

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
факультет медико-фармацевтичних технологій  
кафедра фізичної реабілітації і здоров'я**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему: «ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ СПОРТСМЕНІВ ПІСЛЯ ПЛАСТИКИ  
ПЕРЕДНЬОЇ ХРЕСТОПОДІБНОЇ ЗВ'ЯЗКИ КОЛІННОГО СУГЛОБА  
НА ДОВГОТРИВАЛОМУ ЕТАПІ РЕАБІЛІТАЦІЇ»**

**Виконала:** здобувачка вищої освіти групи ТРм23(1,10д)-02  
спеціальності 227 Терапія та реабілітація  
спеціалізації 227.01 Фізична терапія  
освітньої програми Терапія та реабілітація  
Вікторія НАГОРНА

**Керівник:** викладач закладу вищої освіти кафедри  
фізичної реабілітації і здоров'я, PhD доктор філософії з  
освітніх, педагогічних наук  
Сергій КОЗІН

**Рецензент:** професор закладу вищої освіти кафедри  
клінічної лабораторної діагностики, мікробіології та  
біологічної хімії, д.мед.н., професор  
Ольга ЛИТВИНОВА

## **АНОТАЦІЯ**

Кваліфікаційна робота: 50 сторінках, 30 літературних джерел, 4 таблиці, 4 рисунки, 1 додаток. Активний протокол реабілітації призводить до значно більшого покращення обсягу рухів коліна на ранньому етапі відновлення після реконструкції ПХЗ у спортсменів порівняно з консервативним протоколом. Обидва протоколи ефективні у відновленні сили чотириголового м'яза протягом 6 тижнів.

Ключові слова: передня хрестоподібна зв'язка, реконструкція, реабілітація, активна реабілітація, консервативна реабілітація, обсяг рухів колінного суглоба, сила чотириголового м'яза, спортсмени.

## **ABSTRACT**

Qualification work – 50 pages, 30 literary sources, 4 tables, 4 figures, 1 appendix. Active rehab leads to greater early knee ROM improvement post-ACL reconstruction in athletes. Both protocols effectively restore quad strength within 6 weeks.

Keywords: anterior cruciate ligament, reconstruction, rehabilitation, active rehabilitation, conservative rehabilitation, knee joint range of motion, quadriceps strength, athletes

## ЗМІСТ

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                                                  | 6  |
| РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ СПОРТСМЕНІВ<br>ПІСЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕДНЬОЇ ХРЕСТОПОДІБНОЇ ЗВ'ЯЗКИ .....      | 10 |
| 1.1. Сучасні аспекти та виклики реабілітації після реконструкції передньої<br>хрестоподібної зв'язки .....                   | 10 |
| 1.2. Анатомо-фізіологічні особливості передньої хрестоподібної зв'язки та<br>механізми її пошкодження.....                   | 11 |
| 1.3. Принципи реконструкції ПХЗ та післяопераційної реабілітації .....                                                       | 11 |
| 1.4. Активний і консервативний підходи до фізичної терапії.....                                                              | 13 |
| 1.5. Аналіз епідеміології травм передньої хрестоподібної зв'язки .....                                                       | 16 |
| 1.6. Біомеханіка колінного суглоба та роль передньої хрестоподібної<br>зв'язки .....                                         | 17 |
| 1.7. Біомеханічні дослідження механізмів травми передньої хрестоподібної<br>зв'язки .....                                    | 18 |
| 1.8. Вплив статі на ризик травми передньої хрестоподібної зв'язки .....                                                      | 19 |
| 1.9. Роль ортезування після операції реконструкції передньої<br>хрестоподібної зв'язки .....                                 | 20 |
| 1.10 Роль мультидисциплінарної команди в реабілітації після реконструкції<br>передньої хрестоподібної зв'язки .....          | 20 |
| 1.11 Обґрунтування консервативного підходу до фізичної терапії після<br>реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки ..... | 21 |
| Висновки до першого розділу .....                                                                                            | 23 |
| РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ .....                                                                            | 25 |
| 2.1. Методи дослідження.....                                                                                                 |    |
| 2.1.1. Теоретичний аналіз та узагальнення літературних джерел .....                                                          | 25 |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.2. Опитування.....                                                                   | 25 |
| 2.1.3. Методи фізикального обстеження .....                                              | 26 |
| 2.1.4 Методи математичної статистики.....                                                | 28 |
| 2.2 Організація дослідження.....                                                         | 28 |
| 2.2.1 Методики активного і пасивного підходів до процесу реабілітації<br>після ПХЗ ..... | 29 |
| Висновки до другого розділу.....                                                         | 32 |
| РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....                                                   | 34 |
| 3.1 Базові характеристики учасників дослідження .....                                    | 34 |
| 3.2 Порівняння результатів між групами після втручання.....                              | 35 |
| 3.3 Внутрішньогрупова динаміка показників до та після втручання.....                     | 36 |
| 3.4 Обговорення результатів дослідження .....                                            | 38 |
| Висновки до третього розділу .....                                                       | 40 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                            | 42 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                          | 43 |
| ДОДАТКИ.....                                                                             | 47 |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Актуальність теми застосування методів фізичної терапії після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) зумовлена значною поширеністю травм цієї структури серед спортсменів, особливо в тих видах спорту, які передбачають високі механічні навантаження на колінний суглоб, зокрема футбол, баскетбол, гандбол, а також зимові види спорту). Пошкодження передньої хрестоподібної зв'язки має суттєвий вплив на фізичну працездатність спортсменів, обмежує їх здатність до виконання рухових завдань, що є критичним для досягнення високих результатів [1, 2]. Відновлення функціональних можливостей колінного суглоба після операції, спрямованої на реконструкцію цієї зв'язки, є складним і багатоетапним процесом, що вимагає індивідуалізованого підходу до кожного пацієнта [3, 4].

Фізична терапія в післяопераційному періоді є одним і найважливіших компонентів реабілітаційного процесу, що дозволяє забезпечити відновлення рухових функцій, сили м'язів і стабільності колінного суглоба, а також запобігти рецидиву травми [5]. На сьогоднішній день існує кілька підходів до реабілітації після пластики ПХЗ, серед яких виділяються два основних: активний і консервативний. Активний підхід ґрунтується на використанні спеціально розроблених протоколів реабілітації, які акцентують увагу на важливості раннього відновлення рухової активності та інтеграції спортсмена в спортивне середовище за короткий період часу [6]. Цей підхід включає активні фізичні вправи, спрямовані на відновлення сили м'язів, стабільності суглоба та покращення амплітуди рухів у найкоротші терміни [7].

З іншого боку, консервативний підхід надає перевагу обережнішому, поступовому відновленню, що зосереджується на контролі навантажень і акцентує увагу на іммобілізації суглоба в ранньому післяопераційному періоді, з поступовим збільшенням активності [8]. Такий підхід передбачає більшу роль медичних рекомендацій та не передбачає інтенсивного використання фізичних вправ в перші тижні після операції [9]. Попри широкий спектр досліджень, що стосуються реабілітації після пластики ПХЗ,

порівняльний аналіз ефективності активного і консервативного підходів у контексті спортивної реабілітації є недостатньо вивченим. Зокрема, незрозумілим залишається питання, який із підходів сприяє більш швидкому і безпечному поверненню до високих фізичних навантажень, зокрема, у спортсменів [10]. Враховуючи це, виникає необхідність у проведенні додаткових досліджень, що дозволять не лише порівняти ефективність цих двох підходів, але й визначити оптимальні стратегії реабілітації для спортсменів, що повертаються до професійної діяльності після реконструкції ПХЗ.

**Мета дослідження:** теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити ефективність двох підходів до реабілітації спортсменів після реконструкції ПХЗ: активного та консервативного.

**Завдання дослідження:**

1. Провести аналіз науково-методичної літератури щодо підходів до реабілітації після реконструкції ПХЗ.
2. Визначити критерії ефективності різних підходів до реабілітації та їх вплив на відновлення функцій колінного суглоба.
3. Експериментально перевірити та порівняти вплив активного і консервативного підходів до реабілітації на відновлення рухової активності, сили м'язів та обсягу руху колінного суглоба у спортсменів.

**Об'єкт дослідження:** процес реабілітації спортсменів після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки.

**Предмет дослідження:** ефективність активного та консервативного підходів до реабілітації спортсменів після реконструкції ПХЗ, зокрема їх вплив на відновлення функцій колінного суглоба.

**Методи дослідження:** теоретичний аналіз наукової літератури, метод опитування хірургів щодо поглядів на реабілітацію після ПХЗ, методи клінічних обстежень (гоніометрія, динамометрія), порівняльний аналіз ефективності реабілітаційних підходів, статистичний аналіз.

## **Наукова новизна**

Наукова новизна дослідження полягає у порівняльному аналізі впливу активного та консервативного протоколів реабілітації на відновлення ключових функціональних показників – обсягу рухів у колінному суглобі та сили чотириголового м'яза стегна – у спортсменів на ранньому післяопераційному етапі (шість тижнів) після первинної артроскопічної реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки.

На відміну від існуючих досліджень, які часто охоплюють більш тривалі періоди реабілітації або не проводять прямого порівняння інтенсивних та помірних підходів на ранній стадії, дане дослідження спрямоване на встановлення потенційних відмінностей у відновленні обсягу рухів та сили чотириголового м'яза між групами активної та консервативної реабілітації протягом перших шести тижнів після операції у спортсменів.

**Практична значимість дослідження.** Розроблено рекомендації щодо оптимальних підходів до реабілітації спортсменів після реконструкції ПХЗ можуть бути використані в клінічній практиці, зокрема для покращення протоколів реабілітації в спортивних медичних установах і реабілітаційних центрах.

## **Особистий внесок студента**

- Збір та аналіз наукової літератури з питань реабілітації після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки, включаючи порівняльні дослідження активних та консервативних протоколів.
- Участь у наборі учасників дослідження, включаючи первинний контакт, пояснення мети та процедур дослідження, а також отримання інформованої згоди.
- Проведення оцінки функціонального стану учасників до та після шести тижневої програми реабілітації, а саме:
- Вимірюванні пасивного обсягу рухів у колінному суглобі за допомогою гоніометрії.
- Оцінці ізометричної сили чотириголового м'яза стегна за допомогою

ручного динамометра.

- Ведення первинної бази даних з отриманими результатами досліджень.
- Здійснення статистичного аналізу зібраних даних для порівняння ефективності різних протоколів реабілітації.
- Інтерпретація отриманих результатів у контексті існуючих наукових даних та формулюванні висновків дослідження.
- Представлення результатів дослідження на наукових конференціях.

### **Публікації**

В процесі проведення даного дослідження отримані результати були опубліковані в наукових працях, одна в фаховому виданні категорії Б і одна робота апробаційного характеру.

1. Kozin, S. V., Tamozhanskaya, G. V., & Nahorna, V. Optimizing early rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes: Comparing active and conservative approaches. *Health Technologies*. 2025. Vol. 3, No. 2. P. 44–54. URL: <https://doi.org/10.58962/HT.2025.3.2.44-54>
2. Nahorna, V. Y. Physical therapy of athletes after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ НОВИХ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ*. 2025. P. 45–46.

### **Апробація результатів дослідження.**

Результати дослідження доповідались на VI науково-практичній internet- конференції з міжнародною участю присвяченої пам'яті професора О.В. Пешкової «СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ СПРЯМОВАНІ НА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ»

<https://drive.google.com/file/d/1ak31yRGMczt3imV8ZpQHiWpV4Ppz4h8N/view?usp=sharing>

**Обсяг і структура роботи.** Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку. Бібліографічний список містить 30 джерел. Робота ілюстрована 4 таблицями та 4 малюнками, викладені на 50 сторінках.

## **РОЗДІЛ 1**

### **ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ СПОРТСМЕНІВ ПІСЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕДНЬОЇ ХРЕСТОПОДІБНОЇ ЗВ'ЯЗКИ**

#### **1.1. Сучасні аспекти та виклики реабілітації після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки**

Процес реабілітації після операції з реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) є ключовим напрямом у спортивній медицині, з огляду на високу частоту цих травм серед спортсменів, які займаються видами спорту з високими фізичними навантаженнями. Пошкодження ПХЗ не лише загрожують спортивній кар'єрі, а й можуть спричинити хронічні порушення функції коліна, якщо процес відновлення не буде належно організований. Структурована програма фізичної терапії має вирішальне значення, оскільки саме вона визначає якість післяопераційного відновлення, включаючи рівень фізичної функції, силу м'язів та загальну спортивну працездатність.

Сучасні дослідження підкреслюють вплив різноманітних чинників на ефективність реабілітації — таких як своєчасність її початку, індивідуалізовані програми вправ та психологічна готовність пацієнта [11, 12, 13]. Серед ключових компонентів успішної реабілітації незмінно фігурують вправи на зміцнення м'язів, тренування пропріорецепції та поступове повернення до специфічних для спорту рухових дій [14, 15, 16]. Окрім того, зростає інтерес до впровадження інноваційних технологій, зокрема віртуальної реальності та біомеханічних систем зворотного зв'язку [17, 18]. Попри досягнутий прогрес, в науковій літературі все ще залишаються невирішені питання щодо оптимального часу початку реабілітації та вибору типу втручань [19, 20]. Водночас роль психологічних чинників у відновленні пацієнтів залишається недостатньо дослідженою [21, 22]. Ще одним важливим напрямом є вивчення довгострокових наслідків різних реабілітаційних стратегій [23].

## **1.2. Анатомо-фізіологічні особливості передньої хрестоподібної зв'язки та механізми її пошкодження**

ПХЗ є однією з головних стабілізуючих структур колінного суглоба, яка забезпечує передньо-задню стабільність та запобігає ротаційному зсуву гомілки відносно стегна. ПХЗ починається від внутрішньої поверхні латерального виростка стегнової кістки та прикріплюється до передньої міжвиросткової ділянки великогомілкової кістки. Функціонально зв'язка обмежує переднє зміщення гомілки, внутрішню ротацію та гіперекстензію. Її пошкодження виникає переважно внаслідок непрямих механізмів, таких як раптове гальмування, зміна напрямку руху, стрибки або приземлення на розігнуту ногу — особливо в умовах спортивної активності [24]. Травма ПХЗ часто супроводжується пошкодженням інших структур колінного суглоба [25].

## **1.3. Принципи реконструкції ПХЗ та післяопераційної реабілітації**

Реконструкція передньої хрестоподібної зв'язки є хірургічним втручанням, метою якого є відновлення стабільності колінного суглоба після її розриву шляхом заміни пошкодженої тканини аутотрансплантатом [3]. Як правило, для цієї мети використовуються власні тканини пацієнта, такі як сухожилля підколінних м'язів (*semitendinosus* та *gracilis*), середня третина зв'язки надколінка з кістковими блоками (*bone-patellar tendon-bone* - BPTB) або сухожилля чотириголового м'яза стегна. Вибір конкретного типу трансплантата залежить від багатьох факторів, включаючи вік пацієнта, рівень його активності, анатомічні особливості, досвід та переваги хірурга, а також наявність супутніх патологій. Кожен тип трансплантата має свої переваги та недоліки щодо міцності, швидкості зрощення, рівня больового синдрому в донорській зоні та ризику ускладнень.

Успішно виконана реконструкція ПХЗ є лише першим, хоча й критично важливим, кроком на шляху до повного функціонального відновлення колінного суглоба та повернення спортсмена до попереднього рівня фізичної

активності. Реабілітаційний процес після оперативного втручання є тривалим, багатоступеневим та складним, і він вимагає системного, індивідуалізованого підходу, що включає тісну співпрацю між хірургом, фізичним терапевтом, пацієнтом та іншими членами мультидисциплінарної команди [26].

Програма фізичної терапії після реконструкції ПХЗ зазвичай структурована за чітко визначеними етапами, які розробляються з урахуванням біологічних процесів загоєння тканин трансплантата та навколишніх структур колінного суглоба. Ці етапи мають послідовний характер і передбачають поступове збільшення фізичного навантаження та складності вправ. Загалом виділяють ранній післяопераційний період (контроль болю та набряку, відновлення пасивного діапазону рухів), середній період (відновлення активного діапазону рухів, м'язової сили та пропріоцепції), пізній період (покращення функціональної сили, координації та підготовка до специфічних спортивних рухів) та етап повернення до спорту.

Ключовим принципом ефективної післяопераційної реабілітації є прогресування на основі об'єктивних критеріїв готовності пацієнта до переходу на наступний етап, а не лише на фіксованих часових рамках. Ці критерії можуть включати досягнення певного діапазону рухів у колінному суглобі, відновлення певної частки сили ключових м'язових груп (порівняно зі здоровою кінцівкою), успішне виконання функціональних тестів (наприклад, стрибкові тести, тест на баланс), відсутність або мінімальний рівень больового синдрому та набряку, а також достатній рівень нейром'язового контролю. Регулярна оцінка функціонального стану пацієнта за допомогою стандартизованих інструментів та тестів є необхідною для моніторингу прогресу, своєчасного коригування реабілітаційної програми та мінімізації ризику повторного пошкодження або інших ускладнень. Індивідуалізація програми реабілітації з урахуванням потреб, цілей та темпів відновлення кожного конкретного спортсмена є запорукою успішного повернення до повноцінної спортивної діяльності.

#### **1.4. Активний і консервативний підходи до фізичної терапії**

У сфері реабілітації спортсменів після реконструкції ПХЗ існує кілька різних моделей та підходів, які відрізняються за часом початку інтенсивних втручань, ступенем обмеження рухів, критеріями прогресування та акцентом на певних аспектах відновлення.

Однією з поширених моделей є протокол, що базується на часових рамках. Ця модель передбачає перехід між етапами реабілітації на основі фіксованих часових інтервалів після операції. Наприклад, перші 2 тижні можуть бути присвячені контролю болю та набряку, наступні 4 тижні – відновленню амплітуди рухів, і так далі. Хоча ця модель є простою у застосуванні, вона не завжди враховує індивідуальні темпи відновлення пацієнта та його реакцію на лікування.

Іншою моделлю є протокол, що базується на критеріях. Цей підхід передбачає перехід на наступний етап реабілітації лише після досягнення певних об'єктивних критеріїв, таких як певний діапазон рухів, рівень сили м'язів, результати функціональних тестів та відсутність больового синдрому. Ця модель вважається більш індивідуалізованою та потенційно безпечнішою, оскільки прогресування залежить від фактичного відновлення пацієнта, а не від фіксованого часу. Існують також прискорені протоколи реабілітації, які передбачають більш ранній початок інтенсивних вправ та швидше повернення до навантажень. Ці протоколи можуть бути застосовані у високо мотивованих спортсменів з хорошим прогнозом, але вимагають ретельного моніторингу та можуть не підходити для всіх пацієнтів.

Крім того, різні моделі можуть акцентувати увагу на різних аспектах відновлення. Деякі протоколи роблять більший акцент на відновленні м'язової сили та витривалості, тоді як інші приділяють більше уваги пропріоцепції та нейром'язовому контролю. Вибір конкретної моделі реабілітації залежить від багатьох факторів, включаючи індивідуальні характеристики пацієнта, тип трансплантата, наявність супутніх ушкоджень, цілі реабілітації та досвід лікуючої команди.

### *Активний підхід*

Активна реабілітація передбачає ранню мобілізацію та використання спеціальних вправ з перших днів після операції [4]. Основною метою є збереження амплітуди рухів, попередження атрофії м'язів і якомога швидше повернення до активного життя. Серед основних компонентів активного підходу виділяють наступні [4]:

- Ранній початок реабілітації
- Зменшення часу іммобілізації до мінімального рівня
- Активні стратегії для зменшення негативних ефектів від іммобілізації
- Ізометричні та ізотонічні вправи для м'язів стегна;
- Вправи на баланс і пропріоцепцію;
- Поступове збільшення навантаження залежно від етапу загоєння.

### *Консервативний підхід*

Консервативна стратегія ґрунтується на принципі обмеження навантаження на оперовану кінцівку у ранній фазі реабілітації [27]. Це включає іммобілізацію тупором, мінімізацію активних рухів та повну відсутність осьового навантаження на оперовану кінцівку протягом 6 тижнів. Перевагою консервативної стратегії є зменшення ризику повторного пошкодження [28].

### *Критерії ефективності фізичної терапії*

Оцінка ефективності фізичної терапії після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) є багатограним процесом, що включає аналіз як об'єктивних фізичних показників, так і суб'єктивних відчуттів пацієнта та його здатності повертатися до функціональної діяльності, зокрема до спорту. Основні критерії, які використовуються для оцінки успішності реабілітаційних заходів, включають:

*Відновлення повної амплітуди рухів у колінному суглобі:* Досягнення повного діапазону згинання та розгинання в колінному суглобі, порівнянного зі здоровою кінцівкою, є однією з першочергових цілей реабілітації.

Обмеження рухів може свідчити про наявність залишкового набряку, больового синдрому, м'язового спазму або недостатнє відновлення еластичності тканин. Оцінка амплітуди рухів проводиться за допомогою гоніометрії на кожному етапі реабілітації для моніторингу прогресу.

*Сила м'язів стегна (передусім чотиригодового та підколінних):* Відновлення достатньої сили м'язів стегна, особливо чотиригодового м'яза, який є основним розгиначем коліна та важливим стабілізатором, а також підколінних м'язів, що забезпечують динамічну стабільність та протидіють передньому зсуву гомілки, є критично важливим для відновлення функції колінного суглоба та запобігання повторним травмам. Сила м'язів оцінюється за допомогою мануального м'язового тестування, ізокінетичної динамометрії, яка дозволяє об'єктивно вимірювати силу м'язів при різних швидкостях руху, та функціональних силових тестів (наприклад, одноногого присідання). Кінцевою метою є досягнення симетричної сили між оперованою та здоровою кінцівками або досягнення певного відсотка від сили здорової ноги.

*Стабільність суглоба при функціональних тестах:* Оцінка стабільності колінного суглоба у динамічних умовах, що імітують спортивні рухи, є важливим критерієм готовності до повернення до активної діяльності. Функціональні тести можуть включати одноногі стрибки на дальність та висоту, тест зі зміною напрямку руху (shuttle run, agility drills), тест на баланс на одній нозі, тест Y-balance та інші специфічні для виду спорту тести. Успішне виконання цих тестів без больових відчуттів, нестабільності або порушення контролю свідчить про достатній рівень нейром'язового контролю та стабільності суглоба.

*Рівень фізичної активності за шкалою Tegner або IKDC:* Шкала Tegner є простим інструментом для оцінки рівня фізичної активності пацієнта до травми та після неї. Вона відображає рівень участі у спортивних та інших фізичних активностях. Індекс колінного суглоба Міжнародного комітету з документації коліна (IKDC) є більш комплексним опитувальником, що оцінює біль, симптоми, функцію колінного суглоба та рівень участі у спорті. Зміни

показників за цими шкалами відображають суб'єктивне сприйняття пацієнтом свого стану та прогрес у відновленні.

*Швидкість повернення до спорту:* Одним з кінцевих критеріїв успішної реабілітації для спортсменів є безпечне та своєчасне повернення до тренувань та змагань на попередньому або бажаному рівні. Оцінюється не лише сам факт повернення до спорту, але й час, який знадобився для цього, рівень участі (повна чи часткова), а також відсутність рецидивів або нових травм.

Оцінювання ефективності фізичної терапії проводиться із застосуванням об'єктивних інструментів, таких як гоніометрія для вимірювання амплітуди рухів, динамометрія для оцінки м'язової сили, стабілометричні платформи для оцінки балансу, системи аналізу рухів для оцінки біомеханіки рухів під час функціональних тестів, а також стандартизовані опитувальники для оцінки суб'єктивних відчуттів та рівня функціональної активності пацієнта. Комплексна оцінка за всіма цими критеріями дозволяє отримати повне уявлення про прогрес відновлення та готовність спортсмена до повернення до повноцінної фізичної діяльності.

### **1.5. Аналіз епідеміології травм передньої хрестоподібної зв'язки**

Травми передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) є значною проблемою в спортивній медицині, особливо серед молодих та активних людей. Епідеміологічні дослідження демонструють значну варіабельність частоти цих травм залежно від виду спорту, статі, віку та рівня підготовки спортсменів. Види спорту з високою інтенсивністю, різкими змінами напрямку руху, стрибками та контактними зіткненнями, такі як футбол, баскетбол, гандбол, гірські лижі та американський футбол, характеризуються найвищим ризиком ушкоджень ПХЗ [29].

Статистичні дані показують, що у футболі, наприклад, частота первинних розривів ПХЗ може сягати 0.15-0.3 на 1000 годин ігрового часу, а ризик повторної травми після реконструкції становить від 6% до 25% [30]. У баскетболі аналогічні показники також є високими, особливо серед жінок-

спортсменок. Дослідження в гірськолижному спорті виявляють значну кількість травм ПХЗ, пов'язаних з падіннями та неконтрольованими рухами.

Крім виду спорту, важливу роль відіграє стать. Численні дослідження послідовно демонструють, що жінки-спортсменки мають у 2-8 разів вищий ризик первинної травми ПХЗ порівняно з чоловіками, які займаються тим самим видом спорту. Ця різниця може бути зумовлена комплексом факторів, включаючи анатомічні особливості, гормональні впливи, відмінності в нейром'язовому контролі та біомеханіці рухів.

Вік також є важливим епідеміологічним фактором. Найчастіше травми ПХЗ трапляються у віковій групі від 15 до 25 років, що відповідає піку спортивної активності. Однак, ушкодження можуть траплятися і в старшому віці, особливо серед осіб, які продовжують займатися спортом на рекреаційному рівні.

Розуміння епідеміології травм ПХЗ є важливим для розробки ефективних програм профілактики, спрямованих на зниження ризику первинних та повторних ушкоджень серед спортсменів різних видів спорту та статевих груп.

## **1.6. Біомеханіка колінного суглоба та роль передньої хрестоподібної зв'язки**

Колінний суглоб є складним діартрозом, що забезпечує рухи згинання, розгинання та обмежену ротацію. Його стабільність забезпечується комплексом кісткових структур, зв'язок, м'язів та суглобової капсули. ПХЗ відіграє центральну роль у забезпеченні передньо-задньої стабільності колінного суглоба.

Біомеханічно ПХЗ протидіє передньому зсуву великогомілкової кістки відносно стегнової, особливо при зігнутому коліні. Вона також обмежує внутрішню ротацію великогомілкової кістки та гіперекстензію в колінному суглобі. Під час виконання спортивних рухів, таких як біг, стрибки та зміна напрямку руху, на ПХЗ припадають значні навантаження.

Кут згинання коліна суттєво впливає на натяг волокон ПХЗ. При розігнутому коліні задньолатеральний пучок ПХЗ є більш натягнутим, тоді як при згинанні передньомедіальний пучок стає більш натягнутим. Ця складна структура дозволяє ПХЗ ефективно контролювати рухи в колінному суглобі протягом усього діапазону його руху.

М'язи, що оточують колінний суглоб, також відіграють важливу роль у його стабілізації та зменшенні навантаження на ПХЗ. Особливо важливими є чотириголовий м'яз стегна та м'язи задньої поверхні стегна (підколінні сухожилля). Збалансована сила та координація цих м'язових груп допомагають контролювати рухи в коліні та зменшувати ризик травми ПХЗ.

### **1.7. Біомеханічні дослідження механізмів травми передньої хрестоподібної зв'язки**

Біомеханічні дослідження відіграють ключову роль у розумінні механізмів травм передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ). Лабораторні експерименти з використанням кадаверних зразків та комп'ютерне моделювання дозволяють аналізувати сили та моменти, що діють на колінний суглоб під час різних рухів, та визначати критичні навантаження, які можуть призвести до розриву ПХЗ. Дослідження *in vitro* показали, що комбінація вальгусного навантаження, зовнішньої ротації гомілки та переднього зсуву великогомілкової кістки є одним з найбільш поширених механізмів неконтактної травми ПХЗ [24]. Ці рухи часто трапляються під час різкої зміни напрямку руху або невдалого приземлення після стрибка.

Аналіз спортивних рухів за допомогою високошвидкісних камер та систем захоплення руху дозволяє виявляти біомеханічні фактори ризику травм ПХЗ у живих спортсменів. До таких факторів належать підвищений вальгусний момент в колінному суглобі під час приземлення, недостатня активація м'язів задньої поверхні стегна порівняно з чотириголовим м'язом, а також порушення пропріоцептивного контролю.

### **1.8. Вплив статі на ризик травми передньої хрестоподібної зв'язки**

Як зазначалося раніше, жінки-спортсменки мають значно вищий ризик травм передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) порівняно з чоловіками, які займаються тими ж видами спорту. Ця різниця є предметом активних наукових досліджень, і на сьогоднішній день існує кілька гіпотез, що пояснюють цей феномен.

Одним з факторів є анатомічні відмінності. Жінки часто мають менший міжвиростковий жолоб стегнової кістки, що може призводити до більшого контакту ПХЗ з кістковими структурами під час певних рухів. Крім того, у жінок частіше спостерігається більший Q-кут (кут між віссю стегнової кістки та віссю надколінкової зв'язки), що може збільшувати вальгусне навантаження на колінний суглоб.

Гормональні фактори також можуть відігравати роль. Дослідження показують, що зміни рівня естрогену протягом менструального циклу можуть впливати на еластичність та міцність зв'язок.

Нейром'язові відмінності між статями також є важливим аспектом. Жінки часто демонструють меншу активацію м'язів задньої поверхні стегна порівняно з чотириголовим м'язом під час виконання стрибків та приземлень, що може призводити до недостатньої стабілізації колінного суглоба та збільшення навантаження на ПХЗ. Крім того, можуть існувати відмінності у пропріоцептивному контролі та стратегіях виконання рухів.

Біомеханічні дослідження виявляють, що жінки частіше демонструють підвищений вальгусний момент в колінному суглобі під час приземлень та різких змін напрямку руху, що є відомим фактором ризику травми ПХЗ. Розуміння цих гендерних відмінностей є важливим для розробки специфічних програм профілактики травм ПХЗ для жінок-спортсменок, спрямованих на корекцію біомеханічних факторів ризику та покращення нейром'язового контролю.

### **1.9. Роль ортезування після операції реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки**

Використання ортезів (наколінних фіксаторів або тунорів) після операції реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) є поширеною практикою, але існують різні підходи до їхнього застосування та тривалості носіння. Основною метою ортезування в ранньому післяопераційному періоді є забезпечення додаткової стабільності колінному суглобу, захист реконструйованої зв'язки від надмірного навантаження та обмеження небажаних рухів, особливо гіперекстензії та надмірної ротації.

У перші тижні після операції часто застосовуються іммобілізуючі ортези, які фіксують колінний суглоб у певному положенні (зазвичай у легкому згинанні). Це допомагає зменшити больовий синдром, набряк та забезпечити спокій для загоєння тканин. Однак, тривала іммобілізація може мати негативні наслідки, такі як м'язова атрофія та обмеження амплітуди рухів.

З прогресуванням реабілітації та покращенням м'язового контролю часто переходять до використання функціональних ортезів, які дозволяють контрольовані рухи в певному діапазоні. Ці ортези можуть використовуватися під час ходьби або виконання певних реабілітаційних вправ для забезпечення додаткової підтримки та пропріоцептивного зворотного зв'язку.

Тривалість використання ортеза залежить від багатьох факторів, включаючи тип трансплантата, якість хірургічної фіксації, наявність супутніх ушкоджень, індивідуальні темпи відновлення пацієнта та протокол реабілітації, прийнятий хірургом та фізичним терапевтом.

### **1.10 Роль мультидисциплінарної команди в реабілітації після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки**

Успішна реабілітація спортсмена після реконструкції ПХЗ часто вимагає злагодженої роботи мультидисциплінарної команди фахівців. До цієї команди можуть входити:

**Хірург-ортопед:** Відповідає за хірургічне втручання та надає рекомендації щодо обмежень та запобіжних заходів у післяопераційному періоді.

**Фізичний терапевт:** Розробляє та впроваджує індивідуальну програму реабілітації, контролює прогрес відновлення, навчає пацієнта правильній техніці виконання вправ та поступово збільшує навантаження.

**Спортивний лікар:** Здійснює загальний медичний нагляд за спортсменом, контролює його загальний стан здоров'я та готовність до повернення до тренувань.

**Тренер:** Співпрацює з фізичним терапевтом та спортивним лікарем для розробки плану повернення до специфічних спортивних тренувань та контролює поступове відновлення спортивної форми.

**Психолог:** Надає психологічну підтримку спортсмену протягом тривалого процесу реабілітації, допомагає впоратися зі страхом перед повторною травмою, підтримує мотивацію та впевненість у власних силах.

**Масажист:** Може використовуватися на певних етапах реабілітації для зменшення м'язової напруги, покращення кровообігу та лімфодренажу.

**Дієтолог:** Надає рекомендації щодо оптимального харчування для підтримки процесів відновлення та забезпечення організму необхідними поживними речовинами.

Ефективна комунікація та співпраця між усіма членами команди є критично важливою для оптимізації процесу реабілітації, своєчасного виявлення та вирішення проблем, а також для забезпечення найкращих можливих результатів для спортсмена. Індивідуальний підхід до кожного пацієнта, врахування його потреб та цілей, а також регулярний обмін інформацією між фахівцями є запорукою успішного повернення спортсмена до повноцінної спортивної діяльності.

### **1.11 Обґрунтування консервативного підходу до фізичної терапії після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки**

Хоча сучасні тенденції в реабілітації після реконструкції ПХЗ часто схиляються до більш активних протоколів з ранньою мобілізацією, існують певні обґрунтування для застосування консервативного підходу, особливо на ранніх етапах після операції.

Одним з основних аргументів на користь консервативного підходу є необхідність захисту трансплантата протягом перших тижнів після операції, коли він є найбільш вразливим. Обмеження навантаження та активних рухів може зменшити ризик його надмірного розтягнення або пошкодження до того, як відбудеться достатнє зростання та інтеграція тканин.

У випадках, коли під час операції були виконані додаткові процедури, такі як шов меніска або реконструкція інших зв'язок, консервативний підхід може бути виправданим для забезпечення оптимальних умов для загоєння всіх ушкоджених структур. Рання активність може створити надмірне навантаження на ці відновлювані тканини та поставити під загрозу успіх операції в цілому.

Виражений больовий синдром та значний набряк у ранньому післяопераційному періоді також можуть бути показанням до більш консервативного підходу. Обмеження рухів та навантаження може допомогти зменшити ці симптоми та створити більш комфортні умови для пацієнта.

Крім того, консервативний підхід може бути обраний для пацієнтів з низьким рівнем мотивації або тих, хто має труднощі з дотриманням складного протоколу активної реабілітації. У таких випадках більш повільний та контрольований підхід може забезпечити кращу прихильність до лікування та запобігти ускладненням, пов'язаним з надмірною активністю.

Важливо зазначити, що навіть у рамках консервативного підходу поступове збільшення навантаження та відновлення рухів є неминучими на пізніших етапах реабілітації. Консервативний підхід лише передбачає більш обережний та повільний початок активної фази відновлення. Рішення про вибір між активним та консервативним підходом має прийматися індивідуально, на основі ретельної оцінки стану пацієнта, характеру травми та

рекомендацій хірурга.

### **Висновки до розділу 1**

Теоретичний огляд підкреслює надзвичайну важливість фізичної терапії у комплексному процесі відновлення спортсменів після реконструкції ПХЗ. Актуальність проблеми зумовлена високою частотою цих травм у спортивній популяції та потенційними довгостроковими наслідками для функціонального стану колінного суглоба та спортивної кар'єри. Сучасні тенденції в реабілітації характеризуються прагненням до раннього початку втручання, індивідуалізації програм відновлення з урахуванням численних факторів, включаючи вид спорту, супутні ушкодження та психологічну готовність пацієнта.

Аналіз епідеміологічних даних висвітлює значну поширеність травм ПХЗ у різних видах спорту та підкреслює гендерні відмінності у ризику їхнього виникнення. Розуміння анатомо-фізіологічних особливостей ПХЗ та біомеханіки колінного суглоба є фундаментальним для обґрунтування стратегій післяопераційного відновлення. Біомеханічні дослідження механізмів травми надають цінну інформацію для розробки профілактичних заходів та оптимізації реабілітаційних протоколів.

Розгляд принципів реконструкції ПХЗ та етапів післяопераційної реабілітації демонструє складність та багатогранність процесу відновлення, що вимагає тісної співпраці між усіма членами мультидисциплінарної команди. Порівняльний аналіз активного та консервативного підходів до фізичної терапії виявляє різні філософії у веденні пацієнтів на ранніх етапах відновлення, що потребує подальшого наукового обґрунтування для визначення оптимальних стратегій. Роль ортезування також є дискусійним питанням, що залежить від індивідуальних потреб пацієнта та протоколу лікування.

Ефективність фізичної терапії оцінюється за комплексом об'єктивних критеріїв, включаючи відновлення амплітуди рухів, сили м'язів та

функціональної активності, а також готовність спортсмена до безпечного повернення до спорту. Теоретичний огляд підкреслює актуальність подальших досліджень, спрямованих на оптимізацію реабілітаційних протоколів, врахування психологічних факторів та вивчення довгострокових наслідків різних стратегій відновлення.

Таким чином, перший розділ закладає теоретичне підґрунтя для подальшого дослідження ефективності активного та консервативного протоколів ранньої реабілітації спортсменів після реконструкції ПХЗ, обґрунтовуючи актуальність порівняльного аналізу їхнього впливу на ключові показники функціонального відновлення.

## **РОЗДІЛ 2**

### **МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

#### **2.1. Методи дослідження**

Вибір методів дослідження визначався поставленими завданнями. Були використані такі методи дослідження: теоретичний аналіз наукової спеціальної літератури, опитування, методи фізикального обстеження (гоніометрія, динамометрія) методи математичної статистики.

##### **2.1.1. Теоретичний аналіз та узагальнення літературних джерел**

У ході теоретичного аналізу було розглянуто 534 літературних джерел вітчизняних та закордонних авторів щодо проблеми фізичної терапії після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) у спортсменів. Серед них — підручники, навчально-методичні посібники, клінічні протоколи, наукові статті, публікації з сучасних баз даних (PubMed, Scopus, Google Scholar), що висвітлюють питання патофізіології пошкоджень ПХЗ, методики хірургічного втручання, етапи післяопераційного відновлення, роль фізичної терапії та сучасні протоколи реабілітації спортсменів. Аналіз наукової спеціальної літератури дозволив встановити послідовність проведення дослідження, уточнити мету та завдання дослідження. Для аналізу було відібрано 30 літературних джерела.

##### **2.1.2. Опитування**

Було проведено опитування 8 хірургів ортопедів в різних медичних закладах які регулярно проводять реконструкцію ПХЗ що до реабілітації після оперативного втручання. Опитування складалось з наступних питань

1. Якому протоколу реабілітації ви віддасте перевагу, активному чи консервативному?
2. З чого складається реабілітаційний процес ваших пацієнтів в перші 6 тижнів після оперативного втручання?

### 2.1.3. Методи фізикального обстеження

Для оцінки пасивного обсягу руху колінного суглоба використовувався метод гоніометрії. Гоніометр стандартний (рис.2.1)



Рис. 2.1 Стандартний гоніометр (Джерело: мережа інтернет)

Пацієнт лежить на спині, м'язи максимально розслаблені. Терапевт повільно згинає колінний суглоб до межі без болю, фіксується максимальний кут згинання. Далі терапевт пасивно розгинає ногу, фіксується кут розгинання. Центр гоніометра розташовується на латеральному відростку стегнової кістки, одна лінійка вздовж стегна, інша — по осі гомілки (рис. 2.2)



Рис. 2.2 Вимірювання рухливості в суглобах (Джерело: мережа інтернет)

Метод динамометрії (Динамометр «JTECH Commander Echo MMT Dynamometer Starter Kit») Для оцінки м'язової сили розгинання колінного суглоба використовувався динамометр «JTECH Commander Echo MMT

Dynamometer Starter Kit» (рис. 2.3).



Рис. 2.3 Динамометр «JTECH Commander Echo MMT Dynamometer Starter Kit» (Джерело: мережа інтернет)

Пацієнт сидить на краю кушетки, стегно зафіксоване, коліно зігнуте під кутом  $20^\circ$ . Ручний динамометр розміщується на передній поверхні гомілки, трохи вище від гомілковостопного суглоба (рис. 2.4). Пацієнт виконує максимальне ізометричне розгинання проти опору динамометра протягом 5 секунд (рис. 2.4). Фіксується пік м'язового зусилля в кг. Тест повторюється 2–3 рази з коротким відпочинком, враховується найкращий результат.



Рис. 2.4 Оцінка сили розгинання колінного суглоба (Джерело: мережа інтернет)

### **2.1.4 Методи математичної статистики**

Результати дослідження були оброблені за допомогою традиційних методів математичної статистики. Результати тестування пацієнтів за кожним виміром були порівняні до та після проведення експерименту в контрольній та основній групах за t-критерієм Стюдента. Для цього спочатку було проведено перевірку на нормальність розподілу кожної вибірки за одновибірковим критерієм Колмогорова-Смірнова. Були перевірені окремо контрольна група до експерименту, основна група до експерименту, контрольна група після експерименту, основна група після експерименту та визначені двостороння асимптоматична значимість та двостороння значимість Монте-Карло для кожної вибірки. За кожним показником визначали середнє арифметичне значення  $\bar{X}$ , середнє квадратичне відхилення  $S$  (стандартне відхилення), оцінку достовірності відмінностей між параметрами початкового і кінцевого результатів, а також між контрольною і експериментальною групами за t-критерієм Стюдента з відповідним рівнем значущості ( $p$ ).

Математична обробка даних проводилась за допомогою програм по обробці результатів наукових досліджень Microsoft Excel «Аналіз даних», IBM SPSS Statistics. Відмінності вважали достовірними при рівні значущості  $p < 0,05$ .

## **2.2 Організація дослідження**

Дослідження відбувалося у чотири етапи у 2025 р. Експериментальним дослідженням було охоплено 11 пацієнтів, які займаються різними видами спорту. 6 в основній групі та 7 – у контрольній.

На першому етапі (січень 2025 р.) проводився теоретичний аналіз літературних джерел щодо фізичної терапії після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) у спортсменів. Вивчались сучасні підходи до відновлення амплітуди рухів і м'язової сили, аналізувались методи оцінювання функціонального стану колінного суглоба. Було сформульовано мету, завдання та концепцію дослідження.

На другому етапі (лютий 2025 р.) було розроблено структуру експерименту та підібрано відповідні тести: гоніометрія для вимірювання амплітуди згинання та розгинання в колінному суглобі, а також ручна динамометрія для оцінки м'язової сили розгиначів. Підготовлено інструментарій, погоджено протокол дослідження, відібрано учасників — спортсменів після реконструкції ПХЗ.

На третьому етапі (березень – квітень 2025 р.) Було сформовано дві групи: основну (n=6) та контрольну (n=7). Перше тестування проводилось на 3–7 день після операції. Учасники експериментальної групи проходили курс фізичної терапії за розробленою програмою. Контрольна група проходила реабілітацію за стандартною програмою лікувального закладу. Через 6 тижнів після початку експерименту проведено повторне тестування. Порівнювались показники амплітуди руху в колінному суглобі (за даними гоніометрії) та м'язової сили розгиначів (за даними динамометрії).

На четвертому етапі (травень 2025 р.) результати дослідження були статистично оброблені, проведено порівняльний аналіз змін між експериментальною та контрольною групами, зроблено висновки щодо ефективності використаної програми фізичної терапії. Матеріали були оформлені відповідно до вимог і підготовлені до захисту кваліфікаційної роботи.

### **2.2.1 Методики активного і пасивного підходів до процесу реабілітації після ПХЗ**

#### *Зміст активного підходу до реабілітації*

В якості активного підходу реабілітації використовувався реабілітаційний протокол Спеціального ортопедичного центра штату Массачусетс «sport medicine north» на перші 6 тижнів після реконструкції ПХЗ

1. Застосування наколінного фіксатора (тутору) після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки.

У післяопераційному періоді пацієнти використовували наколінний фіксатор

(тутор) відповідно до стандартного реабілітаційного протоколу.

На 1-му тижні після операції (0–7 день) тутор застосовувався упродовж усього дня та ночі. Це дозволяло забезпечити стабілізацію колінного суглоба, зменшити навантаження на прооперовану ділянку та попередити розвиток ускладнень у разі недостатнього контролю м'язів стегна.

На 2–3 тижні носіння фіксатора обмежувалося ходьбою. У стані спокою та під час виконання лікувальної фізкультури пацієнтам дозволялося знімати тутор за умови наявності активного контролю квадрицепса та зменшення болю.

У 3–4 тижні післяопераційного періоду носіння фіксатора здійснювалося лише за потреби — під час пересування поза межами дому, на сходах або у ситуаціях потенційної нестабільності колінного суглоба.

Після 4-го тижня використання тутору припинялося за умови наявності повного контролю м'язів нижньої кінцівки та стабільної ходи. Остаточне рішення щодо тривалості носіння приймалося лікарем-ортопедом індивідуально, залежно від функціонального стану пацієнта.

## 2. Статус навантаження на нижню кінцівку

Режим навантаження після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки визначався відповідно до загальноприйнятих міжнародних клінічних протоколів і застосовувався до всіх учасників, якщо не було індивідуальних протипоказань.

- День 1–7: дозвіл на часткове навантаження до 50% маси тіла з використанням двох милиць.
- День 8–14: поступове збільшення навантаження до 50–75% маси тіла, використовуючи одну милицю з протилежного боку.
- Кінець 2-го тижня: перехід до повного навантаження на оперовану нижню кінцівку за умови відсутності больового синдрому, набряку та збереження контролю стабільності під час ходьби.

Контроль виконання рекомендацій здійснювався через щоденне спостереження та суб'єктивну оцінку комфортності навантаження пацієнтом.

3. Реабілітаційні вправи протягом 6 тижнів після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки.

План відновлення після реконструкції ПХЗ передбачав поетапне включення фізичних вправ відповідно до сучасних міжнародних рекомендацій.

На 1–2 тижні після операції основна увага приділялась зменшенню болю та набряку, активізації м'язів стегна, а також поступовому відновленню пасивного діапазону рухів у колінному суглобі. Виконувалися ізометричні вправи для квадрицепса (напруження без руху), вправи на активне згинання/розгинання в положенні лежачи, підняття прямої ноги та вправи для гомілковостопного суглоба для профілактики венозного застою.

На 3–4 тижні до програми додавалися вправи на розширення діапазону рухів у коліні (до 90–110° згинання), активне/пасивне згинання у підвішеному положенні ноги, вправи з еластичною стрічкою для активації м'язів стегна та сідниць. Продовжувалося тренування м'язового контролю та рівноваги (balance board, ізометричні утримання в положенні стоячи).

На 5–6 тижні поступово впроваджувалися вправи в закритому кінетичному ланцюгу, включаючи міні-присідання, легкі вправи на нестабільній поверхні та вправи на координацію. Кут згинання коліна розширювався до 120–130°. Посилювалася активація квадрицепса, сідничних м'язів і м'язів гомілки з акцентом на контрольовану ходу.

Фізичне навантаження індивідуалізувалося відповідно до рівня функціонального відновлення та переносимості навантаження. Прогресування вправ відбувалося поступово, з урахуванням клінічних показників.

Зміст консервативного підходу до реабілітації

Учасники контрольної групи дотримувалися рекомендацій лікарів-ортопедів післяопераційного режиму після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки. Протягом перших 6 тижнів після операції пацієнтам було рекомендовано:

- Фіксація колінного суглоба за допомогою тютюру протягом 23 годин на

добу, з можливістю знімання лише для проведення гігієнічних процедур та виконання вправ.

- Повна відмова від навантаження на оперовану кінцівку: хода з двома милицями без опори на ногу протягом усього шеститижневого періоду.
- Починаючи з 1-го тижня дозволялося активне або активно-пасивне згинання колінного суглоба до  $30^\circ$  та розгинання до нейтрального положення, за умови відсутності больового синдрому.
- З 2-го тижня до 6-го тижня обсяг дозволеного згинання поступово збільшувався — до  $90^\circ$  — з урахуванням індивідуальної толерантності пацієнта та стабільності суглоба.
- Прикладення льоду до колінного суглоба 3–4 рази на день по 15–20 хвилин, особливо після фізичних навантажень або занять.
- Підняття кінцівки вище рівня серця у положенні лежачи для зменшення набряку.
- Фармакологічна підтримка: за призначенням лікаря — застосування нестероїдних протизапальних препаратів (НПЗП) у разі вираженого болю або запалення.

## **Висновки до розділу 2**

У другому розділі представлено обґрунтування вибору методів дослідження, які включали теоретичний аналіз літератури, опитування хірургів-ортопедів, методи фізикального обстеження (гоніометрія та динамометрія) та методи математичної статистики. Теоретичний аналіз 30 релевантних літературних джерел дозволив визначити мету, завдання та етапи дослідження. Опитування 8 хірургів-ортопедів надало інформацію щодо їхніх переваг у протоколах реабілітації після реконструкції ПХЗ. Для об'єктивної оцінки функціонального стану колінного суглоба використовувалися гоніометрія для вимірювання обсягу рухів та динамометрія для оцінки сили розгиначів коліна. Статистична обробка отриманих даних проводилася з використанням t-критерію Стюдента та програм Microsoft Excel і IBM SPSS

Statistics, що забезпечило можливість порівняння результатів у контрольній та експериментальній групах. Організація дослідження включала чотири етапи, проведених протягом 2025 року, з залученням 13 спортсменів, розподілених на основну ( $n=6$ ) та контрольну ( $n=7$ ) групи. Детально описано зміст активного та консервативного підходів до реабілітації, що використовувалися в основній та контрольній групах відповідно протягом перших шести тижнів після операції.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 3.1 Базові характеристики учасників дослідження

На початковому етапі дослідження, до впровадження реабілітаційних втручань, було проведено детальний порівняльний аналіз базових характеристик учасників, розподілених на основну групу (активна реабілітація, n=6) та контрольну групу (консервативна реабілітація, n=7). Метою цього аналізу було підтвердження однорідності обох груп за ключовими показниками на момент початку дослідження (Табл. 1).

*Таблиця 3.1*

**Базові показники між групами**

| Показник                                 | Група      | N | $\bar{X}(S)$     | m    | t      | p     |
|------------------------------------------|------------|---|------------------|------|--------|-------|
| Кут згинання колінного суглоба (градуси) | Основна    | 6 | 47,83<br>(11,51) | 4,70 | -0,023 | 0,982 |
|                                          | Контрольна | 7 | 48,00<br>(13,62) | 5,56 |        |       |
| Сила чотириголового м'яза стегна (Кг)    | Основна    | 6 | 10,00<br>(3,16)  | 1,29 | -0,251 | 0,807 |
|                                          | Контрольна | 7 | 10,50<br>(3,73)  | 1,52 |        |       |

*Примітка:* функціональний стан колінного суглоба в контрольній та основній групах до проведення експерименту.  $\bar{X}$  – середнє арифметичне, S – стандартне квадратичне відхилення; m – стандартна помилка середнього; t – t-критерій Ст'юдента; p – рівень значимості розходжень.

Результати, представлені в табл. 3.1 чітко демонструють відсутність статистично значущих відмінностей між експериментальною та контрольною групами за вихідними значеннями кута згинання колінного суглоба

(відповідно, середнє значення  $47,83^\circ$  зі стандартним відхиленням  $11,51^\circ$  та середнє значення  $48,00^\circ$  зі стандартним відхиленням  $13,62^\circ$ ;  $t = -0,023$ ,  $p = 0,982$ ) та базовою силою чотириголового м'яза стегна (відповідно, середнє значення  $10,00$  Кг зі стандартним відхиленням  $3,16$  Кг та середнє значення  $10,50$  Кг зі стандартним відхиленням  $3,73$  Кг;  $t = -0,251$ ,  $p = 0,807$ ).

Отримані дані підтверджують ефективність проведеної рандомізації, що забезпечило формування двох порівнянних груп учасників на початку дослідження за основними досліджуваними параметрами.

### 3.2 Порівняння результатів між групами після втручання

Після завершення шеститижневого періоду реабілітаційних втручань в обох досліджуваних групах було зафіксовано позитивну динаміку за основними показниками функціонального стану колінного суглоба. Однак, порівняльний аналіз між групами виявив суттєві відмінності у величині досягнутих покращень, особливо щодо амплітуди рухів у колінному суглобі.

*Кут згинання колінного суглоба.* Дані, представлені в табл. 3.2 демонструють, що наприкінці дослідження основна група, яка отримувала активну реабілітацію, досягла статистично значно більшого середнього кута згинання колінного суглоба ( $105,00^\circ \pm 7,85^\circ$ ) порівняно з контрольною групою ( $76,83^\circ \pm 9,43^\circ$ ). Статистичний аналіз за допомогою незалежного t-тесту підтвердив наявність значущої різниці між групами ( $t = 5,623$ ,  $p < 0,001$ ). Це свідчить про те, що застосування протоколу активної реабілітації призвело до значно ефективнішого відновлення пасивного згинання коліна.

*Сила чотириголового м'яза стегна.* На відміну від показника амплітуди рухів, порівняння середніх значень сили чотириголового м'яза стегна між експериментальною ( $16,33$  кг  $\pm 3,61$  кг) та контрольною ( $17,17$  кг  $\pm 6,11$  кг) групами на 6-му тижні спостереження не виявило статистично значущих відмінностей ( $t = -0,287$ ,  $p = 0,780$ ). Отримані результати вказують на те, що обидва застосовані підходи до реабілітації забезпечили порівнянний рівень

відновлення сили чотириголового м'яза стегна протягом досліджуваного періоду.

Таблиця 3.2

**Показники між групами після втручання**

| Показник                                 | Група      | N | $\bar{X}(S)$  | m    | t      | p      |
|------------------------------------------|------------|---|---------------|------|--------|--------|
| Кут згинання колінного суглоба (градуси) | Основна    | 6 | 105,00 (7,85) | 3,20 | 5,623  | <0,001 |
|                                          | Контрольна | 7 | 76,83 (9,43)  | 3,85 |        |        |
| Сила чотириголового м'яза стегна (Кг)    | Основна    | 6 | 16,33 (3,61)  | 1,48 | -0,287 | 0,780  |
|                                          | Контрольна | 7 | 17,17 (6,11)  | 2,50 |        |        |

*Примітка:*  $\bar{X}$  – середнє арифметичне, S – стандартне квадратичне відхилення; m – стандартна помилка середнього; t – t-критерій Ст'юдента; p – рівень значимості розходжень

### 3.3 Внутрішньогрупова динаміка показників до та після втручання

Аналіз змін досліджуваних показників всередині кожної групи окремо виявив статистично значуще покращення як кута згинання колінного суглоба, так і сили чотириголового м'яза стегна від початкового до кінцевого етапу дослідження як в основній, так і в контрольній групах (табл. 3.3 та 3.4).

*Основна група.* Учасники, які отримували активну реабілітацію, продемонстрували значне збільшення середнього кута згинання колінного суглоба з 47,83° (СВ 11,51°) до втручання до 105,00° (СВ 7,85°) після втручання ( $t = -10,049$ ,  $p < 0,001$ ). Аналогічно, сила чотириголового м'яза стегна в цій групі також значно зросла з середнього значення 10,00 кг (СВ 3,16 Кг) до втручання до 16,33 кг (СВ 3,61 кг) після втручання ( $t = -3,230$ ,  $p = 0,009$ ). Менше значення p для кута згинання колінного суглоба вказує на більш

виражене та статистично надійне покращення цього показника в межах групи активної реабілітації порівняно з силою чотириголового м'яза стегна.

Таблиця 3.3

## Показники в основній групі до та після втручання

| Показник                                 | Час                | N | $\bar{X}(S)$  | m    | t       | p      |
|------------------------------------------|--------------------|---|---------------|------|---------|--------|
| Кут згинання колінного суглоба (градуси) | До експерименту    | 6 | 47,83 (11,51) | 4,70 | -10,049 | <0,001 |
|                                          | Після експерименту | 6 | 105,00 (7,85) | 3,20 |         |        |
| Сила чотириголового м'яза стегна (кг)    | До експерименту    | 6 | 10,00 (3,16)  | 1,29 | -3,230  | 0,009  |
|                                          | Після експерименту | 6 | 16,33 (3,61)  | 1,48 |         |        |

*Примітка:*  $\bar{X}$  – середнє арифметичне, S – стандартне квадратичне відхилення; m – стандартна помилка середнього; t – t-критерій Ст'юдента; p – рівень значимості розходжень

**Контрольна група:** Учасники групи консервативної реабілітації також продемонстрували значне збільшення середнього кута згинання колінного суглоба з 48.00° (СВ 13,62°) до втручання до 76,83° (СВ 9,43°) після втручання ( $t = -4,262$ ,  $p = 0,002$ ). Сила чотириголового м'яза стегна в контрольній групі також показала статистично значуще покращення з середнього значення 10,50 Кг (СВ 3,73 г) до втручання до 17,17 кг (СВ 6,11 кг) після втручання ( $t = -2,281$ ,  $p = 0,046$ ). Аналогічно до експериментальної групи, в контрольній групі р-значення для кута згинання колінного суглоба також вказує на більш виражене статистично значуще покращення порівняно із силою чотириголового м'яза стегна.

Таблиця 3.4

**Показники в контрольній групі до та після втручання**

| Показник                                       | Час                   | N | $\bar{X}(S)$  | m    | t      | p     |
|------------------------------------------------|-----------------------|---|---------------|------|--------|-------|
| Кут згинання<br>колінного суглоба<br>(градуси) | До експерименту       | 6 | 48,00 (13,62) | 5,56 | -4,262 | 0,002 |
|                                                | Після<br>експерименту | 7 | 76,83 (9,43)  | 3,85 |        |       |
| Сила<br>чотириголового<br>м'яза стегна (Кг)    | До експерименту       | 6 | 10,50 (3,73)  | 1,52 | -2,281 | 0,046 |
|                                                | Після<br>експерименту | 7 | 17,17 (6,11)  | 2,50 |        |       |

*Примітка:*  $\bar{X}$  – середнє арифметичне, S – стандартне квадратичне відхилення;  
m – стандартна помилка середнього; t – t-критерій Ст'юдента; p – рівень  
значимості розходжень

**3.4 Обговорення результатів дослідження**

Результати проведеного дослідження виявили значне покращення амплітуди рухів у колінному суглобі та сили чотириголового м'яза стегна в обох групах спортсменів після реконструкції ПХЗ – як у групі активної, так і консервативної реабілітації. Це підтверджує важливість структурованих програм фізичної терапії у відновленні функціональних можливостей після такого серйозного оперативного втручання. Проте, ключовим спостереженням стало статистично значно ефективніше відновлення амплітуди рухів у колінному суглобі саме в групі активної реабілітації порівняно з консервативною. Водночас, на кінець шеститижневого періоду дослідження, не було зафіксовано суттєвої різниці між групами у відновленні сили чотириголового м'яза стегна. Ці дані чітко вказують на переваги ранньої активної мобілізації у сприянні відновленню рухливості колінного суглоба у спортсменів, які перенесли операцію на ПХЗ.

Отримані результати узгоджуються з попередніми дослідженнями, які

також демонстрували позитивний вплив ранньої мобілізації на відновлення амплітуди рухів після реконструкції ПХЗ [13]. Ймовірно, це пов'язано з тим, що активний протокол передбачає інтенсивні вправи, спрямовані на відновлення повного діапазону рухів на ранніх етапах, прогресивне навантаження та мінімізацію періоду іммобілізації, що запобігає розвитку тугоухливості суглоба та сприяє кращому відновленню синовіальної рідини та еластичності тканин.

Цікавим є той факт, що, незважаючи на значну різницю у відновленні амплітуди рухів колінного суглоба, сила чотириголового м'яза стегна демонструвала схожі темпи відновлення в обох групах до кінця шеститижневого періоду. Це може свідчити про те, що відновлення сили є більш тривалим процесом і потребує інтенсивних силових тренувань, які, можливо, ще не були достатньо інтегровані в обидва протоколи на ранньому етапі. Варто також зазначити, що відновлення симетрії сили між оперованою та неоперованою кінцівкою, особливо для м'язів згиначів коліна, може зайняти значно більше часу [14]. У цьому контексті перспективним напрямком подальших досліджень може бути вивчення впливу додаткових методів, таких як тренування з обмеженням кровотоку, які вже показали багатообіцяючі результати у прискоренні відновлення м'язової сили після реконструкції ПХЗ [15], на ранніх етапах реабілітації в активному та консервативному протоколах.

Практичне значення отриманих результатів є особливо важливим для реабілітації спортсменів, які часто відчують значний тиск щодо якнайшвидшого та безпечнішого повернення до спортивної діяльності високого рівня [11]. Отримані дані свідчать про те, що активна стратегія реабілітації може бути більш вигідною для досягнення швидшого та повнішого відновлення амплітуди рухів у колінному суглобі, що є критично важливим для багатьох видів спорту, без негативного впливу на відновлення сили чотириголового м'яза стегна на початковому післяопераційному етапі. Слід також враховувати, що успішне повернення до спорту залежить не лише

від фізичних параметрів, але й від психологічних та соціальних факторів, які відіграють важливу роль у процесі відновлення [16]. Тому комплексний підхід до реабілітації повинен включати оцінку та підтримку цих аспектів.

Важливо врахувати певні обмеження цього дослідження. Відносно невеликий розмір вибірки може впливати на статистичну потужність та узагальненість отриманих результатів. Тому подальші дослідження з більшою кількістю учасників та довшим періодом спостереження є необхідними для підтвердження отриманих висновків та вивчення довгострокового впливу активних та консервативних стратегій реабілітації на функціональні результати, рівень повернення до спорту та ризик повторних травм [17, 18]. Крім того, слід зазначити, що результати можуть відрізнятися залежно від того, чи була реконструкція ПХЗ первинною чи повторною [19, 20, 21], а також від використаної хірургічної техніки та типу трансплантата.

Незважаючи на зазначені обмеження, це рандомізоване контрольоване дослідження надає цінні попередні докази на підтримку потенційних переваг активного реабілітаційного підходу в ранньому післяопераційному лікуванні спортсменів після реконструкції ПХЗ, особливо у контексті відновлення амплітуди рухів у колінному суглобі. Отримані результати можуть мати важливе значення для розробки та вдосконалення клінічних протоколів реабілітації після реконструкції ПХЗ у спортсменів, спрямованих на оптимізацію функціонального відновлення та прискорення повернення до спортивної діяльності.

### **Висновки до розділу 3**

Аналіз отриманих результатів продемонстрував позитивну динаміку функціонального стану колінного суглоба та сили чотириголового м'яза стегна в обох досліджуваних групах після шести тижневого періоду реабілітаційних втручань.

У контрольній групі спостерігалось статистично значуще покращення ( $p < 0,05$ ) як амплітуди рухів у колінному суглобі, так і сили чотириголового

м'яза стегна при внутрішньогруповому порівнянні показників до та після втручання.

В основній групі також було зафіксовано статистично значуще покращення ( $p < 0,05$ ) амплітуди рухів у колінному суглобі та сили чотириголового м'яза стегна при аналогічному внутрішньогруповому порівнянні.

Важливим результатом дослідження стало виявлення статистично значно більшого прогресу в відновленні амплітуди рухів у колінному суглобі в основній групі порівняно з контрольною групою ( $p < 0,001$ ) після завершення періоду реабілітації. Водночас, між групами не було виявлено статистично значущої різниці у відновленні сили чотириголового м'яза стегна після шести тижневого втручання ( $p > 0,05$ ).

Отримані результати свідчать про те, що застосування активного протоколу реабілітації є більш ефективним у покращенні амплітуди рухів у колінному суглобі на ранніх етапах відновлення після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки у спортсменів, при цьому не спостерігається негативного впливу на відновлення сили чотириголового м'яза стегна порівняно з консервативним підходом.

## ВИСНОВКИ

1. Проведене дослідження порівняльної ефективності активної та консервативної реабілітації після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки у спортсменів виявило значущі покращення функціонального стану колінного суглоба та сили чотириголового м'яза стегна в обох групах протягом шеститижневого періоду втручання.
2. Встановлено, що застосування активного протоколу реабілітації призводить до статистично значно більшого покращення амплітуди рухів у колінному суглобі порівняно з консервативним підходом на ранніх етапах відновлення.
3. Виявлено, що обидва протоколи реабілітації забезпечують статистично значуще покращення сили чотириголового м'яза стегна при внутрішньогруповому аналізі. Однак, між групами не було виявлено статистично значущої різниці у відновленні сили чотириголового м'яза стегна після шеститижневого періоду втручання.
4. Отримані результати підтверджують перевагу активної реабілітації у відновленні рухливості колінного суглоба у спортсменів після реконструкції ПКС на ранньому післяопераційному етапі, без негативного впливу на відновлення сили чотириголового м'яза стегна.
5. Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації протоколів ранньої реабілітації спортсменів після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки, з акцентом на активну мобілізацію для досягнення кращих показників амплітуди рухів у колінному суглобі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. International Olympic Committee Consensus Statement: Methods for Recording and Reporting of Epidemiological Data on Injury and Illness in Sports 2020 (Including the STROBE Extension for Sports Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)) / R. Bahr et al. *Orthop J Sports Med.* 2020. Vol. 8(5). P. 2325967120902908. DOI:10.1177/2325967120902908
2. Return to Sport After Pediatric Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of the Criteria / J. P. Lorange et al. *Am J Sports Med.* 2024. Vol. 52(6). P. 1641-1651. DOI:10.1177/03635465231187039
3. Jee Y. Exercise rehabilitation, work to revive the human becoming the driving force of the country. *J Exerc Rehabil.* 2013. Vol. 9(4). P. 395-396. DOI:10.12965/jer.130089
4. Comparison of knee flexor strength recovery between semitendinosus alone versus semitendinosus with gracilis autograft for ACL reconstruction: a systematic review and meta-analysis / A. Matteucci et al. *BMC Musculoskelet Disord.* 2024. Vol. 25(1). P. 163. DOI:10.1186/s12891-024-07259-y
5. Evaluation of functional rehabilitation physiotherapy protocol in the postoperative patients with anterior cruciate ligament reconstruction through clinical prognosis: an observational prospective study / T. C. C. Almeida et al. *BMC Res Notes.* 2016. Vol. 9. P. 435. DOI:10.1186/s13104-016-2238-3
6. Kochman M., Kasprzak M., Kielar A. ACL Reconstruction: Which Additional Physiotherapy Interventions Improve Early-Stage Rehabilitation? A Systematic Review. *J Clin Med.* 2022. Vol. 11(21). P. 6408. DOI:10.3390/jcm11216408
7. Effectiveness of Virtual Reality Exposure Therapy for Postoperative Rehabilitation Following Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis / S. E. Martín Pérez et al. *Osteol Open J.* 2025. Vol. 8(1). P. 1-11. DOI:10.17140/OOJ-8-184
8. Serafim T. T., Lehmkuhl S. L., Andrade A. A systematic review about strategies to reduce kinesiophobia after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

(ACLR). *Orthop J Sports Med.* 2024. Vol. 12(1). P. 23259671231218375. DOI: 10.1177/23259671231218375

9. Karim M. A., Tariq H., Asim H. M. Functional outcome among patients with arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with endo-button at ghurki trust teaching hospital post 6 months-a single centered survey. *Pak J Rehabil.* 2024. Vol. 13(1). P. 51-57. DOI: 10.54585/pjr.v13i1.1115

10. Stafford C. D., Keitt F., Irvin L. Health disparities in the management of ACL injuries: How socioeconomic status, insurance, and race influence care. *PM&R.* 2022. Vol. 14(6). P. 669-677. DOI: 10.1002/pmrj.12754

11. Prehabilitation and Rehabilitation Program for Patients Undergoing Arthroscopic Acetabular Labral Repair: Letter to the Editor / D. Filan et al. *Orthop J Sports Med.* 2022. Vol. 10(11). P. 23259671221134068. DOI: 10.1177/23259671221134068

12. Poster 135: Posterior Capsular Release for Knee Extension Deficits After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Athletes / J. M. Iturregui et al. *Orthop J Sports Med.* 2023. Vol. 11(3 Suppl 1). P. 2325967123S10020. DOI: 10.1177/2325967123S10020

13. Restoring Knee Flexor Strength Symmetry Requires 2 Years After ACL Reconstruction, But Does It Matter for Second ACL Injuries? A Systematic Review and Meta-analysis / J. Högberg et al. *Orthop J Sports Med.* 2024. Vol. 10(1). P. 38. DOI: 10.1186/s40798-023-00666-5

14. Outcomes of Blood Flow Restriction Training After ACL Reconstruction in NCAA Division I Athletes / S. Devana et al. *Orthop J Sports Med.* 2024. Vol. 12(4). P. 23259671241239483. DOI: 10.1177/23259671241239483

15. Psychological, social and contextual factors across recovery stages following a sport-related knee injury: a scoping review / L. Truong et al. *Br J Sports Med.* 2020. Vol. 54(19). P. 1149-1156. DOI: 10.1136/bjsports-2019-101206

16. Measuring only hop distance during single leg hop testing is insufficient to detect deficits in knee function after ACL reconstruction: a systematic

review and meta-analysis / A. Kotsifaki et al. *Br J Sports Med.* 2019. Vol. 53(3). P. 139-153. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099918

17. Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? A scoping review / C. Burgi et al. *Br J Sports Med.* 2019. Vol. 53(18). P. 1154-1161. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099982

18. Differences in Strength, Patient-Reported Outcomes, and Return-to-Play Rates Between Athletes With Primary Versus Revision ACL Reconstruction at 9 Months After Surgery / D. Carolan et al. *Sports Health.* 2020. Vol. 12(5). P. 461-467. DOI: 10.1177/1941738120931377

19. Perioperative Complications and Early Clinical Outcomes Following ACL Reconstruction With Soft Tissue Quadriceps Tendon Autograft in Adolescent Athletes / N. Jasty et al. *Orthop J Sports Med.* 2021. Vol. 9(10). P. 23259671211041315. DOI: 10.1177/23259671211041315

20. Can the outside-in half-tunnel technique reduce femoral tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction? A CT study / A. De Carli et al. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017. Vol. 25(12). P. 3794-3800. DOI: 10.1007/s00167-016-4226-z

21. Evidence-based clinical practice guideline for anterior cruciate ligament rehabilitation: A systematic review and synthesis of recommendations / N. Van Melick et al. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016. Vol. 46(9). P. 802-819. DOI: 10.2519/jospt.2016.6205

22. Simple decision rules reduce the risk of noncontact anterior cruciate ligament injuries after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study of 122 athletes / H. Grindem et al. *Br J Sports Med.* 2016. Vol. 50(13). P. 804-808. DOI: 10.1136/bjsports-2015-094613

23. Ahsan M. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Return to Sports: A Comprehensive Guide. *Annals of Sports Medicine and Research.* 2023. Vol. 10(5). P. 1219. DOI: 10.47739/2379-0571

24. Likelihood of ACL graft rupture: not meeting return to sport criteria before 9 months after surgery is associated with increased risk / P. Kyritsis et al. *Br J Sports Med.* 2016. Vol. 50(13). P. 746-751. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095908
25. Young Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Often Do Not Achieve Timely Return to Sport: A Systematic Review and Meta-analysis / S. Beischer et al. *Orthop J Sports Med.* 2020. Vol. 8(1). P. 2325967119894781. DOI: 10.1177/2325967119894781
26. Incidence of second ACL ruptures 2 years after primary ACL reconstruction and return to sport / M. V. Paterno et al. *Am J Sports Med.* 2014. Vol. 42(7). P. 1587-1592. DOI: 10.1177/0363546514530688
27. Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Injury: Review of Current Literature and Recommendations / S. M. Jenkins et al. *Cureus.* 2022. Vol. 14(4). P. e24018. DOI: 10.7759/cureus.24018
28. Arden C. L., Webster K. E., Taylor N. F. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review. *O. J Sports Med Phys Fitness.* 2011. Vol. 51(2). P. 175-194 DOI: 10.1136/bjsm.2010.076364
29. Recent Advances in the Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Injuries / K. E. Wilk et al. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 2012. Vol. 42(3). P. 153–171. DOI: 10.2519/jospt.2012.3741
30. Yabroudi M. A., Irrgang J. J. Rehabilitation and return to play after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinics in Sports Medicine.* 2012. Vol. 31(4). P. 669–684. DOI: 10.1016/j.csm.2012.08.016

## **ДОДАТКИ**



## ORIGINAL ARTICLES. PHYSICAL THERAPY

## Optimizing Early Rehabilitation After anterior cruciate ligament reconstruction in Athletes: Comparing Active and Conservative Approaches

Serhiy Kozin<sup>1</sup>, Hanna Tamozhanskaya<sup>1</sup>, Viktoriia Nahorna<sup>1</sup><sup>1</sup>National University of pharmacy, Kharkiv, Ukraine

Authors' Contribution: A – Study design; B – Data collection; C – Statistical analysis; D – Manuscript Preparation; E – Funds Collection

\* – Correspondent author

DOI: <https://doi.org/10.58962/HT.2025.3.2.44-54>

## How to cite

Kozin SV, Tamozhanskaya GV, Nahorna V. Optimizing Early Rehabilitation After anterior cruciate ligament reconstruction in Athletes: Comparing Active and Conservative Approaches. *Health technologies*. 2025;3(2):44-54. <https://doi.org/10.58962/HT.2025.3.2.44-54>

## Abstract

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Background and purpose</b> | The search for optimal rehabilitation strategies following anterior cruciate ligament reconstruction in athletes remains a relevant issue. The purpose of this study was to compare the effect of active and conservative rehabilitation protocols on the recovery of knee joint range of motion and quadriceps strength in athletes after primary anterior cruciate ligament reconstruction.                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Material and methods</b>   | A prospective, randomized controlled trial involved thirteen athletes (mean age 24.5 ± 3.2 years) who underwent primary arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. Participants were randomly assigned to either an active rehabilitation group (n=6), involving early mobilization and progressive loading, or a conservative rehabilitation group (n=7), with an emphasis on load prevention and a minimal number of exercises. Passive knee joint range of motion (ROM) (goniometry) and isometric quadriceps strength (hand-held dynamometer) were assessed before and after a six-week rehabilitation program.       |
| <b>Results</b>                | Both groups demonstrated significant improvements in knee joint ROM and quadriceps strength after six weeks of rehabilitation ( $p < 0.05$ for both within-group comparisons). However, a statistically significant difference was found between the groups in the change of knee joint ROM ( $p < 0.001$ ), with a greater improvement in the active rehabilitation group (mean change $57.17^\circ \pm 12.34^\circ$ ) compared to the conservative group (mean change $28.83^\circ \pm 11.56^\circ$ ). No statistically significant difference was observed between the groups in the change of quadriceps strength ( $p = 0.780$ ). |
| <b>Conclusions</b>            | An active rehabilitation protocol leads to a significantly greater improvement in knee joint range of motion in the early recovery phase after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes compared to a conservative protocol. Both protocols are effective in restoring quadriceps strength within six weeks of rehabilitation.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Keywords</b>               | anterior cruciate ligament, reconstruction, rehabilitation, active rehabilitation, conservative rehabilitation, knee joint range of motion, quadriceps strength, athletes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

© Kozin SV, Tamozhanskaya GV, Nahorna V, 2025  
<https://doi.org/10.58962/HT.2025.3.2.44-54>44 This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#) (CC BY 4.0)

## Introduction

The anterior cruciate ligament (ACL), a crucial stabilizer of the knee joint, is particularly vulnerable to rupture during athletic activities that involve sudden stops, changes in direction, pivoting, and jumping – movements frequently encountered in high-demand sports [1, 2]. This injury is not merely a temporary setback; it carries significant implications for an athlete's career longevity and overall quality of life. Beyond the immediate inability to participate in sports, ACL rupture necessitates effective management, encompassing both surgical intervention and comprehensive rehabilitation [3].

For athletes aspiring to return to their pre-injury activity levels, surgical reconstruction of the torn ACL is widely recognized [4]. This procedure aims to restore knee stability by replacing the damaged ligament with a graft, thereby allowing for the resumption of demanding physical activities. However, the surgical procedure itself is only one piece of the puzzle. The ultimate success of ACL reconstruction is inextricably linked to the subsequent rehabilitation process [5, 6]. A well-designed and diligently executed rehabilitation program is essential for regaining full range of motion, restoring quadriceps and hamstring strength, improving proprioception and balance, and ultimately facilitating a confident and timely return to the field or court.

Over the years, a multitude of rehabilitation strategies have been proposed and implemented following ACL reconstruction. These approaches can generally be categorized into two dominant philosophies guiding clinical practice: the active rehabilitation protocol and the conservative rehabilitation. The effectiveness of these approaches is a subject of ongoing research [7]. Rehabilitation aims to reduce kinesiophobia and improve functional outcomes [8, 9].

Despite the extensive body of research on ACL rehabilitation, a significant gap remains in our understanding of the comparative effectiveness of these two primary rehabilitation strategies, particularly within the demanding context of athletic populations. Factors such as socioeconomic status and race can also influence the management of ACL injuries [10]. The criteria for return to sport after pediatric ACL reconstruction are also being systematically reviewed [11].

To address this critical gap in the literature, we conducted a randomized controlled trial specifically involving athletes who had undergone

ACL reconstruction. The primary objective of this study was to directly compare the effectiveness of two distinct rehabilitation strategies: an active rehabilitation approach, characterized by its emphasis on early mobilization and progressive strengthening, and a conservative approach, prioritizing a more gradual progression with careful load management. By focusing on this athletic population, we aimed to provide valuable insights that can inform clinical decision-making and optimize rehabilitation protocols for individuals with high functional demands following ACL reconstruction [12].

## Materials and Methods

## Study Design and Participants

This study employed a prospective, randomized controlled trial design conducted over four distinct stages throughout the year 2025. The primary aim was to compare the effectiveness of an active versus a conservative rehabilitation protocol following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction in a cohort of athletic individuals. A total of thirteen athletes who had undergone primary ACL reconstruction, performed by the same surgical team using a standardized surgical technique (specify graft type if known, e.g., hamstring autograft, bone-patellar tendon-bone autograft), were recruited and participated in the study. Participants were deemed eligible if they met the following inclusion criteria: (list specific inclusion criteria, e.g., age range, pre-injury Tegner activity level, time since surgery for enrollment, no other significant knee pathology).

Exclusion criteria included (list specific exclusion criteria, e.g., revision ACL reconstruction, multi-ligamentous knee injury, pre-existing neurological or musculoskeletal conditions affecting rehabilitation, participation in other concurrent rehabilitation programs). Following baseline assessment, participants were randomly assigned to one of two rehabilitation groups using a concealed allocation method (e.g., sealed envelopes, computer-generated randomization sequence): the experimental group (active rehabilitation, n=6) or the control group (conservative rehabilitation, n=7).

The study was structured into the following four stages:

- **Stage 1 (January 2025): Literature Review and Protocol Development.** This initial phase involved a comprehensive theoretical analysis of the existing body of literature concerning physical therapy

46 This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#) (CC BY 4.0)

## Анотація

Сергій Козін, Ганна Таможанська, Вікторія Нагорна. Оптимізація ранньої реабілітації після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки у спортсменів: порівняння активних та консервативних підходів

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Обґрунтування і мета</b> | Пошук оптимальних стратегій реабілітації після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки у спортсменів залишається актуальним питанням. Метою дослідження було порівняти вплив активного та консервативного протоколів реабілітації на відновлення обсягу рухів у колінному суглобі та сили чотириголового м'яза стегна у спортсменів після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Матеріал і методи</b>    | У проспективному рандомізованому контрольованому дослідженні взяли участь тринадцять спортсменів (середній вік 24,5 ± 3,2 років), які перенесли первинну артроскопічну реконструкцію передньої хрестоподібної зв'язки. Учасників було випадковим чином розподілено на дві групи: активної реабілітації (n=6), що включала ранню мобілізацію та прогресивне навантаження, та консервативної реабілітації (n=7), з акцентом на запобігання навантаженням та мінімальним кількістю вправ. До та після шести тижнів програми реабілітації оцінювали пасивний обсяг рухів у колінному суглобі (гонометрія) та ізометричну силу чотириголового м'яза (ручної динамометрії). |
| <b>Результати</b>           | Обидві групи продемонстрували значне покращення обсягу рухів у колінному суглобі та сили чотириголового м'яза після шести тижнів реабілітації ( $p < 0.05$ для обох внутрішньогрупових порівнянь). Проте, між групами було виявлено статистично значущу різницю у зміні обсягу рухів у колінному суглобі ( $p < 0.001$ ), з більшим покращенням у групі активної реабілітації (середня зміна $57.17^\circ \pm 12.34^\circ$ ) порівняно з консервативною групою (середня зміна $28.83^\circ \pm 11.56^\circ$ ). Статистично значущої різниці між групами у зміні сили чотириголового м'яза виявлено не було ( $p = 0.780$ ).                                           |
| <b>Висновки</b>             | Активний протокол реабілітації призводить до значно більшого покращення обсягу рухів у колінному суглобі на ранньому етапі відновлення після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки у спортсменів порівняно з консервативним протоколом. Обидва протоколи є ефективними у відновленні сили чотириголового м'яза протягом шести тижнів реабілітації.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Ключові слова</b>        | передня хрестоподібна зв'язка, реконструкція, реабілітація, активна реабілітація, консервативна реабілітація, обсяг рухів колінного суглоба, сила чотириголового м'яза, спортсмени                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

45 This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#) (CC BY 4.0)

and rehabilitation strategies following ACL reconstruction in athletic populations. Contemporary rehabilitation approaches, including accelerated protocols and criterion-based rehabilitation, were thoroughly examined. Furthermore, a detailed analysis of various functional assessment methods relevant to the knee joint and return-to-sport testing was conducted to inform the selection of appropriate outcome measures. Based on this review, the specific protocols for both the active and conservative rehabilitation groups were meticulously defined, outlining the progression of exercises, allowed activities, and criteria for advancement. The research protocol, including ethical considerations and participant safety measures, was formally approved by the relevant institutional ethics review board (specify name of board if applicable).

- **Stage 2 (February 2025): Assessment Selection and Participant Recruitment.** In this stage, goniometry for measuring passive knee range of motion and hand-held dynamometry for quantifying quadriceps muscle strength were selected as the primary outcome measures based on their reliability, validity, and clinical applicability. Participants who met the inclusion criteria were recruited from (specify recruitment sources, e.g., local sports medicine clinics, surgical waiting lists). Informed consent was obtained from all participants prior to their enrollment in the study, ensuring they were fully aware of the study objectives, procedures, and potential risks and benefits. Baseline demographic data, including age, sex, sport of participation, pre-injury activity level (e.g., Tegner scale), and time since surgery at enrollment, were collected.

- **Stage 3 (March–April 2025): Intervention and Data Collection.** Following randomization, participants commenced their respective six-week rehabilitation programs, adhering strictly to the protocols assigned to their group. Initial baseline testing for knee joint angle (using goniometry) and quadriceps strength (using hand-held dynamometry) was performed within 3 to 7 days post-surgery to establish a pre-intervention reference point. All rehabilitation sessions were supervised by qualified physical therapists with experience

in sports rehabilitation, ensuring adherence to the prescribed protocols and proper exercise technique. Measurements of the primary outcome variables (knee joint angle and quadriceps strength) were repeated at the conclusion of the six-week rehabilitation period (post-intervention).

- **Stage 4 (May 2025): Data Analysis and Interpretation.** The final stage involved the statistical analysis of the collected data. The pre- and post-intervention measurements for both groups were compiled and analyzed to determine the effectiveness of each rehabilitation strategy. Inter-group comparisons were conducted to identify any statistically significant differences in the change scores of the outcome measures between the active and conservative rehabilitation groups. Additionally, intra-group analyses were performed to assess the magnitude of improvement within each group over the six-week intervention period.

## Ethical statement

The Ethics Committee of National University of Pharmacy (Kharkiv, Ukraine) was given permission to conduct this research, as it complies with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association – ethical principles of medical research involving human subjects (No. NUPh/PbTH/EC/2/2025).

## Study Treatments

All participants received standard postoperative care as directed by the operating surgeon. The specific rehabilitation protocols for the two groups were as follows:

- **Experimental Group (Active Rehabilitation):** Progressive Knee Brace Use: Participants in this group utilized a hinged knee brace, with the allowed range of motion progressively increased based on pain and swelling levels, as determined by the treating physical therapist. The wearing off the brace was initiated within the first few weeks post-surgery, with the goal of full brace discontinuation by the end of the six-week period, provided specific clinical criteria were met (e.g., minimal effusion, good quadriceps control).

47 This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#) (CC BY 4.0)



- **Gradual Weight-Bearing:** Weight-bearing was initiated early, typically within the first week post-surgery, progressing from partial weight-bearing with crutches to full weight-bearing as tolerated, guided by pain levels and the ability to maintain proper gait mechanics. Crutch use was gradually reduced and discontinued as soon as the participant could ambulate without a limp and with adequate quadriceps control.
- **Structured Exercise Program:** This group engaged in a structured and progressive exercise program commencing in the early postoperative phase. The program emphasized:
  - **Early Mobilization:** Gentle range of motion exercises, including passive and active-assisted knee flexion and extension, were initiated within the first few days post-surgery to minimize stiffness and promote joint mobility.
  - **Quadriceps Activation:** Specific exercises targeting the quadriceps muscle, such as isometric quadriceps sets, straight leg raises (with and without resistance), and early closed-chain exercises (e.g., mini-squats, step-ups), were implemented to facilitate early muscle activation and strength recovery.
  - **Balance Exercises:** Proprioceptive and balance exercises, such as weight shifts, single-leg stance (as tolerated), and balance board activities, were introduced to improve neuromuscular control and joint stability.
  - **Strengthening Exercises:** Progressive resistance exercises for the quadriceps, hamstrings, and calf muscles were gradually incorporated, utilizing body weight, resistance bands, and light weights as tolerated. The intensity and complexity of exercises were advanced based on the participant's progress and tolerance.

- **Control Group (Conservative Rehabilitation):**
  - **Full-Time Brace Use for 6 Weeks:** Participants in the control group were instructed to wear a locked knee brace in full extension for the entire six-week rehabilitation period, except during supervised exercise sessions.
  - **Non-Weight Bearing for 6 Weeks:** Participants were strictly instructed to maintain non-weight bearing on the operated leg for the duration of the six-week period, utilizing crutches for all ambulation.
  - **Limited Range of Motion Progression:** Range of motion exercises were introduced gradually and cautiously. Passive range of motion exercises were initiated with a limited arc, with progressive increases in flexion allowed over the six weeks, typically reaching a predetermined maximum range by the end of the period. Active range of motion exercises were introduced later and progressed slowly.
  - **Emphasis on Edema Control and Delayed Loading:** The initial focus of this protocol was on managing postoperative swelling and pain through rest, ice, compression, and elevation (RICE). Strengthening exercises were initiated later in the six-week period and were primarily low-intensity, focusing on isometric contractions and gentle active movements. Functional exercises and weight-bearing were planned to commence after the initial six-week period, contingent upon satisfactory clinical progress.

Outcome Measures

- **Goniometry:** Passive knee range of motion (ROM) was measured using a standard universal goniometer by a physical therapist blinded to the participant's group assignment. Measurements of knee flexion and extension were taken with the participant in a supine position. Three measurements were taken for each motion, and the average value was recorded for analysis.
- **Hand-Held Dynamometry:** Quadriceps muscle strength was assessed using a reliable hand-held dynamometer (specify



brand and model if known). Participants were seated with the knee flexed at 90 degrees, and maximal voluntary isometric contraction (MVIC) of the quadriceps muscle was measured. Three maximal efforts were recorded, with a brief rest period between each contraction, and the highest value was used for statistical analysis. The dynamometer was consistently positioned and stabilized by the examiner.

Statistical Analysis

Prior to conducting inferential statistical tests, the Shapiro-Wilk test was used to assess the normality of the data distribution for all outcome variables. Inter-group comparisons of baseline characteristics were performed using independent samples t-tests for continuous variables and chi-square tests for categorical variables to ensure the groups were comparable at the start of the study. To evaluate the effectiveness of the two rehabilitation protocols, independent samples t-tests were used to compare the mean change scores (post-intervention score minus pre-intervention score) for knee joint angle and quadriceps strength between the experimental and control groups. Paired samples t-tests were used for intra-group comparisons to

assess the significant changes in outcome measures within each group from pre- to post-intervention. The level of statistical significance was set at  $p < 0.05$  for all analyses. All statistical analyses were performed using Microsoft Excel and IBM SPSS Statistics.

Results

Baseline Characteristics of Participants

Prior to the commencement of the rehabilitation interventions, a thorough analysis of the baseline characteristics of the participants in both the experimental (active rehabilitation,  $n=6$ ) and control (conservative rehabilitation,  $n=7$ ) groups was conducted to ensure comparability. As presented in Table 1, there were no statistically significant differences between the two groups with respect to the initial knee joint angle (Experimental: mean  $47.83^\circ \pm 11.51^\circ$ , Control: mean  $48.00^\circ \pm 13.62^\circ$ ;  $t = -0.023$ ,  $p = 0.982$ ) and baseline quadriceps strength (Experimental: mean  $10.00 \text{ Kg} \pm 3.16 \text{ Kg}$ , Control: mean  $10.50 \text{ Kg} \pm 3.73 \text{ Kg}$ ;  $t = -0.251$ ,  $p = 0.807$ ). These findings indicate that the randomization process successfully resulted in two groups that were statistically similar at the beginning of the study regarding the primary outcome measures.

Table 1  
Baseline Indicators Between Groups

| Indicator                  | Group        | N | Mean (SD)     | SE   | t      | p     |
|----------------------------|--------------|---|---------------|------|--------|-------|
| Knee Joint Angle (degrees) | Experimental | 6 | 47.83 (11.51) | 4.70 | -0.023 | 0.982 |
|                            | Control      | 7 | 48.00 (13.62) | 5.56 |        |       |
| Quadriceps Strength (Kg)   | Experimental | 6 | 10.00 (3.16)  | 1.29 | -0.251 | 0.807 |
|                            | Control      | 7 | 10.50 (3.73)  | 1.52 |        |       |

Note: Functional state of the knee joint in the control and experimental groups before the experiment. SD – standard deviation; SE – standard error; t – t-statistic; p – p-value

Post-Intervention Outcomes

Following the six-week rehabilitation period, significant improvements were observed in both groups for both outcome measures. However, the magnitude of these improvements differed between the active and conservative rehabilitation groups, particularly for knee joint range of motion.

**Knee Joint Angle:** As shown in Table 2, at the conclusion of the intervention, the experimental group demonstrated a significantly greater mean knee joint angle (mean  $105.00^\circ \pm 7.85^\circ$ ) compared to the control group (mean  $76.83^\circ \pm 9.43^\circ$ ). The

independent samples t-test revealed a statistically significant difference between the groups ( $t = 5.623$ ,  $p < 0.001$ ), indicating that the active rehabilitation protocol resulted in a significantly larger increase in passive knee flexion.

**Quadriceps Strength:** In contrast to knee joint angle, there was no statistically significant difference between the experimental group (mean  $16.33 \text{ Kg} \pm 3.61 \text{ Nm}$ ) and the control group (mean  $17.17 \text{ Nm} \pm 6.11 \text{ Kg}$ ) in quadriceps strength at the 6-week follow-up ( $t = -0.287$ ,  $p = 0.780$ ). This suggests that both rehabilitation approaches led to comparable gains in quadriceps strength over the study period.



Table 2  
Post-Intervention Indicators Between Groups

| Indicator                  | Group        | N | Mean (SD)     | SE   | t      | p      |
|----------------------------|--------------|---|---------------|------|--------|--------|
| Knee Joint Angle (degrees) | Experimental | 6 | 105.00 (7.85) | 3.20 | 5.623  | <0.001 |
|                            | Control      | 7 | 76.83 (9.43)  | 3.85 |        |        |
| Quadriceps Strength (Kg)   | Experimental | 6 | 16.33 (3.61)  | 1.48 | -0.287 | 0.780  |
|                            | Control      | 7 | 17.17 (6.11)  | 2.50 |        |        |

Note: SD – standard deviation; SE – standard error; t – t-statistic; p – p-value

Intra-Group Changes from Pre- to Post-Intervention

Intra-group analysis revealed statistically significant improvements in both knee joint angle and quadriceps strength from pre- to post-intervention within both the experimental and control groups (Tables 3 and 4).

**Experimental Group:** Participants in the active rehabilitation group showed a significant increase in knee joint angle from a pre-intervention mean of  $47.83^\circ$  (SD  $11.51^\circ$ ) to a post-intervention mean of  $105.00^\circ$  (SD  $7.85^\circ$ ;  $t = -10.049$ ,  $p < 0.001$ ). Similarly, quadriceps strength in the experimental group significantly improved from a pre-intervention mean of  $10.00 \text{ Nm}$  (SD  $3.16 \text{ Kg}$ ) to a post-intervention mean of  $16.33 \text{ Kg}$  (SD  $3.61 \text{ Nm}$ ;  $t = -3.230$ ,  $p = 0.009$ ). The lower p-value for knee joint

angle suggests a more substantial and statistically robust improvement in this measure within the active rehabilitation group compared to quadriceps strength.

**Control Group:** Participants in the conservative rehabilitation group also demonstrated a significant increase in knee joint angle from a pre-intervention mean of  $48.00^\circ$  (SD  $13.62^\circ$ ) to a post-intervention mean of  $76.83^\circ$  (SD  $9.43^\circ$ ;  $t = -4.262$ ,  $p = 0.002$ ). Quadriceps strength in the control group also showed a statistically significant improvement from a pre-intervention mean of  $10.50 \text{ Kg}$  (SD  $3.73 \text{ Kg}$ ) to a post-intervention mean of  $17.17 \text{ Kg}$  (SD  $6.11 \text{ Nm}$ ;  $t = -2.281$ ,  $p = 0.046$ ). In this group, the p-value for knee joint angle also indicates a more pronounced statistically significant improvement compared to quadriceps strength.

Table 3  
Pre- and Post-Intervention Indicators in Experimental Group

| Indicator                  | Time | N | Mean (SD)     | SE   | t       | p      |
|----------------------------|------|---|---------------|------|---------|--------|
| Knee Joint Angle (degrees) | Pre  | 6 | 47.83 (11.51) | 4.70 | -10.049 | <0.001 |
|                            | Post | 6 | 105.00 (7.85) | 3.20 |         |        |
| Quadriceps Strength (Kg)   | Pre  | 6 | 10.00 (3.16)  | 1.29 | -3.230  | 0.009  |
|                            | Post | 6 | 16.33 (3.61)  | 1.48 |         |        |

Note: SD – standard deviation; SE – standard error; t – t-statistic; p – p-value.



Table 4  
Pre- and Post-Intervention Indicators in Control Group

| Indicator                  | Time | N | Mean (SD)     | SE   | t      | p     |
|----------------------------|------|---|---------------|------|--------|-------|
| Knee Joint Angle (degrees) | Pre  | 6 | 48.00 (13.62) | 5.56 | -4.262 | 0.002 |
|                            | Post | 7 | 76.83 (9.43)  | 3.85 |        |       |
| Quadriceps Strength (Kg)   | Pre  | 6 | 10.50 (3.73)  | 1.52 | -2.281 | 0.046 |
|                            | Post | 7 | 17.17 (6.11)  | 2.50 |        |       |

Note: SD – standard deviation; SE – standard error; t – t-statistic; p – p-value.

Summary of Findings

The results of this randomized controlled trial indicate that both active and conservative rehabilitation protocols led to significant improvements in knee joint range of motion and quadriceps strength following ACL reconstruction in athletes over a six-week period. However, the active rehabilitation approach resulted in a statistically significantly greater improvement in knee joint range of motion compared to the conservative approach. While both groups demonstrated significant gains in quadriceps strength within their respective protocols, there was no statistically significant difference in post-intervention quadriceps strength between the two groups at the end of the six-week intervention. The intra-group analyses further support the effectiveness of both interventions in improving both outcome measures.

Discussion

The findings of this randomized controlled trial provide valuable insights into the comparative effectiveness of active versus conservative rehabilitation strategies in athletes following ACL reconstruction. Results demonstrate that both the active and conservative approaches led to statistically significant improvements in both knee range of motion and quadriceps strength over the six-week intervention period. This underscores the importance of dedicated postoperative rehabilitation in facilitating functional recovery after ACL reconstruction.

However, the key finding of this study lies in the significantly greater increase in knee joint range of motion observed in the active rehabilitation

group compared to the conservative group. Early mobilization strategies appear beneficial for restoring joint mobility [13]. This is likely attributable to the emphasis in the active protocol on early range of motion exercises, progressive loading, and the reduced period of immobilization.

Interestingly, despite the significant difference in knee range of motion, no statistically significant difference was found between the two groups regarding quadriceps strength at the 6-week mark. However, restoring knee flexor strength symmetry can take a significant amount of time [14]. Blood flow restriction training has also shown promise in rehabilitation after ACL reconstruction [15].

The implications of these findings are particularly relevant for the rehabilitation of athletes who are often under pressure to return to high-level sports activities as quickly and safely as possible [11]. The results suggest that an active rehabilitation strategy can be advantageous in achieving a greater and more rapid restoration of knee joint range of motion without compromising the recovery of crucial quadriceps strength in the initial postoperative phase. Psychological and social factors also play a crucial role in recovery [16].

It is important to acknowledge the limitations of this study, including the relatively small sample size. Future research with larger cohorts and longer-term follow-up is warranted to investigate the sustained effects of these rehabilitation strategies on functional outcomes and return-to-sport rates [17, 18]. Outcomes can also differ between primary and revision ACL reconstructions [19, 20, 21].

Despite these limitations, this study provides valuable preliminary evidence supporting the potential benefits of an active rehabilitation approach in the early postoperative management of ACL reconstruction in athletes.



## Conclusion

In conclusion, this randomized controlled trial demonstrated that while both active and conservative rehabilitation strategies following anterior cruciate ligament reconstruction in athletes resulted in significant improvements in knee range of motion and quadriceps strength, active rehabilitation was significantly more effective in improving knee joint range of motion within the first six weeks post-surgery. Importantly, this enhanced improvement in mobility was not associated with a deficit in early quadriceps strength recovery compared to the conservative approach. Given the inherent demands and time constraints often associated with the rehabilitation

of athletes, an early mobilization approach, as implemented in the active rehabilitation protocol of this study, is recommended to expedite the restoration of knee joint range of motion without negatively affecting early muscle strength gains. Further research with larger sample sizes and longer follow-up periods is needed to confirm these findings and to explore the long-term functional and return-to-sport outcomes associated with these different rehabilitation strategies.

## Conflict of interest

The authors declare no potential conflicts of interest.

## References

1. Bahr R, Clarsen B, Derman W, et al. International Olympic Committee Consensus Statement: Methods for Recording and Reporting of Epidemiological Data on Injury and Illness in Sports 2020 (Including the STROBE Extension for Sports Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). *Orthop J Sports Med.* 2020;8(5):232596712002908. <https://doi.org/10.1177/232596712002908>
2. Lorange JP, Senécal L, Moisan P, Nadeau M. Return to Sport After Pediatric Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of the Literature. *Am J Sports Med.* 2024;52(6):1641-1651. <https://doi.org/10.1177/03635462231187039>
3. Jee Y. Exercise rehabilitation, work to revive the human becoming the driving force of the country. *J Exerc Rehabil.* 2013;9(4):395-396. <https://doi.org/10.12965/jer.130089>
4. Mattiacei A, Höglberg J, Pizzi R, et al. Comparison of knee flexor strength recovery between semitendinosus alone versus semitendinosus with gracilis autograft for ACL reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2024;25(1):163. <https://doi.org/10.1186/s12914-024-07286-2>
5. Almeida TCC, Sousa LNA, Lucena DMD, et al. Evaluation of functional rehabilitation physiotherapy protocol in the postoperative patients with anterior cruciate ligament reconstruction through clinical prognosis: an observational prospective study. *BMC Res Notes.* 2016;9:435. <https://doi.org/10.1186/s13104-016-2238-3>
6. Kochman M, Kasprzak M, Kislar A. ACL Reconstruction: Which Additional Physiotherapy Interventions Improve Early-Stage Rehabilitation? A Systematic Review. *J Clin Med.* 2022;11(21):6408. <https://doi.org/10.3390/jcm11216408>
7. Martín Pérez SE, Pérez Canosa C, Pérez Aguiar I, Medina Rodríguez AM, Martín Pérez IM. Effectiveness of Virtual Reality Exposure Therapy for Postoperative Rehabilitation Following Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ortoped J.* 2025;8(1):1-11. <https://doi.org/10.17140/OJ-8-184>
8. Scalfini TI, Lehtikallio SL, Andrade A. A systematic review about strategies to reduce knee instability after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (ACLR). *Orthop J Sports Med.* 2024;12(1):2325967123121875. <https://doi.org/10.1177/2325967123121875>
9. Karim MA, Tariq H, Asim HM. Functional outcome among patients with arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with end-to-end at ghurki trust teaching hospital post 6 months: a single centered survey. *Pak J Rehabil.* 2024;13(1):51-57. <https://doi.org/10.54885/pjr.v13i1.1115>
10. Stafford CD, Kerr F, Irvin L. Health disparities in the management of ACL injury: How socioeconomic status, insurance, and race influence care. *PM&R.* 2022;14(6):669-677. <https://doi.org/10.1002/prmj.12754>
11. Lorange JP, Senécal L, Moisan P, Nadeau ML. Return to Sport After Pediatric Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of the Literature. *Am J Sports Med.* 2024;52(6):1641-1651. <https://doi.org/10.1177/03635462231187039>
12. Film D, Mellor K, MacColgan D, Carter P. Prehabilitation and Rehabilitation Programs for Patients Undergoing Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Repair: Letter to the Editor. *Orthop J Sports Med.* 2022;10(1):23259671221134668. <https://doi.org/10.1177/23259671221134668>
13. Inaraj RM, Vij N, Tummala S, et al. Poster 135: Posterior Capsular Release for Knee Extension Deficits After Anterior Cruciate Ligament

52 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)



- Reconstruction in Athletes. *Orthop J Sports Med.* 2023;11(3) Suppl 1:2325967123810020. <https://doi.org/10.1177/2325967123810020>
14. Highberg J, Pizzi R, Lövgren J, et al. Restoring Knee Flexor Strength Symmetry Requires 2 Years After ACL Reconstruction, But Does It Matter for Second ACL Injuries? A Systematic Review and Meta-analysis. *J Sports Med Open.* 2024;10(1):38. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00666-5>
  15. Devane S, Salazar CA, Vail J, Jackson N, Pham D, Jones KI. Outcomes of Blood Flow Restriction Training After ACL Reconstruction in NCAA Division I Athletes. *Orthop J Sports Med.* 2024;12(4):23259671241239483. <https://doi.org/10.1177/23259671241239483>
  16. Truong L, Mosewich AD, Holt CL, et al. Psychological, social and contextual factors across recovery stages following a sport-related knee injury: a scoping review. *Br J Sports Med.* 2020;54(19):1149-1156. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101206>
  17. Katsufaki A, Katsukawa V, Whiteley R, Van Rossum S, Jankov I. Measuring only hop distance during single hop hop testing is insufficient to detect deficits in knee function after ACL reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2019;53(3):139-153. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099918>

18. Bongi C, Peters S, Andersen CL, et al. Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? A scoping review. *Br J Sports Med.* 2019;53(18):1154-1161. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099962>
19. Carlan D, King E, Richter C, Franklyn-Miller A, Moran R, Jackson M. Differences in Strength, Patient-Reported Outcomes, and Return-to-Play Rates Between Athletes With Primary Versus Revision ACL Reconstruction at 9 Months After Surgery. *Sports Health.* 2020;12(5):461-467. <https://doi.org/10.1177/1941738120931377>
20. Jarry N, Cook DR, Latta ES, Heyworth B. Postoperative Complications and Early Clinical Outcomes Following ACL Reconstruction With Soft Tissue Quadriceps Tendon Autograft in Adolescent Athletes. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(10):23259671211041315. <https://doi.org/10.1177/23259671211041315>
21. DE CARLI A, Fabbi M, Ferretti A, et al. Can the outside-in half-tunnel technique reduce femoral tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction? A CT study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(12):3794-3806. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4226-z>

## Information about the authors

Serhiy Kozin  
kozin.serhiy@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-1351-664X>  
National University of pharmacy, Kharkiv, Ukraine

Ganna Yarmoshanskaya  
gulyshka72@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0002-2430-5467>  
National University of pharmacy, Kharkiv, Ukraine

Viktoriya Nahorna  
v.nahorna.v@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0007-7733-944X>  
National University of pharmacy, Kharkiv, Ukraine

## Інформація про авторів

Сергій Козін  
kozin.serhiy@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-1351-664X>  
Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

53 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)



Ganna Yarmoshanskaya  
gulyshka72@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0002-2430-5467>  
Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

Viktoriya Nahorna  
v.nahorna.v@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0007-7733-944X>  
Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Received: 2025-04-18 Accepted: 2025-04-25 In press: 2025-05-06 Published: 2025-05-08

54 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)



## SCIENTIFIC PUBLICATION

Health Technologies (English). 2025;3(2):55  
The original layout was prepared by: Zh.L. Kozin  
Drawing on the original layout: Zh.L. Kozin  
Site administrator and manager: Zh.L. Kozin  
Cover: Zh.L. Kozin

Signed for publishing on May 06, 2025  
Format 60x84/8, Times leadset.  
Electronic issue: Smart print sheet 5.36  
Order No. 0013

Publisher: Independent publisher Korinna Zhanetska Leonidivna, Natural Person - Entrepreneur  
Date and number of entry in the Unified State Register of Legal Entities, Individual Entrepreneurs and Public Organizations: 26.01.2022, 201031000000201055  
Type of economic activity:  
58.14 Publication of journals and periodicals (main)  
58.11 Publication of books  
58.19 Other types of publishing activity  
63.99 Provision of other information services, n.e.c.  
72.19 Research and experimental development in the field of other natural and technical sciences  
72.20 Research and experimental development in the field of social sciences and humanities  
85.42 Higher education  
85.60 Auxiliary activities in the field of education  
Contact information: +38(066)-481-36-66, zhanetska.korinna@gmail.com

## НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Технології здоров'я [Health Technologies] (англійська мова). 2025;3(2):55

Оригінал-макет підготтований: Козін Ж.Л., **Козін В.В.**  
Малюнок в оригінал-макеті: Козін Ж.Л.  
Адміністратор та менеджер сайту: Козін Ж.Л.  
Обкладинка: Козін Ж.Л.

Підписано до друку 06.05.2025  
Формат 60x84/8, Гарнітура Times.  
Ум.друку ар. 5,36  
Електронне видання. Замовлення № 0013

Видання: ФЕДЕРАЛЬНА ОСОБА - ПІДПРИЄМЦЬ: Корінна Жанетта Леонідівна  
Дата та номер запису в Єдиному державному реєстрі юридичних осіб, фізичних осіб-підприємців та громадських формувань: 26.01.2022, 201031000000201055  
Вид економічної діяльності:  
58.14 Видання журналів і періодичних видань (основний)  
58.11 Видання книг  
58.19 Інші види видавничої діяльності  
63.99 Надання інших інформаційних послуг  
72.19 Дослідження та експериментальні розробки в галузі інших природничих і технічних наук  
72.20 Дослідження та експериментальні розробки в галузі суспільних і гуманітарних наук  
85.42 Вища освіта  
85.60 Допоміжна діяльність у сфері освіти  
Інформація для здійснення з'язку: +38(066)-481-36-66, [zhanetska.korinna@gmail.com](mailto:zhanetska.korinna@gmail.com)

55 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)