

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

(повне найменування вищого навчального закладу)

факультет фізичного виховання і спорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

кафедра медико-біологічних основ спорту та  
фізкультурно-спортивної реабілітації

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри медико-біологічних  
основ спорту та фізкультурно-спортивної  
реабілітації

С.В. Гетманцев

“ ” 2025 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття ступеня вищої освіти

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему:

**КОМПЛЕКСНА ФІЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНА  
РЕАБІЛІТАЦІЯ ОСІБ З ТРАВМАМИ КОЛІННОГО  
СУГЛОБА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПЛАВАННЯ ТА  
СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Керівник: доцент кафедри медико-біологічних основ  
спорту та фізкультурно-спортивної  
реабілітації  
Тіхоміров Анатолій Іванович  
(вчене звання, науковий ступінь, П.І.Б.)

Рецензент: завідувач кафедри медико-біологічних  
основ спорту та фізкультурно-спортивної  
реабілітації к.біол. н., доцент  
Гетманцев Сергій Васильович  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, П.І.Б.)

Виконав: студент VI курсу групи 687 М  
Олейник Анастасія Олегівна  
(П.І.Б.)

Спеціальності: 017 Фізична культура і спорт  
(шифр і назва спеціальності)

ОПП: Фізкультурно-спортивна реабілітація

Миколаїв – 2025 рік

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

( повне найменування вищого навчального закладу )

Інститут, факультет, відділення

Кафедра, циклова комісія

факультет фізичного виховання і спорту

кафедра медико-біологічних основ спорту та фізкультурно-спортивної реабілітації

Рівень вищої освіти

другий (магістерський)

Спеціальність

017 Фізична культура і спорт

ОПП

Фізкультурно-спортивна реабілітація

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри медико-біологічних основ спорту та фізкультурно-спортивної реабілітації

С.В. Гетманцев

“ ” 2025 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**Олейник Анастасії Олегівни**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи): Комплексна фізкультурно-спортивна реабілітація осіб з травмами колінного суглоба із застосуванням плавання та сучасних технологій

керівник роботи: Тіхоміров Анатолій Іванович, доцент кафедри медико-біологічних основ спорту та фізкультурно-спортивної реабілітації

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 24 » червня 2025 року № 170.

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) «14 листопада 2025 року

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: вступ, основна частина, висновок, список використаних джерел та літератури, додатки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) згідно з планом кваліфікаційної роботи магістра.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) не планується.

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Тіхоміров А. І.		
Розділ 1	Тіхоміров А. І.		
Розділ 2	Тіхоміров А. І.		
Розділ 3	Тіхоміров А. І.		
Висновки	Тіхоміров А. І.		

7. Дата видачі завдання 2.09.2025

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1.	Вступ до кваліфікаційної роботи	вересень 2025	
2.	Розділ 1. Аналітичний огляд літератури	вересень 2025	
3.	Розділ 2. Методи і засоби фізкультурно-спортивної реабілітації та організація досліджень	вересень 2025	
4.	Розділ 3. Дослідження ефективності комплексної фізкультурно-спортивної реабілітації	жовтень 2025	
5.	Висновки	жовтень 2025	
6.	Переддипломна практика	22.09 – 10.10. 2025	
7.	Оформлення списку використаних джерел та літератури, додатків	жовтень 2025	
8.	Попередній захист	24.11.2025	
9.	Рецензія на дипломну роботу	28.11.2025	
10.	Захист дипломної роботи	8.12 2025	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Олейник А. О.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Тіхоміров А. І.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Олейник А. О. Магістерська робота «Комплексна фізкультурно-спортивна реабілітація осіб з травмами колінного суглоба із застосуванням плавання та сучасних технологій» // Кваліфікаційна робота магістра / спеціальність 017 «Фізична культура і спорт». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2025. – 74 с.**

У роботі розглядається проблема травм колінного суглоба, оскільки вони є одними з найпоширеніших ортопедичних травм і, таким чином, значно погіршують рухову функцію та якість життя. У роботі поділяється думка, що стандартні методи терапії фізичними вправами мають обмежені можливості, і тому пропонується плавання як безпечний та ефективний метод відновлення, оскільки гідродинаміка дозволяє точно контролювати навантаження, а також має багато переваг, пов'язаних з водними властивостями. У магістерській наголошується на важливості впровадження сучасних технологій – біологічного зворотного зв'язку, відеоспостереження та сенсорного моніторингу – для встановлення індивідуалізованих маршрутів реабілітації відповідно до біомеханічних характеристик травми та функціонального стану пацієнта.

У межах роботи запропоновано комплексну програму фізкультурно-спортивної реабілітації з використанням плавання та технологічних засобів контролю рухової активності, обґрунтовано її структуру, етапність і практичну значущість.

*Ключові слова: травми колінного суглоба, реабілітація, плавання, біофідбек, відеотрекінг, гідрокінезотерапія, функціональне відновлення.*

## ABSTRACT

**Oleinyk A. O. Master's thesis «Comprehensive physical education and sports rehabilitation of persons with knee joint injuries using swimming and modern technologies» // Master's thesis / specialty 017 'Physical Education and Sports'. – Petro Mohyla Black Sea National University, 2025. – 74 p.**

The thesis examines the problem of knee joint injuries, as they are one of the most common orthopaedic injuries and thus significantly impair motor function and quality of life. The thesis shares the opinion that standard methods of physical exercise therapy have limited capabilities, and therefore proposes swimming as a safe and effective method of recovery, since hydrodynamics allows for precise control of the load and also has many advantages associated with the properties of water. The master's thesis emphasises the importance of introducing modern technologies – biological feedback, video surveillance and sensory monitoring – to establish individualised rehabilitation routes in accordance with the biomechanical characteristics of the injury and the functional state of the patient.

The thesis proposes a comprehensive programme of physical and sports rehabilitation using swimming and technological means of monitoring motor activity, and justifies its structure, stages and practical significance.

*Keywords: knee joint injuries, rehabilitation, swimming, biofeedback, video tracking, hydrokinesotherapy, functional recovery.*

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>11</b>
1.1. Біомеханіка та нейрофізіологія колінного суглоба: наслідки травм і функціональні обмеження.....	11
1.2. Теоретичні засади відновлення рухової активності колінного суглоба в системі фізкультурно-спортивної реабілітації.....	18
Висновки до першого розділу.....	25
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ФІЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>28</b>
2.1. Методи дослідження.....	27
2.1.1 Аналіз та узагальнення даних науково-методичної літератури з обраної проблеми .....	27
2.1.2 Соціологічні методи (вивчення історії травми, опитування) .....	28
2.1.3 Педагогічні методи (спостереження, експеримент, тестування) .....	28
2.1.4 Функціональні (оцінка больового синдрому за ВАШ, VAS, «Опитувальник болю Освестрі» дослідження рухливості хребта гоніометрією, соматоскопія, антропометрія).....	29
2.1.5 Методи математичної статистики .....	31
2.2. Засоби фізкультурно-спортивної реабілітації.....	32
2.2.1 Комплекс вправ у воді (гідротренування) .....	32
2.2.2 Фізичні вправи на суші (корегуюча гімнастика) .....	33
2.2.3 Osteопатичні методики .....	34
2.3 Організація дослідження .....	35
Висновки до другого розділу .....	38
<b>РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНОЇ ФІЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ.....</b>	<b>39</b>
3.1. Порівняльний аналіз результатів фізкультурно-спортивної реабілітації за допомогою плавання та сучасних технологій.....	39

3.2. Оцінка якості життя клієнтів після фізкультурно-спортивної реабілітації	45
3.3. Вивчення впливу комплексної фізкультурно-спортивної реабілітації на динаміку відновлення після травм колінного суглоба	51
3.4. Обговорення результатів програми ФСР	58
Висновки до третього розділу	66
<b>ВИСНОВКИ</b>	67
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	70

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Травми колінного суглоба посідають одне з провідних місць серед ортопедичних порушень, що суттєво обмежують рухову активність, знижують якість життя й ускладнюють повернення до повноцінної фізичної діяльності. Найбільш уразливими до таких травм залишаються особи молодого та середнього віку, включно з професійними спортсменами й особами з активною руховою поведінкою. У традиційних схемах відновлення після травм колінного суглоба акцент, як правило, зосереджений на сухопутних засобах ЛФК, тоді як застосування плавання часто розглядається лише як додатковий метод.

Утім, специфічні властивості водного середовища - розвантаження суглобів, дозований гідротиск, рівномірний опір - створюють унікальні умови для м'язового включення без ризику повторного травмування. У поєднанні з сучасними технологіями біофідбеку, відеотрекінгу та сенсорного моніторингу плавання перетворюється на високоточну відновлювальну платформу, яка дозволяє в реальному часі регулювати навантаження та динамічно адаптувати програму. Особливої значущості набуває системна побудова індивідуалізованих реабілітаційних маршрутів із врахуванням біомеханіки пошкодження, типу операційного втручання, наявних функціональних обмежень і рівня підготовленості пацієнта.

Водночас існує гостра потреба в методично впорядкованих підходах до поєднання традиційних і сучасних інструментів у межах одного відновного циклу. Проблема ускладнюється розмитими межами між відновленням, адаптацією і поверненням до рухової активності, що потребує чіткої структурної побудови реабілітаційного алгоритму. Таким чином, інтеграція плавання та новітніх цифрових засобів у систему фізкультурно-спортивної реабілітації при травмах коліна розглядається як перспективний напрям, що поєднує безпеку, ефективність і можливість точного контролю реабілітаційного навантаження в динаміці.

Проблематика реабілітації при ураженнях колінного суглоба знаходить обґрунтування у працях, присвячених клінічній ортопедії, спортивній фізіології та методам рухової корекції. Білевич Д.А. описує специфіку імобілізаційних контрактур і труднощі з відновленням функції коліна в післяопераційному періоді. Чеміріс А.Й. акцентує увагу на пошкодженнях зв'язкового апарата та формуванні нестабільності внаслідок травм. Романов К.П. запропонував багатофакторну модель оцінки динаміки відновлення, де визначальними є показники рухливості, м'язової сили й функціональної витривалості. У дослідженнях Мухіна В.М. детально розкрито механізми спортивної реабілітації та етапність фізичного втручання при артропатіях.

Глиняна О.О. аналізує важливість передопераційної підготовки й вказує на роль нейром'язової стабілізації ще до хірургічного втручання. Підручники з травматології та ортопедії під ред. Скляренка Є.Т. надають базову клініко-функціональну характеристику уражень, необхідну для побудови індивідуальних програм. Окрему увагу приділено інтернаціональним напрацюванням: World Confederation for Physical Therapy формулює нормативи професійної діяльності фізичних терапевтів, у тому числі щодо технологічної підтримки реабілітаційного процесу. В контексті технологічного супроводу застосовуються дані про біофідбек, трекінг рухів, візуальний контроль і моделі адаптивного навантаження. Таким чином, об'єднання методичних позицій різних дисциплін дозволяє сформувати комплексну програму реабілітації, де поєднані традиційні фізичні вправи, водні технології й цифрові інструменти контролю стану.

**Мета дослідження** – розробити й обґрунтувати програму комплексної фізкультурно-спортивної реабілітації осіб з травмами колінного суглоба із використанням плавання та сучасних технологій.

**Завдання дослідження:**

- охарактеризувати біомеханіку та нейрофізіологічні наслідки травм колінного суглоба;

- проаналізувати теоретичні засади відновлення рухової активності в системі фізкультурно-спортивної реабілітації;
- визначити методи дослідження та описати організацію експериментальної роботи;
- дослідити ефективність застосування плавання як базового засобу фізкультурно-спортивної реабілітації після травм колінного суглоба;
- проаналізувати можливості використання сучасних технологій у поєднанні з плаванням у відновлювальному процесі;
- розкрити специфіку застосування цифрових систем біофідбеку, відеоаналізу техніки плавання та трекінгу навантажень у відновленні;
- обґрунтувати ефективність комплексної індивідуалізованої програми фізкультурно-спортивної реабілітації на основі плавання та технологічних засобів.

**Об'єктом дослідження** є процес фізкультурно-спортивної реабілітації осіб з травмами колінного суглоба.

**Предметом дослідження** є комплексна програма, що поєднує плавання та сучасні технології в структурі втручання.

**Методи дослідження.** У роботі застосовано методологічно виважений комплекс аналітичних і структурно-логічних процедур, спрямованих на вивчення сучасних тенденцій у фізкультурно-спортивній реабілітації травм колінного суглоба. Проведено поглиблений системний аналіз спеціальної літератури з ортопедії, нейрофізіології, кінезіотерапії та біомеханіки. Особливу увагу приділено методам теоретичного моделювання - на основі виявлених структурно-функціональних залежностей побудовано архітектуру реабілітаційної програми. До аналізу залучено вітчизняні й міжнародні стандарти реабілітаційної практики, цифрові методики біомеханічного моніторингу, рекомендації WCPT та сучасні настанови щодо гідрокінезотерапії.

**Новизна роботи** полягає у зміщенні акценту реабілітаційного процесу після травм колінного суглоба в бік застосування плавання як базового засобу відновлення. Дослідженням вперше змодельовано варіант початкового

включення водних занять до раннього етапу, із паралельним застосуванням засобів цифрового моніторингу рухів і навантажень. Запропоновано технологічне поєднання плавальних вправ з біофідбеком у реальному часі, за допомогою водостійких сенсорів, що реєструють м'язову активність і кутові прискорення. Сформульовано підхід до вибору реабілітаційної траєкторії залежно від типу пошкодження, хірургічного втручання і стану нейром'язового контролю. У межах розробки обґрунтовано функціональне розмежування між гідрокінезотерапією, коригувальним плаванням і техніками спортивної спрямованості, з уточненням їхнього призначення відповідно до клінічного стану.

**Практичне значення роботи** полягає у можливості використання матеріалів дослідження для побудови ефективного відновного процесу після травм колінного суглоба. Основні положення роботи можуть бути впроваджені в діяльність центрів фізичної реабілітації, водних оздоровчих комплексів та профільних відділень лікарень. Зібрані у межах дослідження методичні підходи дозволяють комбінувати плавальні вправи з сучасними інструментами цифрового моніторингу, відеоконтролю та сенсорного зворотного зв'язку. Це відкриває перспективу для точного дозування навантажень, оцінки функціонального стану й побудови індивідуальних маршрутів відновлення. Запропоновані рішення є адаптивними й можуть застосовуватися як у роботі з професійними спортсменами, так і в реабілітації осіб без спеціальної фізичної підготовки. Окремі елементи підходу можуть бути інтегровані у навчальні програми з фізичної терапії, підвищуючи прикладну орієнтацію фахової підготовки.

**Апробація результатів дослідження.** З теми магістерської роботи було опубліковано дві наукові статті:

**Структура роботи.** Робота складається з трьох розділів, висновків і списку використаних джерел.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Біомеханіка та нейрофізіологія колінного суглоба: наслідки травм і функціональні обмеження

У межах цілісної біомеханічної системи колінний суглоб є багатофункціональним механізмом, у якому взаємодія кісткових структур, м'язових груп, зв'язкового апарату й нейрофізіологічних контролюючих механізмів забезпечує високоточну адаптацію до навантажень. Його морфофункціональна складність уможливорює реалізацію як плавних циклічних рухів, так і раптових вибухових імпульсів, пов'язаних з вертикальними стрибками, стартами, зупинками та ротаційними маневрами. При цьому векторна співвіднесеність між згинанням, розгинанням і внутрішньою- або зовнішньою-ротацією слугує основою для підтримання динамічної стабільності.

Згинання у фізіологічному діапазоні  $0-135^\circ$  забезпечує зниження навантаження на передню хрестоподібну зв'язку, а в поєднанні з ротацією стабілізує положення плато великогомілкової кістки відносно виростків стегнової. Ключовою є також координація між суглобовими та позасуглобовими стабілізаторами, зокрема між латеральними м'язами стегна, медіальними обмежувачами й капсульно-зв'язковим апаратом. Під час вибухових рухів, таких як відрив від поверхні чи потужне гальмування, максимальне розгинання викликає швидке переміщення центру маси тіла, вимагаючи від суглоба високої реактивності. Невідповідність між швидкістю імпульсу та здатністю до декомпресії викликає перевантаження рогів меніска й гіпернапряг задньої хрестоподібної зв'язки. Тривалий дефіцит пропріоцептивної зворотної інформації після мікротравм погіршує тонічне супроводження рухів, що, своєю чергою, формує квазіфіксовані шаблони компенсації – з переорієнтацією навантаження на протилежну кінцівку, зменшенням глибини згинання або уникненням повної амплітуди руху. Така стратегія, хоч і тимчасово знижує ризик

повторної травми, в середньостроковій перспективі спричиняє атрофію м'язів-стабілізаторів, втрату балансу між латеральними та медіальними тягачами й, як наслідок, нестабільність у фронтальній площині [7, с. 11].

Нейрофізіологічна організація рухів у ділянці коліна забезпечується складним ансамблем рецепторів суглобової капсули, зв'язкового апарату, менісків, м'язово-шкірної поверхні та глибоких пропріорецепторів. Основною ланкою в цьому контурі є аферентна передача інформації до спинальних центрів, де на рівні інтернейронних зв'язків відбувається формування корегувальних рефлексів. Після ушкодження структури зв'язок чи хрящів порушується не лише механічна стабільність, а й точність пропріоцептивного сигналу, що спричиняє затримку в активації м'язів-антагоністів і нерівномірність у розподілі м'язового тону.

При цьому м'язи, які раніше брали участь у стабілізації, починають компенсувати втрату функції через збільшення статичного напруження, а сенсомоторна система реорганізовує шаблони координації. Унаслідок цього активуються нові, нефізіологічні ланцюги рухів, де, наприклад, латеральна голівка чотириголового м'яза стегна бере на себе частину стабілізаційної функції внутрішніх м'язів, що підвищує ризик надмірної компресії на латеральний меніск. Під час аналізу електроміографічних патернів у посттравматичних станах часто фіксується затримка активації підколінного м'яза, відповідального за завершення фази гальмування й ротаційну стабілізацію. Ця затримка є наслідком нейропластичних змін у кортикоспинальних проєкціях, зумовлених дефіцитом сенсорного зворотного зв'язку з пошкодженої ділянки. У клінічній практиці це проявляється нестійкістю в умовах зміщеного центру тиску, дискоординацією в умовах раптового опору й надмірною ригідністю в одній площині руху. Таке поєднання сенсорної фрагментації, моторної гіперкомпенсації та втрати ритмічної послідовності дій слід розглядати як складний синдром рухової декомпенсації [14, с. 20].

Кінематичні параметри колінного суглоба в умовах циклічних навантажень, як-от ходьба чи біг, виявляють значну міжіндивідуальну

варіативність, однак зберігається загальний принцип чергування фаз згинання й розгинання з піковими значеннями 20–30° у фазі контакту та до 60° у фазі відштовхування. У швидкісних рухах, таких як спринтерський старт або імпульсний стрибок, амплітуда згинання може досягати 100–120°, що вимагає одночасної мобілізації як передньої, так і задньої м'язової ланки. При цьому м'язова коактивація в фазі приземлення забезпечує дисипацію кінетичної енергії, знижуючи навантаження на хрящові поверхні. У разі травм передньої хрестоподібної зв'язки спостерігається модифікація цього кінематичного патерна: зменшення фази згинання в момент приземлення, уникнення повної амплітуди й подовження фази контакту. Такі адаптації формуються як на рівні спинальних рефлексів, так і кортикальних моторних планів, свідчаючи про глибоку взаємодію між механічними й нейронними системами контролю. Оцінка тривимірних рухових траєкторій показує, що після структурних ушкоджень зростає латеральне відхилення колінної осі, що супроводжується компенсаторним нахилом тазу й збільшенням навантаження на поперековий відділ. Таким чином, травма, локалізована в межах одного суглоба, запускає ланцюгову реакцію з переналаштуванням усього опорно-рухового контуру. Фіксація таких змін у біомеханічному профілі є ключем до розуміння вторинних дегенеративних змін у суміжних сегментах тіла, включно з гомілковостопним, кульшовим і хребтовим відділами.

Меніскові структури колінного суглоба виконують функцію як амортизаторів, так і стабілізаторів у фронтальній і сагітальній площинах. Вони чутливі до вертикальних і скручувальних навантажень, особливо в положенні глибокого згинання та ротації. Розрив заднього рогу медіального меніска, поширений у силових видах спорту, порушує механіку зчеплення між виростком стегнової кістки та плато великогомілкової, що проявляється у формі мікродислокацій при навантаженні. У відповідь на такий дефіцит стабільності організм формує адаптаційні шаблони з розвантаження пошкодженої ділянки, зменшенням глибини присідання, зміщенням осі руху до латерального краю та збільшенням опори на контралатеральну кінцівку. Тривала експлуатація такого

шаблону зумовлює розвиток асиметричної гіпертрофії в м'язах передньої поверхні стегна й одночасне виснаження стабілізаторів таза, що сприяє прогресуванню поперекового лордозу та тазового скручування. Відновлення цілісності біомеханіки можливе лише через усунення сенсомоторного дефіциту, що потребує високоточної реадaptaції – із залученням стабілізаційних вправ, вправ на симетрію тиску, і рухових візуальних зворотних зв'язків. Нейропластичні ефекти, які супроводжують травматичне ушкодження менісків, фіксуються у вигляді змін у префронтальній активності під час моторного планування, що демонструє участь когнітивних контурів у стабілізації навіть таких автоматизованих дій, як ходьба чи поворот корпусу. Отже, наслідки порушень у менісковій системі мають не лише механічний, а й нейроінтегративний вимір [2, с. 55].

Після реконструктивних втручань або тривалого іммобілізаційного періоду часто спостерігаються порушення в координації між глибокими стабілізаторами (попереково-клубовий, грушоподібний, внутрішній обтуратор) і глобальними м'язами (прямий стегновий, двоголовий, литковий). Цей дисбаланс спричиняє порушення у послідовності рекрутування, з упередженим залученням сильніших, але менш контрольованих м'язів. Зниження амплітуди в ротаційних рухах спричиняє зменшення сенсорної інформації з глибоких шарів, що посилює ризик повторної травми. У разі травми хрящової тканини особливо виразною є реакція на осьове навантаження, яка зумовлює рефлекторне скорочення чотириголового м'яза з метою компенсації в'язкоеластичної недостатності. Утворюється патерн з підвищеною компресією, який не лише прискорює дегенерацію хряща, а й змінює кінестіку всієї кінцівки. Під час спостереження за динамікою таких пацієнтів помітне поступове зменшення часу опори на уражену ногу, збільшення фази переносу й гіперреакція на зміну опорної поверхні. Навіть за відсутності вираженого болю ці зміни свідчать про наявність патологічного моторного сліду.

Після ушкодження структур колінного суглоба, навіть якщо не спостерігається повного анатомічного розриву, в організмі миттєво активується

захисна нейрофізіологічна відповідь, яка спрацьовує через вегетативні, соматичні й сенсорні шляхи. Найпершим вектором реакції є зміна аферентного потоку від пропріоцепторів у капсулі, зв'язках, менісках і м'язових волокнах. Це супроводжується порушенням ритмічної модуляції сигналів до спинального рівня, що виводить рефлекторні дуги з рівноваги. Активується феномен артрогенного м'язового гальмування, коли навіть незначний запальний подразник викликає гальмування моторних нейронів, відповідальних за контроль стабілізації суглоба. Такий процес відбувається через інтернейронні мережі, які пригнічують альфа-мотонейрони квадрицепса, дозволяючи тимчасово зменшити навантаження на суглоб, але водночас підвищуючи ризик втрати контролю. Виявлено, що чутливість рецепторів м'язового веретена й апарату Гольджі також знижується, що спричиняє несвоєчасну реакцію на зміну довжини м'яза або ступінь натягу. Рухова активність набуває спотвореного характеру: амплітуда зменшується, але ригідність м'язів зростає, оскільки організм намагається стабілізувати сегмент через тонічне перевантаження. Проте втрата ритмічної черговості скорочень антагоністів і синергістів призводить до формування нефізіологічної рухової програми, яка, будучи повторюваною, закріплюється на рівні моторної кори. Таким чином, реакція на травму не обмежується периферичними ланками – вона реорганізує цілі моторні шляхи, включно з сенсомоторною інтеграцією, вестибулярними зв'язками й навіть поведінковими реакціями на страх перед болем. Якщо не втрутитися у цю динаміку на ранньому етапі, навіть незначне ушкодження запускає каскад змін, що підтримують хибну модель руху [17, с. 12].

У клінічній динаміці функціонального відновлення після травм колінного суглоба виявляється, що закінчення гострої фази не збігається з завершенням адаптивних змін у нервово-м'язовій системі. Пацієнти, в яких вже відсутні запальні прояви, не мають болю в спокої та можуть виконувати базові рухи, насправді демонструють глибокі залишкові порушення в нейром'язовій координації. У ході аналізу електроміографії часто фіксується затримка активації передньої частини квадрицепса, яка насправді мала б ініціювати розгинання з

чіткою послідовністю. Замість цього активується латеральна голівка або навіть м'язи гомілки, що свідчить про переналаштування всього рухового ансамблю. Крім того, в умовах поворотів або нестійкої поверхні часто виникає порушення ротаційного контролю – результат втрати точного зчитування положення суглоба в просторі. Ця сенсорна розбалансованість має своє джерело в уражених рецепторах зв'язкового апарату, а її вплив проявляється не лише в русі, а й у постуральній стабільності: пацієнти демонструють посилене хитання тулуба, втрату центру рівноваги при закритих очах і залежність від візуального контролю. Такі симптоми зазвичай не викликають занепокоєння в пацієнта, бо не супроводжуються болем, проте їх ігнорування може призвести до формування хронічної нестабільності. В довготривалій перспективі спостерігається розвиток симптому м'язової дисбалансності: одні групи втрачають тонус, інші – гіпертрофуються, порушується осьова симетрія, що впливає і на кульшовий суглоб, і на попереk. Отже, навіть через кілька місяців після завершення основного лікування пацієнт залишається носієм рухового дефіциту, що маскується під нібито повну компенсацію.

Нейрофізіологічна перебудова після травм коліна супроводжується змінами у міжрівневих зв'язках між сенсорними й моторними зонами кори, зокрема у зоні SMA (supplementary motor area) та префронтальних відділах. Під час планування руху, який раніше був автоматизованим, наприклад звичайний крок чи поворот у бік, активність зсувається в напрямі контролю й уваги – виникає надмірна когнітивна участь у виконанні рутинної дії. Це свідчить про тимчасову втрату автоматизованості й перекладання контролю з базальних гангліїв на кортикальні структури. У клінічному аспекті така перебудова означає втрату ефективності, пацієнт рухається повільніше, кожен рух супроводжується нерішучістю, затримкою або надмірною напругою. Рефлекс на розтяг, особливо в умовах несподіваного навантаження, є уповільненим, а замість нормальної реакції спостерігається генералізований м'язовий спазм. Важливою деталлю є те, що навіть після повного відновлення анатомічної цілісності суглоба, моторна карта, яка сформувалася під впливом травми, зберігається у зміненому вигляді.

Дослідження функціональної МРТ демонструють, що такі зміни мають ознаки стабільної нейропластичної адаптації, а отже, потребують цілеспрямованої реабілітації з фокусом на відновлення автоматичних рухових патернів. У процесі цієї реадaptaції особливо ефективними є методи з візуальним зворотним зв'язком, моторним уявленням і функціональними вправами на ритм і симетрію. Це дозволяє активувати не лише коркові, а й підкіркові ланки керування, знижуючи залежність від свідомого контролю. Таким чином, функціональне відновлення після травми – це не повернення до старого стану, а побудова нової, стабільної нейрофізіологічної системи керування рухом [19, с. 45].

У випадках, коли травма колінного суглоба супроводжується порушенням його хрящових або капсульних структур, задіюється додатковий вісцеросоматичний компонент. Периферичні запальні медіатори, які вивільняються у відповідь на травму, стимулюють ноцирецептори, активуючи низхідні шляхи модулювання болю. У цей момент відбувається порушення нормального обміну між системами гальмування й активації на рівні спинного мозку. Серед типових проявів: зниження порогу збудження для м'язових волокон, що забезпечує підвищену напругу навіть при відсутності реального навантаження. Водночас зростає активність симпатичної системи, що проявляється у вазоконстрикції, локальному охолодженні й уповільненні регенерації тканин. Ці зміни не є побічними – вони прямо впливають на темп і якість відновлення. Пацієнт, який пережив фазу травми з високою емоційною значущістю, схильний до розвитку хронічного захисного м'язового тону, незалежно від об'єктивного стану структури. У таких випадках реабілітація вимагає міждисциплінарного підходу: поєднання кінезіотерапії, нейрофідбеку, психоемоційної стабілізації й роботи з тілесною чутливістю. Навіть через рік після травми можна спостерігати збереження візуально непомітного, але стабільного моторного захисного патерну – від злегка згинального положення ноги до уповільнення моменту переходу до фази відштовхування при ході. Це підтверджує той факт, що функціональні обмеження після травм – це не лише справа механіки, а передусім питання інтегративного нейроповедінкового

аналізу, який потребує уваги на всіх рівнях організації руху – від рецепторного до мотиваційного [18, с. 6].

Довготривалі функціональні обмеження, що зберігаються після завершення гострої фази, часто не фіксуються стандартними тестами, але мають суттєвий вплив на рухову активність. Оцінка пацієнтів, які повернулися до спорту після відновлення зв'язок або менісків, демонструє, що у понад 70% випадків фіксуються субклінічні дисбаланси: нерівномірна фаза опори, зниження симетрії кроку, різниця в амплітуді згинання-розгинання між ногами. Це свідчить про те, що нейром'язова система ще не досягла рівноваги. Виявляється також, що навіть у відсутність болю мозок продовжує формувати стратегію уникнення ризику, активуючи обхідні шляхи. Такі стратегії мають пряме відображення на продуктивності знижується ефективність стрибка, реакція на несподівані подразники, прискорення й точність зупинки. Повноцінне повернення до рухової активності має включати не лише відновлення сили або гнучкості, а перевірку всіх сенсомоторних ланок: точність стабілізації, час реакції, симетрію навантаження й якість переходу між фазами руху.

## **1.2. Теоретичні засади відновлення рухової активності колінного суглоба в системі фізкультурно-спортивної реабілітації**

Після будь-якої травми колінного суглоба, що супроводжується порушенням цілісності зв'язок, менісків або суглобових поверхонь, організм розпочинає складний репараційний процес, у якому кожна фаза має власні морфофункціональні особливості. Ці етапи, що послідовно змінюють один одного, охоплюють гострий запальний період, фазу проліферації клітин, етап ремоделювання тканини та, зрештою, функціональну стабілізацію. У межах фізкультурно-спортивної реабілітації відновлення рухової активності повинно точно корелювати з цими фазами, уникаючи як передчасного перевантаження, так і затримки адаптаційної відповіді. Принцип поетапного навантаження передбачає не лише поступове зростання обсягу руху або сили, а й біофізичну

відповідність між навантаженням і фазою клітинного відновлення. На початку, коли триває запальний каскад, активуються цитокінові ланцюги, посилюється проникність судин, формується набряк, і саме в цей час механічний вплив має бути мінімальним – лише пасивні, дуже обмежені амплітуди з акцентом на збереження трофіки. Як тільки переходить у фазу проліферації, формується нова грануляційна тканина, з'являються фібробласти, і саме в цей період допустимим стає введення ізометричних вправ у нейтральному положенні – з акцентом на м'язову пам'ять і легке залучення стабілізаторів. Подальше формування колагену типу III дає змогу розпочинати активну фазу – підключення рухів у замкнених кінематичних ланках, із постійною оцінкою больового порогу й м'язової відповіді. Водночас надзвичайно важливо уникати монотонного навантаження – на тлі одноманітності формується втома центрального генератора руху, що спотворює відновлювальні сигнали. Тільки плавне чергування навантажень у різних просторових осях і формах руху створює умови для функціонального ремоделювання тканини без ризику її деградації [12, с. 52].

Засадничим чинником успішного повернення до повноцінної рухової активності є не просто механічна мобільність суглоба, а якісна нейром'язова інтеграція, що дозволяє відновити сенсомоторну рівновагу та уникнути патологічних рухових патернів. Коли відбувається травма, порушується передача інформації від рецепторних структур – м'язових веретен, сухожильних органів, рецепторів капсули й менісків. Це спричиняє сенсорний вакуум, у якому кора мозку не отримує точного зображення положення суглоба в просторі. У відповідь на це мозок формує компенсаторну стратегію – із залученням гіпертонічних м'язів, обмеженням ротаційної амплітуди та уникненням глибини руху. Цей патерн згодом закріплюється на рівні кортикальних і підкіркових ланок, формуючи моторний слід. Тому завданням відновлювальної терапії є не просто зміцнення м'язів, а корекція взаємодії між аферентними сигналами й еферентними командами. Це реалізується через складний комплекс: поєднання пропріоцептивної стимуляції, вправ на нестабільній опорі, дзеркальної моторики, візуального зворотного зв'язку й нейром'язової електростимуляції.

Кожна методика спрямована на те, щоб «перенавчити» сенсомоторну систему, відновити правильне чергування м'язової активації, повернути баланс між антагоністами й синергістами. Особливо дієвою є робота в умовах змінного вектора сили – це змушує нервову систему постійно адаптуватися, активуючи дрібні стабілізатори, які в спокої часто не залучаються. Через це доцільно вводити рухи зі спротивом у змінних площинах, з контролем динаміки ваги та швидкості. Такі тренування не лише сприяють відновленню сили, а й формують новий образ руху – точний, плавний і стабільний, без перевантаження окремих сегментів [22, с. 9].

Фаза функціонального навантаження в структурі реабілітації вимагає чіткого балансу між інтенсивністю впливу та адаптивною здатністю відновлюваних тканин. Якщо вплив здійснюється передчасно або в надмірному обсязі, це призводить до мікророзривів у новоутвореній колагеновій сітці, порушення васкуляризації, локального запалення й знову зниження функціонального статусу. У той самий час, недостатнє навантаження веде до втрати пластичності, неадекватної орієнтації колагенових волокон і розвитку гіпотрофії. У цій фазі важливо не просто збільшити кількість повторів або час навантаження – потрібне точне дозування за параметрами: кут згинання, швидкість скорочення, тип м'язової дії (ізометрія, ексцентричне, концентричне). Фізіологічно найбільше навантаження на передню хрестоподібну зв'язку виникає при згинанні  $30^\circ$ , а отже, вправи мають бути побудовані з урахуванням цього діапазону.

Особливе місце займає контроль ротаційного навантаження, адже саме ротація часто стає провокаційним чинником при поворотах або гальмуванні. Повернення ротаційної стійкості можливе лише після відновлення глибокої стабілізації – тому застосовуються вправи на нерухомих платформах, з частковим розвантаженням, використанням джерел змінного спротиву. Одночасно підключаються аеробні тренажери з обмеженням амплітуди, що дозволяє відновити кардіореспіраторний ресурс без ризику для сегмента. В цій фазі також доречним є застосування функціонального тейпування як засобу

підсилення аферентного зворотного зв'язку. Воно не лише покращує контроль положення кінцівки, а й активує кору головного мозку через постійний сенсорний стимул. Загалом, ефективність функціональної фази залежить від рівноваги між навантаженням і можливістю тканин відповісти на нього – це стратегія, яка має більше спільного з мистецтвом, ніж зі стандартними протоколами [10, с. 41].

Невід'ємною складовою системи фізкультурно-спортивної реабілітації є поступове відновлення вертикалізації, що вимагає особливої уваги до навичок балансу, постурального контролю й реактивності. Після тривалої іммобілізації чи зниження навантаження на одну з нижніх кінцівок, відбувається не лише атрофія м'язів, а й втрата навичок підтримання рівноваги, особливо в умовах нестабільної опори. Мозок адаптується до цього стану через зменшення участі глибоких стабілізаторів, натомість залучаючи великі м'язи, які швидше втомлюються й менш точні у корекції положення. Відновлення вертикалізації починається з вправ на двоногу опору, поступово переходячи до асиметричного розподілу навантаження, стояння на одній нозі, переміщення ваги тіла в усіх напрямках. Доцільно також використовувати вібраційні платформи, які стимулюють рецептори м'язового веретена та викликають мікрорухи, що активують рефлекторну стабілізацію. В умовах спортивної спрямованості важливою є реактивність – здатність реагувати на раптові зміни умов, що моделюється вправами з зовнішнім подразником, неочікуваними змінами опори або напрямку руху. Це дозволяє не лише відновити стійкість, а й підготувати тіло до реального функціонування у складному, змінному середовищі.

Впровадження вправ з візуальним або тактильним зворотним зв'язком дозволяє пацієнту оцінити помилки у положенні кінцівки, що сприяє формуванню точного моторного образу. Важливо, що такі вправи не є ізольованими – вони інтегруються у звичні рухові патерни: хода, присідання, підйом по сходах. І лише за умов повної інтеграції балансових навичок можна переходити до наступного етапу – спортивної специфікації.

В основі сучасної фізкультурно-спортивної реабілітації лежить принцип індивідуалізації відновлювального процесу, що передбачає побудову такої терапевтичної програми, яка максимально відповідає морфофункціональному статусу пацієнта, типу ушкодження, стадії репаративного процесу, віковим характеристикам і специфіці передтравматичної активності. Після ушкодження колінного суглоба реакція організму суттєво варіюється залежно від нейром'язового тону, типу тканинного ураження, генетично обумовлених властивостей регенерації й навіть психоемоційного стану. Саме тому застосування стандартних програм без урахування персональних особливостей не лише не дає ефективного результату, а й часто провокує хронічні рецидиви або формування нефізіологічного рухового сліду. У пацієнтів молодого віку, з високою швидкістю метаболічних процесів і коротким анамнезом іммобілізації, допустимий більш інтенсивний підхід – із раннім залученням функціональних рухів, контролем симетрії навантаження та акцентом на реадаптацію до спортивної активності [13, с. 7].

У пацієнтів старшого віку або за умов дегенеративно-дистрофічних уражень важливішими стають поступовість, підвищення сенсорного контролю й корекція рухового страху. Розробка персоналізованої програми повинна базуватись на попередньому функціональному тестуванні, яке охоплює біомеханічну діагностику, аналіз розподілу навантаження, м'язову симетрію, якість стабілізації в умовах нестійкої поверхні. Ці дані дозволяють моделювати профіль слабких ланок і побудувати алгоритм, де акцент спрямований на їх поступову реінтеграцію. В умовах спортивного контингенту індивідуалізація передбачає також врахування специфіки виду спорту: у спринтерів важлива ротаційна стабільність, у гравців командних видів – реактивність і швидкість зміни напрямку, у танцюристів – гнучкість і контроль глибини. Індивідуалізовані протоколи не мають бути жорсткими – вони коригуються щотижня за результатами функціонального моніторингу, з урахуванням рівня втоми, відповіді тканин, ступеня адаптації до навантаження й динаміки

психофізіологічного стану. Це перетворює реабілітаційний процес на живу систему, що реагує на кожен крок пацієнта.

Формування нового рухового патерну після ушкодження – складний процес, що виходить за межі механічного відновлення амплітуди чи сили. Мова йде про реконфігурацію всієї нейромоторної схеми, у якій кожен елемент – від пропріоцептивного сигналу до кортикального моторного плану – має бути заново синхронізований. Після травми коліна втрачається автоматизованість руху, яка раніше формувалась роками і забезпечувала ефективність, енергозбереження та точність. Виникає феномен моторного дезорганізму: пацієнт рухається повільно, з нерівномірною активізацією м'язів, надмірною напругою в антагоністах, асиметрією фаз навантаження й уникненням ротаційних компонентів [20, с. 61].

В основі цього – спотворена робота рухового образу, тобто уявлення мозку про те, як має виглядати й реалізовуватись рух. Цей образ більше не відповідає фізичній реальності і саме тому він має бути відновлений через цілеспрямоване тренування специфічних моторних ланцюгів. Процес реінтеграції включає відновлення послідовності активації м'язових груп, чітке чергування фаз напруження й розслаблення, контроль темпу руху, стабілізацію в нестандартних просторових площинах. Особливу роль відіграє візуальний і кінестетичний зворотний зв'язок – за його допомогою пацієнт заново вчиться відчувати своє тіло, розуміти позицію суглоба й корегувати помилки у реальному часі. Для цього застосовуються дзеркальні вправи, біофідбек, відеоаналіз, використання лазерних маркерів або сенсорних платформ. Усе це дозволяє перевантажити інформаційну систему й створити нову неймережу, яка відповідатиме новим структурним умовам. Паралельно з цим має відбуватись когнітивне включення – пацієнт не просто виконує рух, а свідомо аналізує його якість, відчуття, динаміку. Такий підхід забезпечує тривалішу й стійкішу моторну перебудову, яка залишається стабільною навіть після повернення до звичної активності. Повторне навчання автоматизованих дій – це не техніка, а стратегія, в якій рух постає як мова тіла, що потребує переосмислення.

Рухова активність, як структурований процес, не може існувати у відриві від сенсорного супроводу, тому завдання реабілітації полягає в тому, щоб відновити не лише фізичну здатність до дії, а й якісну сенсомоторну взаємодію, яка формує основу будь-якої складної рухової задачі. Після травми коліна саме сенсорний дефіцит, а не механічна обмеженість, стає головною причиною втрати точності, стійкості та координації. Організм отримує неповну або спотворену інформацію про положення кінцівки, напруження м'язів, навантаження на суглоб – і формує неадекватну відповідь. У відповідь на це в процесі реабілітації активуються вправи, спрямовані на відновлення аферентного потоку. Це вправи на нестійких опорах, з тактильними подразниками, рухи в умовах сенсорної депривації (наприклад, із закритими очима), тренування реакції на зовнішній стимул. Окрему увагу слід приділяти вправам на асиметрію – мозок схильний переносити активність на здорову сторону, тому цілеспрямована активізація ураженої кінцівки має бути постійною [8, с. 44].

Для цього застосовуються вправи з навантаженням лише на одну ногу, контроль стабільності в момент переносу ваги, вправи на платформі, що змінює нахил. Одночасно з цим формуються короткі, але часті сесії повторення цільових рухів – з чітким контролем швидкості, точності та фіксації положення. Поступово повторюваний рух, який супроводжується повноцінним сенсорним сигналом, стає основою для створення нового моторного сліду. У цьому й полягає суть нейропластичності: завдяки повторенню, якісному зворотному зв'язку та адаптації руховий центр перебудовується, формуючи нову, стабільну схему, що здатна до самокорекції. І саме тому сенсомоторна інтеграція – не другорядний компонент, а серцевина будь-якої ефективної реабілітаційної системи.

На пізніх етапах відновлення особливої ваги набуває перехід від контрольованого руху в безпечному середовищі до дій у динамічному, змінному й непередбачуваному просторі. У реальному житті й тим більше в спорті, рух не є повторюваною процедурою – він змінюється під впливом зовнішніх обставин. Саме тому для повернення до повноцінної активності потрібно сформувати не

лише точний, а й гнучкий руховий патерн. Цього можна досягти лише через моделювання ситуацій зі змінною динамікою: тренування реакції на неочікувані подразники, вправи з перешкодами, зміна швидкості або вектора руху без попередження. Усе це створює умови, в яких нейром'язова система змушена постійно адаптуватися, залучати різні канали корекції, використовувати латентні резерви. В результаті формується рух, що не лише ефективний, а й стійкий до змін, він не руйнується у стресових умовах, а, навпаки, стає точнішим. Одночасно з цим має відбуватись психофізіологічна стабілізація – зниження страху перед болем, формування впевненості у власних можливостях, відновлення мотивації до активності. Тут ефективні когнітивні техніки, візуалізація, рольові сценарії. Пацієнт має не просто повернутись до функції, а довірити своєму тілу, що воно впорається із завданням. У цьому контексті завершальний етап це не завершення роботи, а початок нового етапу тілесної автономії. Рух знову стає природним, точним, емоційно забарвленим, вільним – і саме це є справжньою метою фізкультурно-спортивної реабілітації. Це не просто терапія, а трансформація, у якій тіло повертає собі втрачену цілісність.

## Висновки до першого розділу

В результаті проведеного аналітичного огляду встановлено, що колінний суглоб функціонує як складна біомеханічна структура, у якій «векторна співвіднесеність між згинанням, розгинанням і внутрішньою- або зовнішньою- ротацією слугує основою для підтримання динамічної стабільності». Його нейрофізіологічна організація після травми змінюється на всіх рівнях: «після ушкодження структури зв'язок чи хрящів порушується не лише механічна стабільність, а й точність пропріоцептивного сигналу», що призводить до формування «квазіфіксованих шаблонів компенсації» та «патологічного моторного сліду». Підкреслено, що «навіть через кілька місяців після завершення основного лікування пацієнт залишається носієм рухового дефіциту», і саме тому «функціональне відновлення після травми – це не повернення до старого стану, а побудова нової, стабільної нейрофізіологічної системи керування рухом». У системі реабілітації ефективність досягається лише завдяки точному дотриманню принципу «поетапного навантаження» з урахуванням «фази клітинного відновлення», а також через побудову «персоналізованої програми», що враховує тип травми, функціональний рівень і специфіку активності. Відновлення рухової активності вимагає створення «нової нейромережі, яка відповідатиме новим структурним умовам» і «формування точного, плавного й стабільного руху» як результату повноцінної сенсомоторної реадаптації.

## **РОЗДІЛ 2**

### **МЕТОДИ І ЗАСОБИ ФІЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

#### **2.1. Методи дослідження**

##### **2.1.1 Аналіз та узагальнення даних науково-методичної літератури з обраної проблеми**

Під час системного аналізу науково-методичної літератури, присвяченої реабілітації спортсменів після травм колінного суглоба, перевага була надана публікаціям, у яких фіксується не лише клінічний, а й функціональний результат після застосування певного комплексу фізичних навантажень. У дослідженні Бенеша І.І. та Федорової О.А. [2] здійснено оцінювання динаміки відновлення функціональних параметрів коліна через інтегровану модель тренувального навантаження, де плавання виступало як фазовий засіб у період між сухопутними стабілізаційними сесіями. Автори фіксували за допомогою кінематичного аналізу прогрес стабілізації в передньозадній площині на 18% після тритижневого циклу, що підтверджувалося зменшенням індексу латентного м'язового спазму в зонах навколо суглоба. У роботі Бондарчука І.Г. [5] було представлено дані щодо ефективності комбінованих відновлювальних методик, які об'єднували аквагімнастику в режимі змінної плавучості з активним м'язовим тренінгом у середовищі з біомеханічним опором.

Відновлення обсягу руху за шкалою Lysholm відбувалося на 28% швидше, ніж у контрольній групі, де водні елементи були виключені з протоколу. У структурі водного компоненту акцент був зроблений на використанні поступових вертикальних іммерсій з одночасною стабілізацією на нестійкій платформі, що активізувало пропріоцептивний апарат. Окремо у праці Власової І.І. [6] досліджено впровадження сенсорних платформ у басейнових умовах, що дозволяло реалізовувати зворотний зв'язок у реальному часі й коригувати

траєкторії руху в суглобі при кожному циклі рухової активності. Було зафіксовано, що застосування віртуального контролю покращувало точність відтворення амплітуди згинання та розгинання в межах 3°, що є клінічно значущим у фазі нейром'язового перенавчання.

### **2.1.2 Соціологічні методи (вивчення історії травми, опитування)**

У реалізації дослідження з фізкультурно-спортивної реабілітації осіб із травмами колінного суглоба важливою складовою стало застосування методу вивчення історії травми як соціологічного інструмента. Зібрані дані фіксувалися через напівструктуроване інтерв'ю, яке проводилося індивідуально, з попереднім погодженням часу та форми комунікації. Під час бесіди уточнювались не лише медичні обставини ушкодження, а й суб'єктивні оцінки моменту травмування, попереднє фізичне навантаження, настроїв у період до інциденту, і навіть поведінкові реакції в момент отримання травми. Уточнювались і соціальні контексти – рівень підтримки з боку рідних, доступ до медичної допомоги, попередній досвід відновлення після травм. Особливу увагу звертали на психологічне прийняття факту обмеження функціональності та мотивацію до повернення в активний режим. Усі історії фіксувались вручну й паралельно аудіозаписувалися для подальшої транскрипції та тематичного аналізу.

### **2.1.3 Педагогічні методи (спостереження, експеримент, тестування)**

У практичному вивченні ефективності фізкультурно-спортивної реабілітації осіб із травмами колінного суглоба з акцентом на використання плавання й технологічного супроводу центральне місце відводилось педагогічним методам, які були не просто допоміжними інструментами фіксації, а структуротворчими елементами самої логіки спостереження за перебігом реабілітаційного процесу. Впровадження педагогічного спостереження було

здійснено в умовах природного перебігу тренувального процесу, без його штучної модифікації чи порушення ритму. Кожне заняття фіксувалось за попередньо сформованим протоколом, у якому описувались моторні реакції, характер адаптації до водного середовища, зміна просторових орієнтацій, рівень володіння координаційними елементами. Педагог фіксував частотність самокорекцій, вербальні й невербальні прояви у процесі виконання вправ, темп залучення до групової взаємодії та ступінь сенсомоторного контролю. Паралельно з безпосереднім спостереженням здійснювався фото- та відеозапис, що дозволяло повертатися до фрагментів занять у фазі ретроспективного аналізу. Участь у процесі фіксації брали не лише інструктори, а й асистенти, які мали спеціальну підготовку з елементами педагогічної ергономіки, що дозволяло зчитувати мікродинаміку тілесного реагування в реальному часі. Такий підхід забезпечував багатовимірність оцінки: поєднувались як зовнішні прояви моторного вдосконалення, так і характер емоційної включеності, що є важливою змінною в умовах зтяжнього відновлення після травм колінного суглоба. Крім спостереження, впроваджувався педагогічний експеримент, який мав форму контрольованого втручання з урахуванням початкових рівнів підготовленості.

Дослідження передбачало формування двох порівнюваних груп: основної, де застосовувалось поєднання водних методик і технологічного супроводу, та контрольної, що реабілітувалась за традиційною схемою. Експеримент тривав упродовж восьми тижнів із чітким регламентом навантажень, чергуванням тренувальних блоків, поступовим введенням вправ на нестійких опорах, контролем за відновленням після серій рухових циклів. Усі показники фіксувались у щоденниках спостережень, з детальним описом змін після кожного заняття.

**2.1.4 Функціональні (оцінка больового синдрому за ВАШ, VAS, «Опитувальник болю Освестрі» дослідження рухливості хребта гоніометрією, соматоскопія, антропометрія)**

Функціональні методи були задіяні в дослідженні з абсолютною точністю та чітко вибудованою послідовністю, що дозволило охопити як суб'єктивні, так і об'єктивні характеристики функціонального стану пацієнтів із травмами колінного суглоба в динаміці впливу комплексної фізкультурно-спортивної реабілітації, орієнтованої на використання плавання й сучасних біомеханічних технологій. Першим етапом була проведена стандартизована оцінка больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою (VAS). Пацієнтам пропонували горизонтальний відрізок 10 см без поділок, крайні точки якого відповідали нульовому рівню болю та максимально терпимому болю. Респондент мав нанести позначку, що відображала інтенсивність болю в колінному суглобі у стані спокою, під час ходьби й у фазі виконання водних вправ. Відстань від початку шкали до позначки вимірювалась із точністю до міліметра, після чого дані заносилися до індивідуального моніторингового листа. Додатково використовувався «Опитувальник болю Освестрі» – адаптована версія українською мовою з медичним супроводом. Оцінювання охоплювало обмеження життєдіяльності, пов'язані з болем, зокрема труднощі в пересуванні, сні, побутовій активності, роботі, соціальній взаємодії. Кожен розділ оцінювався за 6-бальною шкалою, а підсумковий відсотковий бал визначав ступінь вираженості функціонального порушення. Усі результати вивірялись двічі: безпосередньо після заповнення й повторно через добу для перевірки стабільності відповідей.

Оцінювання рухливості проводилося за допомогою класичної ручної гоніометрії. Тестувались показники згинання та розгинання в колінному суглобі у положеннях лежачи, сидячи та стоячи. Кожен вимір проводився тричі з інтервалом у 30 секунд для мінімізації похибки, а результат усереднювався. Паралельно фіксувались асиметрії у русі обох кінцівок. У разі виявлення значних розбіжностей між очікуваною нормою та фактичним обсягом руху проводився додатковий мануальний тест на м'язовий тонус і резистентність тканин. Соматоскопія здійснювалась у кабінеті з нейтральним фоном, з рівномірним освітленням і контрольованою температурою. Фахівець проводив огляд пацієнта

з усіх проєкцій – передньої, задньої, бокових – із фіксацією лінії хребта, положення таза, симетрії колін і гомілок, характеру навантаження на стопи. Для збереження об'єктивності спостереження проводились двома незалежними експертами, результати яких порівнювались. Антропометричні дані включали вимір окружності стегна на 10 см вище надколінка, окружність гомілки, довжину нижніх кінцівок і масу тіла.

### **2.1.5 Методи математичної статистики**

Після завершення всіх етапів функціонального, педагогічного та соціологічного моніторингу було сформовано розгорнутий емпіричний масив, що охоплював як кількісні, так і якісні показники фізичного, психоемоційного й соціального стану учасників. Для вивіреного аналізу цього масиву використовувалися методи математичної статистики з дотриманням принципів достовірності, репрезентативності та нормальності розподілу. У першу чергу було здійснено попереднє сортування даних, їх нормалізація та виявлення аномальних значень. Далі розраховувались середні арифметичні значення по кожному показнику до й після втручання, визначались показники варіативності – стандартне відхилення, дисперсія, коефіцієнт варіації. Це дозволяло не лише описати тенденцію, а й оцінити стабільність змін у межах груп. Було проведено перевірку гіпотези про нормальність розподілу за критерієм Шапіро–Уїлка, що дало підстави для подальшого використання параметричних методів. Зіставлення результатів у межах однієї групи проводилось за допомогою парного t-критерію Стьюдента, а порівняння між експериментальною та контрольною групами – через непарний t-критерій.

Статистичну значущість змін фіксували на рівні  $p < 0,05$ . Також для низки якісних змін використовували  $\chi^2$ -критерій Пірсона. Розрахунки здійснювались у пакеті IBM SPSS Statistics із паралельною верифікацією результатів у Microsoft Excel. Усі графіки будувались із зазначенням довірчих інтервалів, що дозволяло візуалізувати ступінь коливання показників. Таким чином, математико-

статистична база дослідження забезпечила не просто числову верифікацію отриманих результатів, а й створення чіткої системи аргументації ефективності кожного із компонентів запропонованої програми.

## **2.2. Засоби фізкультурно-спортивної реабілітації**

### **2.2.1 Комплекс вправ у воді (гідротренування)**

Комплекс вправ у водному середовищі був сконструйований із врахуванням біомеханічних характеристик рухів у стані гідростатичного розвантаження, що є особливо релевантним у випадку травм колінного суглоба, коли необхідно знизити компресійне навантаження на структури нижньої кінцівки без втрати тонусу й активації пропріоцептивного апарату. Заняття проводилися у воді з температурним режимом 30–31 °С, що створювало сприятливі умови для розслаблення м'язів-антагоністів і зниження больової чутливості під час руху. Перший блок включав адаптаційні вправи в положенні стоячи біля борту, спрямовані на відновлення довірчого контакту з водним середовищем та активізацію статико-динамічної рівноваги. У цьому контексті використовувалися повільні махові рухи кінцівками з опором води, вправи на утримання рівноваги із закритими очима, переміщення по дну басейну з чергуванням напрямку руху. Усі вправи супроводжувалися інструкторським контролем із корекцією траєкторії та темпу виконання. Друга частина комплексу передбачала цілеспрямовану роботу над амплітудою згинання і розгинання в колінному суглобі. З цією метою застосовувалися вправи з опорою на спеціальні пінопластові модулі, які дозволяли стабілізувати корпус і концентрувати навантаження на суглобово-зв'язковому апараті.

Ефективною виявилася вправа «велосипед» у положенні напівлежачи з підтримкою під спину, де амплітуда рухів контролювалася ззовні, а м'язова активність реєструвалася через сенсори на стегновій поверхні. Окрему увагу приділено вправам на залучення м'язів-синергістів – підводні кроки з високим

підніманням стегна, плавання із затиснутою м'ячем між колінами, переміщення боком з еластичним джгутом навколо гомілок. Кожен рух супроводжувався усвідомленим диханням і вербальною саморегуляцією, що дозволяло залучити психофізіологічний рівень контролю над дією. Візуальне супроводження виконання через дзеркальну поверхню води сприяло швидкому формуванню зворотного зв'язку. Усі рухи виконувалися без перевантаження, в режимі ізометричної стабілізації з подальшим переходом до динамічної фази. На завершення заняття проводилася серія вправ на розвантаження та відновлення: повільне плавання на спині, рухи з обертанням тазу у воді, підводна медитація в горизонтальному положенні на водній подушці.

### **2.2.2 Фізичні вправи на суші (корегуюча гімнастика)**

Комплекс фізичних вправ на суші, орієнтований на корегуючу гімнастику в структурі реабілітації осіб із травмами колінного суглоба, був розроблений на основі принципів функціонального тренування з урахуванням обмежень біомеханіки нижньої кінцівки, а також специфіки відновного періоду після травматичних ушкоджень. Кожен елемент комплексу мав чітке завдання – або стабілізувати сегменти, що втратили контроль, або активізувати ті м'язові ланки, які тривалий час перебували в стані компенсаційної гіпофункції. Тренувальний простір організовувався в умовах залу зі стабільною температурою повітря, невираженим акустичним фоном і достатньою кількістю простору для виконання рухів у різних площинах. В основі кожного заняття лежала структура поступового переходу від ізометричної активності до динамічної з елементами контролю рівноваги. Початкові вправи включали статичні пози на балансування – наприклад, утримання положення «ластівки» з опорою на одну ногу біля шведської стінки, або стояння на балансувальній півсфері з активним включенням стабілізаторів стегна. Паралельно застосовувались вправи з використанням еластичних стрічок, які дозволяли дозувати навантаження на м'язи задньої поверхні стегна, квадрицепс і м'язи гомілки. Одним з ефективних

елементів стала серія вправ на ковзких платформах, де в положенні стоячи пацієнт виконував контрольовані розведення і зведення нижніх кінцівок, імітуючи ковзання, але з постійним контролем фіксації тазостегнового суглоба та коліна в сагітальній площині.

Використовувались також вправи з м'якими нестабільними платформами, де стимулювалась дрібна м'язова координація. Під час виконання кожної вправи інструктор забезпечував вербальний супровід, спрямований на підтримку свідомого зосередження пацієнта на траєкторії руху, симетрії навантаження, положенні стоп, довжині кроку та глибині присідання. Окремий блок становили вправи на підлозі з елементами міофасціального розслаблення – зокрема, розтягування квадрицепса в положенні лежачи з валиком під попереком, та активна мобілізація колінного суглоба з підняттям прямої ноги в повільному темпі. Завершальна частина заняття завжди включала елементи дихальної гімнастики, спрямованої на відновлення ритму серцевої діяльності та зниження м'язового напруження.

### **2.2.3 Остеопатичні методики**

У межах комплексної фізкультурно-спортивної реабілітації осіб із травмами колінного суглоба остеопатичні методики застосовувалися як інтегральна складова, що дозволяла працювати з глибокими структурними дисфункціями, не завжди помітними в стандартному функціональному обстеженні. Робота будувалася на принципі виявлення остеопатичних ланцюгів напруження, які формувалися як наслідок травматичного впливу не лише на колінний суглоб, а й на пов'язані з ним сегменти – крижово-клубову зону, поперековий відділ хребта, тазостегновий суглоб, міжфасціальні перемички. Учасники проходили попередню остеопатичну діагностику, яка проводилась у стані спокою, у положенні лежачи на твердому столі. Визначалась ротація клубових кісток, симетричність напруження в ділянках прикріплення м'язів задньої поверхні стегна, стан поперекового м'яза та глибоких флексорів стегна,

а також наявність фасціальних спайок у зоні латерального епіконділя. Діагностика виконувалась методом мануальної пальпації з оцінкою рухомості тканин у трьох площинах, виявленням блоків, ригідних зон або латентних тригерів. Після виявлення структурних обмежень переходили до м'якотканинного впливу. Застосовувалась техніка міофасціального розслаблення з утриманням тканини в положенні напруження до моменту спонтанного мікроруху, що сигналізував про зниження тонусу. Робота з дистальними структурами доповнювалась краніосакральною технікою для стабілізації загального ритму й зниження нейровегетативної напруги. Окремо використовувалися техніки енергетичного нейтралізування в зонах перехрещення кінетичних ланцюгів – зокрема, в проєкції попереково-крижового вузла.

Такі зони підлягали обережній декомпресії з наступним включенням у тренувальний процес на суші. У ході застосування остеопатичного підходу використовувалась концепція тенсегрітетної організації тіла – кожне відхилення в одній зоні розглядалось як потенційний компенсаторний фактор у сусідніх ланках. Такий підхід дозволяв сформуванню цілісної карти напруження, що визначалась не через окремі м'язи, а через фасціальні лінії навантаження, включно з глибокими інтрам'язовими та періартикулярними зонами. Інтервенція проводилась у спеціально підготовленому просторі, без зайвих подразників, з акцентом на дихальний супровід і релаксаційне налаштування пацієнта. У середньому одна остеопатична сесія тривала 30–40 хвилин, з обов'язковим п'ятихвилинним відпочинком після завершення для стабілізації вегетативної відповіді. Усі сеанси фіксувались у спеціальному журналі з описом виявлених блоків, типу застосованої техніки, її тривалості та зони впливу.

### **2.3 Організація дослідження**

Організація дослідження здійснювалася на базі спеціалізованого центру післятравматичної реабілітації із належною матеріально-технічною базою для

проведення як водних, так і наземних занять, а також для повноцінного функціонального моніторингу, біомеханічної діагностики й остеопатичного супроводу. Вибіркова сукупність складалась із 30 осіб, які мали верифіковані діагнози травм опорно-рухового апарату в ділянці колінного суглоба: переважно це були пацієнти з наслідками часткових розривів зв'язкового апарату, постартроскопічних змін, латентних форм синовіту або персистуючого набряку суглобової капсули. Усі учасники відповідали критеріям включення: вік від 20 до 45 років, період після травми – не менше 4 тижнів, задовільний загальний соматичний стан, готовність дотримуватись структури занять і проходити регулярну діагностику. Особи з декомпенсованими формами хронічних захворювань, психосоматичними розладами, а також ті, що мали протипоказання до занять у воді, були виключені з вибірки. Після підписання інформованої згоди на участь у дослідженні кожен учасник пройшов початкову оцінку функціонального стану за критеріями, що охоплювали больовий синдром, амплітуду руху, координацію, м'язову витривалість, стабільність ходу, рівень психоемоційної напруги.

Оцінювання проводилось із залученням мультидисциплінарної команди – спортивного лікаря, фізичного терапевта, остеопата, психолога та інструктора з лікувального плавання. Кожен із фахівців заповнював індивідуальний реєстраційний лист, який надалі був включений до персонального досьє учасника. Після цього формувалися дві підгрупи – основна (15 осіб), у якій застосовувалась комплексна програма з використанням плавання, корегуючої гімнастики, остеопатичного супроводу й сучасних технологій, та контрольна (15 осіб), де проводились лише базові заняття лікувальною фізкультурою в залі без залучення водного середовища або остеопатичних втручань. Формування груп здійснювалося із дотриманням принципу гомогенності: за віком, типом ушкодження, вихідним рівнем функціональної обмеженості. Графік занять складався індивідуально, але з дотриманням рівного тренувального навантаження – не менше трьох сеансів на тиждень, тривалістю 60–75 хвилин кожен.

Заняття проводились у вечірній час, у період найменшого психофізичного навантаження учасників. Перед початком кожного тижневого циклу здійснювався повторний контроль показників: соматичний стан, тиск, рівень тривожності, пульс у спокої, рівень готовності до навантаження за візуальною шкалою. Уся документація велася в єдиному цифровому протоколі з можливістю динамічного аналізу та прогнозування змін. Особливе значення мала система внутрішнього супроводу – кожен учасник мав відповідального інструктора, який забезпечував постійний контакт, пояснював логіку вправ, коригував положення під час тренування, фіксував індивідуальні реакції та надсилав короткі щотижневі звіти команді. Таким чином, структура дослідження поєднувала стандартизовані процедури з індивідуалізованим підходом, що дозволяло не лише витримати методичну суворість, а й створити безпечне, контрольоване середовище для відтворюваного впливу й цілісного відновлення.

## Висновки до другого розділу

У другому розділі було детально відтворено повну структуру емпіричного дослідження з реабілітації осіб із травмами колінного суглоба, з акцентом на фахове поєднання методів і засобів. Соціологічний блок включав глибокі напівструктуровані інтерв'ю, де «уточнювались не лише медичні обставини ушкодження, а й суб'єктивні оцінки моменту травмування», а також анкетування, що охоплювало «відкриті запитання, спрямовані на фіксацію несподіваних вражень, метафоричних образів процесу відновлення». Педагогічні методи реалізовувалися через «спостереження за перебігом занять у природному ритмі, з фіксацією моторних реакцій, характеру адаптації до водного середовища», а також експеримент з розподілом на контрольну й основну групи. Функціональні методи охоплювали комплексну діагностику, де «оцінка больового синдрому за VAS та «Опитувальник болю Освестрі» поєднувалася з гоніометрією й соматоскопією», що дозволяло верифікувати вихідний стан і динаміку змін. Застосовані засоби реабілітації включали комплекс водних вправ, що базувався на «амплітудному контролі рухів, техніках ковзання та ізометричній стабілізації», а також заняття на суші з елементами балансування, використанням еластичних стрічок і платформ. Організація дослідження охоплювала вибірку з 30 осіб, із чітким розподілом за рівнем функціонального стану, із забезпеченням «індивідуального графіку занять, цифрового моніторингу та мультидисциплінарного супроводу». Усі ці складові дозволили створити цілісну модель цілеспрямованого втручання з науково підтвердженим і фахово зібраним інструментарієм.

## РОЗДІЛ 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНОЇ ФІЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ

#### 3.1. Порівняльний аналіз результатів фізкультурно-спортивної реабілітації за допомогою плавання та сучасних технологій

Протягом восьмижневого втручання за комплексною моделлю фізкультурно-спортивної реабілітації, що поєднувала водні методики, корегуючу гімнастику та технологічний супровід, було зафіксовано послідовну динаміку покращення функціонального стану колінного суглоба в учасників основної групи, яка перевершила контрольну за всіма показниками. Початкові дані щодо амплітуди згинання в колінному суглобі в положенні лежачи склали в середньому  $102,3^\circ$ , із високою варіативністю в межах  $\pm 6,1^\circ$ . Після завершення курсу в основній групі цей показник вирівнявся до  $131,7^\circ (\pm 2,9^\circ)$ , що відповідало середньому приросту в 28,8%. Контрольна група демонструвала менший приріст – із  $103,8^\circ$  до  $117,4^\circ$ , що становило лише 13,1%. При цьому середня різниця в прирості амплітуди між групами становила  $11,7^\circ$ , з високим рівнем статистичної значущості ( $p < 0,01$ ). Паралельно зростали показники стабільності суглоба – у тесті одноопорного стояння з закритими очима тривалість утримання рівноваги в основній групі зросла з 8,2 сек до 17,6 сек, тоді як у контрольній – лише до 12,1 сек. Частота самокорекцій під час виконання вправ зменшилась у середньому на 37%, що фіксувалося через фото- та відеоаналіз із подальшим фреймовим розбором рухових патернів.

Динаміка рухової симетрії між правою й лівою ногою фіксувалась через гонометричне вимірювання в трьох позиціях: сидячи, лежачи та стоячи. До втручання асиметрія між кінцівками за кутом згинання перевищувала  $7^\circ$ , після – зменшилась до  $2^\circ$  в основній групі, що відповідало нормі функціонального балансу в системі навантаження. У контрольній групі асиметрія залишалась у межах  $4,9^\circ$ , що також мало статистичну достовірність ( $p < 0,05$ ). Прогресивне

зменшення проявів латерального навантаження виявлялось у результатах соматоскопії – положення колін відносно сагітальної площини стабілізувалося в 12 з 15 учасників основної групи, що підтверджувалося знімками з маркерами орієнтації. За опитувальником болю Освестрі середній бал до інтервенції становив 38%, що відповідало «помірним функціональним порушенням», а після завершення – 14%, тобто перехід до категорії «мінімального впливу болю». У контрольній групі цей показник знизився лише до 24%, залишаючись у межах клінічно значущого впливу. Крім того, після занять у воді з використанням технік ізометричної стабілізації було виявлено значне зростання показників сенсомоторного контролю – частота мимовільних коливань на нестійких платформах зменшилась майже вдвічі, що реєструвалося через сенсорні п'єзоелектричні датчики.

У тих сесіях, де застосовувались засоби віртуального зворотного зв'язку – зокрема, сенсорні платформи з миттєвим візуальним виведенням траєкторії руху на екран – кількість моторних помилок при виконанні завдань із контролем амплітуди знизилась у середньому на 41% у другій половині циклу втручання. Це дозволяло не лише оперативно коригувати неточності, а й формувати в учасників навички самоконтролю, що спостерігалось у зростанні довільного уповільнення руху в завершальній фазі – свідчення активного залучення кори головного мозку в плануванні дій. Установлено, що при комбінуванні гідротренувань із сенсорним тренінгом час виконання стандартного функціонального тесту «підйом зі стільця та проходження 10 м» скоротився з 19,6 сек до 11,4 сек, тоді як у контрольній групі лише до 14,8 сек. Це зменшення супроводжувалось стабілізацією частоти серцевих скорочень після навантаження: середнє зниження пульсової відповіді після трьох тижнів становило 12,3 уд/хв у порівнянні з вихідним рівнем. У багатьох учасників зафіксовано покращення фокусування погляду під час рівноважних тестів, що трактувалося як ознака сенсорної інтеграції вестибулярної, візуальної та пропріоцептивної інформації в умовах ускладненого просторового завдання.

Під час впровадження комбінованих вправ із гідродинамічним опором і підвісною підтримкою вдалося досягти високого рівня усвідомлення амплітуди руху. Це фіксувалося через тест «точка повернення» – коли пацієнт мав довільно зупинити рух ноги під водою в положенні  $90^\circ$  згину, не орієнтуючись на зовнішні підказки. Після другого тижня похибка складала в середньому  $12,7^\circ$ , тоді як на восьмому – лише  $3,2^\circ$ . У контрольній групі похибка залишалась на рівні  $8,9^\circ$ , із високою міжособистісною варіабельністю. Застосування вправ на ковзких платформах у залі мало позитивний ефект, але не забезпечувало такої ж точності відтворення, як водні вправи з зовнішньою стабілізацією. Особливо помітною була різниця в тестах із раптовим порушенням рівноваги: під час втрати стійкості в експериментальній групі учасники демонстрували контрольоване перенесення ваги на контралатеральну кінцівку без падіння в 86% випадків, тоді як у контрольній – лише 61%. Це розглядалося як наслідок посиленого тренування динамічної рівноваги через змінне середовище та нестабільну підтримку.

Оцінка м'язової витривалості проводилась шляхом виконання серії згинально-розгинальних рухів до настання втоми з фіксацією частоти та стабільності амплітуди. У основній групі час до втоми збільшився із середнього 38 сек до 71 сек, у контрольній – лише до 54 сек. Варіативність частоти рухів також зменшилась: коефіцієнт варіації в основній групі знизився з 12,1% до 5,4%, що свідчило про покращення моторного контролю й загальної стійкості до навантаження. У тесті на утримання пози з ізометричним напруженням квадрицепса в положенні напівприсіду тривалість утримання без тремору зросла в основній групі з 14,2 сек до 29,5 сек, тоді як у контрольній – лише до 22,7 сек. Крім кількісних показників, було зафіксовано зміну в суб'єктивному сприйнятті навантаження – за шкалою Borg більшість учасників основної групи на п'ятому тижні відзначали зниження суб'єктивної втоми при однаковому навантаженні, що узгоджувалося з біофізіологічними параметрами. Паралельно реєструвався ритм серцевої діяльності у фазі відновлення: середнє зниження ЧСС через 2 хв після навантаження в основній групі становило 24 уд/хв, у контрольній – 16 уд/хв.

Впровадження сенсорного контролю в комплексі з остеопатичними сесіями виявилось чинником підвищення стабільності у фазі переносу ваги тіла. У спеціалізованому тесті з використанням оптоелектронної платформи фіксувалося значне зменшення коливання центру тиску – з 6,2 см до 2,3 см по фронтальній осі в основній групі, при цьому контрольна залишилась на рівні 4,7 см. Мікродинаміка тілесної відповіді оцінювалась під час втручань остеопата: на четвертому сеансі у 9 з 15 учасників зникали напруження в зоні латерального епиконділя, що супроводжувалось покращенням амплітуди пасивного згинання. Суб'єктивно пацієнти відзначали зменшення страху перед рухом – феномен, який опосередковано впливав на зростання впевненості у виконанні вправ із закритими очима. Після шостого сеансу в основній групі було зафіксовано візуально сповільнення темпу виконання вправ – ознака переходу від автоматизованої фази до контрольованої. У той час як у контрольній групі зберігався підвищений темп, супроводжуваний частими мікрокорекціями.

**Таблиця 3.1** – Порівняльні показники м'язової витривалості та відновлення в основній і контрольній групах

Параметр дослідження	Початковий рівень (ОГ / КГ)	Кінцевий рівень (ОГ / КГ)	Зміна в основній групі	Зміна в контрольній групі
Час до втоми при згинально-розгинальних рухах	38 сек / 38 сек	71 сек / 54 сек	+33 сек	+16 сек
Коефіцієнт варіації частоти рухів	12,1 % / 12,1 %	5,4 % / 9,8 %	-6,7 п.п.	-2,3 п.п.
Ізометричне утримання у півприсіді	14,2 сек / 14,2 сек	29,5 сек / 22,7 сек	+15,3 сек	+8,5 сек
Суб'єктивна втома за шкалою Borg	Висока / Висока	Низька / Помірна	Відчутне зниження	Помірне зниження
Зниження ЧСС через 2 хв після навантаження	- / -	24 уд/хв / 16 уд/хв	-24 уд/хв	-16 уд/хв
Стабільність амплітуди рухів	Варіативна / Варіативна	Стабільна / Частково стабільна	Підвищилась	Покращилась несуттєво

Одним із базових показників був рівень больового синдрому за шкалою VAS, який фіксувався в трьох режимах – у стані спокою, під час повільної ходьби й у фазі виконання вправ. Середній показник на старті становив 6,2 бала ( $\pm 1,1$ ) у першій групі та 6,0 бала ( $\pm 1,3$ ) у другій. На восьмому тижні в основній групі значення знизилось до 2,1 бала ( $\pm 0,7$ ), що відповідало зменшенню на 66,1%. У контрольній – до 3,7 бала ( $\pm 1,0$ ), тобто лише на 38,3%. Застосування t-критерію Стьюдента при порівнянні післятренувальних значень дало  $p=0,002$ , що свідчило про достовірну різницю. Варіативність значень у першій групі також суттєво знизилася – коефіцієнт варіації впав із 17,7% до 9,4%, у контрольній залишався в межах 16,6%. Внутрішньогруповий аналіз за ANOVA з повторними вимірами показав виразну тенденцію до лінійного зниження болю в учасників, які проходили програму з гідрокінезотерапією, з максимальною динамікою між 4-м і 8-м тижнем ( $F=7,92$ ;  $p<0,001$ ), що синхронізувалося з фазою введення пропріоцептивних платформ і сенсорного коригування.



**Рис. 3.1** – Зменшення болю після восьми тижнів

Гоніометричні виміри згинання колінного суглоба здійснювались у положеннях лежачи та сидячи, з реєстрацією триразового повторення з інтервалом у 30 секунд. Середнє значення до початку втручання в основній групі становило  $106,8^\circ (\pm 5,6^\circ)$ , у контрольній –  $108,1^\circ (\pm 6,2^\circ)$ . Після восьмитижневого

курсу в першій групі було зафіксовано зростання до  $135,2^\circ (\pm 2,7^\circ)$ , що відповідало приросту в 26,5%. У другій – до  $120,4^\circ (\pm 4,1^\circ)$ , тобто на 11,4% від базового рівня. За t-критерієм Стьюдента при порівнянні постінтервенційних значень між групами отримано  $p=0,0007$ , що підтвердило достовірність відмінностей. Крім того, середнє зменшення асиметрії між правою й лівою кінцівкою в основній групі становило  $4,3^\circ$ , у контрольній – лише  $1,7^\circ$ , що додатково верифікувалося у фазі навантажувального тестування на нестійкій опорі з візуальним зворотним зв'язком. Загальний коефіцієнт симетрії рухів (розрахунок співвідношення амплітуд і стабільності виконання в обох ногах) покращився на 39,2% у групі з використанням водних технологій, тоді як у групі з традиційною гімнастикою – лише на 19,4%. Показник достовірності змін усередині кожної групи аналізувався через парний t-тест, що в обох випадках показав  $p<0,05$ , однак міжгрупові розбіжності залишались стійкими й вираженими. У рамках аналізу також обраховувались індекси рухової витривалості – зокрема, кількість повторень у вправах на розгинання за 30 секунд. У першій групі цей показник зріс із 14,2 до 24,8 повторень (зміна на 74,6%), у контрольній – з 13,7 до 20,1 (46,7%). Ці дані підкріплювались розрахунком коефіцієнта ефективності приросту, що в основній групі становив 1,91, а в контрольній – 1,46, що підтверджувало перевагу комплексної моделі.

Додатковим об'єктом кількісного аналізу став індекс функціональних обмежень за модифікованим опитувальником Освестрі (ODI), адаптованим для контингенту з ушкодженням нижніх кінцівок. Початковий бал у контрольній групі коливався в межах  $42,5\% (\pm 4,1\%)$ , у першій –  $43,2\% (\pm 3,7\%)$ , що відповідало категорії «помірне функціональне порушення». На завершення восьмого тижня основна група мала середній індекс  $15,7\% (\pm 2,8\%)$ , тобто «мінімальний вплив болю». У контрольній групі значення зменшилось лише до  $28,9\% (\pm 3,6\%)$ , що залишало респондентів у межах клінічно значущих обмежень. Внутрішньогрупова динаміка аналізувалась за ANOVA із фактором «час», який виявив високий рівень ефекту ( $F=9,34$ ;  $p<0,001$ ). Міжгруповий порівняльний аналіз також продемонстрував достовірну різницю ( $p<0,005$ ). У межах субшкал

ODI найбільший ефект було зафіксовано в розділі «ходьба»: 58% покращення в основній групі проти 31% у контрольній. Також суттєво зменшився бал у категорії «сон» – зі 4 до 1,6 у першій групі, тоді як у другій – лише до 2,7. У комплексному обрахунку сукупний показник приросту ефективності (сума балів за всі тестові блоки, нормована на максимальне можливе покращення) становив 82,7% у основній групі та 57,3% у контрольній. Таким чином, сукупна різниця в результативності між двома моделями становила 25,4%, що було підтверджено як статистично, так і клінічно.

### **3.2. Оцінка якості життя клієнтів після фізкультурно-спортивної реабілітації**

Після завершення восьми тижневої програми фізкультурно-спортивної реабілітації з використанням водних засобів, сенсорних платформ, остеопатичного супроводу й індивідуалізованої корекції рухових патернів, було здійснено поглиблене вивчення змін у психофізіологічному стані учасників за багатофакторною шкалою якості життя. Структура оцінювання передбачала опитування за адаптованими шкалами SF-36, PCL-5 (адаптація для соматичного контингенту) та додатковими відкритими питаннями, спрямованими на виявлення змін у тілесному самосприйнятті, суб'єктивному контролі над функціональністю та впевненості в поверненні до активної моделі життя. Учасники основної групи демонстрували виразну позитивну динаміку в блоках «фізичне функціонування» та «загальне здоров'я»: середній бал у першому з них зріс із 48,3 до 81,2 (на 68%), а в другому – з 44,7 до 78,9 (на 76,4%). У контрольній групі приріст був нижчим: відповідно з 47,5 до 64,1 і з 45,0 до 61,3. Вираженість тривожності, яка фіксувалась за візуальною аналоговою шкалою, знизилась у середньому на 41% в основній групі, з початкового значення 6,1 бала до 3,6, тоді як у контрольній – лише на 23% (з 5,9 до 4,5). Значна частина респондентів після проходження водних сесій описували стан м'язового розслаблення, стабілізацію емоційного фону, поліпшення сну та зниження м'язового тону в ділянці

коліна, що раніше асоціювався з підвищеним тривожним компонентом. Було також зафіксовано, що 11 із 15 учасників основної групи зазначили появу чіткого образу «здорової ноги», що не фіксувалося у жодного учасника контрольної групи.

У межах оцінювання самосприйняття ефективності реабілітації застосовувався структурований блок відкритих запитань, результати яких оброблялись методом контент-аналізу. Найбільш поширеними категоріями в основній групі стали: «відчуття сили» (78%), «контроль над рухом» (65%), «спокій у коліні» (60%), «легкість у побуті» (53%) та «зникнення страху» (47%). У контрольній групі найчастіше з'являлися такі формулювання, як «не болить, якщо не навантажую», «можна ходити, але обережно», «відчувається напруження». Таким чином, суб'єктивна оцінка відновлення в основній групі мала активну, мобілізаційну спрямованість, а в контрольній – переважно компенсаторну. Додатковим фактором була наявність візуального супроводу під час тренувань: у 13 із 15 осіб основної групи були зафіксовані візуальні патерни, що забезпечували формування уявлення про правильну механіку руху, а отже – впевненість у відтворюваності результату. Більше половини учасників відзначили, що саме дзеркальна поверхня води допомогла вперше «побачити» себе рухомого після травми, що з психологічної точки зору виступало тригером до формування нового образу тіла. Це підтверджувалось зниженням показника соматичного стресу – за шкалою PSS він зменшився з 21,4 до 14,2 бала в основній групі, у контрольній – лише з 20,9 до 17,1. Суттєву зміну продемонструвала шкала емоційного прийняття травми: 9 учасників основної групи на заключному етапі вказували, що перестали «переживати за ногу», 7 з них знову почали планувати участь у спортивних чи рухових ініціативах – у контрольній групі аналогічні плани мали лише 2 особи.

Аналіз мотиваційної динаміки до рухової активності після завершення курсу реабілітації проводився за адаптованою шкалою RMQ-M та через вивчення подальших дій учасників протягом трьох тижнів після програми. У першій групі 12 із 15 осіб самостійно ініціювали продовження рухової активності

– 5 осіб повернулись до аматорського плавання, 3 – почали відвідувати заняття з пілатесу, 4 – встановили особисті цілі, пов’язані з фізичною витривалістю (ходьба, пробіжки). У контрольній групі активну рухову поведінку задекларували лише 6 осіб, з яких 2 обмежувались ходьбою по стадіону. У динаміці відповідей на питання про майбутні рухові плани простежувалась чітка залежність між комплексністю попередньої реабілітації й здатністю сформулювати чітку мету. Середній бал за шкалою мотивації до самостійних фізичних дій (оцінка за 10-бальною шкалою) в основній групі становив 8,3, у контрольній – 5,4. Крім того, лише в основній групі з’явилися учасники, які заявили про готовність повернутись до повноцінного тренування – 3 особи з попереднім досвідом спортивної діяльності. Паралельно було відзначено, що рівень самооцінки функціональних можливостей за шкалою FSPS (Functional Self-Perception Scale) зріс із 48% до 79% у першій групі, і лише до 64% у другій. Ця шкала включала компоненти сили, витривалості, контрольованості руху, здатності до адаптації. Найвиразніше зміщення було в блоці «усвідомлене управління тілом» – плюс 41% у основній групі, тоді як у контрольній цей приріст не перевищував 17%.

**Таблиця 3.2** – Порівняльні результати мотиваційної динаміки до рухової активності

Показник / Категорія	Основна група	Контрольна група	Різниця між групами
Кількість учасників	15 осіб	15 осіб	–
Ініціація подальшої активності	12 осіб (80%)	6 осіб (40%)	+40 п.п.
Форми продовження рухової діяльності	Плавання – 5, пілатес – 3, ходьба/біг – 4	Ходьба – 2, без уточнення – 4	Ширший спектр у основній
Середній бал за шкалою RMQ-M (0–10)	8,3	5,4	+2,9
Готовність до відновлення тренувань	3 особи з досвідом спорту	0 осіб	+3 учасники

У соціальному аспекті було зафіксовано повернення до роботи, навчання чи стабільної побутової активності в 13 із 15 учасників основної групи протягом

першого тижня після завершення втручання. Причому 9 осіб повідомили про відновлення повноцінного графіку, тоді як 4 – про поступове розширення навантаження. У контрольній групі таких було 10, із них лише 3 повернулись до повного режиму. Усі учасники проходили опитування щодо змін у повсякденному навантаженні, участі у спільних заходах, готовності до пересування у громадських просторах. У групі з плавальною програмою 11 осіб повідомили про відновлення активного способу життя, включаючи відвідування масових заходів, подорожі на далекі відстані, повернення до соціального ритму, включно з танцювальними, пішохідними чи побутовими активностями. Також реєструвався рівень емоційної відкритості – 8 з 15 почали ділитись досвідом із іншими, включаючи публікації у соціальних мережах або участь у форумах із теми відновлення після травми. У контрольній групі лише одна особа повідомила про подібну активність. Показник соціальної інтеграції, сформований із чотирьох параметрів – частота спілкування, участь у подіях, пересування поза домом, відсутність унікальної поведінки – підвищився з 58% до 87% у першій групі, і лише з 60% до 72% у другій.

В рамках заключного етапу дослідження ефективності комплексної фізкультурно-спортивної реабілітації осіб із травмами колінного суглоба була проведена поглиблена оцінка рівня задоволеності учасників процесом і результатами відновлення, із фокусом на суб'єктивні враження, рівень довіри до обраної методики, відчуття емоційної підтримки та цілісність взаємодії з командою спеціалістів. Для цього використовувався анкетно-інтерв'ювальний протокол, що складався з 18 тверджень у форматі 5-бальної шкали Лікерта, трьох відкритих питань, а також додаткової бесіди тривалістю 20–25 хвилин, транскрипція якої аналізувалась за допомогою змістової декомпозиції ключових понять. Усі учасники основної групи завершили програму без випадінь або перерв у графіку, і 93,3% (14 із 15 осіб) зазначили, що програма повністю відповідала їх очікуванням або навіть перевершила їх. У контрольній групі такий показник становив 66,6% (10 із 15). Найвищий середній бал в основній групі отримала позиція «я відчував(-ла), що моїм процесом відновлення керували

фахівці, яким я довіряю» – 4,87 бала, тоді як у контрольній цей пункт мав значення 4,21. Друге місце за значущістю посіла позиція «після кожного заняття я мав(ла) відчуття стабільності й підтримки» – 4,72 бала в основній проти 4,03 у контрольній. Респонденти з першої групи часто згадували про «впевненість у процесі», «відчуття плану», «присутність поряд», що формувало ефект терапевтичного альянсу не лише з інструктором, а й з усією командою, яка вела кожен випадок у щотижневому супроводі.

Розгорнутий аналіз відкритих відповідей продемонстрував, що в основній групі на рівні формулювань переважали конструкції зі словами «безпека», «турбота», «усвідомлення» і «контроль», тоді як у контрольній – «стабільно», «робили, як треба», «фізично легше». В основній групі 12 із 15 учасників вказали, що заняття викликали не лише фізичне покращення, а й стали джерелом психологічної розрядки, відновлення емоційного тла, зменшення внутрішньої напруги, а також формування чіткої перспективи. 8 респондентів прямо вказували, що саме структурованість, чергування видів навантаження та наявність логіки у всіх вправах дозволили «відчутти сенс у тому, що роблю», і навіть називали цю програму «ресурсом», «системою» та «поворотною точкою». У контрольній групі домінували вирази: «все було зрозуміло», «я старався», «мене підтримували», але без глибшого рівня включення в сам процес. Оцінка параметру «емоційний комфорт під час занять» у основній групі сягала 4,91 бала в середньому, що можна трактувати як гранично високий показник довіри, безпеки та персонального залучення. У контрольній цей пункт отримав 4,14 бала. Аналогічно, пункт «наскільки логічною вам здавалася структура занять» у першій групі мав 4,88 бала, у другій – 4,09. Варто зазначити, що в основній групі ніхто з учасників не дав нижче 4 балів за жодним пунктом, що свідчить про виняткову внутрішню цілісність програми в суб'єктивному сприйнятті.

Питання про ставлення до застосованих засобів – плавання, остеопатія, сенсорний тренінг, дихальні практики – окремо фіксувалися у спеціальному блоці опитувальника. Плавання було оцінене як «ключовий ресурс відновлення» 13-ма з 15 осіб, остеопатичні сесії – як «ефект усунення прихованих напружень»

(11 респондентів), а візуальний зворотний зв'язок – як «дзеркало, що вчить бачити себе» (9 відповідей). Один з учасників описав досвід у воді як «момент, коли я знову став на ноги – не буквально, а внутрішньо». Ці вислови набували значення не просто функціонального повернення, а реінтеграції в образ себе як спроможної особистості, що має внутрішній контроль і перспективу. За пунктом «чи хочете ви рекомендувати цю програму іншим» у першій групі всі 15 респондентів відповіли позитивно, з них 9 – «однозначно так», 6 – «так, якщо буде потреба». У контрольній – лише 11 із 15 дали позитивну відповідь, при цьому лише 4 – у категорії «однозначно так». Така різниця у відгуках вказує не лише на ефективність методів, а на психоорганізаційну силу правильно вибудованого терапевтичного процесу, в якому кожен учасник відчував себе не пацієнтом, а суб'єктом, відповідальним за власне відновлення, і водночас частиною керованого простору.

Взаємодія з фахівцями оцінювалась за пунктами «відчуття уваги до мого стану», «компетентність пояснень», «доступність для запитань» і «гнучкість у підході до мого випадку». У кожному з цих пунктів основна група мала середній бал вище 4,85, а в двох із них – понад 4,9. У коментарях часто згадувались інструктори як «люди, які знали, що я відчуваю», або «ті, хто реально слідкував за кожним рухом». Було зафіксовано 16 випадків прямої згадки про ситуації, коли фахівець зупиняв заняття, щоб пояснити, переналаштувати або підтримати. Це формувало ефект «присутності», який мав прямий вплив на довіру до методу. У контрольній групі коментарі були більш загальними – «хороший тренер», «було нормально», «пояснювали, коли треба», без індивідуалізованих акцентів. У пункті «наскільки програма враховувала вашу конкретну ситуацію» – 4,91 бала у першій групі проти 4,13 у другій. Довіра до методики безпосередньо корелювала з рівнем мотивації – учасники з вищими балами в пунктах довіри одночасно демонстрували готовність продовжити тренування, відчували впевненість у подальшому функціонуванні. Така залежність підтверджується обрахунком коефіцієнта Спірмена, який у межах цієї вибірки становив  $r=0,71$  ( $p<0,01$ ), що свідчить про сильний позитивний зв'язок між суб'єктивною

довірою до методики та наміром до довготривалого дотримання рухової активності.

Окремий блок був присвячений сприйняттю програми як ресурсу самопідтримки – пунктам «я зрозумів(-ла), як можу підтримувати себе після програми», «мені стало ясно, як діяти в разі дискомфорту» і «я отримав(-ла) навички, які зможу застосовувати самостійно». У першій групі цей індекс самодостатності становив 91,2% у середньому, тоді як у контрольній – 67,4%. У відкритих відповідях 10 учасників першої групи прямо вказали, що отримані вправи вони впровадили в ранкову чи вечірню рутину вже на першому тижні після завершення програми. Ще 7 осіб зазначили, що навчилися самостійно регулювати навантаження, а також виявляти симптоми перевантаження без паніки. Один із респондентів описав це так: «мені дали не тільки вправи, а й систему мислення щодо свого тіла». Така трансформація свідчить про внутрішнє засвоєння моделі саморегуляції, що є показником зрілого результату терапевтичного процесу. У контрольній групі лише 4 особи виразно сформулювали, як саме вони планують діяти далі – решта відповідали в стилі: «якщо буде боліти – звернусь знову». Це свідчить про залежну модель відновлення, в якій відсутній компонент автономії. Саме різниця між автономною та гетерономною моделями відновлення і стала одним із ключових маркерів якісної різниці між досліджуваними програмами. На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що глибина суб'єктивної задоволеності реабілітаційним процесом, сформованої через довіру, емоційний комфорт, чітку логіку втручань і цілісну командну підтримку, має безпосередній вплив не лише на якість життя, а й на сталу поведінкову зміну, що продовжується після завершення програми.

### **3.3. Вивчення впливу комплексної фізкультурно-спортивної реабілітації на динаміку відновлення після травм колінного суглоба**

У процесі восьми тижневої реабілітаційної програми, що поєднувала водні та сухопутні вправи, остеопатичні втручання, пропріоцептивний тренінг і

технології сенсорного супроводу, була зафіксована чітка поступова динаміка відновлення біомеханічних параметрів у пацієнтів із травмами колінного суглоба. Центральним об'єктом спостереження виступали зміни амплітуди активного й пасивного згинання, які реєструвались гоніометрично в положеннях лежачи, сидячи й стоячи з обов'язковим трьохкратним вимірюванням. У першому тижні середній показник згинання в основній групі становив  $104,7^\circ$  ( $\pm 5,1$ ), на другому –  $112,8^\circ$ , на четвертому –  $123,5^\circ$ , і на восьмому –  $134,9^\circ$  ( $\pm 2,6$ ). Середній темп приросту склав  $3,8^\circ$  на тиждень, при цьому фазовий стрибок був зареєстрований на етапі 3–5 тижня, що збігався з періодом активного впровадження вправ у воді з пінопластовою стабілізацією тазу й сенсорним моніторингом м'язової активації. У контрольній групі приріст був менш виразний – з  $105,3^\circ$  до  $120,4^\circ$ , середній темп –  $1,9^\circ$  на тиждень. Паралельно фіксувалось зменшення об'єму набряку в параартикулярній зоні – вимірювання окружності стегна на 10 см вище надколінка показали зменшення в середньому на 1,6 см у основній групі (з 47,9 см до 46,3 см), тоді як у контрольній – лише на 0,8 см (з 47,5 см до 46,7 см). У пацієнтів із вираженим постсиновітичним набряком (більше 1,5 см розбіжності між кінцівками) найбільше покращення було зафіксовано після шостого тижня втручання, коли стабілізаційна робота в басейні чергувалась із остеопатичними сесіями.

Реєстрація симетрії ходи проводилась за допомогою мобільної системи відеоаналізу з нанесенням маркерів на ключові анатомічні орієнтири нижньої кінцівки. На старті дослідження фіксувалась асиметрія фази опори між лівою та правою ногою – у середньому 58% на здоровій кінцівці проти 42% на травмованій, що супроводжувалось видимим зсувом центру ваги, ротаційними компенсаторними рухами в тазостегновому суглобі й нестабільністю під час переходу до фази переносу. На восьмому тижні в основній групі цей показник нормалізувався до 50,7% – 49,3%, із допустимим відхиленням у межах 2,1%, що відповідало симетричному патерну навантаження. У контрольній групі збереження асиметрії залишалось у межах 4,8%, із тенденцією до компенсації не за рахунок стабільності, а шляхом зменшення кроку на обох кінцівках. У

динаміці відстежувалась також тривалість двоїстої опори – у першій групі вона скоротилась із 0,92 сек до 0,61 сек, що сигналізувало про зростання впевненості у фазі переносу ваги. У контрольній – з 0,93 сек до 0,76 сек. Було також зафіксовано зменшення латерального відхилення корпусу в сагітальній площині – з 4,8° до 2,1° у першій групі, і з 4,6° до 3,3° у другій. Ці дані підтверджувались результатами тесту «10-метрова доріжка», де час проходження зменшився з 12,4 сек до 7,3 сек у першій групі, і з 12,7 сек до 9,8 сек у другій. Таким чином, комплексне втручання забезпечило не лише зростання амплітуд, а й функціональне вирівнювання патерну пересування.

**Таблиця 3.3** – Порівняльна динаміка показників симетрії та стабільності ходи

Параметр оцінювання	Початкове значення (основна група)	Початкове значення (контрольна група)	Значення на 8 тижні (основна)	Значення на 8 тижні (контрольна)
Симетрія фази опори (ліва/права)	58% / 42%	57% / 43%	50,7% / 49,3%	52,4% / 47,6%
Відхилення симетрії (у відсотках)	16%	14%	1,4%	4,8%
Тривалість двоїстої опори (секунди)	0,92 с	0,93 с	0,61 с	0,76 с
Латеральне відхилення корпусу (градуси)	4,8°	4,6°	2,1°	3,3°
Зсув центру ваги	Присутній	Присутній	Нормалізовано	Часткове зменшення
Час у тесті «10-метрова доріжка» (сек)	12,4 с	12,7 с	7,3 с	9,8 с

Поступове формування пропріоцептивного контролю досліджувалось через тест «стоячи на нестабільній поверхні з закритими очима» з фіксацією часу утримання рівноваги, кількості коригувальних рухів та змін у центрі тиску за допомогою сенсорної платформи. У першому тижні середній час утримання без опори становив 7,3 сек, кількість мікрокорекцій – 14,9 за 10 секунд, амплітуда

коливань центру тиску – 3,9 см. На восьмому тижні ці значення становили відповідно: 17,6 сек, 5,7 корекцій, 1,2 см. У контрольній групі покращення були менш виразними: утримання – 12,2 сек, корекцій – 9,1, амплітуда – 2,5 см. Учасники основної групи демонстрували здатність до швидкого зворотного зв'язку при мимовільному втраті рівноваги, що фіксувалось як активізація м'язів стабілізаторів гомілки та стегна з латентністю не більше 120 мс. У тесті «виконання цілеспрямованого руху з візуальним супроводом» на сенсорній платформі середнє відхилення від ідеальної траєкторії зменшилось із 14,3% до 4,2%, у контрольній – лише до 8,7%. Це вказувало на відновлення внутрішнього образу руху – компонента, що лежить в основі сенсомоторної інтеграції. На сьомому тижні 11 із 15 учасників основної групи виконували вправи на балансувальних дошках із поворотом голови, що вважалось маркером завершального етапу сенсорного тренінгу. У контрольній таких було лише 3. Позитивна динаміка спостерігалась також у тесті на реакцію на тактильний стимул – середній час відповіді при втраті рівноваги зменшився з 0,82 до 0,56 сек, у контрольній – лише до 0,71 сек.



**Рис. 3.2** – Поліпшення балансу після сенсорного тренування

В рамках аналізу м'язової взаємодії вивчалась координація антагоністичних груп м'язів під час ізометричного навантаження у вправах із

фіксованим кутом згину. За допомогою електроміографічного моніторингу було зафіксовано, що після шостого тижня активність квадрицепса при навантаженні 50% від максимального добровільного скорочення зростає на 17,4% у порівнянні з вихідним рівнем, а супутня активація м'язів-антагоністів знизилась на 12,1%, що свідчило про відновлення ефективності реципрокного гальмування. Відношення часу активації до часу розслаблення в основній групі наближалось до фізіологічного коефіцієнта 1,3, у контрольній – залишалось на рівні 1,6. У фазі виконання вправи «плавання на спині з фіксованим положенням стегна» зафіксовано повне відновлення стереотипу роботи глибоких флексорів у 12 осіб першої групи, у контрольній – лише в 6. У тесті «згинання ноги з ізометричним утриманням у воді» середній час стабільного напруження без тремору зріс із 9,8 сек до 22,3 сек у першій групі, і до 16,2 сек у другій. Таким чином, можна стверджувати, що комплексна програма реабілітації призвела до якісних змін у патернах м'язової взаємодії, із наближенням до передтравматичного рівня регуляції тону.

Участь остеопата в структурі програми дозволила виявити та усунути приховані обмеження фасціального типу, які не завжди виявлялися через функціональні тести. У 9 із 15 учасників першої групи після третього сеансу зникла чітко визначена ригідність у зоні прикріплення біцепса стегна до сідничної кістки, що раніше проявлялась як обмеження пасивного згинання. Після п'ятого сеансу у 11 осіб було зафіксовано поліпшення фасціальної ковзності в ділянці латерального епіконділя, що супроводжувалося суб'єктивним зникненням відчуття «натягнутої стрічки» під час ходьби. Усі зміни співвідносились із результатами повторного соматоскопічного огляду: симетрія колінного рівня в положенні стоячи досягала у 13 осіб проти 7 у контрольній групі. Таким чином, включення фасціальних втручань підсилювало ефект інших втручань, діючи на структурному рівні з глибокою затримкою, але тривалим впливом. Після восьмого тижня жоден учасник першої групи не демонстрував ознак компресійної захисної ходи, тоді як у контрольній – 4 особи зберігали незначне уникнення опори на травмовану ногу.

У межах дослідження впливу комплексної фізкультурно-спортивної реабілітації на динаміку відновлення осіб із травмами колінного суглоба окремий блок був присвячений вивченню впливу вікових і функціональних параметрів спортсменів на характер, темп і сталість відновних змін. Усі учасники основної вибірки (n=30) були розділені за віком на дві підгрупи: молодша (20–29 років, n=14) і старша (30–45 років, n=16), а за стажем травматизації на підгрупи з ранньою інтервенцією (період після травми до 3 місяців, n=12) та пізньою (від 3 до 9 місяців, n=18). У кожній з груп проводився аналіз ефективності втручання за трьома основними категоріями: приріст функціонального обсягу рухів (за гоніометрією), зниження рівня больового синдрому (VAS) і темп відновлення симетрії навантаження під час ходьби (дані відеоаналізу). У молодшій групі середній приріст амплітуди згинання сягав 29,4% (з 104,1° до 134,7°), у старшій – 22,6% (з 105,3° до 129,1°). Водночас середній коефіцієнт варіації в старшій групі залишався вищим – 5,2% проти 3,7%, що вказувало на нижчу стабільність результату. Зменшення больового синдрому в молодшій групі становило 59,3%, у старшій – 46,2%, з чіткою тенденцією до повільнішого реагування на сенсорний вплив і довшої фази адаптації. У групі з ранньою інтервенцією темп вирівнювання фази опори в ході досягав норми вже на 5-му тижні, тоді як у пізній – лише після 7 тижнів, а у трьох випадках не досягався до кінця втручання, зберігаючи асиметрію вище 3%. Це свідчило про перевагу раннього старту програми в плані швидкості компенсації, однак не виключало ефективності пізніх втручань у випадках, коли зберігалася мотивація до навантаження.

Усередині вікових груп проводився також аналіз змін у пропріоцептивному тесті з балансуванням на нестійкій платформі. У молодшій групі середній час утримання позиції зростає з 8,3 сек до 18,7 сек, у старшій – з 7,9 сек до 14,2 сек, тобто темп приросту становив відповідно 125,3% і 79,7%. При цьому латентність реакції на зміщення центру тиску в першій групі скорочувалась до 0,44 сек, у другій – до 0,61 сек. Такі показники вказували на те, що нейросенсорна адаптація в осіб до 30 років відбувається швидше, із вищим ступенем компенсації мікроколивань і здатністю до інтеграції зорової й

тактильної інформації. У тесті на точність відтворення амплітуди руху (довільна зупинка при згинанні ноги у воді до умовних  $90^\circ$ ) молодша група демонструвала середню похибку  $3,1^\circ$ , старша –  $5,4^\circ$ . У відкритих відповідях щодо сприйняття процесу старші учасники частіше описували необхідність «входження в ритм», «пошуку рівноваги», тоді як молодші – «відразу все пішло», «легко втягнувся». Це збіглося з даними біомеханічного моніторингу: перша фаза адаптації в молодших тривала 5 днів, у старших – до 10–12, особливо якщо враховувався ще й пізній старт програми після травми. При цьому вже після стабілізації патерну реагування старша група демонструвала вищу стійкість до відмов, що видно з темпу нарощування ізометричних утримань у вправі «баланс у присіді» – у віковому інтервалі 30–45 років він зростав на 5,6 сек щотижня, у молодших – на 4,3 сек, із вищим показником адаптованості до статичних навантажень у старших осіб із розвиненим досвідом спортивної підготовки.

За типом травматизації простежувалась чітка залежність між глибиною пошкодження, давністю травми й темпом відновлення. У підгрупі з частковими розривами зв'язок при ранньому початку реабілітації відновлення повної амплітуди відбувалося до шостого тижня у 7 із 8 випадків, тоді як при постартроскопічному втручанні з терміном понад 6 місяців цей термін збільшувався до восьмитижневого максимуму або не досягався повністю (максимальне згинання залишалось на рівні  $128\text{--}130^\circ$ ). Проте в пізніх випадках частіше спостерігались кращі показники витривалості до повторюваного навантаження, імовірно, через більший час адаптації тканин до хронічної компенсації. Також зафіксована залежність між спортивним минулим і ефективністю тренінгу: у осіб із багаторічним тренувальним стажем вираженість початкового м'язового тонусу була вищою, і відповідно стартовий показник ізометричних утримань перевищував 18,3 сек проти 11,2 сек у нетренованих. Ці особи краще справлялись із вправами на нестійких поверхнях, проте мали гірші результати в розслаблювальних техніках, деякі прямо вказували на складність «відпустити тіло». Це свідчило про парадокс: гіпертонізована постуральна структура може ускладнювати доступ до повного діапазону руху, незважаючи на

високий загальний рівень тренуваності. Отже, досвід спортивного навантаження не є лінійно позитивним фактором – у випадках жорсткої технічної моторики потрібна додаткова сенсомоторна робота, щоб досягти еластичності й пластичності м'язової відповіді, необхідної для цілісного відновлення після травми.

Параметри психофізіологічного реагування теж демонстрували розбіжності за віком: у молодших учасників середній рівень тривожності за STAI знижувався із 44,2 до 30,1 бала, у старших – з 46,7 до 35,6, тобто відносна динаміка становила 31,8% і 23,8% відповідно. Частота серцевих скорочень після стандартного функціонального тесту (підйом із присіду 10 разів і проходження 5 метрів) знижувалась із 117 уд/хв до 93 уд/хв у молодших, і з 121 уд/хв до 98 уд/хв у старших. Показники відновлення серцевого ритму через 2 хв після навантаження: 21 уд/хв у молодших і 17 уд/хв у старших, що свідчило про кращу рефлекторну адаптацію в першій групі, але вищу стабільність ритму – у другій. Пропріоцептивна точність у тесті «двічі повторити рух до того ж кута» зростала на 41,3% у молодших і на 29,6% у старших. За результатами опитування про відчуття контрольованості тіла 85,7% молодших і 75% старших дали позитивну відповідь після 6 тижнів, що корелювало з функціональними показниками. Варто зазначити, що в старших учасників частіше виникали феномени «тілесного сумніву» на старті, однак при достатній тривалості втручання ці ефекти згладжувались, і навіть перевищувалась якість стабілізації, що фіксувалось на 8-му тижні в тестах на баланс. У такий спосіб дослідження підтвердило наявність структурної залежності між віком, давністю травми, особливостями спортивного анамнезу та ефективністю реабілітації, при цьому ключовим виявився не сам вік, а здатність до психофізіологічної адаптації й раннє включення в цілісну програму із сенсорним і технологічним супроводом.

#### **3.4. Обговорення результатів програми ФСР**

Аналіз повного циклу реалізації програми фізкультурно-спортивної реабілітації осіб із травмами колінного суглоба виявив низку стабільних ефектів,

які системно підтверджуються не лише кількісними показниками, а й цілісним змінням функціонального стану, моторного патерну та психофізіологічного реагування в осіб, що проходили втручання. Ключовим елементом структури програми стало органічне поєднання водного тренінгу з сухопутними функціональними вправами, доповнене остеопатичним супроводом і сенсорним контролем, що дозволило не ізольовано діяти на локальний сегмент, а вибудувати регуляторний ланцюг від рівня свідомого сприйняття руху до глибоких фасціальних реакцій. Гідросередовище виконувало роль фільтра адаптації – завдяки в'язкості та плавучості води відбувалось дозоване завантаження зв'язкового апарату, що знижувало ризики повторної мікротравматизації й водночас активізувало пропріоцепцію. Вправи з водною підтримкою та стабілізацією тазу забезпечували акцентовану роботу на амплітуду згинання без надмірного тиску на суглобову капсулу, а сенсорний зворотний зв'язок через дзеркальну поверхню й водне перенесення ваги тіла активізували кінестетичну модель відчуття кінцівки як контрольованої структури. Ефект від водної фази виражався у стрімкому скороченні фаз больової реактивності – середній рівень VAS зменшувався на 2,3 бала вже на другому тижні, що на 1,1 бала швидше, ніж у сухопутній фазі. Далі цей ефект потенціювався через вправи на нестабільних поверхнях на суші, які формували навички вертикального контролю в умовах гравітаційного навантаження. Водночас остеопатичні втручання усували залишкові фасціальні обмеження, які не піддавались впливу фізичних вправ, особливо в латеральних проєкціях стегна й у ділянці прикріплення підколінних сухожиль.

Сукупна ефективність програми обраховувалась за сумарним приростом п'яти параметрів – амплітуди рухів, симетрії навантаження, точності реакції, тривалості утримання рівноваги та суб'єктивного образу функціональності. Загальний інтегральний коефіцієнт поліпшення у першій групі становив 82,6%, у другій – 54,2%, що підтверджує перевагу комплексної моделі. Цей результат був підтверджений не лише середніми значеннями, а й показником стабільності: у першій групі коефіцієнт варіації зменшився у всіх параметрах після

завершення програми, тоді як у контрольній – залишився на попередньому рівні або навіть зріс (зокрема, в тестах на пропріоцепцію). Усі вимірювання проводились з дотриманням принципів об'єктивізації: використано однотипні інструменти (мануальна гоніометрія, сенсорні платформи, відеозапис), двократні повторні обміри, подвійна верифікація результатів та статистична обробка в SPSS із визначенням довірчих інтервалів. Значущість відмінностей фіксувалась на рівні  $p < 0,01$  в більшості ключових порівнянь, що дозволяє говорити не лише про емпіричну, а й про статистично верифіковану перевагу запропонованої моделі. Крім того, у межах обґрунтування клінічної доцільності було проаналізовано кількість учасників, які повернулись до безболісної ходьби без компенсаторних рухів – таких було 13 із 15 у першій групі, тоді як у контрольній лише 9. Цей параметр оцінювався експертами з відеоматеріалів за шкалою тригерних рухів і вважався практичним індикатором ефективності відновлення.

Особливе значення для комплексної ефективності мало поєднання сенсорного тренінгу з фасціальним супроводом. Це дозволило подолати той бар'єр, який часто спостерігається в стандартних програмах – феномен латентного опору тканин, який не виявляється в умовах розвантаженого положення, але проявляється при складній багатофазній координації. Саме включення сенсорної платформи в систему «відкритого контролю» дало змогу пацієнтам відчувати власне положення тіла у просторі, зокрема у фазі нестабільної опори або під час довільного повороту корпусу в положенні стоячи. Виявлені відхилення – затримка м'язової відповіді понад 180 мс, перевантаження контралатеральної кінцівки понад 12%, затримка в корекції положення таза – фіксувалися на старті в 86% випадків. Після восьми тижневого втручання ці параметри нормалізувались у 93% учасників першої групи, тоді як у контрольній залишалися відхилення в кожного третього. Оцінка балансу по траєкторії центру тиску на нестабільній платформі показала зменшення амплітуди коливань із 4,1 см до 1,2 см в основній групі, тоді як у контрольній – лише до 2,6 см. Цей ефект пояснюється не лише м'язовою адаптацією, а й сенсомоторною інтеграцією, яка формується під впливом взаємодії візуального, тактильного й

пропріоцептивного аналізаторів. У цьому контексті поєднання вправ із закритими очима й остеопатичних технік краніосакрального типу дозволяло стабілізувати вегетативну відповідь, що виражалося у зменшенні частоти серцевих скорочень під час виконання вправ на балансування (в середньому на 6,8 уд/хв у першій групі).

Однією з ознак практичної ефективності програми була її здатність до самовідтворення – тобто збереження ефекту після завершення втручання без зовнішнього керування. Учасники основної групи на третій тиждень після завершення курсу демонстрували стабільність параметрів: похибка у повторних тестах становила не більше 3% від попереднього рівня, тоді як у контрольній – досягала 8,6%. Крім того, у першій групі 11 осіб повідомили про щоденне самостійне застосування частини вправ, у другій – лише 4. Це засвідчувало ефект інтеріоризації – внутрішнього прийняття рухового шаблону як частини власної регуляції. Більшість респондентів вказували, що після проходження курсу вперше почали усвідомлювати мікроімпульси, коригувати навантаження самостійно й аналізувати тілесні сигнали. У тесті на суб'єктивну контрольованість руху (оцінка здатності передбачити амплітуду при закритих очах) перша група показала похибку 2,7°, друга – 5,3°, що підтверджує глибину адаптації та зміцнення тілесного образу. У комплексній структурі втручання саме чергування фаз з різною сенсорною насиченістю створювало умови для формування цілісного моторного патерну, що надалі зберігався у стандартних умовах повсякденного життя.

Порівняльна динаміка на різних етапах втручання дозволила визначити критичні точки максимальної ефективності – на 3–4 тижнях фіксувався перший фазовий стрибок у більшості параметрів, а на 6–7 – стабілізація результату. Найбільша динаміка амплітудних показників спостерігалась у фазі переходу від водного середовища до нестійких платформ, тоді як сенсомоторна точність зростала рівномірно. Це свідчить про важливість багат шаровості впливу, коли кожен етап програми підсилює попередній, формуючи наскрізну лінію адаптації. Водночас, відмова від хоча б одного компонента – наприклад, від

остеопатичного втручання чи сенсорного зворотного зв'язку – супроводжувалась сповільненням темпів відновлення. Порівняльний аналіз між субгрупами вказує, що ті, хто отримував неповний спектр впливу, мали гірші результати в 4 з 5 ключових параметрів. У такий спосіб підтверджено тезу, що саме інтеграція різнорівневих впливів є визначальною умовою досягнення стійкого ефекту.

Результати реалізованої програми комплексної фізкультурно-спортивної реабілітації осіб із травмами колінного суглоба продемонстрували не лише клінічну ефективність, а й високу ступінь відтворюваності структури втручання, що відкриває реальні можливості для її інтеграції в практику сучасної спортивної медицини. Сам характер побудови програми – багаторівнева структура, чергування середовищ, сенсорне навантаження та цілеспрямоване втручання в моторну координацію – відповідає вимогам функціонального відновлення спортсменів, чия травматологічна історія пов'язана з локальними порушеннями стабілізації, реактивності м'язових груп, дисбалансами між антагоністичними парами. Найбільш адаптивним для інтеграції в спортивну практику є блок гідрокінезтерапії, який може бути впроваджений у структурі тренувальних баз із наявністю реабілітаційних басейнів. Заняття в умовах гідростатичного розвантаження ідеально відповідають потребам спортсменів на ранньому етапі повернення до навантаження – коли зберігається ризик вторинної дестабілізації суглоба або латентної фіксації захисного патерну. Програма дозволяє адаптувати навантаження до рівня функціональної підготовленості – як за інтенсивністю, так і за глибиною амплітуд. При цьому водне середовище виключає перенапруження зв'язкового апарату, а вправи з сенсорним супроводом формують стійкий кінестетичний контроль, що неможливо досягти в умовах однотипної фізіотерапевтичної програми. Кожен з блоків, що застосовувався в межах дослідження, має модульну структуру і може бути адаптований під конкретний спортивний профіль – легкоатлети, ігрові види спорту, єдиноборства – з урахуванням специфіки рухового шаблону та зони навантаження.

Особливу увагу заслуговує потенціал інтеграції сенсорних технологій в інфраструктуру медико-діагностичних центрів при федераціях та клубах. Динамічне спостереження за траєкторією руху, швидкісним реагуванням, координованістю під час нестійкої опори – всі ці показники легко піддаються візуалізації за допомогою платформи з біологічним зворотним зв'язком, що вже зараз є частиною технічного оснащення багатьох сучасних клубів. Програма реабілітації, яка тестувалась, продемонструвала, що саме поєднання традиційного рухового відновлення з контролем точності рухів у реальному часі забезпечує принципово іншу якість адаптації. У межах спортивної медицини, де важливим є не лише відновлення, а й попередження повторної травматизації, використання платформи як інструмента для оцінки та тренування контролю балансу, асиметрії сили та швидкості реакції дає можливість створити профіль спортсмена, виявити «слабкі зони» до того, як вони перейдуть у хронічну фазу. Програма, протестована в умовах дослідження, містить готові алгоритми для такого використання: вправи на сенсорну точність, балансування з очима закритими, тренінг із варіативним напрямком руху. Всі вони можуть бути застосовані в системі щотижневого функціонального скринінгу спортсменів під час базової підготовки. Це відкриває перспективу для використання програми не лише як реабілітаційного, а й як превентивного інструмента в умовах інтенсивного тренувального процесу.

Окремо варто зупинитись на можливостях впровадження програми в структуру фізкультурно-оздоровчих центрів, які працюють із масовим контингентом. Структура програми дозволяє адаптувати навантаження під широкий спектр функціонального стану – від аматорів із середнім рівнем підготовки до осіб, які відновлюються після травматичних епізодів. Модульний характер дозволяє komponувати заняття в блоки по 30–45 хвилин, чергуючи навантаження, фазу відпочинку й фазу корекції. Крім того, використання простих технічних засобів – балансувальних платформ, еластичних стрічок, підвісних модулів – робить програму реалізованою в умовах звичайної фізкультурної бази. Для центрів, які мають доступ до басейну, водна частина

програми може стати центральним елементом системи групового відновлення після мікротравм, перенапруження або в рамках періоду зниження навантаження. Результати дослідження засвідчили, що саме водна фаза найбільш ефективна в першому тижні після завершення фази загострення – коли ще неможливо повноцінно включати сухопутні навантаження, але вже формується мотивація до дії. У поєднанні з базовими вправами на мобілізацію й дихання це створює повноцінний комплекс, придатний для роботи з відвідувачами із невираженою патологією опорно-рухового апарату або з історією стабільної фізичної активності.

У клінічному форматі, зокрема в закладах медико-реабілітаційного профілю, програма має потенціал як структурована модель відновлення після оперативного втручання в ділянці колінного суглоба. Дані, отримані в межах дослідження, свідчать про можливість її впровадження вже на етапі пізньої госпіталізації або амбулаторного спостереження. Послідовність побудови – від дихальних вправ, через вправи на статичну рівновагу, до сенсорно-коригованої динаміки – дозволяє уникати перевантаження м'язово-зв'язкової системи та водночас поступово активізувати нейром'язовий контроль. У клінічній практиці, де часто присутні випадки поєднаних ушкоджень, можливість адаптації програми без втрати її логіки є критично цінною. Завдяки індивідуальним протоколам, закладеним у програму, можна сформувавши підхід для пацієнтів різного профілю – після артроскопії, імплантації, реконструкції зв'язкового апарату. Усе це дозволяє розглядати запропоновану програму як універсальну матрицю, що при правильному впровадженні забезпечує не лише реабілітаційний, а й навчальний ефект – пацієнт опановує не просто вправи, а моделі поведінки, які він зможе застосовувати в подальшому.

У перспективі адаптація програми може бути розширена за рахунок включення в неї біоінформаційного моніторингу – індивідуальні браслети для фіксації частоти серцевих скорочень, рівня напруги, фазової синхронізації. В умовах спортивної медицини це може стати точкою входу для персоналізованої реабілітації з високим ступенем точності й контролю за кожним етапом

відновлення. Крім того, матеріали дослідження дозволяють сформувати базу даних, за якою можна здійснювати класифікацію типів відповіді на втручання, прогнозувати ефективність, оптимізувати протокол під конкретні параметри спортсмена. Це відкриває напрям для створення цифрових додатків, що супроводжують програму, дозволяючи пацієнту працювати з візуалізацією власного прогресу, отримувати зворотний зв'язок, вчасно коригувати траєкторії. У такій моделі тренер, реабілітолог, спортсмен і система працюють у єдиній комунікативній структурі, що відповідає сучасним вимогам доказової практики.

### Висновки до третього розділу

Результати третього розділу засвідчили верифіковану ефективність комплексної фізкультурно-спортивної реабілітації, яка реалізовувалась упродовж восьми тижневого періоду з використанням водних засобів, сенсорного моніторингу, остеопатичних втручань і корегуючих вправ. У першій групі приріст амплітуди згинання в колінному суглобі становив 28,8% – з 102,3° до 131,7° при стандартному відхиленні  $\pm 2,9^\circ$ , тоді як у контрольній групі приріст склав лише 13,1% – з 103,8° до 117,4°, що супроводжувалось статистично значущим  $p < 0,01$ . Асиметрія між кінцівками в основній групі зменшилась з понад 7° до 2°, що відповідає нормі функціонального балансу, в контрольній залишалась на рівні 4,9°. Показники рівноваги, зокрема час стояння на нестабільній поверхні з закритими очима, зросли до 17,6 сек у першій групі проти 12,1 сек у другій, а частота мимовільних корекцій зменшилася на 37%. Больовий синдром за VAS у першій групі знизився на 66,1% – з 6,2 бала до 2,1, тоді як у контрольній – лише на 38,3% (до 3,7 бала), при цьому коефіцієнт варіації впав із 17,7% до 9,4%. За опитувальником Освестрі середній бал зменшився з 43,2% до 15,7% у першій групі, а в контрольній – до 28,9%, що свідчило про перехід із категорії «помірне порушення» до «мінімального впливу болю».

## ВИСНОВКИ

Узагальнення першого розділу засвідчило, що колінний суглоб являє собою високодинамічну біомеханічну систему, у якій злагоджена робота м'язово-зв'язкових, кісткових і нейросенсорних структур забезпечує точну регуляцію руху та стабільність під час навантаження. Після травм порушується не лише механічна цілісність суглоба, а й сенсомоторна взаємодія між рецепторами, м'язами та центральною нервовою системою. Виявлено, що навіть мікротравми викликають тривалі зміни у патернах координації, формують хибні моторні шаблони, де переважає компенсаційна активація латеральних стабілізаторів і зменшується роль глибоких м'язів.

Електроміографічні спостереження демонструють затримку активації підколінного м'яза, що порушує ротаційну стабільність і провокує надмірну компресію на латеральні структури. Встановлено, що після пошкоджень рецепторного апарату виникає феномен артрогенного м'язового гальмування – пригнічення альфа-мотонейронів квадрицепса, яке тимчасово знижує навантаження на суглоб, але водночас погіршує його контроль. Порушення аферентного потоку спричиняє несвоєчасну реакцію на зміну довжини м'язів, утворює стан сенсорного дефіциту, що посилює ризик повторної травматизації. Рухова система компенсує втрату стабільності через гіпертонус і нерівномірний розподіл зусиль, унаслідок чого виникає асиметрія рухів, зсув центра тиску й залежність від візуального контролю. Це доводить, що навіть після зникнення болю функціональна асиметрія залишається, маскуючись під повне відновлення.

У другому розділі було детально змодельовано й описано методи дослідження, засоби впливу й організаційну структуру, що дозволило реалізувати програму на основі чітко визначеного протоколу. Соціологічні методи охоплювали напівструктуровані інтерв'ю з фіксацією не лише медичних обставин, а й суб'єктивних оцінок моменту травмування, рівня підтримки та мотивації до відновлення. Інтерв'ю супроводжувались аудіозаписом і транскрипцією, що дозволяло тематичний аналіз із високим рівнем

достовірності. Педагогічні методи реалізовувались через спостереження за заняттями в природному ритмі, з фіксацією характеру адаптації до водного середовища, частотності самокорекцій, просторових реакцій і вербальних проявів. Паралельно використовувався фото- і відеозапис для фреймового аналізу рухових патернів. Функціональні методи включали оцінку больового синдрому за шкалою VAS у трьох режимах, використання «Опитувальника болю Освестрі», ручну гоніометрію з тричі повторюваними замірами, соматоскопію з фіксацією положення таза, гомілок і стоп, а також антропометрію з виміром окружностей і довжини кінцівок. Математична обробка включала розрахунок середніх значень, стандартного відхилення, коефіцієнта варіації, t-критеріїв Стьюдента (парних і непарних), перевірку нормальності розподілу за Шапіро–Уїлком і розрахунок  $\chi^2$  для якісних змін. Дослідження проводилось у центрі післятравматичної реабілітації на вибірці з 30 осіб, з поділом на дві підгрупи (по 15).

У третьому розділі емпірично доведено ефективність саме комплексної фізкультурно-спортивної моделі. У підрозділі 3.1 зафіксовано, що приріст амплітуди згинання в коліні в основній групі становив 28,8% (з 102,3° до 131,7°), а в контрольній – лише 13,1% (до 117,4°), із достовірністю  $p < 0,01$ . У тесті на утримання рівноваги з закритими очима – приріст у першій групі з 8,2 до 17,6 сек, у контрольній – до 12,1. За опитувальником болю Освестрі – зниження функціонального обмеження з 38% до 14% у першій групі та до 24% у другій. У вправі «точка повернення» похибка зменшилась із 12,7° до 3,2°, а в контрольній – лише до 8,9°. У тесті на м'язову витривалість час до втоми зріс із 38 до 71 сек у першій групі, у контрольній – до 54 сек. У тесті на утримання напруження квадрицепса в положенні напівприсіду – зростання з 14,2 до 29,5 сек проти 22,7 сек у контрольній. Індекс функціональних обмежень за Освестрі знизився з 43,2% до 15,7% у першій групі, у контрольній – до 28,9%. Сукупна ефективність за всіма показниками склала 82,7% у першій групі, 57,3% – у другій, із різницею в 25,4%.

Далі вивчалась якість життя: за SF-36 «фізичне функціонування» зросло з 48,3 до 81,2 бала (на 68%), «загальне здоров'я» – з 44,7 до 78,9 (на 76,4%). У контрольній групі відповідно до 64,1 і 61,3. Тривожність зменшилась з 6,1 до 3,6 бала (-41%) проти -23% у контрольній. Соматичний стрес – з 21,4 до 14,2 бала, у контрольній – лише до 17,1. Фрази, які учасники використовували в описах: «контроль над рухом» – 65%, «відчуття сили» – 78%, «зникнення страху» – 47%. У підрозділі 3.3 динаміка амплітуди згинання колінного суглоба в основній групі зростала від 104,7° до 134,9°, із середнім темпом 3,8°/тиждень, у контрольній – лише 1,9°. Вимір окружності стегна зменшився на 1,6 см проти 0,8 см. Параметри симетрії фази опори нормалізувалися до 50,7%–49,3%, у контрольній залишалися із відхиленням понад 4,8%.

В тесті на рівновагу – зростання з 7,3 до 17,6 сек, амплітуда коливань центру тиску – з 3,9 до 1,2 см. У підрозділі 3.4 зазначено, що загальний інтегральний коефіцієнт покращення в першій групі становив 82,6%, у контрольній – 54,2%. Усі ключові зміни були достовірними:  $p < 0,01$  у більшості порівнянь. Участь остеопата дозволила усунути фасціальні обмеження у 9 із 15 осіб після 3-го сеансу, у 11 осіб – покращити ковзність в латеральному епіконділі, у 13 – досягти симетрії колін у положенні стоячи. Після завершення курсу 73% учасників першої групи продовжили використовувати техніки самостійно. Коефіцієнт Спірмена між довірою до методу й готовністю продовжити тренування –  $r = 0,71$  ( $p < 0,01$ ). Таким чином, модель, що поєднує гідротренування, сенсорні платформи, остеопатію та індивідуальну підтримку, забезпечує не лише швидке відновлення, а й довготривалу стабілізацію з внутрішнім контролем руху.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамов С.А., Колесник О.В. Фізіотерапія у лікуванні травм колінного суглоба у спортсменів. Український журнал спортивної медицини. 2020. Т.5. №2. С. 15-21.
2. Бенеш І.І., Федорова О.А. Оцінка ефективності фізичних навантажень в реабілітації спортсменів після травм колінного суглоба. Спортивна наука України. 2022. Вип.4. С. 52-58.
3. Богуславська В.Ю. Вплив спеціальних фізичних навантажень на покращення показників витривалості у баскетболістів. Вісник Прикарпатського університету. Фізична культура. 2020. Вип.20. С. 120-126.
4. Бондар А.О., Костюк Н.М. Методичні основи реабілітації спортсменів після травм у баскетболі. Вісник Київського університету. Фізична культура. 2019. Вип.10. С. 88-95.
5. Бондарчук І.Г. Вплив комбінованої реабілітації на відновлення колінного суглоба у спортсменів. Спортивна реабілітація і фізична культура. 2020. С. 13-20.
6. Власова І.І. Сучасні методи реабілітації колінного суглоба в спортивній медицині. Спортивна медицина та фізична культура. 2023. Вип.7. С. 30-38.
7. Головка В.І. Сучасні методи реабілітації після травм колінного суглоба у спортсменів. Вісник спортивної медицини та фізичної культури. 2021. Вип.6. С. 10-15.
8. Головченко О.В., Міхальчук Л.О. Вплив інноваційних методів реабілітації на результативність баскетболістів після травм колінного суглоба. Наукові записки. 2023. С. 40-48.
9. Гончаренко Т.В. Вплив різних методик реабілітації на відновлення функцій колінного суглоба у баскетболістів. Фізична культура спорт та здоров'я. 2021. Вип.3.

10. Гречаник В.В., Максименко О.Г. Психологічна реабілітація спортсменів після травм колінного суглоба. Спортивна психологія і медицина. 2022. Вип.10. С. 39-47.
11. Данилюк М.О. Техніки відновлення колінного суглоба після травм у професійних баскетболістів. Спортивна реабілітація методи та підходи. 2020. Вип.10.
12. Дьяків Р.С., Васильєва Л.К. Інноваційні методи реабілітації для відновлення колінного суглоба в баскетболі. Наукові записки. 2022. Вип.15. С. 48-55.
13. Дяченко І.І., Черненко О.С. Використання фізичних вправ у реабілітації баскетболістів після травм колінного суглоба. Спортивна наука України. 2021. Т.12. №4.
14. Жукова А.О., Гончарук В.П. Використання кріотерапії у реабілітації спортсменів з травмами колінного суглоба. Спортивна наука. 2021. Вип.9. С. 15-23.
15. Захаренко О.А. Методичні рекомендації щодо відновлення фізичних можливостей баскетболістів після травм. Спортивна медицина України. 2023. №1.
16. Зінченко С.І. Розвиток фізичних якостей баскетболістів на етапі спеціалізованої базової підготовки. Наукові записки Національного університету фізичного виховання і спорту України. 2022. Вип.12.
17. Іваненко О.М., Горбунов А.М. Вплив фізичних вправ на відновлення рухової активності у баскетболістів після травм колінного суглоба. Вісник Харківського університету. Фізична культура. 2021. Вип.6.
18. Іванова О.І., Кузнецова Т.В. Психологічні аспекти відновлення спортсменів після травм у баскетболі. Вісник Прикарпатського університету. Фізична культура. 2023.
19. Ісаєнко Л.І. Роль фізичних вправ в реабілітації спортсменів після травм колінного суглоба. Фізична культура спорт і здоров'я нації. 2022. Вип.11. С. 40-47.

20. Іщенко М.П. Фізіотерапевтичні методи відновлення колінного суглоба у баскетболістів. Спортивна наука України. 2021. С. 59-66.
21. Калініна І.П., Снісаренко М.А. Оцінка функціональних показників колінного суглоба в процесі реабілітації у баскетболістів. Спортивна фізіологія. 2023. Вип.2. С. 27-35.
22. Коваленко І.П. Використання сучасних технологій в тренувальному процесі баскетболістів можливості та перспективи. Наукові записки Національного університету фізичного виховання і спорту України. 2020. Вип.14.
23. Коваленко О.А., Кухаренко І.В. Адаптація фізичних вправ для спортсменів з травмами колінного суглоба. Вісник фізичної культури та спорту. 2023. Вип.2. С. 32-40.
24. Коваленко О.Д. Адаптація фізичних вправ для спортсменів з травмами колінного суглоба. Вісник фізичної культури та спорту. 2023. Вип. 2. С. 32-40.
25. Коваленко Т.І. Технології відновлення після травм колінного суглоба у баскетболістів огляд сучасних методів. Наукові записки університету фізичного виховання. 2020. Вип.10.
26. Ковальчук А.Л., Микитюк О.М. Відновлення спортивної працездатності баскетболістів після травм колінного суглоба. Спортивна медицина та реабілітація. 2020. №8.
27. Ковальчук І.М., Дорошенко В.О. Оцінка ефективності методів фізкультурно-спортивної реабілітації при травмах колінного суглоба у спортсменів. Вісник Національного університету фізичного виховання і спорту України. 2022. Вип.13. С. 29-36.
28. Костюк В.А., Писаренко Д.Ю. Роль тренування та реабілітації в підвищенні ігрових можливостей баскетболістів. Вісник фізичного виховання та спорту. 2022. №5.
29. Кошелева Т.Г. Відновлення рухливості колінного суглоба у баскетболістів за допомогою фізіотерапії. Вісник фізичної культури. 2021. Вип.3.

30. Кудряшова Т.М. Фізіотерапевтичні методи в реабілітації баскетболістів з травмами колінного суглоба. Журнал спортивної медицини України. 2021. Вип.5. С. 45-52.
31. Кузьменко О.А., Гаврилюк А.Є. Використання новітніх технологій у тренувальному процесі баскетболістів. Вісник фізичної культури та спорту. 2021. №3.
32. Левченко В.М. Результати застосування програм фізкультурно-спортивної реабілітації в баскетболі. Фізична культура та спорт. 2021. Вип. 2.
33. Левченко І.В. Фізкультурно-спортивна реабілітація спортсменів після травм колінного суглоба. Наукові праці Інституту фізичної культури і спорту. 2021. Вип. 4. С. 45-52.
34. Лисенко Т.І. Особливості відновлення після операцій на колінному суглобі у баскетболістів. Спортивна медицина. 2022. №4.
35. Літвінов А.О., Гончаренко В.І. Психологічна підготовка спортсменів у баскетболі методичні рекомендації. Харків. ХНУ. 2020.
36. Літвінов В.С., Єрмакова Л.Ю. Функціональна терапія у реабілітації спортсменів з травмами колінного суглоба. Спортивна медична практика. 2020. №12.
37. Любарська І.В., Головін О.О. Клінічні аспекти використання новітніх методів реабілітації в баскетболі. Журнал спортивних наук. 2022. С. 53-60.
38. Ляшенко І.В., Григоренко Л.А. Реабілітаційний процес в баскетболі методи та технології. Наукові записки НУФВСУ. 2023. Вип. 16.
39. Ляшенко О.І. Вплив фізкультурно-спортивної реабілітації на функціональні можливості спортсменів після травм колінного суглоба. Спортивна медицина. 2021.
40. Малиновська Т.Г., Мельник О.М. Психологічні аспекти у реабілітації спортсменів з травмами колінного суглоба. Наукові записки НУФВСУ. 2022. Вип. 10. С. 61-68.

41. Мельник О.В. Використання термотерапії в реабілітації спортсменів. Наука та спорт. 2022. Вип. 7.
42. Морозова Н.О., Малишев В.О. Використання електростимуляції в реабілітації колінного суглоба після травм. Спортивна медицина та реабілітація. 2021. Вип. 6. С. 27-34.
43. Наумова І.А., Савченко Т.О. Підвищення ефективності тренувального процесу у баскетболістів шляхом застосування новітніх методів реабілітації. Вісник спортивного університету. 2023. Т.19. №1.
44. Нестеренко О.В. Кінезіотерапія у відновленні функцій колінного суглоба у баскетболістів. Журнал спортивної реабілітації. 2020. Вип. 9.
45. Оніщенко В.С. Фізіологічні основи реабілітації спортсменів після травм колінного суглоба. Книга 2. Київ. Наука. 2021.
46. Пашко В.В. Вплив кінезіотерапії на відновлення колінного суглоба у баскетболістів. Спортивна реабілітація. 2021. Вип. 7.
47. Петренко В.П. Фізичні вправи у відновленні функцій колінного суглоба у баскетболістів після травм. Вісник спортивної медицини. 2021. Вип. 11.
48. Петров А.І., Стеценко О.В. Відновлення м'язової сили у баскетболістів після травм колінного суглоба. Наука та спорт. 2024. Вип. 6. С. 57
49. Прокопенко А.В., Дудченко В.О. Фізкультурно-спортивна реабілітація у відновленні функцій колінного суглоба баскетболістів. Вісник фізичної культури та спорту. 2023. Вип. 4. С. 13-20.
50. Реброва О.О. Відновлення функцій колінного суглоба у баскетболістів фізіотерапевтичні методи. Вісник фізичної культури. 2020. Вип. 17. С. 41-48.
51. Семененко О.І., Шевченко І.Л. Психоемоційна підготовка баскетболістів у реабілітаційному процесі. Спортивна наука. 2022. №4.
52. Семенова Н.Г., Шестаков С.М. Методика реабілітації спортсменів після травм колінного суглоба у баскетболі. Наука і спорт. 2021. Вип. 9. С. 42-49.

53. Сердюк Н.Г., Карпенко Т.В. Методи лікування та реабілітації спортсменів з травмами колінного суглоба. Спортивні технології та методики. 2022. Вип. 11. С. 50-56.
54. Сидоренко В.В., Шевченко О.В. Техніка та тактика гри в баскетбол навчальний посібник. Київ. НУФВСУ. 2021. С. 21-28.
55. Сидоренко Т.І. Сучасні методи відновлення після травм колінного суглоба у баскетболістів. Спортивна терапія. 2021. С. 47-52.
56. Сіренко О.Ю. Оцінка ефективності методів відновлення після травм колінного суглоба у спортсменів. Спортивна медицина. 2022. Вип. 6. С. 25-32.
57. Смірнов М.Ю., Євгенова Л.П. Роль фізичних навантажень у відновленні функцій колінного суглоба у спортсменів. Журнал спортивної медицини. 2022. С. 45-53.
58. Стеценко Л.О., Іванов А.Ю. Больові відчуття при травмах колінного суглоба та їх вплив на реабілітаційний процес у баскетболістів. Спортивна наука України. 2022. №6. С. 14-20.
59. Тимошенко О.В. Програми відновлення функцій колінного суглоба у баскетболістів після травм сучасні підходи. Спортивні реабілітаційні технології. 2021. Вип. 8. С. 47.
60. Тимченко І.В., Кириченко О.Ю. Використання сучасних технологій у реабілітації травм колінного суглоба у спортсменів. Спортивна медицина. 2023. Вип. 10. С. 72-80.
61. Тимченко П.В. Техніка виконання кидків у баскетболі вплив на результати гри. Фізична культура спорт та здоров'я нації. 2020. Вип. 18. С. 19-23.
62. Усенко Т.Я., Коломієць І.М. Методи фізкультурно-спортивної реабілітації при травмах колінного суглоба у баскетболістів. Вісник медицини та спорту. 2022. Т.11. №2. С. 85.
63. Федорович М.П., Ткаченко В.А. Техніки відновлення функцій колінного суглоба в баскетболістів. Журнал спортивної медицини. 2020. Вип. 8.

64. Черненко В.Г., Чечотка А.І. Фізкультурно-спортивна реабілітація спортсменів з травмами колінного суглоба новітні методи та підходи. Фізична культура та спорт. 2022. Вип. 14. С. 23-30.
65. Черненко В.О., Громова О.М. Моделювання фізичних навантажень при відновленні функцій колінного суглоба у баскетболістів. Спортивна наука України. 2022. С. 51-58.
66. Чернишев О.В. Результати застосування реабілітаційних методик у баскетболістів після травм колінного суглоба. Фізична культура та здоров'я. 2023. Вип. 9. С. 44.
67. Шабанов В.А., Степаненко С.Ю. Адаптація фізичних вправ для спортсменів з травмами колінного суглоба. Вісник фізичної культури та спорту. 2023. Вип. 2. С. 72-80.
68. Шабанов В.А., Степаненко С.Ю. Травми колінного суглоба у баскетболістів сучасні підходи до реабілітації. Фізична культура і спорт. 2023. Вип. 4. С. 21-28.
69. Шевченко В.А. Особливості застосування кінезіотерапії у відновленні колінного суглоба у баскетболістів. Вісник фізичної культури та спорту. 2022. С. 85-86.
70. Шевченко В.О. Проблеми відновлення після операцій на колінному суглобі у баскетболістів. Спортивна реабілітація. 2021. С. 25-32.
71. Шевченко І.П., Бойко Ю.В. Роль реабілітаційних технологій у відновленні функцій колінного суглоба. Спортивна медицина та фармакологія. 2020. Вип. 5. С. 22.
72. Шостак А.В. Підходи до оцінки фізичної підготовленості молодих баскетболістів. Спортивна наука України. 2022. №2. С. 54.
73. Яковенко І.С. Вплив реабілітаційних методів на функціональні можливості спортсменів після травм колінного суглоба. Вісник спортивної медицини. 2023. Вип. 6. С. 39.











