрів у вибірці людей з хворобою Паркінсона.

У сучасному технологічному світі, що постійно розвивається, інтеграція технологій в охорону здоров'я, особливо в галузі фізичної терапії, набуває величезної популярності. У цьому контексті віртуальна реальність виділяється як потужний інструмент, який можна використовувати через різні системи, кожна з яких пропонує унікальні характеристики, щоб допомогти пацієнтам у досягненні їхніх індивідуальних терапевтичних цілей.

Застосування віртуальної реальності демонструє суттєві переваги для пацієнтів, які борються з порушеннями ходи та рівноваги, а також для тих, хто відчуває опіки та фантомний біль у кінцівках. Крім того, віртуальна реальність виявляється цінним інструментом оцінки, який можна порівняти з тестом сенсорної організації, що дозволяє ідентифікувати дефіцит постави та порушення рівноваги в осіб, які страждають на хворобу Альцгеймера.

Проте незважаючи на багатообіцяючі результати, які спостерігаються до цього часу, необхідні подальші дослідження для глибшого вивчення потенційних переваг використання віртуальної реальності у сфері фізичної терапії. Отримавши глибше розуміння оптимального впровадження віртуальної реальності для пацієнтів, можна потенційно підвищити ефективність і максимізувати переваги цієї технології для покращення результатів лікування пацієнтів [14].

1.3 Характеристика фізичної реабілітації при відновленні функцій кульшового суглоба

Кульшовий суглоб (КС) — це один із великих кулястих суглобів нашого тіла. Це основний опорний суглоб, який піддається значному навантаженню під час ходьби, бігу та перенесення вантажів. Його форму можна описати як сферу, поміщену в глибоке кругле гніздо [15].

Кульшовий суглоб відноситься до кулеподібних зчленувань обмеженого типу (чашоподібний суглоб), тому він не має такого широкого діапазону рухів,

як вільний кульовий суглоб, але він дозволяє рухатися навколо трьох основних осей (передньої, сагітальної та вертикальної) (Див.Рис.1.1) [16].

Згинання та розгинання нижньої кінцівки відбувається навколо фронтальної осі. Найбільшим з цих двох рухів є згинання через відсутність напруги в сполучнотканинній капсулі, прикріпленій до задньої частини шийки стегнової кістки. Бічні зв'язки суглоба розташовані відповідно до трьох основних осей обертання. Три поздовжні зв'язки розташовані перпендикулярно до горизонтальних осей (фронтальна і сагітальна), а одна – перпендикулярна до вертикальної осі [17].

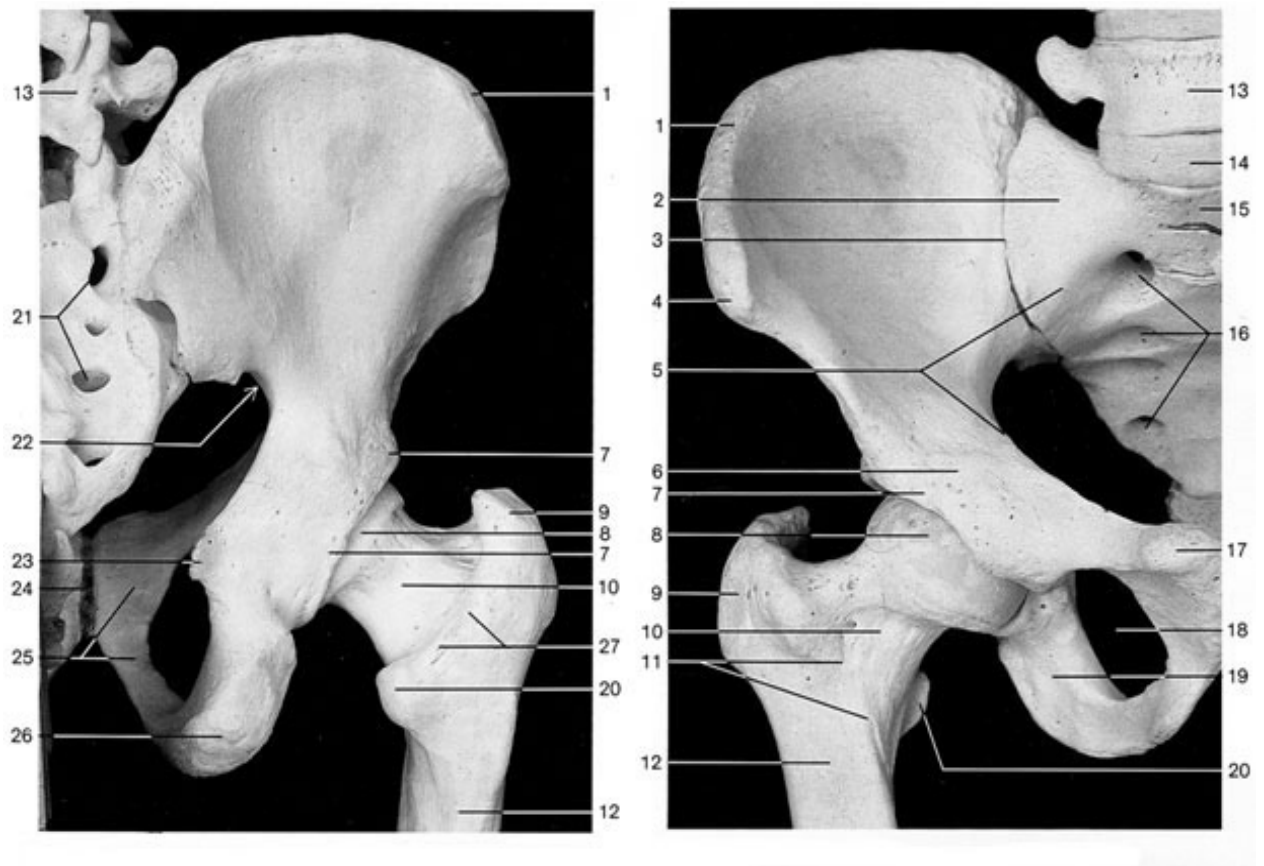


Рис. 1.1 Вид спереду і ззаду кісток кульшового суглобу

Права стегнова кістка складається з таких елементів: 1) задній верхній клубовий остюк. 2) задня сіднична лінія. 3) задній нижній клубовий остюк. 4) велика сіднична вирізка. 5) сідничний остюк. 6) мала сіднична вирізка. 7) тіло сідничної кістки. 8) сідничний горб. 9) замикальний отвір. 10) клубовий

гребінь. 11) передня сіднична лінія. 12) внутрішня губа клубового гребня. 13) зовнішня губа клубового гребня. 14) передній верхній клубовий остюк. 15) нижня сіднична лінія. 16) передній нижній клубовий остюк. 17) напівмісячна поверхня вертлюжної западини. 18) вертлюжна ямка. 19) вертлюжна вирізка. 20) лобковий гребінь. 21) лобковий горбок. 22) тіло лобкової кістки.

Постраждали з пошкодженнями кульшового суглобу є одним з найбільш складних контингентів травматологічних хворих на всіх етапах лікування. Частота травм кульшового суглобу в загальній структурі пошкоджень досягає 3-8% [18]. На сучасному етапі травматологія поповнилася новими, більш досконалими й ефективними методиками лікування цих пошкоджень в гострому періоді травми. Травми кісток таза супроводжуються значною втратою крові, також при цьому можливе ушкодження тазових органів, сечоводу та прямої кишки. Ушкодження кісток таза часто супроводжуються безліччю функціональних розладів, що призводять до тривалої втрати працездатності, а у деяких випадках – стійкої інвалідизації потерпілих [19]. Причиною виникнення розладів після травматичних ушкоджень кісток таза, окрім анатомічних порушень, є тривала акінезія, що пов'язана з постільним режимом, іммобілізацією кінцівки, розвитком вторинних змін у тканинах [20].

Так, тривалий постільний режим спричиняє низку специфічних місцевих змін, до яких належать м'язові атрофії, стовщення та зморщування суглобової сумки, втрата її еластичності, зменшення кількості синовіальної рідини в порожнині суглоба, фіброзні зміни суглобового хряща, розволокнення, остеопороз та ін. Режим обмеженої рухової активності негативно впливає на функціональний стан органів та систем організму, й у першу чергу – серцево-судинної системи, шлунково-кишкового тракту, легень. Період вимушеного спокою зменшує рівень адаптації організму до трудової діяльності й фізичного навантаження [21].

Серед різноманітних лікувальних заходів, що застосовуються для відновлення опорно-рухового апарату та всього організму загалом, провідне

місце посідає лікувальна фізична культура. Лікувальна дія фізичних вправ забезпечується шляхом основних механізмів [22]:

- механізмів формування постійних й тимчасових компенсацій;
- трофічної дії;
- тонізуючого впливу.

За рахунок впливу фізичних вправ [23]:

1. покращується еластичність сухожильно-капсульного апарату суглобів, що сприяє швидкому перебігу регенеративних процесів, загоєнню, відновленню морфологічних структур пошкодженого сегмента опорно-рухового апарату;
2. посилюється живлення та кровопостачання хрящової тканини, збільшується кількість синовіальної рідини;
3. збільшується обсяг м'язових волокон та покращується еластичність, витривалість і сила м'язів;
4. спостерігається посилення окисно-відновних процесів у м'язах і підвищення біоелектричної активності у них, що покращує механізм м'язового скорочення;
5. поліпшується кровообіг, збільшується кількість анастомозів та капілярів у зонах ушкодження;

Незважаючи на суттєвий прогрес у розвитку методів лікування й діагностики травм кульшового суглоба, рівень первинної інвалідності серед пацієнтів, які перенесли такі ушкодження залишається досить високим. Лікування переломів кісток тазу перетворилось в актуальну медичну проблему, яка далека від свого остаточного вирішення [24]. Покращення результатів лікування є актуальною соціальною проблемою, успішне вирішення якої дозволить повернути до трудової діяльності велику кількість людей [25].

Для отримання найкращого результату потрібна адекватна передопераційна та післяопераційна реабілітація. Існують різні програми відновлювального лікування таких пацієнтів [26]. Загальні принципи,

притаманні усім – це передопераційна підготовка, дотримання оптимального рухового режиму і післяопераційних обмежень, обов'язкове застосування лікувального масажу, засобів лікувальної фізичної культури, ранньої активізації хворих, фізіотерапевтичного лікування як безпосередньо після операції, так і в віддаленому періоді із застосуванням широкого спектра природних та преформованих фізичних чинників, у тому числі й за наявності супутньої патології. Для успішного відновлення медичними працівниками розробляється індивідуальна програма подальшої реабілітації хворого [27].

Основними умовами для направлення хворих на етап ранньої санаторної реабілітації у спеціалізоване відділення місцевого санаторно-курортного закладу є [28]:

- задовільний стан післяопераційної рани;
- нормальна температура тіла;
- задовільні показники коагулограми;
- ходьба із додатковою опорою (милиці) 100м, 1 прольот сходами;
- самообслуговування;
- стабільний соматичний стан.

Найбільш актуальним в реабілітації та лікуванні хворих із патологією опорно-рухового апарату, зокрема кульшового суглобу, як найбільш інвалідизуючого захворювання, є покращення якості життя, що, перш за все, пов'язане з функціональною спроможністю (ходьба, щоденні функції, самообслуговування тощо) [29].

Проведення реабілітації на санаторно-курортному етапі сприяє збільшенню обсягу рухів в оперованому суглобі та покращенню показників силових характеристик основних груп м'язів стегна. На цьому етапі в лікувальній фізкультурі переважають вправи, які направлені на розвиток усіх м'язових груп. Заняття, які рекомендовано проводити з інструктором лікувальної фізкультури направлені на навчання пацієнтів виконувати вправи для відновлення функції та сили м'язів [30]. Так, рухомість в кульшовому суглобі залежить від:

- чотирьохголового м'язу стегна – згинання;
- середнього сідничного м'язу – опорна функція;
- великого сідничного м'язу – розгинання.

Для покращення функції м'язів кінцівки фахівці рекомендують [31]:

- ізометричне напруження м'язів сідниць, стегон і гомілок протягом 4-6 секунд зі збільшенням кількості повторів;
- розгинання та згинання ніг у колінних суглобах;
- рухи в гомілково-ступневому суглобі, кругові рухи стопою, рухи в колінних суглобах;
- рухи пальцями стопи.

Також, дальність і швидкість дозованої ходьби безпосередньо залежить від віку хворих і строків після хірургічного лікування. Величина вісьового навантаження на оперовану кінцівку й призначення комплексів кінезотерапії залежить від: віку та фізичної підготовки пацієнта, способу операції, післяопераційних ускладнень, супутніх захворювань й термінів післяхірургічного лікування [32].

Рання санаторна реабілітація (двадцять чотири дні). В цей період відновне лікування проводиться відповідно до програми лікарні: лікувальна дозована ходьба, комплекс лікувальної гімнастики розширюється за рахунок збільшення її кількості на добу, тривалості занять, розширення переліку вправ – вправи у вихідному положенні сидячи і стоячи із додатковою опорою; стимуляція репаративно-регенераційних процесів у нижніх кінцівках за допомогою впливу на рефлексогенні зони попереково-крижового відділу хребта; розробка контрактур за допомогою апарата безперервної розробки; застосування лікувального масажу й апаратних методів фізіотерапії, таких як електроміостимуляція м'язів неоперованої й оперованої кінцівки (залежно від стану м'язів), магніто-, електро- та лазеротерапія та ін.; психотерапія [33].

Перші дві доби у санаторії відбувається адаптація до зростаючих навантажень та розширення щоденної активності. Бинтування нижніх кінцівок продовжується до двох місяців від моменту хірургічного лікування,

користування додатковою опорою – до трьох місяців. Зберігається дотримання деротації оперованої кінцівки [34]. При цьому поступово збільшується дозволена опороздатність оперованої кінцівки. Хворому дозволяється довше лежати, сидіти на оперованому боці.

Головними видами кінезотерапії є [35]:

1. для хворих похилого віку комплекс профілактики падінь;
2. велотренування у положенні лежачи, вправи на похилій площині, на велотренажері у положенні лежачи на спині без додаткового навантаження на оперовану кінцівку (5-10 хв. щоденно);
3. розробка суглобів – застосовується механотерапія (15-20 хв, через день) на реабілітаційному кріслі, апараті безперервної розробки суглобів;
4. дистанція лікувальної дозованої ходьби із додатковою опорою (збільшується індивідуально) – починаючи від 100м, ходьба сходами – 12 сходинок, 2-3 рази на день;
5. лікувальна гімнастика за індивідуальним або малогруповим методом (35-40хв, щоденно, лікувальну гімнастику бажано проводити на похилій площині);
6. оптимальний руховий режим.

Заняття лікувальною фізкультурою проводять індивідуально чи малогруповим методом у спеціальному залі.

Розширюється можливість використання природних лікувальних факторів і методів апаратної фізіотерапії, продовжується розпочате в стаціонарі фізіотерапевтичне лікування та сеанси психотерапії [36].

Починаючи з шістнадцятої доби після операції, призначають гідрокінезотерапію у спеціалізованому басейні, що передбачає [37]:

1. ходу без додаткової опори із повним навантаженням на оперовану кінцівку;
2. вільне плавання чи плавання стилем «кроль»;
3. спеціальний комплекс лікувальної гімнастики.

Можливість занять у басейні залежать від загального стану хворого та стану післяопераційної рани.

Фізичні чинники є важливою складовою частиною комплексного лікування хворих із переломами кісток тазу. Фізичні чинники стимулюють трофічну функцію нервової системи та формують сприятливіші умови для відновлення функціонально пошкоджених ділянок. З цією метою використовують [38]:

- магнітолазерну терапію на попереково-крижовий відділ хребта, зональною методикою та скануючим методом на ділянку післяопераційної рани, щоденно;
- електроміостимуляція м'язів стегна оперованої кінцівки (задньої та передньої груп), сідничних м'язів, зі зміною частоти й часу процедури індивідуально за даними відповіді м'язів на стимуляцію, із режимом стимуляції 60Гц, тривалістю процедури 10-30хв, щоденно.

Лікувальний масаж сприяє розсмоктуванню ексудату, покращує кровообіг, протидіє утворенню контрактур, сприяє збереженню нормального тону й трофіки м'язів [39]. Проте методика масажу має бути суворо диференційованою залежно від особливостей клінічної форми захворювання, етапу чи періоду хвороби, локалізації травми. Також, щоденно проводять лікувальний масаж попереково-крижового відділу хребта [40].

Після ранньої санаторної реабілітації хворий направляється на амбулаторний етап, де за потреби продовжуються реабілітаційні заходи (розробка контрактур і т.д.). До закінчення третього місяця від моменту хірургічного лікування хворому рекомендується контрольне рентгенографічне обстеження й консультація лікаря, із метою оцінки функціонального стану суглоба [41].

РОЗДІЛ 2

ЗАВДАННЯ, МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Завдання дослідження

Метою дослідження було визначення особливостей формування програм реабілітації пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба з використанням інноваційних технологій. Виходячи з цього необхідно визначити такі завдання:

1. Провести аналіз сучасної науково-методичної літератури з питань реабілітації пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба;
2. Сформувати програму фізичної реабілітації пацієнтів із використанням інноваційних технологій;
3. Дослідити ефективність впровадження програми фізичної реабілітації пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба під час їхнього відновлення.

2.2 Методи дослідження

Під час виконання дослідження застосовувалися такі методи діагности функціонального стану кульшового суглоба:

- Гоніометрія.
- Рейтинг сприйнятого навантаження за Боргом.
- Тест «Встань та йди».

В ході виконання дослідження використовувався такий інструментальний метод дослідження як гоніометрія. При цьому методика визначення рухів у кульшовому суглобі була наступною [42]:

1. Розгинання. За виконання цього руху відповідальні двоголовий м'яз стегна, великий сідничний м'яз, напівсухожильний м'яз та напівперепончатий м'яз. Рух відбувається у сагітальній площині. Початкове положення пацієнта лежачи на животі. Стабілізація таза відбувається лівою рукою обстежуваного чи за допомогою підвіски. Ось гоніометра прикладають

відповідно до поперечної осі суглоба на великий вертлюг. Рухоме плече направлено на головку великогомілкової кістки, нерухоме - вздовж тулуба. Під час вимірювання потрібно контролювати, чи переноситься рух через таз на поперековий відділ хребта.

2. Згинання. За виконання руху відповідальні основні м'язи: чотириголовий м'яз стегна, клубовопоперековий м'яз та допоміжні м'язи: кравецький м'яз і м'яз, який напружує широку фасцію стегна. Рух відбувається у сагітальній площині. Початкове положення пацієнта лежачи на спині. Стабілізація таза відбувається за допомогою руки людини, яка проводить дослідження, чи підвіски. Вісь гоніометра прикладають відповідно до поперечної осі суглоба на великий вертлюг. Рухоме плече направлено на головку великогомілкової кістки, нерухоме – вздовж тулуба. Плечі гоніометра знаходяться приблизно на 10см над рівнем кушетки.

3. Відведення. За виконання цього руху відповідальний середній сідничний м'яз. Рух відбувається у фронтальній площині. Початкове положення пацієнта лежачи на спині. Стабілізацію тазу найкраще виконувати при відведенні досліджуваної ноги. Гоніометр встановлюють у сагітальній осі суглоба, вісь прикладають до верхньої передньої осі клубової кістки. Рухоме плече гоніометра розташовують вздовж поздовжньої осі стегна та направляють на надколіник. Нерухоме плече гоніометра розміщують перпендикулярно до поздовжньої осі тіла.

4. Приведення. За виконання цього руху відповідальні короткий, довгий, великий привідні м'язи, гребінний м'яз і тонкий м'яз. Рух відбувається у фронтальній площині. Початкове положення пацієнта, стабілізація таза та розташування гоніометра відбувається так само, як і при попередніх дослідженнях. Проведення цього виміру вимагає згинання колінного і кульшового суглобів здорової ноги до кута 90° та підвішування її на підвісці.

5. Зовнішнє обертання. За виконання руху відповідальні внутрішні та зовнішні затульні м'язи. Початкове положення пацієнта сидючи зі

зведеними гомілками. Стабілізація стегна відбувається за рахунок притиснення його до кушетки рукою обстежуваного.

6. Внутрішнє обертання. За виконання цієї вправи відповідальний малий сідничний м'яз. Початкове положення пацієнта, стабілізація, установка тонометра та сама, що й у попередньому дослідженні. Єдина відмінність полягає у тому, що нерухоме плече приладу направлено в протилежну сторону, тобто всередину. При цьому гомілка виконує рух назовні, під час якого стегно обертається всередину.

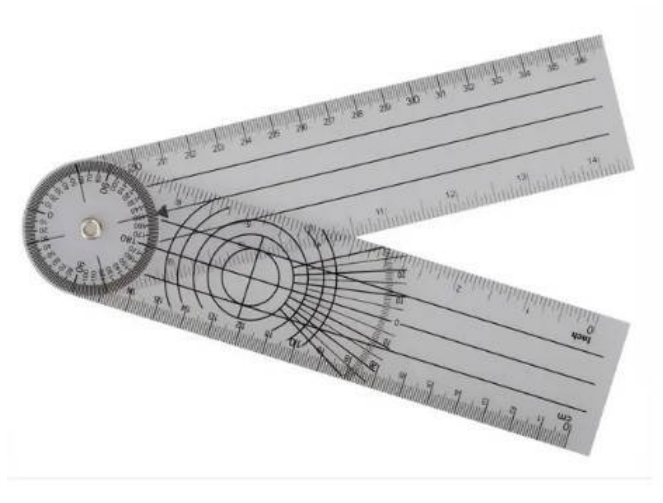


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд гоніометру

Гоніометр є приладом, що вимірює існуючий на даний момент діапазон рухів у суглобі. Вимірювання цих діапазонів рухів в суглобах у кожній площині називають гоніометрією [43].

Серед клініко-функціональних методів використовувалися:

- Рейтинг сприйнятого навантаження за Боргом.
- Тест «Встань та йди».

Рейтинг сприйнятого навантаження за Боргом – шкала вимірювання результатів, що застосовується для визначення інтенсивності вправ. Цей метод використовується для моніторингу прогресу і режиму вправ у пацієнтів, що проходять реабілітацію і тренування на витривалість. Шкала за Боргом була розроблена Gunnar Borg для оцінки задишки і навантаження під час фізичної

активності, тобто, наскільки важкою є діяльність, про що свідчить висока частота дихання й пульсу, рясне потовиділення і м'язове напруження [44].

Тест «Встань та йди» проводиться для того, щоб визначити ризик падіння, який є простим скринінговим тестом, що є конкретним показником ймовірності падінь серед пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба [45].

Методика проведення даного тесту наступна:

- 1) Пацієнт має носити своє звичайне взуття й може скористатися засобом для ходьби, якщо це потрібно.
- 2) Пацієнт починає у положенні сидячи.
- 3) Пацієнт встає за командою терапевта: проходить три метри, обертається, йде до стільця та сідає.
- 4) Час зупиняється, коли пацієнт сідає.
- 5) Обов'язково зазначається використаний допоміжний пристрій.

Рейтинг сприйнятого навантаження за шкалою Борга. Шкала вимірює рівень навантаження від 6 до 20, де 6 означає «повна відсутність напруги», а 20 — «максимальне можливе навантаження». Пацієнт обирає число, яке найкраще описує його суб'єктивний рівень навантаження. Це допомагає оцінити інтенсивність його активності, щоб за потреби її коригувати — прискорити або сповільнити темп задля досягнення бажаного рівня.

- 6 - Відсутність навантажень
- 7 - Надзвичайно легко
- 9 - Дуже легко
- 11 - Легко
- 13 - Помірно важко
- 15 - Важко
- 17 - Дуже важко
- 19 - Надзвичайно важко
- 20 - Максимальне напруження

Для прикладу:

- 9 відповідає рівню «дуже легко». Для здорової людини це може бути, наприклад, повільна некваплива прогулянка протягом кількох хвилин.

- 13 позначає «помірно важку» активність. Таке навантаження можна підтримувати без особливого дискомфорту протягом тривалого часу.

- 17 означає «дуже важко» — вправи в цьому режимі є інтенсивними, і хоча людина може ще продовжувати тренуватись, вона відчуває значну втоми.

- Рівень 19 вказує на «надзвичайно важке» навантаження — це суто інтенсивна активність, яка для багатьох є межею їхніх фізичних можливостей.

2.3 Організація дослідження

Базою дослідження є ТОВ «ВИТАЦЕНТЕР» у м.Запоріжжя.

В дослідженні приймали участь три групи пацієнтів:

- Контрольна група. Для цієї групи осіб реабілітація проводилась за звичайною програмою.
- Пацієнти для яких програма реабілітації передбачала застосування віртуальної реальності.
- Пацієнти для яких програма реабілітації передбачала застосування роботизованих тренажерів.

Дослідження проводилось у три етапи:

1) на першому етапі проводиться узагальнення, вивчення й аналіз публікацій, наукових джерел, робіт фахівців-фізичних терапевтів і їх методів. Визначення релевантності та актуальності даної теми дозволяє оцінити мету і задачі дослідження, проблематику та узагальнити принципи фізичної терапії в комплексній реабілітації після ендопротезування кульшового суглоба із застосуванням інноваційних технологій.

2) на другому етапі було обрано програму фізичної терапії з використанням роботизованих тренажерів і віртуальної реальності та впроваджено її за визначеним алгоритмом для осіб після ендопротезування

кульшового суглобу. Було аналізовано початкові дані фізичного стану пацієнтів. Також, під час занять фізичної терапії було скориговано і вдосконалено програму терапії за рахунок принципу індивідуального підходу до пацієнтів.

З) на третьому етапі була проведена оцінка дослідження, визначення ефективності втручання, були зібрані кінцеві результати, після чого проводилось їх узагальнення та написання висновків.

В програмі реабілітації із залученням роботизованого тренажера використовувався тренажер Kinetec Prima Advance knee CPM для пасивної розробки колінного та кульшового суглобів. Його головними перевагами є можливість поєднання рухів приведення та відведення стегна зі одночасним згинанням і розгинанням, а також функція фіксації положення колінного суглоба на кілька секунд у точках 0° , 30° , 60° , 90° і 120° . Ця функція сприяє зменшенню болю за рахунок розслаблення підколінного м'яза. Тренажер легко налаштовується під кожного пацієнта, що мінімізує будь-які зміщення й забезпечує мінімальне навантаження на хворий суглоб, гарантуючи його синхронну розробку.

Заняття на цьому тренажері проводяться двічі на день: спочатку по двадцять хвилин, із поступовим збільшенням тривалості до сорока хвилин починаючи з шостої процедури. Такі вправи дозволяють відновити рухливість суглоба завдяки пасивній дії, за якої не залучаються активні скорочення оточуючих м'язів. Ефективність процедур забезпечується індивідуально підібраною програмою реабілітації, що враховує необхідну амплітуду рухів, їхню швидкість, силу й паузи під час згинання та розгинання суглоба.

На початку кожного сеансу застосовується функція «розминка», яка запускає тренажер на 50% заданих меж руху, поступово збільшуючи їх до 100% упродовж одного циклу. Ця функція забезпечує підготовку суглобів і м'язів до майбутнього навантаження. Паузи між циклічними рухами можна програмувати в діапазоні від 1 до 40 секунд.

Тренажер Kinetec Prima Advance knee оснащено десятима рівнями швидкості та навантаження на суглоб. У разі виникнення супротиву чи дискомфорту пацієнта під час процедури реабілітолог може ухвалити рішення про припинення сеансу. Якщо така ситуація трапляється безпосередньо під час роботи тренажера, активується функція «Реверс», яка є одним із ключових елементів безпеки апарата. Завдяки їй пристрій автоматично вимикається, а кінцівка негайно повертається у вихідне положення. Загалом робота тренажера направлена на мінімізацію зміщень і навантажень на суглоб, що забезпечує його ефективну та безпечну розробку.

В програмі реабілітації із залученням віртуальної реальності вона поєднується з аналоговим машинним перекладом за допомогою технології обробки зображень у реальному часі. Система складається з п'яти окремих блоків:

- блок відображення зображень;
- блок обробки зображень;
- блок отримання зображень;
- інструмент сканування;
- інструмент позиціонування пацієнта.

Ця двокomпонентна система забезпечує візуальне відображення кінцівки пацієнта в режимі реального часу, яке отримується за допомогою веб-камери. Це дозволяє пацієнту виконувати як необмежені, і обмежені рухи під час тренування.

Фізична реабілітація для контрольної групи була поділена на чотири основні етапи:

1. Ранній післяопераційний період, протягом якого рекомендовано дотримання ліжкового режиму, іммобілізацію ураженої кінцівки, застосування локального охолодження та тренування чотириголового м'яза стегна.

2. Період початкового навантаження, що характеризується впровадженням лікувальної фізкультури, використанням шини для пасивної

розробки рухів у колінному суглобі, а також навчанням ходьби за допомогою милиць.

3. Віддалений період, у межах якого головними завданнями є проведення кінезіотерапії, виконання фізичних вправ із поступовим посиленням навантаження на м'язи, заняття на моторизованій шині та використання милиць для ходьби з частковим навантаженням на кінцівку.

Такий підхід сприяє поступовому відновленню функціональної активності опорно-рухового апарату.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Обґрунтування комплексної програми фізичної реабілітації при відновленні функцій кульшового суглоба

Відповідно до Закону України «Про систему реабілітації в Україні» виокремлюють три основні реабілітаційні періоди:

1. Гострий реабілітаційний період: розпочинається з моменту виникнення обмеження життєдіяльності пацієнта внаслідок гострого захворювання, травми, первинного звернення чи діагностики. У цей час надається слабкоінтенсивна реабілітаційна допомога, спрямована на відновлення. Лікування, відповідно до профілю захворювання чи травми, проводиться в стаціонарних умовах [46].

2. Підгострий реабілітаційний період: здійснюється за медичними показаннями, коли пацієнт вже не потребує цілодобового догляду лікаря. Тоді застосовується інтенсивна реабілітація за стратегією відновлення, що проводиться мультидисциплінарною командою у стаціонарних реабілітаційних відділеннях. Наприкінці цього періоду реабілітація може також проводитися амбулаторно з низькою інтенсивністю за умови відсутності ознак стійкого обмеження життєдіяльності [47].

3. Довготривалий реабілітаційний період: стосується хронічних прогресуючих хвороб із стійким обмеженням життєдіяльності. Він здебільшого базується на стратегії реадaptaції. Інтенсивність допомоги зазвичай низька, і реабілітаційні заходи переважно виконуються амбулаторно. За потреби можуть бути організовані інтенсивні стаціонарні програми у спеціалізованих закладах із мультидисциплінарним підходом [48].

Створення комплексної програми фізичної реабілітації для пацієнтів при відновленні функцій кульшового суглоба потребує індивідуального підходу [49]. Основні принципи такої методики включають [50]:

1. Проведення реабілітаційних заходів під наглядом фізичного терапевта.
2. Систематизацію й планування вправ, спрямованих на відновлення опорно-рухового апарату.
3. Поєднання спеціальних вправ із загальнооздоровчими для підвищення загальної тренованості організму.
4. Визначення чітких лікувальних і реабілітаційних цілей із прогнозуванням результатів.
5. Врахування віку, фізичної підготовки і клінічних характеристик окремого пацієнта.
6. Оцінку загального стану здоров'я та особливостей перебігу реабілітації у пацієнта.
7. Реалізацію розробленої програми.
8. Корекцію програми за необхідності.

Такі індивідуально адаптовані підходи дозволяють досягти ефективних результатів у процесі відновлення пацієнтів [51].

Методологія програми фізичної реабілітації базується на інтеграції психолого-педагогічного, медичного та комплексного реабілітаційного підходів. Важливими її характеристиками є цілісність, індивідуалізованість та адаптивність до рентгенологічних і функціональних стадій захворювання, а також ступеня його тяжкості [52].

Основними завданнями фізичної реабілітації при травмі кульшового суглоба є такі [53]:

- поліпшення загального фізичного та емоційного стану пацієнта;
- релаксація м'язів та збільшення амплітуди рухів у суглобі;
- зниження маси тіла пацієнта за наявності надмірної ваги;
- стимуляція трофічних процесів у тканинах суглоба;
- укріплення м'язів, які забезпечують стабільність кульшового суглоба;
- покращення кровообігу та лімфотоку у зоні ураження;

- зменшення навантаження на кульшовий суглоб та полегшення больового синдрому.

Ефективність фізичної терапії залежить від розумного використання й раціонального поєднання різних форм рухової активності, які мають бути виконані в оптимальній послідовності у контексті застосування інших компонентів комплексної терапії [54].

Особливості перебігу захворювання, його тривалість, функціональні можливості організму пацієнта, рівень фізичної підготовки та вік впливають на визначення інтенсивності фізичних навантажень під час терапевтичних занять [55]. Загальне тренування охоплює витрати енергії організму, пов'язані з виконанням фізичних вправ. Аналіз зовнішніх проявів фізичної втоми, а також реакції серцево-судинної (зміни частоти пульсу, артеріального тиску) і дихальної систем (частота дихання) дозволяє оцінити відповідність фізичного навантаження функціональним можливостям пацієнта [56].

Дозування фізичного навантаження може здійснюватися завдяки:

- збільшенню амплітуди рухів, кількості повторів кожної вправи, ступеня силового напруження м'язів і складності комплексу терапевтичних заходів;
- чергуванню навантаження на різні м'язові групи, а також регулюванню темпу виконання вправ;
- залученню різних м'язових груп до виконання вправ, варіюванню кількості підходів і характеру рухів (пасивні чи активні);
- вибору початкового положення пацієнта та включенню дихальних вправ [57].

Під час виконання вправ рекомендовано застосовувати повільний або середній темп виконання (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Темпи виконання фізичних вправ [58]

М'язові групи	Темпи виконання (кількість рухів за хвилину)		
	Повільний	Середній	Швидкий
Великі	10	20	>20
Середні	12-14	до 24	>24
Дрібні	<24	60	>60

Завдання фізичної терапії на початкових етапах [59]:

- Зміцнення м'язової системи ураженої кінцівки, а також загальне підвищення сили та витривалості м'язів.
- Реабілітація функціональної спроможності кульшового суглоба, запобігання його патологічним деформаціям і досягнення стабільної компенсації.
- Забезпечення ремісії та профілактика загострень.
- Нарощування витривалості організму у відповідь на побутові та тренувальні навантаження.
- Оптимізація функціональної активності органів і систем організму, що передбачає підвищення фізичної працездатності.

Основні правила виконання терапевтичних вправ [60]:

- Негайне припинення виконання вправ у разі виникнення больових відчуттів.
- Регулярність занять як необхідна умова для досягнення відновлювального ефекту.
- Обережне нарощування інтенсивності та кількості повторів з урахуванням фізичного стану пацієнта.
- Виконання вправ у повільному темпі з поступовим підвищенням швидкості та інтенсивності.

- Проведення фізичних вправ у положенні лежачи або сидячи для уникнення додаткового навантаження на опорно-руховий апарат.

- Контроль показників артеріального тиску та частоти серцевих скорочень пацієнта до початку фізичних навантажень.

Критерії підбору комплексу терапевтичних вправ [61]:

- Виконання вправ із невеликим обтяженням, перебуваючи у положенні стоячи на здоровій нозі в напрямках відведення та розгинання.

- Впровадження динамічного тренувального режиму з метою підвищення витривалості м'язів, що оточують суглоби.

- Використання вільних динамічних рухів у всіх суглобах для покращення кровообігу в кінцівках.

Терапевтичні вправи для реабілітації кульшового суглоба не потребують спеціалізованих умов, що робить їх доступними для регулярного виконання в домашніх умовах протягом тривалого часу [62]. Розпочинати комплекс слід із здорової кінцівки, поступово збільшуючи навантаження шляхом обережного розширення амплітуди рухів з кожним заняттям. На початкових етапах кількість повторів повинна бути мінімальною. Після зменшення больового синдрому та покращення амплітуди рухів до програми варто додати вправи, що виконуються у положенні коліно-ліктьовому або сидячи на стільці [63]. Темп виконання вправ залежить від загального самопочуття пацієнта і може коливатися від повільного до середнього. Під час занять необхідно уникати посилення больових відчуттів, оскільки це може призвести до подальшого обмеження рухливості ураженого суглоба. У разі, якщо біль після вправ триває понад п'ять хвилин, рекомендовано зменшити амплітуду рухів та кількість повторів, особливо під час виконання вправ, що викликають дискомфорт [64]. Через місяць регулярних занять, зі зростанням амплітуди рухів та зміцненням м'язів ураженої кінцівки, можна поступово перейти до виконання вправ у положенні стоячи. Заняття мають бути систематичними, здійснюватися не менше двох-трьох разів на день і тривати достатньо довго [65].

Методика організації занять із пацієнтами повинна бути індивідуальною. Основи методичного структурування програми фізичної реабілітації включають такі компоненти [66]:

- формулювання критеріїв оцінки їх ефективності;
- обґрунтування регламентації застосування різних методів і засобів;
- вибір і визначення раціональної спрямованості засобів та методів.

Таблиця 3.2 - Загальна програма фізичної реабілітації

Руховий режим	Програми
Щадний руховий режим [67]	Дихальні вправи Кінезіотейпування (1 раз на тиждень) Перкусійний локальний масаж Лікувальна гімнастика Кінезіологічні вправи на декомпресійних тренажерах
Щадно-тренувальний руховий режим [68]	Заняття на нестабільних платформах та з еспандерами на стабілізацію Дихальні вправи Кінезіотейпування (1 раз на тиждень) Перкусійний локальний масаж Стретчинг та методи ППР Кінезіологічні вправи на декомпресійних та блочних тренажерах

Тренувальний руховий режим [69]	Вправи з обтяжувачами та іншим допоміжним інвентарем Заняття на нестабільних платформах та з еспандерами на стабілізацію Дихальні вправи Кінезіотейпування (1 раз на тиждень) Перкусійний локальний масаж Активний стретчинг, методи ППР Кінезіологічні вправи на декомпресійних та блочних тренажерах
---------------------------------	--

Під час розробки програми фізичної реабілітації було використано такі методичні принципи:

- Принцип циклічності. Визначає структуру та логіку побудови реабілітаційної програми. Його сутність полягає у періодичному повторенні окремих занять та їх послідовній побудові в серійних циклах [70].
- Принцип прогресування тренувальних дій. Передбачає поступове збільшення вимог до рухової активності відповідно до адаптації до засобів реабілітації. Це дозволяє забезпечити планомірне переведення пацієнта з одного якісного рівня на вищий [71].
- Принцип безперервності. Цілісність процесу забезпечується визначенням оптимального балансу між фізичними навантаженнями та відпочинком, що сприяє виконанню закономірностей інтеграційної взаємодії термінового і довготривалого ефектів фізичної реабілітації в кумулятивному процесі. При цьому важливо, щоб ефект кожного наступного заняття накладався на результати попереднього, закріплюючи та покращуючи їх [72].

Заняття рекомендується проводити кожного дня, через 1-2 години після прийому їжі. Комплекс вправ підбирався індивідуально з урахуванням щотижневого контрольного огляду, що дозволяло оцінювати прогрес і коригувати програму за необхідності [73].

Програма фізичної терапії базується на щадному руховому режимі. Основна мета цього етапу — зміцнити м'язи спини, верхніх і нижніх кінцівок, зменшити контрактури та больові відчуття у кульшовому суглобі. Для цього використовуються вправи, заняття з реабілітологом, масаж та кінезіотейпування [74].

Комплекс вправ виглядає наступним чином [75]:

1. Робота з великим сідничним м'язом. Виконується лежачи на спині: рівну ногу повільно опускають на підлогу.
2. Згинання ноги в положенні лежачи на спині. Основний акцент на двоголовий м'яз стегна.
3. Одночасне згинання рук у ліктьовому суглобі та ніг у колінному суглобі до себе. Ця вправа забезпечує м'яке розтягнення попереку і м'язів ніг.
4. Підтягування коліна до себе. Виконується до кута 90° в кульшовому та колінному суглобах. Особливу увагу слід приділяти роботі довгої головки квадрицепса та клубово-поперекового м'яза.

Під час виконання фізичних вправ необхідно стежити за тим, щоб не відбувалося компенсації іншими м'язовими групами, а також слід уникати надмірного навантаження або больових відчуттів під час кожного руху. Рекомендована кількість повторень вправ становить в середньому 15–20 разів у 2–3 підходи [76].

Пропонований комплекс лікувальної гімнастики передбачає виконання усіх вправ у положенні лежачи на спині [77]:

1. Вправа «велосипед» із імітацією рухів уперед та назад (виконати по 5 разів у кожному напрямку).
2. Почергове піднімання та опускання хворої і здорової нижньої кінцівки (по 5 разів для кожної).
3. Положення однієї руки на грудній клітці, іншої – на черевній стінці. Виконуються повільний вдих та видих з опором повітряному потоку (повторити 3–5 разів).

4. Піднімання рук угору під час вдиху і опускання на видиху. На подовженому видиху виконується втягування черевної стінки (повторити 3–5 разів).

5. Напруження м'язів спини із фіксацією впродовж 5–7 секунд, повторити 10 разів.

6. Напруження сідничних м'язів із фіксацією впродовж 5–7 секунд, повторити 10 разів.

7. Напруження м'язів черевного пресу із фіксацією впродовж 5–7 секунд, повторити 10 разів.

У разі потреби всі вправи можуть виконуватись під керівництвом реабілітолога.

Для посилення ефекту лікувальної гімнастики рекомендується застосування перкусійного локального масажу. Основним його завданням є розслаблення спазмованих м'язів, покращення кровопостачання та стимуляція лімфовідтоку [78].

Методика проведення перкусійного масажу: пацієнт перебуває у вихідному положенні лежачи на спині. Масажні рухи здійснюються у напрямку від стоп догори відповідно до анатомічних ліній м'язових волокон, уникаючи поперечних натискань. Усі маніпуляції повинні бути плавними, монотонними та виконуватися без надмірного тиску на поверхню тіла пацієнта. Кожен рух повторюється по 5–7 разів у напрямку вгору. При зміні напрямку руху масажист лише трохи підіймається над шкірою пацієнта, а повторні рухи виконуються швидше [79].

Якщо під час масажу виявляються тригерні точки, їм приділяється додаткова увага. У такому разі інтенсивність і швидкість рухів регулюються індивідуально залежно від реакції пацієнта.

Кінезіотейпування. Процедура виконується один раз на тиждень і триває в середньому 5 днів. Після цього місце тейпування працює самостійно протягом двох днів, а потім процедура повторюється. У загальній тривалості слід проводити такі цикли від 1 до 3-4 місяців залежно від стану пацієнта.

У нашому випадку тейпи накладали на ділянки грушоподібного м'яза та клубово-крижового зчленування. Ці дві техніки проклейки демонструють високу ефективність у фізичній терапії після ендопротезування кульшового суглоба.

Дихальні вправи. Для профілактики ускладнень з боку легень пацієнту рекомендується виконувати вправи з дихальним тренажером. Під час цих вправ тренажер має розташовуватись вертикально на рівні обличчя. Практичні рекомендації:

1. Перед початком зробити звичайний видих, після чого розмістити мундштук у роті і щільно притиснути губами.
2. Для невеликого об'єму вдиху слід вдихати лише до підняття першої кульки, утримуючи її в такому стані якомога довше. При цьому друга і третя кульки повинні залишатися нерухомими.
3. Для більшого об'єму вдиху потрібно підняти першу і другу кульки в камерах. Максимального об'єму вдиху досягають шляхом підняття всіх трьох кульок у процесі глибокого вдиху.
4. Після завершення вдиху слід вийняти трубку з рота і виконати спокійний видих. Зробіть коротку паузу і дихайте у звичному режимі.
5. Повторювати вправу слід відповідно до рекомендацій фізичного терапевта.

Програма фізичної терапії у щадно-тренувальному руховому режимі:

На цьому етапі реабілітації основними завданнями є:

1. Збільшення амплітуди рухів у суглобі до максимального значення.
2. Повне відновлення рухових функцій кінцівки.
3. Балансування сили м'язів хворої та здорової кінцівки.
4. Підготовка організму до більшого фізичного навантаження в завершальному етапі реабілітації.

Кінезіологічні вправи на декомпресійних та блочних тренажерах. На сучасному етапі реабілітації до комплексу фізичних вправ включаються рухи для тренування м'язів, таких як приводячі та відвідні м'язи стегна, квадрицепс,

м'язи черевного преса й стопи. Варіативність виконання цих вправ залежить від загального самопочуття та фізичного стану пацієнта. Для моніторингу прогресу кожні два тижні проводяться додаткові обстеження, спрямовані на тестування сили м'язів і внесення коректив до режиму навантажень.

Заняття на нестабільних платформах та робота з еспандерами для стабілізації. Цей етап реабілітації має особливе значення, оскільки спрямований на покращення рівноваги та здатності пацієнта утримувати тіло у просторі. Основними методами стають виконання вправ на спеціальних дерев'яних дощечках, нестабільній платформі BOSU та з гумовими еспандерами.

Спершу стабілізаційні вправи виконуються на ураженій кінцівці протягом 1–2 хвилин, після чого переходять до здорової ноги. За наявності прогресу їх виконують із заплющеними очима під контролем реабілітолога. Загальні програми вправ, спрямовані на зменшення ризику падінь, включають розвиток відчуття рівноваги та застосування функціональних рухів. У свою чергу, програми, які безпосередньо впливають на ймовірність падіння, охоплюють декілька категорій фізичних активностей.

Робота з еспандерами може включати вправи для стопи із закріпленням одного кінця еспандера за стабільну поверхню, присідання з еластичними стрічками, зафіксованими на рівні колін або гомілковостопних суглобів. У всіх методах навантаження та тривалість вправ коригуються відповідно до стану пацієнта і результатів періодичних обстежень.

Багатокомпонентний підхід до фізичних вправ. Фізичні навантаження можуть бути частиною комплексного втручання, яке поєднується з іншими заходами профілактики падінь і травм. Серед додаткових втручань можуть бути запропоновані модифікація небезпечних домашніх умов і прийом вітаміну D [80].

Програма фізичної терапії в умовах тренувального рухового режиму. Основною метою цього етапу є підвищення сили цільових м'язових груп, відновлення функціональної спроможності пацієнта та повернення його до

стану повної самостійності. У рамках усіх вищезазначених методик прогресивно збільшуються навантаження і складність тренувань.

До тренувань додаються заняття на тренажері, який передбачає фізичні вправи з використанням ваги власного тіла та допомагає розвивати навички підтримання рівноваги у складніших умовах. Також включаються вправи з додатковими обтяжувачами та спортивним інвентарем — залежно від індивідуальних потреб пацієнта.

Узагальнено, повний курс реабілітації триває від трьох до шести місяців, поступово збільшуючи інтенсивність і різноманітність фізичних навантажень.

3.2 Ефективність комплексної програми реабілітації пацієнтів із застосуванням роботизованих тренажерів, віртуальної реальності та інших інноваційних технологій

Для оцінки ефективності комплексної програми реабілітації пацієнтів із застосуванням роботизованих тренажерів, віртуальної реальності та інших інноваційних технологій застосовувалися такі методи діагности функціонального стану кульшового суглоба:

- Гоніометрія.
- Рейтинг сприйнятого навантаження за Боргом.
- Тест «Встань та йди».

Перед початком дослідження було зафіксовано вихідні показники, проведено аналіз анамнезу та даних обстеження пацієнтів, які перенесли ендопротезування кульшового суглоба. Тестування здійснювалося на першому, п'ятому та дванадцятому тижнях, проте частина тестів на початковому етапі мала статус «неможливо виконати».

Для визначення інтенсивності фізичних навантажень застосовувався індивідуальний підхід до кожного пацієнта, зважаючи на їхній функціональний стан. Інтенсивність фізичних вправ встановлювалася на основі тесту Борга, який проводився одразу після шестихвилинного тесту ходьби. На другому та третьому етапах фізичної терапії інтенсивність

навантажень коригували відповідно до цих показників. На першому етапі для всіх пацієнтів було застосовано щадний режим із постійним моніторингом стану та поступовою прогресією.

Для оцінки витривалості використовували шестихвилинний тест ходьби й тест «встань та йди». На першому тижні тестування було неможливим через функціональні обмеження після операції та протипоказання згідно з протоколом. У рамках другого етапу, коли пацієнти почали частково або повністю навантажувати уражену кінцівку, середня дальність становила 50 метрів, що суттєво нижче за норму. Лише на третьому етапі спостерігалось суттєве покращення результатів порівняно з попередніми етапами, але показники залишалися на 20% нижчими від норми (норма становить 600 м. для чоловіків, і 500 м. для жінок). Це свідчить про необхідність продовження терапії для цієї групи пацієнтів поза межами зазначеного у протоколі часового проміжку.

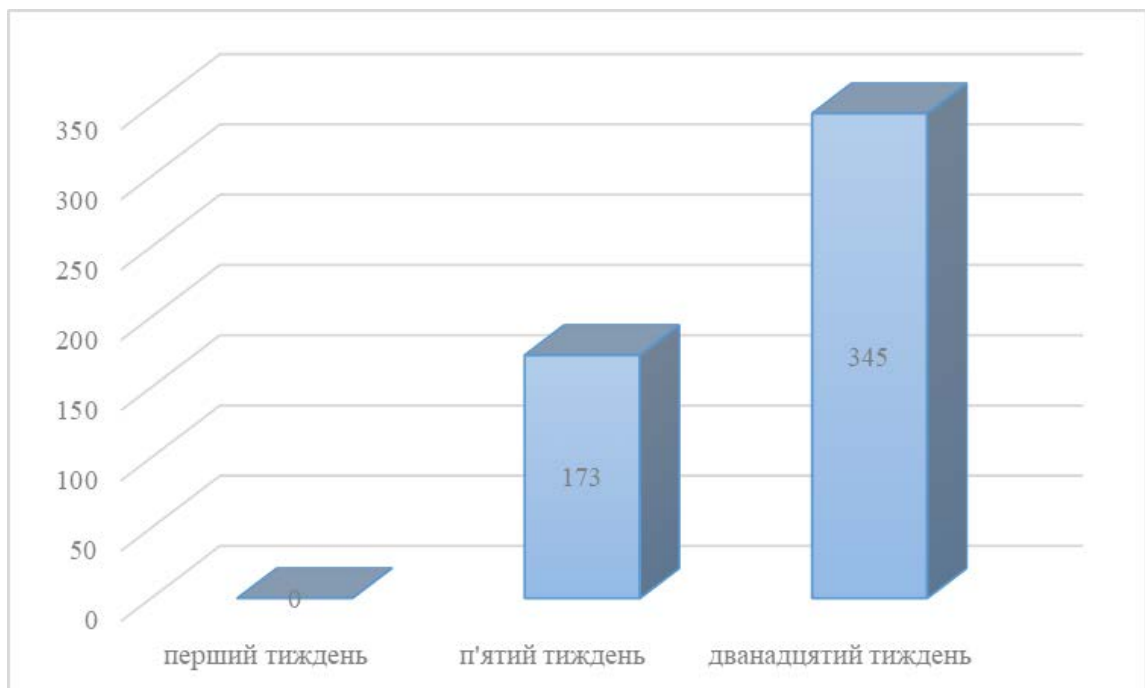


Рисунок 3.1 – Тест шестихвилинної ходьби у пацієнтів, що проходили реабілітацію за звичайною програмою фізичної реабілітації

Як видно з рис.3.1 у пацієнтів, які проходили реабілітацію за звичайною програмою фізичної реабілітації показники тесту 6-хвилинної ходьби

збільшилися приблизно вдвічі у період з п'ятого тижня по дванадцятий. Даний прогрес свідчить про доцільність і раціональність застосування програми фізичної реабілітації описаної в пункті 3.1.

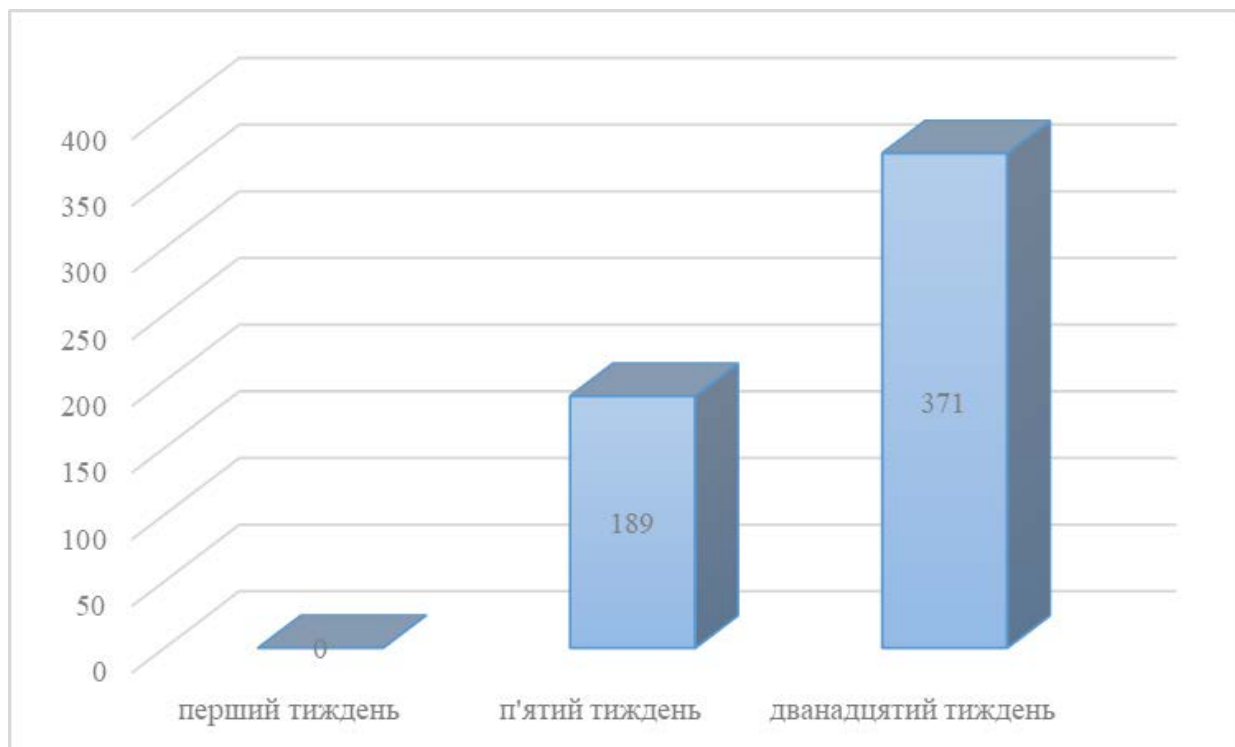


Рисунок 3.2 – Тест шестихвилинної ходьби у пацієнтів, що проходили реабілітацію із застосуванням віртуальної реальності

На рис.3.2 зазначена динаміка показників тесту 6-хвилинно ходьби у пацієнтів, що проходили програму фізичної реабілітації із використанням віртуальних технологій. Як і в минулому випадку, у цієї групи пацієнтів відмічається збільшення показників тесту майже вдвічі. При цьому загальний результат на дванадцятому тижні реабілітації становить 371 метр, що на 26 метрів більший, а ніж у пацієнтів, які проходили реабілітацію за звичайною програмою.

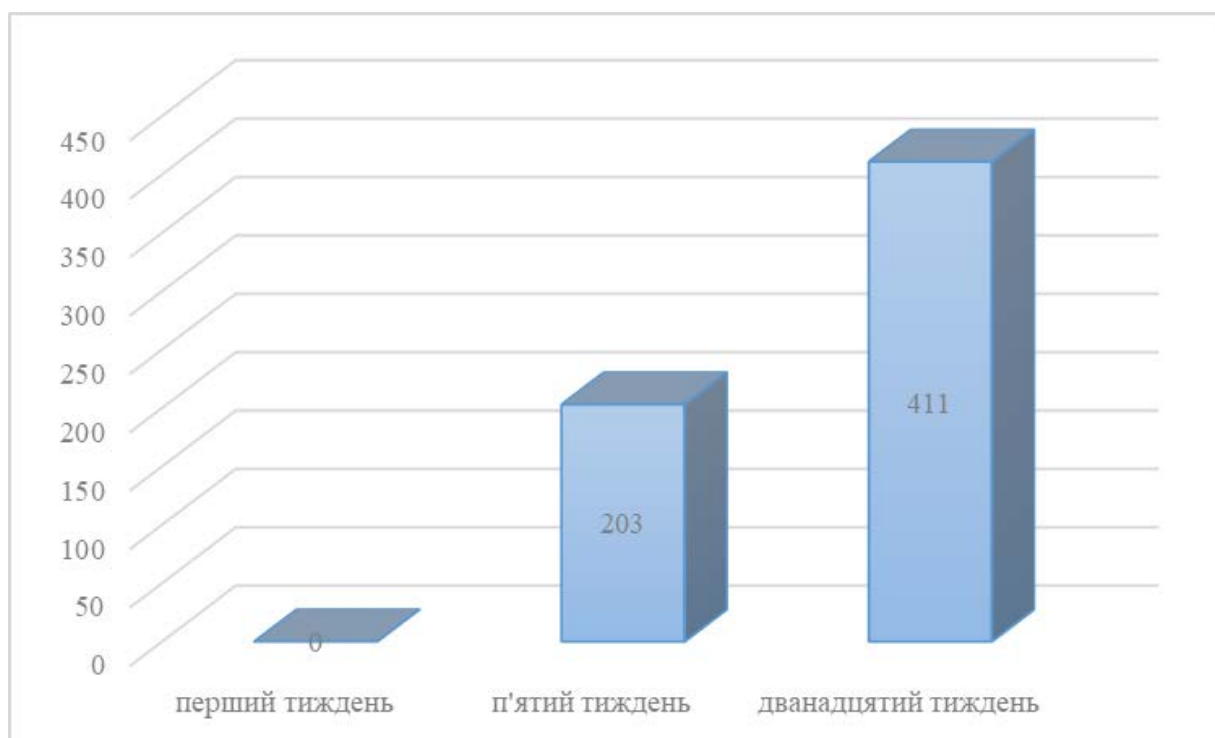


Рисунок 3.3 – Тест шестихвилинної ходьби у пацієнтів, що проходили реабілітацію із застосуванням роботизованих тренажерів

На рис.3.3 зазначені показники тесту 6-хвилинної ходьби у пацієнтів, що проходили реабілітацію на роботизованому тренажері. З рисунку видно, що показники на дванадцятому тижні збільшились більш ніж вдвічі відносно п'ятого тижня. Варто відмітити й те, що середній показник в цієї групи пацієнтів суттєво більший, а ніж в інших пацієнтів (на 66 метрів більше ніж в пацієнтів, що проходили звичайну реабілітацію, і на 40 метрів більше ніж в тих, які до процесу реабілітації залучали віртуальну реальність).

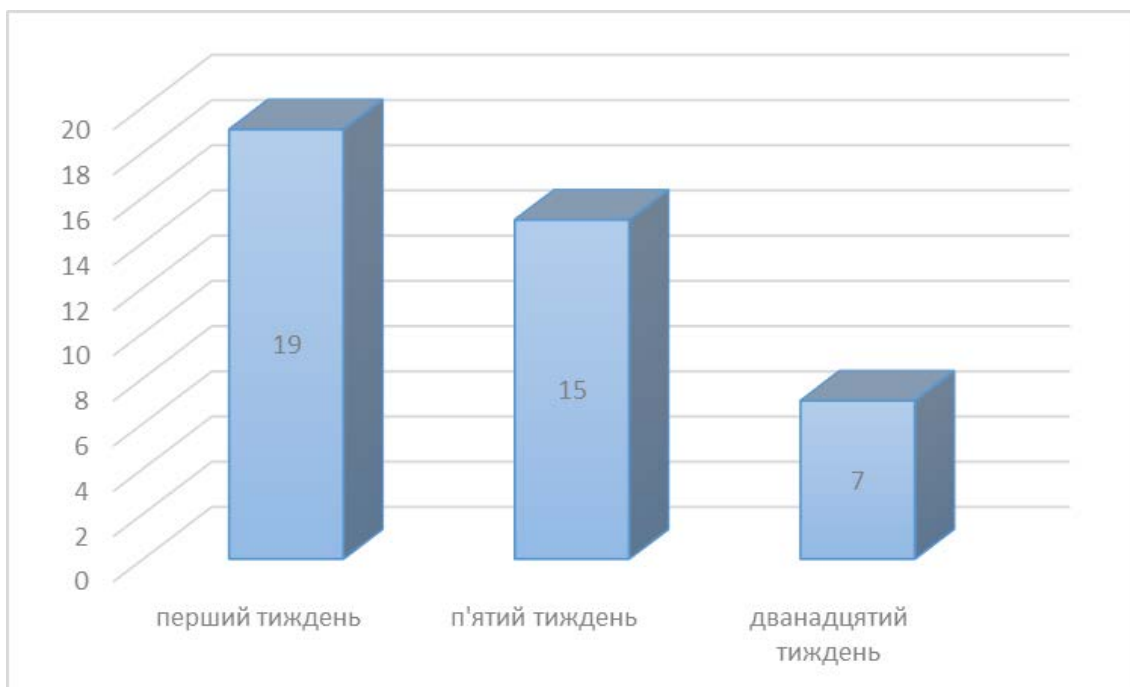


Рисунок 3.4 – Результати дослідження по шкалі Борга у групі пацієнтів, що проходили реабілітацію за звичайною програмою фізичної реабілітації

Після виконання 6-хвилинного тесту пацієнтам пропонувалося заповнити модифіковану шкалу Борга, де вони оцінювали інтенсивність фізичного навантаження (з урахуванням частоти пульсу та задишки) під час ходьби. На першому етапі тестування проводилося в умовах щадного режиму, без осьового навантаження на оперовану кінцівку. Результати вправ були оцінені в 19 балів, що вказувало на низьку переносимість фізичних навантажень.

На другому етапі середній показник становив 15 балів, що свідчило про готовність пацієнтів перейти до помірного режиму навантаження. До третього етапу результати суттєво покращилися: кінцева оцінка сягнула 7 балів, що свідчило про значний прогрес.

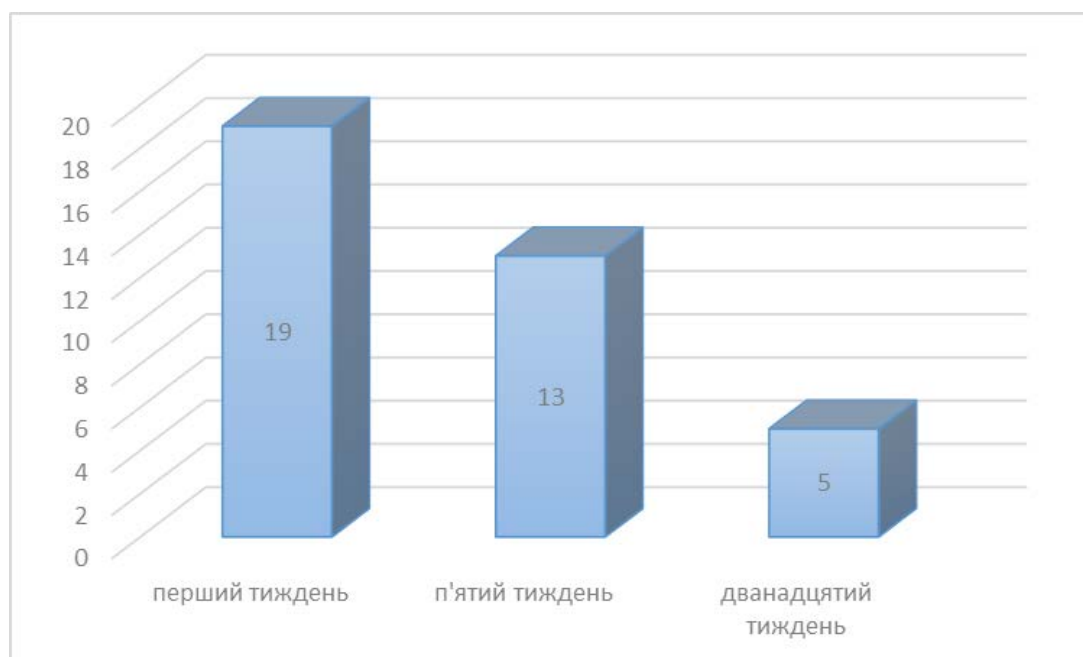


Рисунок 3.5 – Результати дослідження по шкалі Борга у групі пацієнтів, що проходили реабілітацію із застосуванням віртуальної реальності

На рис.3.5 зазначена динаміка показників по шкалі Борга. Так на першому етапі тестування проводилося в умовах щадного режиму, без осьового навантаження на оперовану кінцівку. Результати вправ були оцінені в 19 балів, й це свідчить про низьку переносимість фізичних навантажень.

На п'ятому тижні реабілітації середній показник становив 13 балів, що свідчило про готовність пацієнтів перейти до помірного режиму навантаження. На дванадцятому тижні результати суттєво покращилися: кінцева оцінка сягнула 5 балів, що свідчило про значний прогрес.

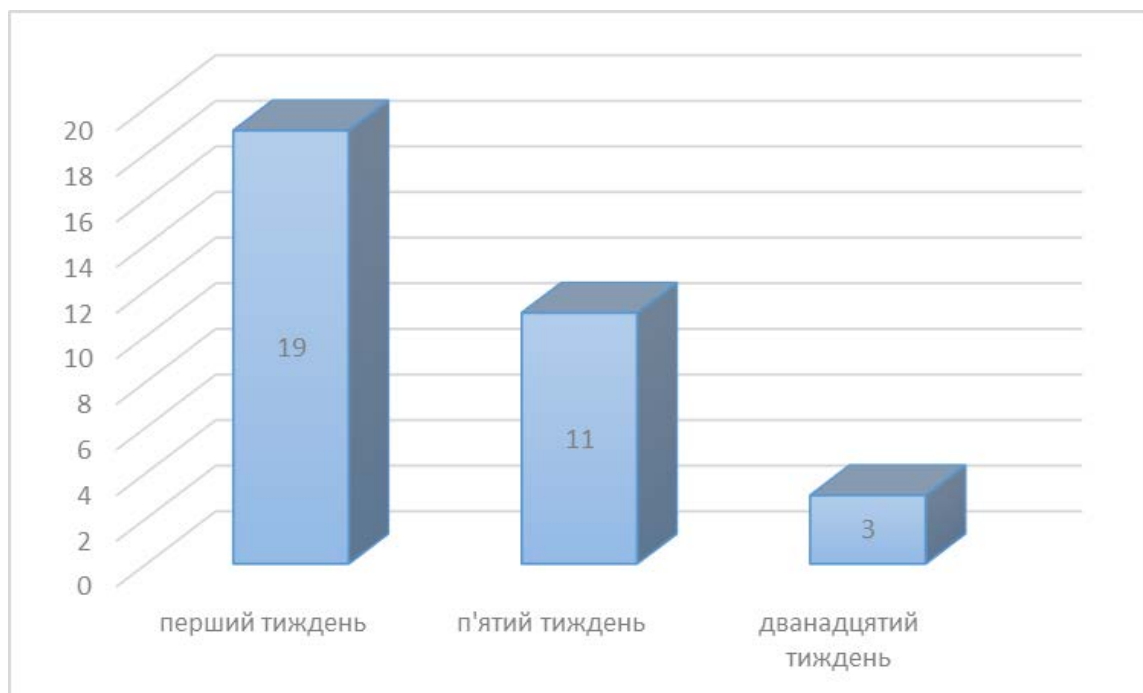


Рисунок 3.6 – Результати дослідження по шкалі Борга у групі пацієнтів, що проходили реабілітацію із застосуванням роботизованих тренажерів

На рис.3.6 зазначена динаміка показників по шкалі Борга у групі пацієнтів, які проходили реабілітацію на роботизованих тренажерах. З рисунку видно, що на першому тижні результати вправ були оцінені в 19 балів, й це свідчить про низьку переносимість фізичних навантажень.

На п'ятому тижні реабілітації середній показник становив 11 балів, що свідчило про готовність пацієнтів перейти до помірного режиму навантаження. На дванадцятому тижні результати суттєво покращилися: кінцева оцінка сягнула 3 балів, що свідчило про значний прогрес.

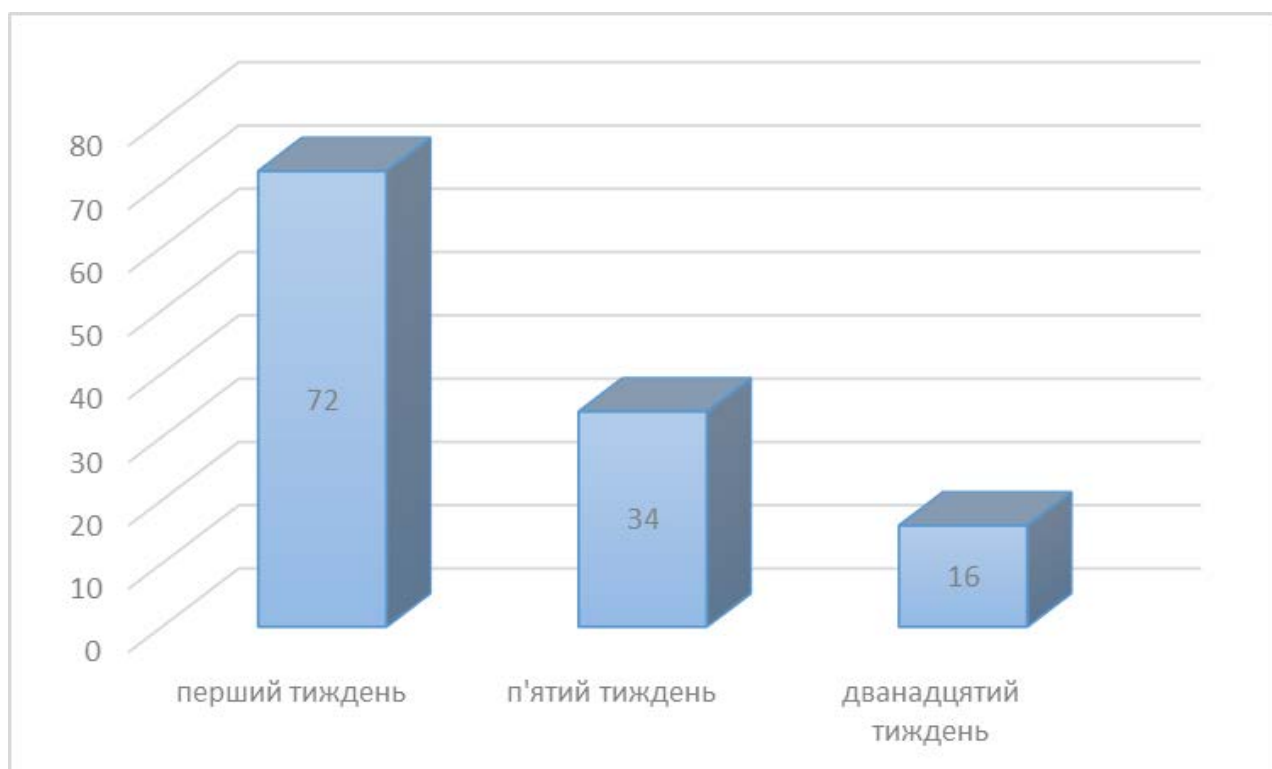


Рисунок 3.7 – Результати дослідження по тесту «Встань та йди» у групі пацієнтів, що проходили фізичну реабілітацію за звичайною програмою

Для оцінки ризику падіння використовувався тест «Встань та йди», результати якого зазначені на рис.3.7. На першому тижні реабілітації показник цього тесту становив 72 секунди, на п'ятому тижні - склав 34 секунди, а на дванадцятому – 16 секунд, що у 2 рази краще за результат на п'ятому тижні.



Рисунок 3.8 – Результати дослідження по тесту «Встань та йди» у групі пацієнтів, що проходили фізичну реабілітацію із застосуванням віртуальної реальності

На рис.3.8 зазначені результати дослідження для групи пацієнтів, що проходили фізичну реабілітацію із застосуванням віртуальної реальності. На першому тижні реабілітації показник тесту в цих пацієнтів становив 70 секунд, на п'ятому тижні - склав 31 секунду, а на дванадцятому – 13 секунд, що у 2,5 рази краще за результат на п'ятому тижні.

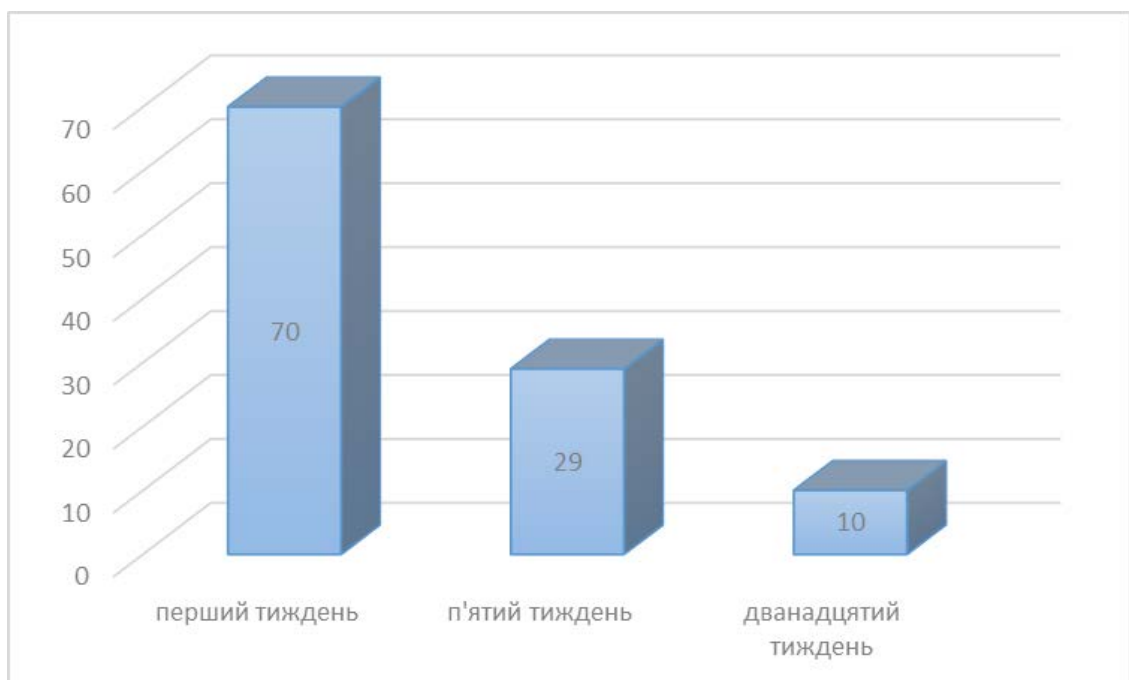


Рисунок 3.9 – Результати дослідження по тесту «Встань та йди» у групі пацієнтів, що проходили фізичну реабілітацію із застосуванням роботизованих тренажерів

На рис.3.9 зазначені результати дослідження для групи пацієнтів, що проходили фізичну реабілітацію із застосуванням роботизованих тренажерів. На першому тижні реабілітації показник тесту в цих пацієнтів становив 70 секунд, на п'ятому тижні - склав 29 секунду, а на дванадцятому – 10 секунд, що майже в 3 рази краще за результат на п'ятому тижні.

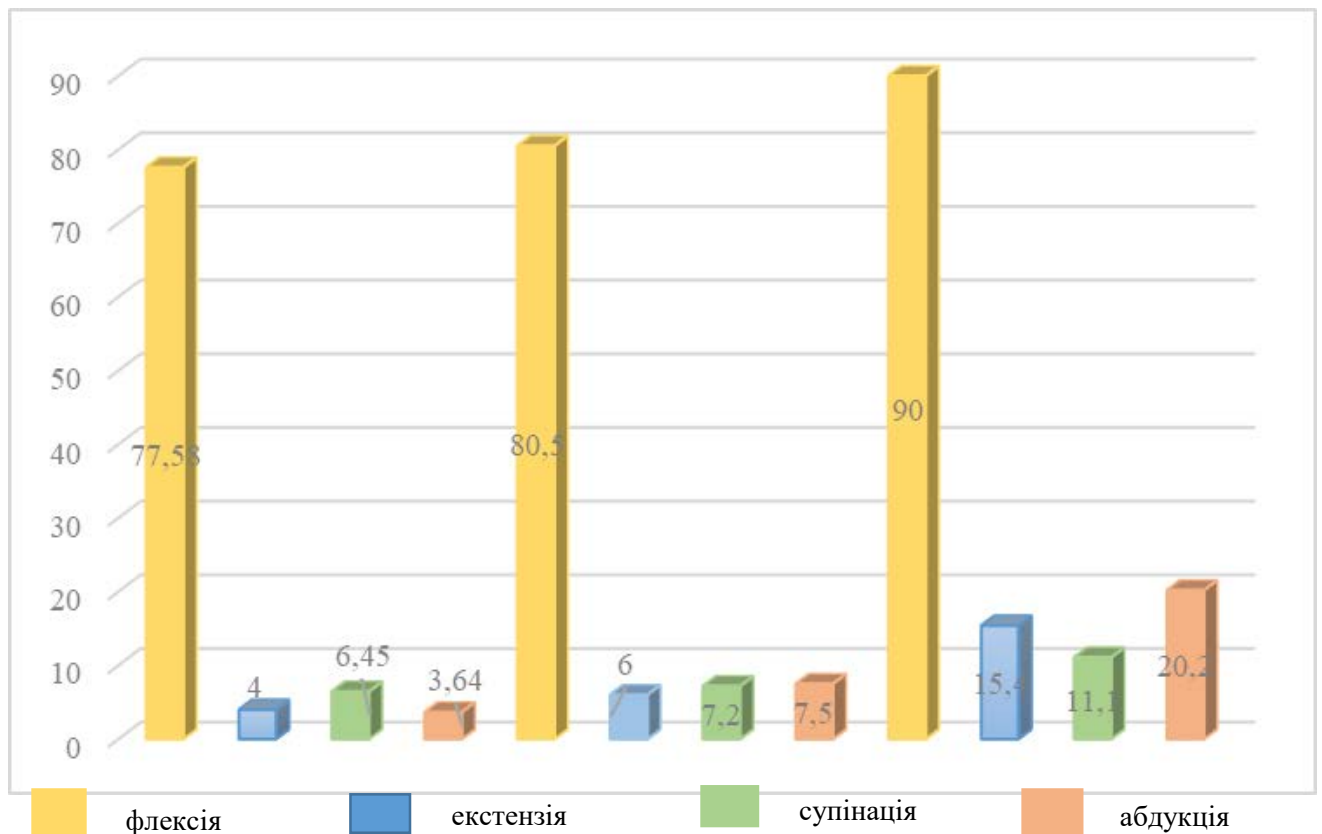


Рисунок 3.10 – Показники гоніометрії у групі пацієнтів, що проходили реабілітацію за звичайною програмою

Для визначення активного діапазону рухів у кульшовому суглобі було застосовано метод гоніометрії. Вимірювання проводилися в активному діапазоні рухів із дотриманням рекомендацій щодо заміни кульшового суглоба. Основною метою розвитку активного діапазону рухів було досягнення допустимих меж руху після хірургічного втручання. Зокрема, максимальний кут флексії для цих пацієнтів становив 90° .

Під час первинного обстеження згинання складало $77,58^\circ$, на другому етапі показник зріс до $80,5^\circ$, а в кінцевому тестуванні результати досягли 90° , що відповідало максимально дозволеному діапазону руху. Окрім цього, суттєве покращення спостерігалось в русі екстензії. На початку терапії цей показник становив лише 4° , на п'ятому тижні зріс до 6° , а на дванадцятому тижні під час завершального тестування розгинання досягло $15,4^\circ$, що є поліпшенням на 385% порівняно з початковим значенням.

Супінація при первинному тестуванні складала $6,45^{\circ}$, через п'ять тижнів – $7,2^{\circ}$, а під час кінцевого тестування – $11,1^{\circ}$, що являє собою поліпшення на 172%. Вимірювався також показник абдукції: на першому етапі він складав $3,64^{\circ}$, на другому – $7,5^{\circ}$, а в кінцевій стадії – $20,2^{\circ}$, що демонструє покращення на 555% порівняно з початковими результатами.

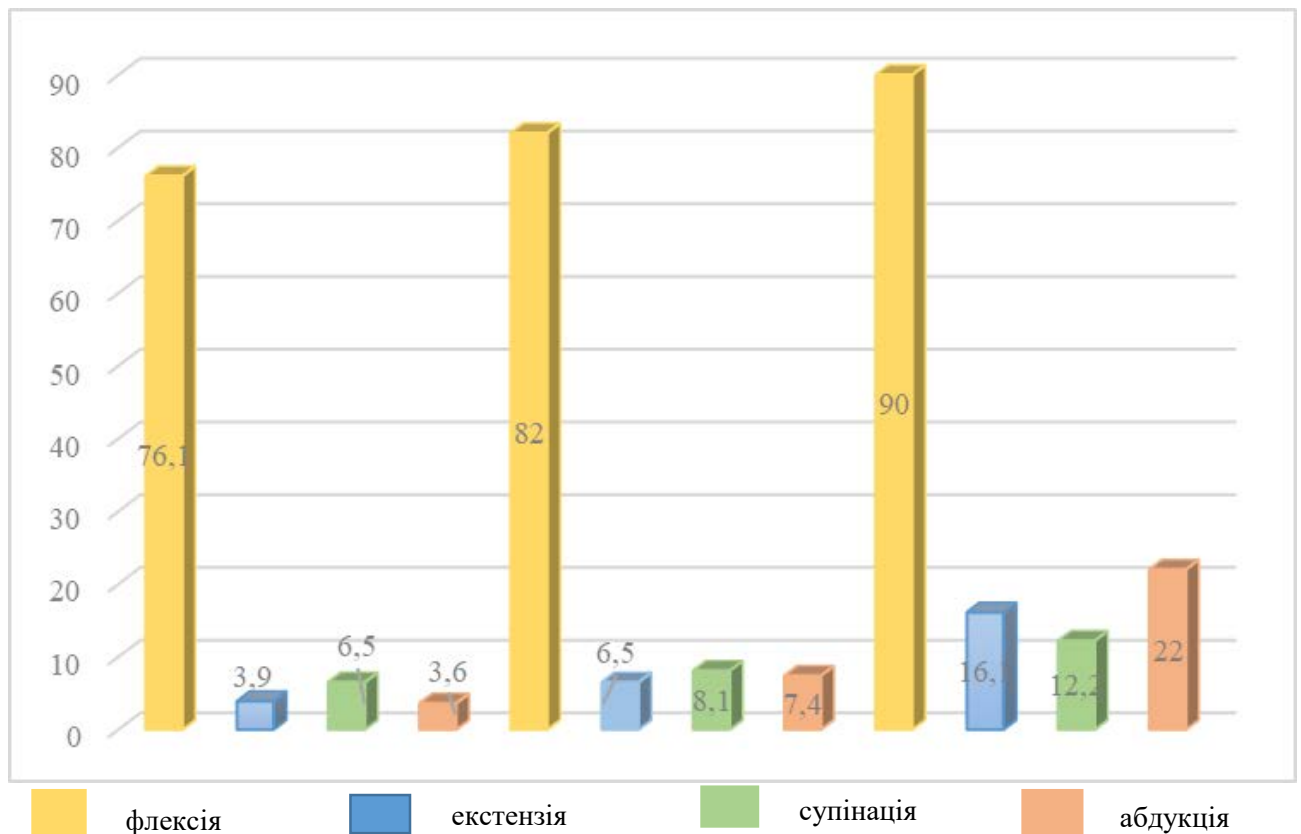


Рисунок 3.11 – Показники гоніометрії у групі пацієнтів, що проходили реабілітацію із застосуванням віртуальної реальності

Із рис.3.11 видно, що всі показники гоніометрії впродовж проведення фізичної реабілітації із застосуванням віртуальної реальності суттєво покращувалися. Також слід зазначити, що рівень всіх показників більший, а ніж після проведення фізичної реабілітації за традиційною програмою.

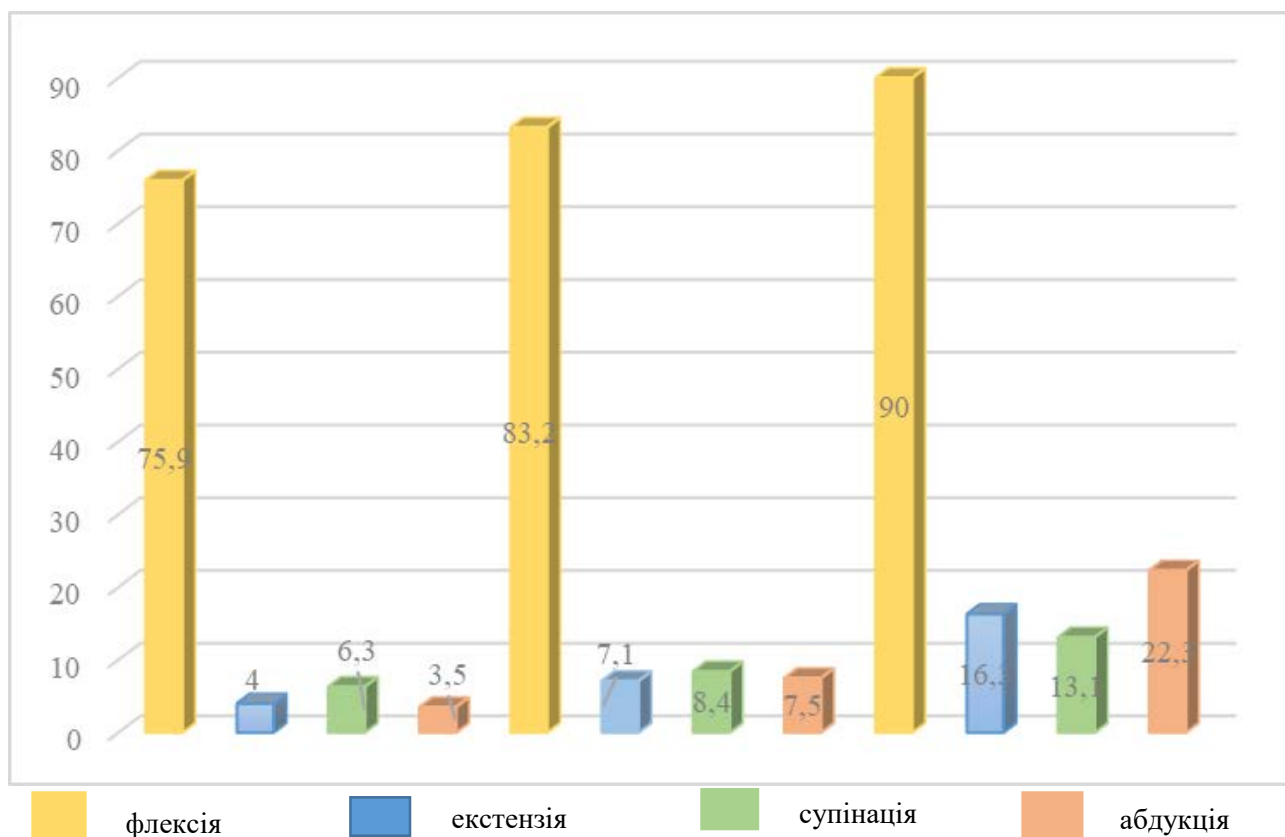


Рисунок 3.12 – Показники гоніометрії у групі пацієнтів, що проходили реабілітацію із застосуванням роботизованих тренажерів

З рис.3.12 видно, що показники гоніометрії суттєво збільшувалися починаючи з першого тижня проведення фізичної реабілітації на роботизованих тренажерах. Також варто відмітити те, що показники в групі, яка проходила реабілітацію із залученням роботизованих тренажерів більші, а ніж в інших двох групах.

Таким чином, після проведення дослідження можна стверджувати, що залучення роботизованих тренажерів до процесу реабілітації суттєво пришвидшує процес одужання пацієнтів, зменшує показники больових відчуттів та сприяє швидкому відновленню функціональних можливостей ураженої кінцівки.

ВИСНОВКИ

1. Роботизовані тренажери забезпечують високий рівень точності, повторюваності та адаптивності в традиційній фізіотерапії і значні покращення в реабілітації, а також забезпечують сенсорний і моторний зворотний зв'язок. Вони дозволяють проводити персоналізовані й контрольовані терапевтичні вправи, адаптовані до прогресу та потреб кожного пацієнта, що сприяє більш ефективному індивідуальному одужанню.
2. Віртуальна реальність представляє собою вдосконалену форму інтерфейсу «людина-комп'ютер», де оператори входять і взаємодіють із надзвичайно природним середовищем, яке створюється комп'ютером. Такі взаємодії в основному досягаються через доставку оптичної ілюзії, яка надає візуальну інформацію. Поряд з іншими сферами охорони здоров'я, фізична реабілітація зазнає змін завдяки новітнім технологіям.
3. Незважаючи на суттєвий прогрес у розвитку методів лікування й діагностики травм кульшового суглоба, рівень первинної інвалідності серед пацієнтів, які перенесли такі ушкодження залишається досить високим. Лікування переломів кісток тазу перетворилось в актуальну медичну проблему, яка далека від свого остаточного вирішення. Покращення результатів лікування є актуальною соціальною проблемою, успішне вирішення якої дозволить повернути до трудової діяльності велику кількість людей.
4. Створення комплексної програми фізичної реабілітації для пацієнтів при відновленні функцій кульшового суглоба потребує індивідуального підходу. Такі індивідуально адаптовані підходи дозволяють досягти ефективних результатів у процесі відновлення пацієнтів.
5. Після проведення дослідження можна стверджувати, що залучення роботизованих тренажерів до процесу реабілітації суттєво пришвидшує процес одужання пацієнтів, зменшує показники больових відчуттів та сприяє швидкому відновленню функціональних можливостей ураженої кінцівки. Й

хоча залучення технології віртуальної реальності також покращує процес реабілітації пацієнтів, все ж найбільш ефективним є використання роботизованих тренажерів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Попадюха Ю. А. Реабілітаційні тренажери у фізичній реабілітації після артроскопічної реконструкції ротаторної манжети плеча спортсменів / Ю. А. Попадюха, Адель М. А. Марайта // Стан та перспективи технічного забезпечення спортивної діяльності: зб. матеріалів III Міжнар. наук.-техн. конф., Мінськ, 13–14 лютого 2014 року. – С. 62–66.
2. Левенець В. М. Спортивна травматологія : навч. посіб. / В. М. Левенець, Я. В. Лінько. – К. : Олімп. л-ра, 2008. – 215 с.
3. Попадюха Ю. А. Сучасні комп'ютеризовані комплекси та системи у технологіях фізичної реабілітації : навч. посіб. / Ю. А. Попадюха. – Київ : Центр учб. літ., 2017. – 300 с.
4. Попадюха Ю. А. Технічні засоби для відновлення рухових функцій верхніх кінцівок людини / Ю. А. Попадюха, Н. І. Пеценко // Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. – Серія 5 : Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Вип. 14. – 2009. – С. 165–168.
5. Звіряка О.М. Застосування механотерапевтичного пристрою при пост-імобілізаційних контрактурах гомілковостопного суглоба. Медична реабілітація, курортологія, фізіотерапія: [додаток до журналу] : матеріали III Нац. конгр. фізіотерапевтів та курортологів «Медична реабілітація – сучасна система відновлення здоров'я». – К., 2006. – № 3. – С. 241-242.
6. Попадюха Ю. А. Особливості використання сучасних і перспективних реабілітаційних технологій та засобів для відновлення опорно-рухового апарату спортсмена. Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. – Серія 15 : Науково-педагогічні проблеми фізичної культури / фізична культура і спорт : зб. наук. праць. – Київ : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2011. – Вип. 11. – С. 203–207.
7. Глиняна О.О. Особливості використання СРМ-тренажерів для відновлення пацієнтів після оперативного лікування переломів вертлюгової западини / О.О. Глиняна // Молодий вчений. – 2018. – № 1. – С. 14-17.

8. Попадюха Ю.А. Сучасні роботизовані комплекси, системи та пристрої у реабілітаційних технологіях: Навч. посіб. / Ю.А.Попадюха. - К.: Центр учбової літератури, 2017. 324 с.
9. Radder B., Prange G., Kottink A., Rietman J. (2019). Home rehabilitation supported by a wearable soft-robotic device for improving hand function in older adults: A pilot randomized controlled trial. *Appl. Sci.*, 9, p. 3751. doi:10.3390/app9183751
10. Lum P.S., Brokaw E.B., Godfrey S.B., Holley R.J. (2012). Robotic Approaches for Rehabilitation of Hand Function After Stroke // *American journal of physical medicine & rehabilitation*, p. 242-254.
11. Dos Santos Mendes F.A., Pompeu J.E., Modenesi Lobo A., Guedes da Silva K., Oliveira T de P., Peterson Zomignani A., Pimentel Piemonte M.E. Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease—Effect of motor and cognitive demands of games: A longitudinal, controlled clinical study. *Physiotherapy*. 2012. № 98. P. 217–223.
12. Thomas J.S., France C.R., Applegate M.E., Leitch S.T., Walkowski S. Feasibility and Safety of a Virtual Reality Dodgeball Intervention for Chronic Low Back Pain: A Randomized Clinical Trial. *J. Pain*. 2016. № 17. P. 1302–1317.
13. Kantha P., Lin J.J., Hsu W.L. The Effects of Interactive Virtual Reality in Patients with Chronic Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Games Health J.* 2023. № 12. P. 1–12.
14. Комплексна фізична реабілітація після тотального ендопротезування кульшового суглобу / О.О. Глиняна // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. Науково-теоретичний журнал. – 2009. – №1. – С. 31-35.
15. Глиняна О.О. Алгоритм реабілітації після первинного ендопротезування кульшового суглобу / О.О. Глиняна, Ю.А. Попадюха // Пед. псих. та мед. – біол. проблеми фіз. вих. і спорту. — Х., 2011. — Вип. 8 — С. 30—33.

16. Порада А.М. Основи фізичної реабілітації : навч. посіб. / А.М. Порада, О.В. Солодовник, Н.Є. Прокопчук. – К. : Медицина, 2006. – 248 с.
17. Анкін Н.Л. Травматологія. Європейські стандарти діагностики та лікування / Н.Л. Анкін, Л.М. Анкін // - К.: Книга плюс, 2012. - 464 с.
18. Заморський Т.В. Відновлення після ендопротезування кульшового суглоба / Т.В. Заморський —К.:, 2011. — 90 с.
19. Анкін Л.М. Практика остеосинтезу та ендопротезування / Л.М. Анкін, Н.Л. Анкін // — К. : Поліграфкомбінат «Україні», 1994. — 302 с.
20. Gossec L. OARSI/OMERACT Initiative to Define States of Severity and Indication for Joint Replacement in Hip and Knee Osteoarthritis / L. Gossec, S. Paternotte, C. O. Bingham III // J Rheumatol August. – 2011. – № 38. – P. 1765–1769.
21. Hunter D. J. Quality of osteoarthritis management and the need for reform in the US / D. J. Hunter, T. Neogi, M. C. Hochberg // Arthritis Care & Research. – 2011. – № 63. – P. 31–38.
22. Глиняна О.О. Основні принципи фізичної реабілітації після хірургічного лікування переломів опорно-рухового апарату / О.О. Глиняна. Фіз. вих., спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві. –Л., 2018. – Вип.27, С. 115–119.
23. Лоскутов А. Е., Олейник А. Е., Головаха Л. М. Алгоритм вироблення показань та протипоказань до ендопротезування тазостегнового суглоба. Вісник ортопедії, травматології та протезування. 2004. № 3. С. 8-12.
24. Левенець В. М, Харитонов О. Д. Ендопротезування великих суглобів. Український медичний часопис. — 1998. — № 11(12). — С. 44—48.
25. Гребенюк О.М. Деонтологія в реабілітації пацієнтів ортопедо-травмаологічного профілю / А. М. Гребенюк, Д. А. Івашутін // Травма., 2008. - Т. 9, № 2. - С. 175-179.
26. Лоскутов А.Є. Двостороннє ендопротезування кульшових суглобів / А. Є. Лоскутов, Д. А. Синьогубов. – Дніпропетровськ: «Пороги», 2008. — 292 с.

27. Глиняна О.О. Фізична реабілітація хворих в передопераційному періоді при тотальному ендопротезуванні кульшового суглоба / О.О. Глиняна // Спортивний вісник Придніпров'я. — Д., 2009. Вип. 2/3. — С. 198—201.
28. Підгаєцький В.М. Тотальне безцементне ендопротезування кульшового суглоба: дис. кандидата медичних наук: 14.01.21. / Підгаєцький В.М. — К., 2011. — 191 с.
29. Глиняна О.О. Особливості фізичної реабілітації людей літнього віку, хворих на коксоартроз, після тотального ендопротезування кульшового суглобу / О.О. Глиняна // Педагогічні науки: реалії та перспективи: науковий часопис Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. — К., 2011. — Вип 14. — С. 26—30.
30. Dias R. C. Impact of an exercise and walking protocol on quality of life for elderly people with OA of the knee / R. C. Dias, J. M. Domingues Dias, L. R. Ramos // *Physiotherapy Research International* – 2003. – № 8. – P. 121–130.
31. Chakoor N. The relationship of vibratory perception to dynamic joint loading, radiographic severity, and pain in knee osteoarthritis / N. Chakoor, K. J. Lee, L F. Fogg // *Arthritis & Rheumatism*. – 2012. – № 64. – P. 181–186
32. Chemel M. Concise report: Interleukin 34 expression is associated with synovitis severity in rheumatoid arthritis patients / M. Chemel, B. Le Goff, R. Brion // *Ann Rheum Dis*. – 2012. – № 71. – P. 150–154.
33. Сучасні методи механотерапії у медичній реабілітації: наук.-метод. посібник/ред. І.З.Самосюка. - К.: Наук. світ, 2009. - 184 с.
34. A. Aytaç, N. Ozunlu, O. Surenkok, G. Baltacı, P. Oztop Initial effects of kinesio taping in patients with patellofemoral pain syndrome: a randomized, double-blind study *Isokinetics and Exercise Science* 2011; 19(2) : 135–142 clinical trial.
35. Суботін Ф. А. Застосування кінезіотейпування в медичній практиці / Ф. А. Суботін – Одеса, 2014. – 40 с.

36. Гайко Г.В. Стан ендопротезування суглобів в Україні та перспективи його розвитку. Тотальне і ревізійне ендопротезування великих суглобів: Мат. наук.-практ. конф. з міжнар. участю. Київ-Львів, 2003. С. 3-7.
37. Нуждин В., Попова Т. Ендопротезування кульшового суглоба. Лікар. 1994. № 3. С. 18-20.
38. W. W. Downie, P.A. Leatham, V.M. Rhind et al. Studies with rating scales // Ann. Rheum Dis. – 1978. – Vol. 37. – P. 378–381.
39. Нуждин В., Попова Т., Кудинов О. Тотальне ендопротезування кульшового суглоба (за матеріалами ЦІТО). Вісн. травматології та ортопедії ім. Н.М. Пирогова. 1999. № 1. С. 4-7.
40. Невіров В.А. Ендопротезування тазостегнового суглоба та реабілітація хворих. Керівництво для пацієнтів, 2018. 32 с.
41. Невіров В.А. Підходи до об'єктивізації індивідуального навантаження у хворих після тотального ендопротезування кульшового суглоба. Вісник хірургії. 2017. С. 54 - 59.
42. Калмикова Ю. С. Методи дослідження у фізичній реабілітації: дослідження фізичного розвитку. Харків : ХДАФК. 2014. С. 67-82.
43. Лоскутов А. Е. Оцінка функції кульшового суглоба після двостороннього ендопротезування. Ортопедія, травматологія та протезування. 2004. № 3. С. 68-72.
44. Дуло О.А., Бондарчук Н.Я., Товт В.А. Оцінка функціональної недостатності суглобів у реабілітації. Фізіотерапія, бальнеологія, реабілітація: науково-практичний журнал. 2015. С. 32– 34.
45. Новік А.А., Матвеев С.А., Іонова Т.І. Оцінка якості життя хворого в медицині. Клінічна Медицина. 2000. Т. 78, № 2. С. 10-13.
46. Цурко В.В. Суглобовий синдром у літніх: патофізіологія болю та клініко-вікові аспекти терапії. Consiliummedicum. 2019. С. 11-19.
47. Неведомська Є.О. Анатомія людини і спортивна морфологія: навч. посіб. для практичних і самостійних робіт для студ. вищ. навч. закл. К.: Київськ. ун-т імені Бориса Грінченка. 2018. 77 с.

48. Шищук В.Д., Щербак Б.І., Шищук А.В. Теорія і практика реабілітації хворих з ураженнями м'яких тканин і суглобів нижньої кінцівки на етапі консервативного лікування: навчальний посібник. Суми: ТОВ «ВПП «Фабрика друку», 2014. 96 с.
49. Свістельник І. Лікувальна фізична культура при травмах і захворюваннях опорно-рухового апарату: анот. бібліогр. покажч. трьома мовами. 2015. 31 с.
50. Таламбум Е.А. Основи лікувальної фізкультури у травматології та ортопедії. Медична допомога. 2015. С. 18-22.
51. Неведомська Є.О., Писарев О.О. Фізична реабілітація при артрозі тазостегнового суглоба. Науковий журнал «Молодий вчений». 2018. С. 477-481.
52. Поліщук В.Г., Неведомська Є.О. Сучасні методи реабілітації при ураженнях кульшового суглоба. Здоров'я, фізичне виховання і спорт: перспективи та кращі практики: Електронний збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 15 травня 2018 р., м. Київ: Київ. ун-т імені Бориса Грінченка, 2018. С. 134-137.
53. Матюшенко Д.О., Хаймик Н.В., Мозоль А.О., Ковтун А.В. Патології суглобів з точки зору реабілітаційної медицини: проблеми та перспективи. «Молодий вчений». 2017. С. 208-211.
54. Неведомська Є.О. Нормальна анатомія людини: навч. посіб. для практичних і самостійних робіт для студ. вищ. навч. закл. К.: Київськ. ун-т імені Бориса Грінченка. 2018. 66 с.
55. Horak Z, Kubovy P, Stupka M, Horakova J. Biomechanical factors influencing the beginning and development of osteoarthritis in the hip joint. Wien Med Wochenschr. 2011 Oct;161(19-20):486-92. doi: 10.1007/s10354-011-0906-6. Epub 2011 Jul 29.
56. Hurley M, Dickson K, Hallett R, Grant R, Hauari H, Walsh N, Stansfield C, Oliver S. Exercise interventions and patient beliefs for people with hip,

knee or hip and knee osteoarthritis: a mixed methods review. Cochrane Database Syst Rev. 2018 Apr 17;4(4):CD010842. doi: 10.1002/14651858.CD010842.pub2.

57. Мороз Р.С. Ендопротезування суглобів. Як це відбувається. 2021. С. 7-9.

58. Павлова Т.М., Якімова А.В. Особливості ранньої реабілітації після ендопротезування кульшового суглоба.

59. Глиняна О.О., Копчинська Ю.В., Худецький І.Ю. Фізична реабілітація при ендопротезуванні органів та суглобів.

60. Державний експертний центр міністерства охорони здоров'я України/ Артеріальна гіпертензія. Клінічна настанова.

61. Гуцалюк І.В., Корчинський В.С. Фізична реабілітація осіб після протезування кульшових суглобів. 2023. 17 с.

62. Грицай М.П., Колов Г.Б. Інфекційні ускладнення після ендопротезування суглобів. 2017. С. 10-12.

63. Мансиров А.Б., Литовченко В.О., Без'язична О.В. Вплив реабілітаційних заходів на якість життя пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба. Фізична реабілітація та рекреаційно-оздоровчі технології. 2018. № 1. С. 11-17.

64. Бабова І. К., Торчинський В. П., Біла І. І., Майко В. М. Алгоритм реабілітації хворих, що потребують ендопротезування кульшового суглоба. Вісник ортопедії, травматології та протезування. 2019. № 2. С. 33-35.

65. Бойко І.В., Дорогань С.Д., Бойко О.М., Ліфаренко Є.Л. Ефективність медичної, соціальної та професійної реабілітації інвалідів, хворих на коксартроз. Вісник ортопедії, травматології та ендопротезування. 2020. № 1. С. 81-84.

66. Добра П.П., Бабова І.К., Блага О.С. Лікувальна фізична культура та гідрокінезотерапія у комплексній реабілітації хворих після ендопротезування кульшового суглобу. Методичні рекомендації. Ужгород: Ужгородський національний університет. 2009. 22 с.

67. Латенко С.Б., Кравченко І.В. Особливості використання методу кінезіотейпування у хворих на коксартроз. Матеріали Міжнародної науковопрактичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: Зб. наук. праць. Переяслав-Хмельницький, 2018. С. 498-502.

68. Масленников О.С., Холовахина М.Л., Дорошенко Е.Ю. Особливості фізичної терапії пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба зі зміцненням капсульно-зв'язкових структур. Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. 2020. Т. 13. № 1(32). С. 160-163.

69. Фіщенко О.В., Браніцький О.Ю., Карпінська О.Д., Карпінський М.Ю. Реабілітація хворих після ендопротезування кульшового суглоба. Збірник наукових праць за матеріалами науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології». Харків, 2018. С. 149-151.

70. Гайко Г.В., Рой І.В., Баяндина Є.І., Бабова І.К. Поетапна реабілітація хворих після тотального ендопротезування кульшового суглоба. Doctor. 2005. № 3. С. 47-48.

71. Герасименко С. І., Громадський В. Н. Реабілітація хворих на ревматоїдний артрит після тотального ендопротезування тазостегнового суглоба. медична реабілітація, курортологія, фізіотерапія. 1999. № 4. С. 57-58.

72. Рой В. І., Бабова К. І., Драч О. Л. Біомеханічні показники ходи у хворих після ендопротезування кульшового суглоба. Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports. 2011. № 10. С. 66-67.

73. Полулях М.В., Герасименко А.С., Рой І.В., Марценюк І.М. Реабілітація хворих на анкілозивний спондиліт після ендопротезування кульшового суглоба. Травма. 2008. Том 9, № 3. С. 352-353.

74. Мятига О.М. Фізична реабілітація в травматології та ортопедії : Матеріали для читання лекцій. Харків, 2013. Ч. 1. 222 с.

75. Рокошевська В., Слодиницький В., Пазичук О. Фізична реабілітація осіб після ендопротезування кульшового суглоба. проблеми

активізації рекреаційно-оздоровчої діяльності населення: Матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. Львів, 2018. С. 211-213.

76. Бабова І.К. Санаторно-курортна реабілітація хворих після ендопротезування кульшового суглоба. Дис. д-ра мед. наук «Науково-дослідний інститут фізичних методів лікування і медичної кліматології імені І. М. Сеченова». 2011. С. 209-215.

77. Асилова С.У., Рузибаєв Д.Р. Медико-соціальна експертиза та реабілітація хворих та інвалідів після ендопротезування тазостегнового суглоба. Геній ортопедії. 2017. № 2. С. 36-39.

78. Яводчак М.О., Бакалюк Т.Г., Стельмах Г.О. Реабілітаційні підходи після ендопротезування кульшових суглобів. Медсестринство. 2020. № 4. С. 41-42.

79. Жирнов В. А., Мальцев С. І., Шевченко С. Б. Реабілітація хворих після ендопротезування кульшового суглоба. Посібник з ендопротезування кульшового суглоба. К., 2018. С. 314-317.

80. Сидорова Г. В., Гаркуша Л. Г., Алексеєва Н. В., Габриелян С. Е. Оцінка реабілітаційного потенціалу пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба. Acta Biomedica Scientifica. 2005. № 6. С. 218-219.