

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ
УКРАЇНИ
КАФЕДРА ТЕРАПІЇ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
за спеціальністю: 227 – Фізична терапія, ерготерапія
освітньою програмою: «Фізична терапія, ерготерапія»

на тему: «**ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ ПРИ ПОШКОДЖЕННІ ХРЯЩА
КОЛІННОГО СУГЛОБУ У СПОРТСМЕНІВ**»

Здобувачка вищої освіти
першого (бакалаврського) рівня
Дрок Юлія Сергіївна

Науковий керівник: Ковельська А.В.
к.б.н., доцент
Рецензент: Горенко З.А.
к.б.н., доцент

Рекомендовано до захисту на засіданні
кафедри (протокол № 24 від 05.05.2025 р.)
Завідувач кафедри: Лазарева О.Б.
д. фіз. вих., професор



Київ - 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ АСПЕКТИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПРИ ПОШКОДЖЕННІ ХРЯЦА КОЛІННОГО СУГЛОБУ У СПОРТСМЕНІВ.....	8
1.1 Анатомічно-фізіологічні особливості будови колінного суглобу.....	8
1.1.1 Хрящ колінного суглобу – анатомія, механічні властивості, синовіальна рідина.....	12
1.2 Етіологія та клінічні прояви пошкодження хряща колінного суглобу у спортсменів.....	15
1.3 Сучасні підходи до застосування заходів фізичної терапії при пошкодженні хряща колінного суглобу.....	22
Висновки до розділу 1.....	31
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	33
2.1 Методи дослідження.....	33
2.1 Аналіз та узагальнення наукової та науково-методичної літератури.....	33
2.1.2 Клініко-інструментальні методи дослідження.....	34
2.1.3 Методи математичної статистики.....	40
2.2 Організація дослідження.....	40
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	42
3.1 Алгоритм застосування засобів фізичної терапії спортсменів після мікрофрактурування хряща колінного суглобу.....	42
3.2 Оцінка ефективності розробленого алгоритму, аналіз та обговорення результатів дослідження.....	57
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВАШ	–	візуально-аналогова шкала болю
КГ	–	контрольна група
КС	–	колінний суглоб
ММТ	–	мануально-м'язове тестування
МКФ	–	Міжнародна класифікація функціонування
МРТ	–	Магнітно-резонансна томографія
ОГ	–	основна група
ФТ	–	фізична терапія
PRP	–	Platelet-rich plasma – плазма, збагачена тромбоцитами
RTS	–	to return to sports – повернення до занять спортом
NMES	–	Neuromuscular electrical stimulation – нервово-м'язова електрична стимуляція

ВСТУП

Актуальність роботи. Загальновідомо, що активні заняття фізичними вправами та спортом попри їх позитивний вплив на різні аспекти фізичного, психічного, соціального та когнітивного здоров'я людини, [1,2] тісно пов'язані із високим рівнем травматизму через стомлення, перенапруження, перевантаження опорно-рухового апарату, особливо у професійних спортсменів. [3-6]

Найчастіше у спортсменів спостерігаються травми нижніх кінцівок (понад 50 %), серед яких переважають пошкодження колінного і гомілковостопного суглобів. [4,7,8] Травми колінного суглоба, особливо пошкодження передньої хрестоподібної зв'язки та хряща, є поширеною проблемою серед спортсменів ігрових видів спорту (футбол, баскетбол, гандбол та волейбол), і суттєво впливають на спортивні результати та довготривалу функціональність суглоба. [9]

Травми суглобового хряща все частіше спостерігаються як серед елітних спортсменів, так і серед спортсменів-аматорів, і є наслідком значного гострого та хронічного навантаження на суглоби, пов'язаного зі швидкими поворотами і зміною напрямку руху в ударних видах спорту таких, як футбол та баскетбол. Поширеність локальних хрящових пошкоджень спостерігається у 36 % спортсменів, фіксуються переважно у надколінно-стегновому відділі (37 %), виростках стегнової кістки (35 %), і рідше на плато великогомілкової кістки (25 %). [10-12] Пошкодження хряща можуть бути ізольованими, але зазвичай виникають разом з травмами м'яких тканин такими, як розриви менісків та зв'язок (частота значної втрати хряща при гострих травмах передньої хрестоподібної зв'язки коливається від 16 % до 46 %, супутня травма меніска виявляється у 42 %). [9,10,13]

Суглобовий хрящ – це високодиференційована і спеціалізована сполучна тканина, яка забезпечує плавність рухів у суглобі та низький рівень

тертя. [14,15] Постійні навантаження на хрящ та часте мікротравмування під час занять спортом призводять до його передчасної дегенерації, запалення суглобів і, зрештою, сприяють ранньому розвитку остеоартрозу. Спортсмени можуть відчувати симптоми, починаючи від болю в колінному суглобі і закінчуючи втратою функцій, що негативно впливає на їхню спортивну діяльність, призводячи до зниження працездатності і навіть дострокового завершення спортивної кар'єри. [11,12,16]

Відновлення пошкодженого суглобового хряща залишається однією з найбільших проблем сучасної клінічної ортопедії, оскільки, за рахунок анатомічних особливостей хряща таких, як відсутність кровоносних та лімфатичних судин, його регенеративні властивості мають дуже низький потенціал. [13] Первинне лікування ймовірного або наявного пошкодження хряща колінного суглоба спрямоване на зменшення навантаження на хрящ та сприяння процесу регенерації хряща, базується на використанні ряду консервативних стратегій, починаючи від пероральних препаратів, внутрішньосуглобових ін'єкцій і закінчуючи фізичною терапією, але наявність механічного блокування колінного суглобу, неефективність консервативного лікування та погіршення результатів інструментальних методів досліджень щодо стану хряща є показом до проведення оперативного втручання. [9,12,17]

Сучасні хірургічні методи лікування вогнищевих пошкоджень хряща включають методи стимуляції кісткового мозку такі, як мікрофрактурування, трансплантація остеохондрального ауто- або алотрансплантів та аутологічна імплантація хондроцитів. [9,12,13] Вибір методу хірургічного втручання залежить від розміру та кількості вогнищевих пошкоджень суглобових поверхонь, але не дивлячись на важливість хірургії на першому етапі, саме фізична терапія більш значуща у післяопераційний період. Насьогодні при відновленні пацієнтів акцент робиться на фіксацію, навантаження, ранній безперервний пасивний діапазон рухів та зміцнення м'язів для покращення функції колінного суглобу. З'являється все більше доказів того, що

прискорена реабілітація після матрикс-індукованої імплантації аутологічних хондроцитів може призвести до кращих результатів порівняно з відстроченою реабілітацією. [9,18] Незважаючи на те, що післяопераційна реабілітація є критично важливим компонентом процесу лікування травм суглобового хряща, на сьогоднішній день недостатньо даних щодо оптимальних протоколів та тривалості обмеженого навантаження після різних хірургічних варіантів втручань.

Виходячи з вище сказаного, розробка нових комплексних програм фізичної терапії, орієнтованих на певний вид техніки відновлення хряща та характеристики пошкодження, а також спрямованих на скорочення строків відновлення, підвищення ефективності та якості відновлення рухової функції й специфічних навичок кожного спортсмена щодо його виду спорту, є важливим чинником для покращення якості життя та повернення їх до спортивної діяльності.

Об'єкт дослідження: процес фізичної терапії при пошкодженні хряща колінного суглобу у спортсменів.

Предмет дослідження: структура та зміст фізичної терапії при пошкодженні хряща колінного суглобу у спортсменів.

Мета роботи: теоретично обґрунтувати та розробити алгоритм застосування засобів фізичної терапії при пошкодженні хряща колінного суглобу у спортсменів для відновлення рухової функції ураженої нижньої кінцівки на пізній післяопераційній фазі.

Завдання дослідження:

1. Систематизувати та узагальнити науково-методичні знання стосовно сучасних підходів до застосування відновлювальних заходів та методів після травми хряща колінного суглобу у спортсменів;
2. Розробити та науково обґрунтувати алгоритм фізичної терапії для відновлення функціонального стану пошкодженої нижньої кінцівки у спортсменів;

3. Оцінити ефективність розробленого алгоритму фізичної терапії, спрямованого на відновлення втрачених функцій колінного суглобу після мікрофрактурування хряща колінного суглобу у спортсменів на пізній післяопераційній фазі.

Теоретична значимість роботи. Науково обґрунтовано та розроблено алгоритм застосування заходів фізичної терапії при пошкодженні хряща колінного суглобу. Виявлено найбільш ефективну послідовність засобів та методів фізичної терапії для відновлення статичної та динамічної опорної функції травмованої кінцівки, рухових умінь і навичок, необхідних у спортивній діяльності, та для попередження післяоперативних рухових ускладнень у спортсменів з приводу пошкодження хряща колінного суглобу.

Практична значимість роботи. Передбачається, що застосування розробленого алгоритму фізичної терапії для пацієнтів з пошкодженням хряща дозволить не тільки повернутися до занять спортом на рівні, що передував травмі, але й продовжити спортивну діяльність, та зменшити ризик повторної травми або дегенерації суглобів при високих механічних навантажень під час активних занять фізичними вправами та спортом.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПРИ ПОШКОДЖЕННІ ХРЯЩА КОЛІННОГО СУГЛОБУ У СПОРТСМЕНІВ

1.1 Анатомо-фізіологічні особливості будови колінного суглоба

Колінний суглоб (КС) є найскладнішим та найбільшим синовіальним суглобом в організмі людини, що утворюється за допомогою двох різних суглобів: тібіафemorального (або великогомілково-стегнового) та пателлофemorального (або надколінно-стегнового), які об'єднує суглобова капсула. [19,20]

КС є проміжним суглобом нижньої кінцівки і забезпечує рух між дистальною частиною стегнової кістки, проксимальною частиною великогомілкової кістки і надколінком, що беруть участь в його утворенні. У нормі спостерігається нормальний розподіл сил навантаження на ці три суглобові компоненти як при статичному навантаженні, так і при ходьбі. [21]

Тібіафemorальний суглоб утворюється медіальним та латеральним виростками стегнової кістки, які з'єднуються з плато великогомілкової кістки. Даний суглоб є опорною складовою КС, завдяки якому здійснюється перенесення ваги тіла зі стегнової кістки на великогомілку, забезпечуючи шарнірну ротацію суглоба в сагітальній площині разом з невеликим ступенем осьової ротації великогомілкової кістки. [19,20]

Пателлофemorальний суглоб утворюється з'єднанням надколінника та міжвиростковою бороздою стегнової кістки. Основну роль у цьому суглобі займає надколінник, саме за рахунок нього відбувається рух розгинання, під час руху відбувається передача сили чотирихоголового м'язу стегна на великогомілку через сухожилля надколінника. Крім того, надколінник, який розташований між сухожиллям чотирихоголового м'яза та виростками стегнової кістки, діє як «розпірка» і захищає сухожилля, зменшуючи тертя та

стискання, а також мінімізує напругу, рівномірно передаючи зусилля на кістку, що лежить під ним. [22,23]

Весь КС оточений суглобовою капсулою, яка прикріплюється до стегнової, великогомілкової кістки і до надколінника. Капсула складається з фіброзного шару, усередині є синовіальна оболонка, яка забезпечує живлення навколишніх структур КС. Синовіальна оболонка виробляє синовіальну рідину, яка змащує суглобові поверхні. Зменшують тертя між суглобовими поверхнями бурси – це мішечки, заповнені синовіальною рідиною, які знаходяться між кістковими структурами. У КС наявні 4 бурси: супрапателлярна, інфрапателлярна, препателлярна та глибока підколінна. [20]

Додатково допоміжними внутрішньосуглобовими елементами КС виступають меніски, які забезпечується рівномірний контакт та розподіл навантаження між неконгруентним суглобовим поверхням, що утворюють тібіафеморальний суглоб, даючи можливість їм бути більш відповідними один одному.

Меніски являють собою серповидні фіброзно-хрящові структури з клиноподібними поперечними перерізами та служать для поглиблення плато великогомілкової кістки, передачі навантаження через суглоб, забезпечення амортизації та підвищення стабільності КС. [20,21,24]

У КС є два меніски – медіальний та латеральний, кожен з них має тіло, передній та задній роги. Медіальний меніск має півмісяцеву форму, латеральний – майже круглий. Для покращення відповідності між округлим виростком стегнової кістки та плоским плато великогомілкової кістки, меніски мають увігнуту верхню поверхню для розміщення опуклої поверхні виростка стегнової кістки, а також плоску нижню поверхню, що відповідає відносно плоскому плато великогомілкової кістки. Клиноподібна форма меніска дозволяє йому оптимізувати передачу осьових навантажень через суглоб і зменшити навантаження на поверхні суглобового хряща за рахунок поліпшення суглобового контакту між плоским плато великогомілкової кістки та округлим виростком стегнової кістки. Крім того, меніск, за рахунок

еластичності, виконує функцію амортизатора всередині суглоба, а також бере участь у підвищенні стабільності КС. Медіальний меніск в основному сприяє передньо-задній переміщенню, в той час як латеральний меніск допомагає протистояти ротаційним рухам. [20,21,24]

Кровопостачання менісків здійснюється гілками медіальної нижньої, латеральної нижньої та середньої колінчастої артерій, які утворюють навколишнє перименіскальне капілярне сплетіння.

Залежно від васкуляризації меніски поділяються на три зони: червоно-червона, червоно-біла, біла-біла.

Червоно-червона зона знаходиться на периферії меніску, яка отримує живлення безпосередньо через перименіскальне капілярне сплетіння. Біло-біла – центральна зона є безсудинною і являє собою тонку увігнуту хрящову ділянку з неприкріпленими вільними краями. Між червоно-червоною периферією і біло-білою центральною областю розташована проміжна зона – червоно-біла зона. Таким чином, основними ділянками судинної системи є верхня та нижня частини меніска, тому лише 10-30 % меніска отримують пряме кровопостачання. Аваскулярна центральна зона меніска поповнюється поживними речовинами шляхом дифузії синовіальної рідини. [24]

Втрата або зниження функції меніска неминуче призводить до зростання напруги на одиницю площі хряща КС. Збільшення площі контакту може виникати через розриви у біло-білій зоні меніску, яка є безсудинною та немає можливості до регенерації. [21,24,25]

Стабільність КС забезпечується за рахунок зв'язок КС, які розділяються на позакапсулярні та внутрішньокапсулярні.

До внутрішньокапсулярних належить: передньохрестоподібна зв'язка, задня хрестоподібна зв'язка та поперечна зв'язка. Хрестоподібні зв'язки відповідають за забезпечення стабільності, дозволяють уникати надмірного заднього та переднього ковзань гомілки відносно стегнової кістки.

До позакапсулярних належать: медіальноколатеральна та латеральноколатеральна зв'язки, власна зв'язка надколінника, медіальний та латеральні утримувачі надколінника, дугоподібні підколінні та косі підколінні зв'язки. Позакапсулярні колатеральні зв'язки забезпечують стійкість до вальгусних/варусних сил, спрямованих з латеральної/медіальної частин КС. Утримувачі надколінника контролюють його положення при згинанні КС. Функція підколінних зв'язок – це запобігання перерозгинанню КС. [20,21]

М'язи є єдиними активними регуляторами розподілу навантаження, які відіграють ключову роль у стабілізації КС. Вони поділяються на згиначі та розгиначі.

До розгиначів відноситься чотирьохголовий м'яз стегна, який відповідно складається з чотирьох частин: прямий м'яз стегна, проміжна, медіальна та латеральна головки. Даний м'яз є одним з найпотужніших м'язів людини, окрім розгинання у КС також забезпечує рух згинання у кульшовому суглобі за рахунок початку прямого м'язу стегна на нижній передній клубовій ості. Від клубової та стегнової кісток м'язові волокна переходять у сухожилок чотирьохголового м'язу, який вплітається у надколінник, утворюючи надалі власну зв'язку надколінника, яка кріпиться до горбистості великогомілкової кістки.

Згиначами КС є двуголовий м'яз стегна, півсухожилковий, півперетинчастий. Додатково функцію згинання виконує литковий м'яз, згинання та додатково ротацію досередини виконують кравецький та тонкий. Група згиначів діють як антагоністи чотирьохголового м'язу стегна, протидіючи переднім та ротаційним рухам великогомілкової кістки. [19,21]

Загальна стабільність КС залежить від взаємодії капсули, менісків, зв'язок і м'язів, геометрії суглобових поверхонь і змін стегнової та великогомілкової кісток під час навантаження. Всі ці фактори взаємозалежні між собою, що забезпечує нормальну рухливість і, водночас, ефективну стабільність. [19,21]

1.1.1 Хрящ колінного суглобу – анатомія, механічні властивості та синовіальна рідина

Суглобові компоненти стегнової, великогомілкової кісток і надколінника, який зчленовується зі стегною кісткою, вкриті гіаліновим хрящем, який дозволяє скелетним елементам ковзати і обертатися один відносно одного з низьким коефіцієнтом тертя. [21]

Хрящ – це еластична високодиференційована та спеціалізована сполучна тканина, яка складається з щільного позаклітинного матриксу з рідкісним розподілом високоспеціалізованих клітин, які називаються хондроцитами.

Позаклітинний матрикс в основному складається з води, колагену та протеогліканів, а також невеликої кількості неколагенових білків та глікопротеїнів. Колаген II типу є найбільш поширеною формою і становить близько 90-95 % всього колагену в позаклітинному матриксі. Колаген забезпечують міцність і еластичність. Протеоглікани надають здатність хрящу протистояти стискаючим навантаженням. Разом ці компоненти допомагають утримувати воду у позаклітинному матриксі для збереження основної і фундаментальної біомеханічної властивості хрящової тканини: пружності. [14,26-29]

Існує три типи хрящової тканини, а саме волокнистий, еластичний та гіаліновий хрящ, що різняться між собою за своєю структурою.

Волокнистий хрящ знаходиться у міжхребцевих дисках та у межах між кістками та сухожиллями. Цей тип хрящової тканини має високу щільність завдяки колагену I типу.

Еластичний хрящ знаходиться у зовнішньому вусі, гортані та надгортаннику. Позаклітинний матрикс еластичного хряща переважно складається з колагену II типу і еластину, які забезпечують високу еластичність тканини. [30]

Гіаліновий хрящ є найпоширенішою формою хряща у людському організмі. Цей тип хряща присутній у кістковій структурі та виступає суглобовим хрящем, може функціонувати як пластина росту. Він має гладку поверхню з щільно організованим матриксом. На відміну від більшості тканин, хрящ є аваскуляризованим, позбавлений лімфатичних судин та нервів, що пояснює складність регенерації тканини та важкість лікування її пошкоджень. Через відсутність прямого кровопостачання, хондроцити отримують поживні речовини шляхом дифузії з суглобового простору, в той час, стискаючі сили, які діють на хрящ, тільки покращують цей процес. [29,31]

Хондроцити, які є високоспеціалізованими клітинами хрящової тканини, відповідають за створення, відновлення, підтримку позаклітинного матриксу за допомогою ферментів. Метаболічна активність хондроцитів може бути змінена через вплив факторів навколишнього середовища такі, як наявність запальних цитокінів, зрілі хондроцити втрачають здатність мігрувати, проліферувати та синтезувати навколишній матрикс. [21,31]

Хондроцити походять від мезенхімальних стовбурових клітин, в залежності від анатомічних особливостей хондроцити можуть відрізнятися формою та розміром. [29,31]

Класичні дослідження десятиліття тому показали, що на ранніх ембріональних кінцівках скелетний шаблон складається з безперервної хрящової зачатки без суглобів. Було встановлено, що першою очевидною ознакою початку формування суглоба є поява ущільнених і плоских мезенхімальних клітин у кожному передбачуваному місці суглоба. Оскільки клітини всередині міжзони з'являються на ділянках, раніше зайнятих хондроцитами, було припущено, що вони є прямими нащадками дедиференційованих хондроцитів. [29]

Суглобовий хрящ має три зони: поверхневу, середню та глибоку (рис. 1.1).

Поверхнева зона становить 10-20 % товщини суглобового хряща. У поверхневій зоні клітини розташовані паралельно поверхні суглоба,

хондроцити є сплюсненими, вони виділяють лубрицин, який є мастильним білком, він зменшує тертя під час руху суглобових поверхонь. Ця зона контактує з синовіальною рідиною і відповідає за властивості хряща, які дозволяють йому чинити опір стискаючим силам.

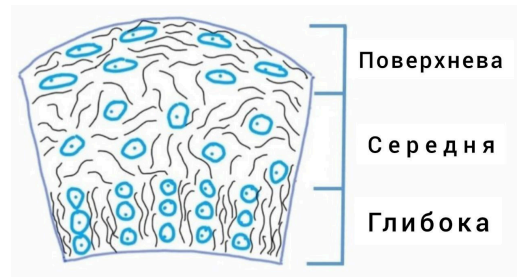


Рисунок 1.1 – Зони хрящової тканини

Середня становить 40-60 % загальної товщини хряща. Середня зона діє як основний шар амортизації, у цій зоні хондроцити мають округлу форму та рідко розсіяні. Хондроцити розташовані перпендикулярно суглобовій поверхні, колагенові волокна організовані похило. Високий вміст протеогліканів сприяє міцності тканини на стискання.

Найближчою до підлеглої хрящової тканини є глибока зона. Вона є перехідною зоною кальцифікованого хряща до субхондральної кістки. Ця зона виступає транспортом міжтканинної рідини до вищих зон, вона відповідає за найбільший опір стискаючим силам, оскільки колагенові фібрили розташовані перпендикулярно до поверхні суглоба. Хондроцити розташовані стовпчиками, розміщуються вздовж осі фібрил.

Вважається, що така організація структури даної тканини необхідна для того, щоб суглобовий хрящ міг виконувати свою зрілу, функціональну, біомеханічну та довготривалу функцію в забезпеченні руху та змащення суглобів протягом усього життя. [27,29,32]

1.2 Етіологія та клінічні прояви пошкодження хряща колінному суглобі у спортсменів

Незважаючи на зусилля із запобігання травматизму у спортсменів, ризик отримання травм у сучасному спорті залишається високим, що пов'язано, в першу чергу, з інтенсивними тренувальними та змагальними навантаженнями. Зростання спортивного травматизму сприяє не тільки зниженню досягнень в певному виді спорту, а і в цілому погіршує якість життя спортсменів, виключаючи їх на тривалий термін з тренувального та змагального процесів, що негативно впливає на спортивну кар'єру спортсмена. [3-6,33,34]

Найчастіше у спортсменів спостерігаються травми нижніх кінцівок (понад 50 %), серед яких пошкодження КС становлять близько 70 % всіх травм опорно-рухового апарату. [4,35]

Одними з розповсюджених травм КС є пошкодження хряща, які все частіше зустрічаються як серед елітних спортсменів, так і серед спортсменів-аматорів, особливо у ігрових видів спорту (футбол, баскетбол, гандбол та волейбол).

Локальні пошкодження суглобного хряща повної товщини відмічаються у 31 % спортсменів-аматорів та у 24-36 % професійних спортсменів, при цьому 14 % з них є безсимптомними на момент діагностики. [10,11,36] У професійних баскетболістів пошкодження хряща повної товщини зустрічаються на 47,5 % частіше, ніж у загальній безсимптомній популяції, здебільше спостерігаються пателлофеморальні пошкодження, ніж пошкодження виростків стегнової кістки, які, як припускають, є вторинними через сильні скорочення механізму розгинання під час пліометричних стрибків. У професійних футболістів, навпаки, спостерігається більше пошкоджень стегнового виростка порівняно з пателлофеморальними та ураженнями міжвиросткової борозди (78 % до 18 %). Поширеність латеральних пошкоджень хряща високого ступеня залежить від виду спорту (біг 24 %, баскетбол 23 %, футбол 18 %, американський футбол 5%), щодо

медіальних або передніх уражень хряща, то відмінностей в залежності від виду спорту не спостерігається. [36]

Спортсмени ігрових видів спорту, для яких притаманні різні специфічні маневрні рухи, потребують високого рівня динамічної стабільності КС та контролю руху аби уникнути ризику можливої безконтактної травми.

Нормальний суглобовий хрящ має здатність пристосовуватися до рівня активності. Збільшення навантаження у спортсменів призводить до збільшення об'єму і товщини суглобового хряща, і у здорового спортсмена існує позитивна лінійна залежність «доза-відповідь» між повторюваними навантаженнями і функцією суглобового хряща. Однак ця крива «доза-відповідь» досягає порогу, після якого відбувається дезадаптація і пошкодження хряща КС. Сильне навантаження на КС, що перевищує цей поріг, зменшує вміст протеогліканів у хрящі, підвищує рівень деградаційних ферментів і спричиняє апоптоз хондроцитів. Якщо цілісність функціональної одиниці, що несе вагу, втрачається внаслідок гострої спортивної травми або хронічної мікротравми, виникає хондропатія – втрата об'єму та жорсткості суглобового хряща, підвищення контактного тиску та розвиток або прогресування дефектів суглобового хряща. [37]

Зокрема, пошкодження хряща можуть виникати через повторні ударні навантаження, скручувальні рухи або через падіння, при якому відбувається удар КС о тверду поверхню. Здебільшого травмування хряща у спортсменів ігрових видів спорту відбуваються при швидкій зміні дій, а саме, при унікальних повтореннях стрибків, раптових ривках, зупинках, поворотах, та при різкій зміні напрямку руху, швидкому уповільненні, або швидкому прискоренні руху відповідно до перебігу гри. Крім того, постійний контакт із суперником, зумовлює величезне навантаження на нижні кінцівки, в тому числі і на суглобний хрящ, що може призводити як до гострих ушкоджень, так і до різних макро- та мікротравм не тільки під час гри, а і протягом всього сезону. [4,7,38,39]

Залежно від сили, яка діє на КС, гостре травматичне ушкодження хряща може проявлятися різним ступенем тяжкості, зокрема, виявляють гострі макроскопічні хондральні та остеохондральні дефекти або менш об'ємне ультраструктурне ушкодження суглобового хряща з порушенням хондрального колагену і протеогліканової мережі, а також пряме пошкодження клітин, що може призвести до поступової деградації суглобового хряща. [11,37]

Травми хряща КС виникають у спортсменів у поєднанні з іншими травмами такими, як пошкодження меніска, розриви зв'язок, травматичний вивих надколінника. [10,40]

Хрящ і меніски мають тісний функціональний зв'язок. Меніски створюють конгруентність у КС, дозволяючи хрящовій частині виростків стегнової кістки плавно ковзати по меніскам і великогомілковій хрящовій частині. [41] Вивих надколінника зазвичай виникає під час латерального зміщення із міжвиросткової борозди стегнової кістки. Пов'язані з рухом надколінника сили зсуву можуть призвести до зміщення кісткового фрагменту. [40]

При аналізі розповсюдженості пошкоджень хряща КС та супутніх внутрішніх порушень у спортсменів було показано, що у 29,6 % спортсменів спостерігалось пошкодження медіального великогомілково-стегнового хряща у комбінації з розривом медіального меніска. Наявне пошкодження латерального великогомілково-стегнового хряща у комбінації з розривом латерального меніску виявлялося у 55,2 % спортсменів, що вказує на зв'язок між розривами меніска та локальним пошкодженням хряща КС. [42]

Тривале високоінтенсивне навантаження, особливо в поєднанні з додатковою патологією суглобів такою, як дефіцит менісків, недостатність передньої хрестоподібної зв'язки, дисплазія КС, нестабільність суглоба або відхилення осі, можуть впливати на симптоматику відразу після травми і призводити до швидкого прогресування пошкодження хряща. Крім того,

високі навантаження на КС спортсменів, які займаються ігровими видами спорту, призводять до високої частоти патологій хряща, що протікають безсимптомно, та можуть почати турбувати тільки через певний період часу, що унеможливорює ранню діагностику. [37]

Зміни у клітинній структурі у більш віддаленому проміжку часу знижують спортивний потенціал спортсмена, тим самим зменшуючи можливість покращувати свої фізичні показники через прогресуючу дегенерацію суглобових поверхонь. У довгостроковому дослідженні, в якому вивчалася здатність повернення 28 молодих спортсменів до фізичної активності при ізольованому тяжкому пошкодженні хряща КС, було показано, що 75 % цих спортсменів згодом повернулись до свого спортивного рівня, але через 14 років після першої травми спостерігалось значне зниження спортивної активності та, як наслідок, зменшення участі у спортивних змаганнях. [43]

Для спортсменів, які бажають відновити свою професійну кар'єру, можливість повернення до занять спортом (RTS – to return to sports) після травм має особливе значення. Toyooka et al. [12] проаналізували наукову літературу щодо повернення спортсменів ігрових видів до спортивної діяльності після хірургічного втручання на хрящі. У даному огляді оцінювалися такі методи відновлення хряща, як мікрофрактурування або мікроперелом, трансплантація остеохондрального аутографта (OAT – osteochondral autograft transplantation), трансплантація остеохондрального алотрансплантата (OCA – osteochondral allograft transplantation) та імплантація аутологічних хондроцитів (ACI – autologous chondrocyte implantation). Було виявлено, що у спортсменів, які займаються поворотними видами спорту, спостерігалася висока неоднорідність і розкид діапазону показників RTS та показників повернення спортсменів до рівня, що передувало травмі. Так, показники RTS після мікропереломів коливалися від 44 % до 83 %, а повернення спортсмену до рівня, що передувало травмі – від 25 % до 75 %. Повідомлялося, що час до RTS становив від 6,2 до 10 місяців, а

середній розмір дефекту варіював від 1,9 до 4,9 см². Найчастіше хірургічне втручання на хрящі проводили в ділянці медіального виростка стегнової кістки (53 % - 89 %), а середня кількість попередніх операцій варіювала від 0,5 до 0,9 разів. Показники RTS та повернення спортсмену до рівня, що передувало травмі, після ОАТ становили від 87 % до 100 % та від 67 % до 93 %, відповідно. Повідомлений час до RTS становив від 11,8 тижнів до 6,5 місяців, а середній розмір дефекту варіював від 1,34 до 2,9 см². Найчастішою локалізацією пошкодження хряща була ділянка медіального виростка стегнової кістки – від 62 % до 79 %, а про середню кількість попередніх операцій у включених дослідженнях не повідомлялося. Показники RTS після ОСА коливалися від 77 % до 80 %, а повернення спортсмену до рівня, що передувало травмі – 64 %. Повідомлений час до RTS варіював від 7,9 до 20 місяців, а середній розмір дефекту – від 4,5 до 5,1 см². Найчастіше повідомлялося про пошкодження хряща в ділянці виростків (50%) та латерального виростка стегнової кістки (43%), а середня кількість попередніх операцій варіювала від 1,0 до 1,7 разів. Показники RTS і повернення до рівня, що передувало травмі, після АСІ спостерігалося у 33 % - 96 % і 26 % - 67 % пацієнтів, відповідно. Повідомлялося, що час до RTS становив 10,2 місяця, а середній розмір дефекту варіював від 2,1 до 6,4 см². Найбільш поширеною локалізацією пошкодження хряща була ділянці виростків – від 48 % до 67 %, а середня кількість попередніх операцій варіювала від 0,6 до 2,7 разів. Таким чином, у більшості досліджень повідомляється про високу вірогідність RTS, однак показник повернення спортсменів до рівня, що передувало травмі, був нижчим. [12]

Крім того, у спортсменів, які займаються ігровими видами спорту, спостерігається висока гетерогенність за розміром ураження хряща, локалізацією пошкодження хряща, кількістю попередніх операцій, а також за віком і рівнем занять спортом. Автори наголошують, що всі ці дані можуть бути важливими для лікарів під час спільного ухвалення рішень щодо типу

втручання, яке слід виконати, і консультування спортсменів поворотних видів спорту щодо прогнозу і очікуваних показників RTS. [12,44]

Клінічна оцінка симптоматики пошкодження хряща КС має важливе значення тому, що від неї залежить подальший вибір методів лікування. Симптоми пошкоджень хряща КС зазвичай є неспецифічними та можуть на перший погляд імітувати іншу патологію КС. Основним симптомом у спортсмена при специфічній спортивній діяльності є біль у КС, симптоматика якого залежить від місця розташування пошкодження хряща. При локалізації пошкодження у контактній зоні надколінника та міжвиросткової борозди стегнової кістки, біль набагато частіше турбує спортсмена через контакт цих суглобових поверхонь при русі КС як при повсякденній активності, так і при специфічних професійних рухах. Наявність відірваного хрящового фрагменту може провокувати набряк та блокування КС. Рух суглобових поверхонь може спричинювати переміщення вільного хрящового фрагменту, який ушкоджує неуражену суглобову хрящову поверхню виростків стегнової кістки або тканини, що оточують КС. [37]

У клінічній практиці велике значення має візуалізація суглобового хряща, оскільки її використовують при діагностиці захворювань людини, передопераційному плануванні і післяопераційному моніторингу відновлення хряща. За останні кілька десятиліть візуалізація суглобового хряща зазнала глибоких змін, в результаті яких з'явилися новітні технології та значні вдосконалення вже існуючих методів візуалізації, що призвело до нових захоплюючих можливостей, а також до важливих змін в цілях візуалізації та пов'язаних з ними очікуваннях. Медична візуалізація, яка зосереджена на клінічному аналізі та медичному втручанні, включає рентгенографію, магнітно-резонансну томографію (МРТ), ультразвук (УЗД), ендоскопію та методи ядерної медицини такі, як позитронно-емісійна томографія (ПЕТ) та однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (ОФЕКТ). [27]

Не дивлячись на великий спектр застосування інструментальних методів дослідження, рентгенографія та МРТ на сьогодні залишаються основними методами візуалізації хряща КС.

Рентгенографія застосовується з метою визначення проблем, пов'язаних з викривленням (викривлення надколінка або великогомілкової кістки) та дегенеративними змінами у КС. Однак звичайні знімки не дають прямої інформації про стан суглобового хряща між стегноюю і великогомілковою кістками (великогомілково-стегновий відділ) або надколінка і виростків (надколінно-стегновий відділ).

МРТ є чутливим, специфічним і точним інструментальним методом для неінвазивної діагностики пошкоджень хряща КС. За допомогою МРТ оцінюється стан хряща КС, отримується точна інформація про такі процеси, як розтріскування та вогнищеве/дифузне пошкодження або повна втрата хряща. З удосконаленням технології МРТ зросла і здатність надавати інформацію про розмір та глибину ураження хондрального хряща. За допомогою МРТ можна також оцінити стан зв'язок та менісків, оскільки ураження хряща КС також часто проявляється при патології зв'язок або менісків КС. Крім того, МРТ допомагає оцінити об'єм хряща, що відновлюється, і може допомогти виключити значну гіпертрофію трансплантата або субхондральний набряк кісткового мозку, що може вказувати на ризик неспроможності хряща витримувати навантаження. [27]

У клінічній практиці для класифікації пошкоджень хряща КС застосовують шкали Outerbridge, Bauer та Shariaree, серед яких модифікована шкала Outerbridge є більш популярною.

За шкалою класифікації Outerbridge відокремлюють наступні рівні пошкодження: 1-й ступінь – ділянки неоднорідності з нормальним контуром поверхні; 2-й ступінь – стирання або утворення тріщин (< 50% товщини хряща); 3-й ступінь – часткова втрата товщини (> 50% товщини хряща); 4-й ступінь – повна втрата товщини із змінами субхондральної кістки.

Враховуючи потенційну низьку точність діагностики ураження 1 ступеня, патологічними вважаються лише ураження 2, 3 і 4 ступенів. [27,42]

Таким чином, оцінка тяжкості хондропатії дає об'єктивну оцінку на основі анатомічної локалізації пошкодження хряща та стану менісків, а також корелює з результатами, про які повідомляють пацієнти. [27,37,42]

1.3 Сучасні підходи до застосування заходів фізичної терапії при пошкодженні хряща колінного суглобу

Травми суглобного хряща найбільш часто трапляються у спортсменів ігрових видів спорту, що зумовлено, насамперед, значним навантаженням, яке припадає на КС. Відновлення рухової функції КС спортсменів із ураженням суглобового хряща залишається однією з найбільших проблем сучасної клінічної ортопедії, оскільки внутрішня здатність хряща до регенерації обмежена, і після пошкодження він рідко відновлюється спонтанно. Часткові пошкодження хряща не загоюються взагалі, а повні пошкодження, що досягають субхондральної кістки, заповнюються фіброзно-хрящовою тканиною, яка складається переважно з колагену I типу, і не здатна відновлювати початкові властивості нативного матриксу. Через нездатність відновлення хрящової тканини, у спортсмена з часом можуть виникати прогресуючий біль та функціональне обмеження у роботі КС тому, не правильно вибрана стратегія лікування локальних пошкоджень хряща у подальшому призводить до високого ризику утворення прогресуючої хондропенії або глобальної втрати хряща. [10,11,13,39]

Існує два види лікування пошкоджень хряща КС – це консервативне та хірургічне. Вибір методу лікування залежить від конкретного пацієнта, результатів клінічної оцінки та інструментальних досліджень, а також від часу від моменту отримання травми. Крім того, високий рівень конкуренції у спорті та короткострокові та довгострокові цілі спортсмена, що пов'язані з

продовженням кар'єри, часто впливають на вибір методу лікування. Хоча визначення правильної терапевтичної схеми часто виявиться складним завданням, розуміння індивідуальних потреб спортсмена може бути важливим для досягнення цілей спортсмена та інших зацікавлених сторін, які беруть участь у його кар'єрі. [45]

Первинне лікування ймовірного або наявного пошкодження хряща КС спрямоване на зменшення навантаження на хрящ та сприяння процесу регенерації хряща, базується на використанні ряду консервативних стратегій, починаючи від пероральних препаратів, внутрішньосуглобових ін'єкцій і закінчуючи фізичною терапією. При цьому необхідно зазначити, що консервативне лікування може показати позитивні результати тільки при незначних пошкодженнях хряща КС, зменшивши біль. [9,12,17]

Внутрішньосуглобові ін'єкції є альтернативним малоінвазивним варіантом лікування дегенеративних уражень хряща у спортсменів. Ці методи лікування були запропоновані з метою забезпечення покращення клінічних результатів та відтермінування більш обтяжливих процедур, що дозволяє уникнути наслідків та ризиків хірургічного лікування у спортсменів. [46]

В основі використання внутрішньосуглобових ін'єкцій лежить тканнна інженерія – сучасний і перспективний метод регенерації тканин, які розташовані в суглобах. Терапія на основі клітинних технологій передбачає використання факторів росту, каркасів і стовбурових клітин або хондроцитів, з яких складається хрящ, для сприяння росту нового хряща. [13,47]

Фактори росту – це різні біологічно активні поліпептиди, які можуть стимулювати клітинний поділ, ріст і диференціацію. У суглобовому хрящі велика кількість факторів росту взаємодіє для регуляції гомеостазу суглобового хряща. Найбільш вивченими та протестованими для клінічного застосування є трансформуючий фактор росту- $\beta 1$ (TGF- $\beta 1$), кістковий морфогенетичний білок-2 (BMP-2), кістковий морфогенетичний білок-7 (BMP-7), ІФР-1, фактор росту фібробластів-2 (FGF-2), фактор росту фібробластів-18 (FGF-18), та тромбоцитарний фактор росту (PDGF). Наразі

проводяться клінічні дослідження терапії з модуляцією множинних факторів росту/цитокінів. [13,47,48]

У консервативному лікуванні застосовують також ін'єкції гіалуронової кислоти (ГК) та плазму, збагачену тромбоцитами (PRP – Platelet-rich plasma), хоча доказова база для цих підходів ще не розроблена.

ГК – це природна речовина, що міститься в синовіальній рідині суглобів. Дослідження показали, що ГК може покращити функції уражених суглобів та зменшити больові відчуття у людей з остеоартритом, зменшуючи пошкодження, спричинені вільними радикалами кисню, зменшуючи запалення, опосередковане зниженням вироблення та вивільнення арахноїдної кислоти та простагландину E₂, стимулюючи ендогенне вироблення ГК та підвищуючи в'язко-еластичність суглобів. [47]

ГК кислота у різних гелевих формах може взаємодіяти з рецепторами клітинної поверхні, підтримувати ріст хондроцитів і сприяти диференціації мезенхімальних стовбурових клітин (МСК) у хондроцити, але ефективність внутрішньосуглобових препаратів на основі ГК обмежена їх швидким виведенням. [13]

PRP – це концентрат тромбоцитів, отриманий шляхом центрифугування цільної крові, відповідно концентрація тромбоцитів у ньому вища, ніж у нормальній цільній крові. PRP містить різноманітні фактори росту такі, як інсуліноподібний фактор росту 1 (IGF-1), FGF, епідермальний фактор росту (EGF), фактор роста ендотелію судів (VEGF), TGF- β 1 і PDGF. [13,47] При травматизації хряща виділяються металопротеїназа та запальні фактори, через які змінюється склад позаклітинного матриксу, внаслідок чого синтез і катаболізм хряща дисбалансиуються, що призводить до деградації хрящового матриксу, а також утворення ураження суглобового хряща. PRP може зменшити виникнення запалення, покращити ангіогенез і сприяти проліферації та диференціації хондроцитів шляхом секреції величезної кількості цитокінів, хемокінів і факторів росту, щоб сприяти загоєнню пошкоджень кісток і хрящової тканини. [47,49]

Основними перевагами PRP для лікування ушкоджень хряща КС є простота виготовлення, висока безпека, мінімальні побічні реакції та відсутність відторгнення стороннього тіла. У більшості досліджень показано, що PRP позитивно впливає на пошкодження хряща, покращуючи функцію суглобів. Крім того, багато досліджень показали, що найкращий лікувальний ефект від внутрішньосуглобового введення PRP становить приблизно 1 рік. [49]

Нещодавнє дослідження, проведене в медичних центрах передового досвіду Міжнародної федерація футболу, присвячене кращим стратегіям ведення футболістів з травмами хряща КС, показало, що ін'єкційні методи лікування є одним із найпоширеніших підходів до лікування таких пацієнтів. [50] Однак, незважаючи на зростаюче використання ін'єкцій в КС у клінічній практиці для лікування спортивно-активних пацієнтів, не досягнуто консенсусу щодо найкращої ін'єкційної стратегії, а сама ефективність є суперечливою, що залишає ведення цієї специфічної групи пацієнтів предметом дискусій. [51]

Консервативне лікування часто включає корекцію навантаження за допомогою бандажів для КС, зниження ваги, використання спеціальних ортопедичних коригувальних устілок для взуття, спеціального ортопедичного взуття і ходьбу на ортопедичних милицях. [47] Схуднення зменшує навантаження на суглоби і знижує ризик прогресування пошкодження хряща. [52] Ортопедичне лікування допомагає зменшити симптоматику, але не вирішує проблему структурно. [53,54]

Для лікування пошкоджень суглобового хряща також застосовують різні фармакологічні методи. Однак докази на підтримку цих методів лікування є обмеженими та суперечливими. Нестероїдні протизапальні препарати (НПЗП) є найпоширенішим фармакологічним методом лікування пошкоджень суглобового хряща. Ці препарати зменшують запалення і біль, але їх тривале застосування може мати негативний вплив на відновлення хряща КС. [55]

Насьогодні, не існує фармакологічного лікування, яке б сприяло відновленню хряща, а безопераційне лікування не дає очікуваного ефекту, особливо при консервативному лікуванні великих за розміром пошкоджень хряща КС, та неминуче може призвести до передчасного остеоартрозу. [26]

Якщо методи консервативного втручання такі, як регулювання фізичного навантаження, терапевтичні вправи, підтримуючі чи регенеративні ін'єкції, не дають прийнятних результатів і рівень гри у спортсменів погіршується через симптоматику, то показано хірургічне втручання. Вибір стратегії лікування спортсмена є орієнтованим на повернення у спорт до його професійного рівня, і саме хірургічне лікування дає можливість збільшити цю ймовірність. [12]

У клінічній практиці доступні різні варіанти хірургічного втручання для усунення дефектів хряща, однак застосування хірургічного втручання слід розглядати при симптоматичних ураженнях хряща, оцінених на рівні 3-ого або 4-ого ступенів пошкодження відповідно до класифікації Міжнародного товариства відновлення хряща (ICRS). [56] Ураження 3 ступеня характеризуються дефектами, що перевищують 50 % глибини хряща, не поширюючись на субхондральну кістку тоді, як ураження 4 ступеня охоплюють як хрящ, так і підлеглу субхондральну кістку. [26,27]

Сучасні хірургічні методи лікування вогнищевих пошкоджень хряща включають методи стимуляції кісткового мозку такі, як мікрофрактурування або «мікроперелом», трансплантація остеохондрального ауто- або алотрансплантів та аутологічна імплантація хондроцитів. [9,12,13]

Найчастіше на нинішній день використовують мікрофрактурування та трансплантацію кістково-хондрального аутотрансплантата (мозаїчна пластика).

Мікрофрактурування – це метод стимуляції кісткового мозку, в основі якого лежить перфорація субхондральної кістки для залучення аутологічних мезенхімальних стовбурових клітин до пошкодження хряща. Залучені стовбурові клітини диференціюються у фіброхондроцити, що заповнюють і

реконструюють ушкоджену ділянку, утворюючи фіброзно-хрящовий згусток. Цей метод рекомендований насамперед для менших дефектів хряща розміром до 2-4 см². [26,57]

Трансплантація кістково-хондрального аутогрансплантата (мозаїчна пластика) – це техніка, яка заповнює дефект власними остеохондральними клітинами пацієнта, які беруться з іншої ділянки КС, не критичної для навантаження або відстеження колінної чашечки. Ця техніка ґрунтується на використанні здорового хряща з його природним субхондральним кістковим прикріпленням, що забезпечує надійне загоєння кістки та залишає гладку, здорову поверхню суглоба. Виконується вона при пошкодженнях суглобового хряща КС значного розміру >3см². [58]

Реабілітація після хірургічного втручання щодо усунення пошкодження хряща КС у спортсмена є одним із ключових компонентів повернення спортсмена до його професійного рівня. Реабілітаційний процес залежить від техніки хірургічного втручання, характеристики ушкодження, клінічних симптомів та потреб спортсмена, враховуючи специфіку спорту. Як у будь-якому реабілітаційному процесі підхід є комплексним, який визначається комбінацією методів та засобів фізичної терапії (ФТ).

Фази відновлення після хірургічного втручання щодо утворення субхондральної перфорації кістки можна розподілити на дві категорії, а саме фази біологічного загоєння тканин та фази, які залежать від етапу реабілітації. [59]

Фази біологічного загоєння тканини включають:

- інтеграція та стимуляція (перші 6 тижнів);
- виробництво та організація матриці (6-16 тижнів);
- відновлення хрящової тканини (16-24 тижнів);
- дозрівання та адаптація хрящової тканини (24 тижні – 15-18 місяців

після оперативного втручання). [59]

Фази, які залежать від етапу реабілітації:

- передопераційна фаза (час залежить від конкретного пацієнта та випадку);
 - рання післяопераційна фаза (перші 6 тижнів);
 - проміжна фаза (7-12 тижнів);
 - пізня післяопераційна фаза (13-16 тижнів);
 - функціональна фаза (16-+26 тижнів після оперативного втручання)
- [60]

Після артроскопічного втручання щодо утворень субхондральних перфорацій використовують такі методи та засоби ФТ:

Терапевтичні вправи. Терапевтичні вправи застосовують для усунення порушень та покращення функцій опорно-рухового апарату. Вони є основою після мікрофрактурування хряща КС, використовуються на кожному етапі реабілітації, і є критерієм для переходу пацієнта на наступний етап. Цими критеріями є збільшення амплітуди руху (ROM – range of motion) у КС, покращення моторного контролю чотирьохголового м'язу стегна та збільшення сили основних м'язових груп нижньої кінцівки. В залежності від етапу реабілітації особливості виконання терапевтичних вправ будуть відрізнятися, зокрема рухові дії виконує тільки фізичний терапевт (PROM – passive range of motion), рух робить сам пацієнт, але з допомогою (AAROM – active assisted range of motion), рух здійснюється пацієнтом самостійно (AROM). [59]

Нервово-м'язова електрична стимуляція. Нервово-м'язова електрична стимуляція (NMES – neuromuscular electrical stimulation) – фізіотерапевтична процедура, яка дозволяє надсилати електричні імпульси до нервів, що змушує м'язи скорочуватися, імітуючи потенціал дії, що надходить від центральної нервової системи. Одним з ускладнень після оперативного втручання на КС може бути артрогене м'язове гальмування чотирьохголового м'язу стегна, що пригнічує роботу рухових нейронів та зменшує активацію м'язу. NMES показана, щоб викликати електрично індуковану м'язову дію для посилення вольового залучення чотирьохголового м'язу. [61]

Кріотерапія (холодова терапія). Кріотерапія включає використання пакетів з льодом. Застосування холодової терапії показало найкращий результат у пацієнтів після артроскопії КС у порівнянні з другими методами, а саме використання цього методу зменшує оцінку інтенсивності болю за візуальною аналоговою шкалою (ВАШ) та споживання анальгетиків приблизно в половині досліджень, у яких ці результати порівнювалися з відсутністю кріотерапії (11 [44 %] із 25 досліджень болю); і 11 [48 %] із 23 досліджень опіоїдів). Однак рідше повідомлялося про ефект такий, як збільшення діапазону рухів (3 [19 %] з 16) або зменшення набряку (2 [22 %] з 9). [62]

Кріотерапія пов'язана з болезаспокійливим ефектом, викликаним змінами мікроциркуляторного русла, які зменшують вироблення медіаторів запалення, зменшують локальний набряк, порушують загальну запальну реакцію та знижують швидкість нервової провідності.

Тренування з обмеженим кровотоком. Тренування з обмеженим кровотоком (BFR – Blood flow restriction) перекриває венозний відтік, одночасно обмежуючи артеріальний приплив шляхом накладення джгута для кінцівок. Це зрештою зменшує доставку кисню до м'язових клітин під час вправ із низьким опором. Повідомлялося, що індуковане анаеробне середовище сприяє гіпертрофії м'язів, ініціюючи клітинну передачу сигналів і гормональні зміни, які стимулюють синтез білка, проліферацію міогенних сателітних клітин і переважну активацію та мобілізацію м'язових волокон типу II. Цей метод дозволяє зменшити наслідки атрофії чотирьохголового м'язу стегна через іммобілізацію кінцівки, яка необхідна після мікрофрактурування хряща КС. Особливо цей метод застосовується у спортсменів за умови відсутності протипоказань, що дозволяє викликати швидше гіпертрофію м'язу та підвищити силу розгиначів колінного суглобу. [63,64]

Ізокінетичне тренування. Відновлення м'язової сили та витривалості чотирьохголового м'язу стегна є однією з цілей ФТ після оперативного

втручання для відновлення повноцінної функції КС. Для цього використовуються спеціальні динамометри, наприклад, Biodex. Його можна використовувати як метод об'єктивної оцінки, що може показати числові дані щодо сили. Ізокінетичне тестування дозволяє оцінити такі показники, як максимальний крутний момент (максимальна вихідна сила), загальна робота (кількість сили, що прикладається в діапазоні руху), м'язовий дисбаланс (різниця в силі між протилежними груп м'язів однієї кінцівки або різниця в силі оперованої та неоперованої кінцівки). Ізокінетичне тренування характеризується постійною швидкістю, яка адаптує м'язову роботу людини в усьому діапазоні рухів. [65]

Мануальна терапія. Мануальна терапія – це пасивний, кваліфікований рух, що застосовується фізичним терапевтом, який прямо чи опосередковано націлений на анатомічні структури КС, що використовується з наміром створити покращення діапазону руху за рахунок фізичних та нейрофізіологічних змін тканин. Мануальна терапія включає в себе мобілізацію м'язих тканин та мобілізацію кісткових структур. Мобілізація кісткових структур це пасивні повторювальні рухи, які виконуються з низькою швидкістю, що дозволяє відтворювати ковзання суглобових поверхонь. [66]

Терапія безперервним рухом: використовуються пристрої для пасивного руху суглоба, тобто без будь-яких зусиль пацієнта. Моторизований пристрій повторно переміщує суглоб до заданої кількості градусів і швидкості руху, які визначає фізичний терапевт. Ця терапія дозволяє забезпечити рухливість суглобу, поступово адаптуючи м'які тканини до розтягнення, які оточують КС. [67]

Кожний з методів та засобів ФТ може застосуватись на конкретних фазах реабілітації, все залежить від наявності потреби використання у певному клінічному випадку.

Висновки до розділу 1

Після проведеного аналізу наукової літератури можна стверджувати, що КС є найскладнішим і найбільшим синовіальним суглобом в організмі людини, основною функцією якого є забезпечення згинання та розгинання нижньої кінцівки, її рухливості, причому у всіх напрямках, підтримки координації рухів і правильного положення тіла в просторі. Стабільність КС регулюється поєднанням статичності зв'язок, динамічної роботи м'язів, меніско-капсулярного апоневрозу, кісткової топографії. Суглобовий хрящ, як складова КС, відіграє очевидну і фундаментальну роль у функціонуванні КС і забезпеченні руху тіла у просторі, а саме забезпечення гладкої, змащеної поверхні для зчленування і полегшення передачі навантажень з низьким коефіцієнтом тертя. Розуміння унікальної та складної структури суглобового хряща є важливим при діагностики, лікування та відновлення втрачених функцій КС, а також при підготовці до фізичних вправ і спортивних змагань спортсменів.

Незалежно від походження, травми суглобового хряща часто обмежують здатність спортсмена займатися спортом. Окрім втрати ігрового часу, прогресуюча дегенерація суглобового хряща є основною причиною інвалідності та завершення спортивної кар'єри. Узагальнення даних літератури свідчить, що реабілітація спортсменів, на відміну від відновлення осіб, що не займаються спортом, має ряд особливостей. Це полягає у тому, що спортсмен, крім відновлення своїх побутових і професійних навичок, повинен бути в змозі переносити великі фізичні навантаження сучасного спорту, які пред'являють величезні вимоги до стабільності суглобів, їх рухливості, сили м'язів.

Таким чином, вдосконалення існуючих стратегій відновлення та регенерації хряща КС у спортсменів та впровадження нових, що будуть сприяти не тільки якісному і швидкому відновленню функції КС, а і загальної

та спеціальної фізичної підготовки спортсменів у ігрових видах спорту є необхідним та важливим.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методи дослідження

Відповідно до сформульованої мети і завдань дослідження використовували наступні методи: аналіз і узагальнення наукової та науково-методичної літератури з тематики дослідження, клініко-інструментальні методи, зокрема, візуально-аналогову шкалу болю (ВАШ), гоніометрію, мануально-м'язове тестування (ММТ) та відповідні методи математичної статистики для обробки даних.

2.1.1 Аналіз та узагальнення наукової та науково-методичної літератури

Результати вивчення спеціалізованої, науково-методичної літератури використовувалися для аналізу стану досліджуваного питання та узагальнення теоретичних та емпіричних даних, що забезпечили основу алгоритму при складанні плану втручання фізичного терапевта для спортсменів, яким було виконано мікрофрактурування хряща КС.

У процесі дослідження питання даної теми були розглянуті і проаналізовані роботи вітчизняних і закордонних авторів, присвячені розкриттю питань щодо функціонального стану спортсменів з точковими пошкодженнями хряща КС; поширеності хрящових пошкоджень КС у ігрових видів спорту; впливу шкідливих чинників, що провокують ризик утворення хрящових пошкоджень КС у спортсменів, для завчасного виявлення та ефективного відновного процесу; доказових засобів та методів ФТ для відновлення втрачених функцій КС після мікрофрактурування хрящової

тканини КС, вибору методів дослідження, що дозволяють оцінити ефективність проведеної ФТ.

Аналіз літератури дозволив виявити особливості різних підходів до ФТ після мікрофрактурування хряща КС, що сприяло розробленню алгоритму ФТ для спортсменів після вказаного оперативного втручання.

У процесі виконання кваліфікаційної роботи фахівця (бакалавра) було проаналізовано 72 інформаційних джерел, з яких 68 іноземних авторів.

2.1.2 Клініко-інструментальні методи дослідження

Всі клініко-інструментальні методи дослідження, які були застосовані, було розподілене відповідно до основних компонентів Міжнародної класифікації функціональності (МКФ), а саме:

СТРУКТУРИ ОРГАНІЗМУ. Відповідно до МКФ – це анатомічні частини організму такі, як суглоби, нижні кінцівки та їх складові.

ФУНКЦІЇ ОРГАНІЗМУ. Відповідно до МКФ це є фізіологічні функції систем організму (включаючи психічні функції).

Порушення на рівні структури та функції на ранній та пізній післяопераційних фазах оцінювали за допомогою як клінічних, так і інструментальних методів.

Клінічне обстеження пацієнтів включало в себе суб'єктивну оцінку (опитування, ВАШ) та об'єктивну оцінку (гоніометрія, ММТ), контент-аналіз медичної документації.

Візуально-аналогова шкала болю. Для оцінки інтенсивності болю використовували ВАШ, яка дозволяє оцінити динаміку больового синдрому протягом реабілітації. За своєю будовою ВАШ є нескладною, максимально зрозумілою для пацієнта та проста у використанні та розумінні зміни симптоматики болю. Вона складається з числових значень від 0 (що буде вказувати на відсутність больових відчуттів) до 10 (максимальний сильний

біль); з лінії (мм), яка знаходиться поруч з цифрами згідно кольорового спектру (0 балів – зелений колір, 10 балів – червоний) або ці цифри можуть бути відображеними у чорно-білих/кольорових смайликах. Вираз смайлика (0 балів – веселий смайлик, 10 балів – сумний смайлик зі сльозами) (рис. 2.1). [68]



Рисунок 2.1 – Візуально-аналогова шкала оцінки відчуття болю

Гоніометрія. Гоніометрія – метод оцінки рухливості суглобу, який дозволяє виміряти амплітуду пасивних і активних рухів КС у градусах за допомогою спеціального пристрою – гоніометра. Гоніометр складається з вісі обертання (1) та двох плечей: рухомого (2) та нерухомого (3) (рис. 2.2). [69]

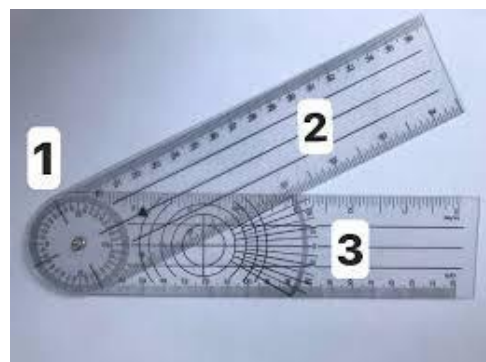


Рисунок 2.2 – Гоніометр

Гоніометрія дозволяє об'єктивно оцінити завдяки числовим показникам амплітуду руху пацієнта, стосовно КС це будуть рухи як згинання та розгинання.

Для оцінки руху розгинання/розгинання пацієнт має зайняти положення лежачи на спині, нога має перебувати у нейтральному положенні. Вісь гоніометра розташовують на латеральному надвиростку стегнової кістки; нерухоме плече з орієнтацією на великий вертлюг стегнової кістки; рухоме плече – з орієнтацією на малогомілкову кісточку біля гомілковостопного суглобу. Оцінка амплітуди руху проводили на двох ногах, показники неоперованної кінцівки слугували орієнтиром на майбутнє. Оцінювали доступний обсяг рухів у пацієнта та порівнювали із нормою. Для кожного з рухів буде різне кінцеве відчуття, для розгинання – жорстке відчуття (кістка до кістки); для згинання – м'яке (стискання м'яких тканин). Проведення гоніометрії при згинанні та розгинанні КС представлено на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Гоніометрія флексії та екстензії або згинання та розгинання колінного суглоба

Мануально-м'язове тестування. ММТ, яке оцінюється за Оксфордською шкалою, використовується для оцінки сили м'язів в організмі людини. Дане тестування застосовували для спостереження змін сили чотирьохголового м'язу стегна у процесі ФТ, а також для порівняння сили даного м'язу стегна у оперованій кінцівці з неоперованою. Перевага цього тестування заключається у тому, що є можливість оцінити силу досліджуємого м'язу без додаткового обладнання. [70]

Оксфордська шкала має градацію від 0 до 5 балів:

0 – м'язове скорочення відсутнє;

1 – м'язове скорочення відбувається, але без руху у КС, можемо відчутти скорочення пальпаторно;

2 – рух у КС, який здійснюється без сили гравітації;

3 – рух у КС, який здійснюється проти сили гравітації;

4 – рух у КС, який здійснюється проти сили гравітації та з помірним опором фізичного терапевта;

5 – рух у КС, який здійснюється проти сили гравітації та з максимальним опором фізичного терапевта.

Оцінювали силу згиначів КС від 1 до 5 балів:

1 бал – пацієнт має перебувати у положенні лежачи на животі, фізичний терапевт може оцінити пальпаторно наявність м'язового скорочення;

2 бал – пацієнт перебуває у положенні лежачи на нетестованому боці, фізичний терапевт підтримує тестовану ногу, пацієнт має зігнути ногу у коліні без дії сили гравітації (рис. 2.4);



Рисунок 2.4 – Тестування м'язової сили на оцінку 2 при згинанні КС

3 бали – положення пацієнта лежачи на животі, пацієнт має зігнути ногу у коліні (рис. 2.5);

4 та 5 балів – положення пацієнта лежачи на животі, пацієнт має зігнути ногу у КС на 90° та утримувати це положення; фізичний терапевт чинить помірний (4 бали) та максимальний опір (5 балів), стабілізуючи стегно та говорячи пацієнту команду «Не дайте мені розігнути ногу у коліні» (рис. 2.6).



Рисунок 2.5 – Тестування м'язової сили на оцінку 3 при згинанні КС

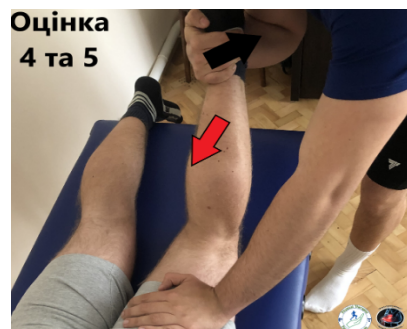


Рисунок 2.6 – Тестування м'язової сили на оцінку 4,5 при згинанні КС

Оцінювали силу розгиначів КС від 1 до 5 балів:

1 бал – пацієнт має перебувати у положенні лежачи на нетестованому боці, фізичний терапевт підтримує ногу пацієнта. При цій оцінці фізичний терапевт може оцінити пальпаторно скорочення м'язу;

2 бали – пацієнт перебуває у положенні лежачи на нетестованому боці, фізичний терапевт підтримує зігнуту ногу пацієнта, пацієнт має розігнути ногу у коліні без дії сили гравітації (рис. 2.7);

3 бали – пацієнт перебуває у положенні сидячи на краю кушетки зі спущеними ногами, пацієнт має розігнути ногу у коліні проти сили гравітації (рис. 2.8);

4 та 5 балів – пацієнт перебуває у положенні сидячи на краю кушетки зі спущеними ногами, пацієнт має розігнути ногу у КС проти сили гравітації, утримувати це положення; фізичний терапевт стабілізує стегно та виконує

помірний (4 бали) та максимальний (5 балів) опір, говорячи «Не дайте мені зігнути ногу у коліні» (рис. 2.9);



Рисунок 2.7 – Тестування м'язової сили на оцінку 2 при розгинанні КС



Рисунок 2.8 – Тестування м'язової сили на оцінку 3 при розгинанні КС



Рисунок 2.9 – Тестування м'язової сили на оцінку 4,5 при розгинанні КС

2.1.3 Методи математичної статистики

Статистичну обробку результатів дослідження проводили за допомогою за допомогою програми Statistic 6.0 (StatSoft, USA). Визначали середнє \pm стандартне відхилення ($M \pm SD$). Оцінка статистичної значимості різних груп здійснювалась по t-критерію Стьюдента і вважалась вірогідною при 0,05.

2.2 Організація дослідження

Дослідження проводилось протягом 2024-2025 р. на базі Спортивно-реабілітаційного центру «Динаміка». У дослідженні взяли участь 20 чоловіків-професійних спортсменів, середній вік $24,7 \pm 2,3$ (20,0-28,0) років з пошкоджень хряща КС, які проходили відновне лікування після мікрофрактурування хряща КС.

Осіб, що брали участь у дослідженні, були ознайомлені із завданнями та основними положеннями дослідження та підписали інформовану форму згоди. Дослідження здійснювались з дотриманням міжнародних принципів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації [71] та відповідно до Закону України «Основи законодавства України про охорону здоров'я» [72] щодо етичних норм і правил проведення медичних досліджень за участю людини.

Для проведення спостереження було сформовано групу пацієнтів з пошкоджень хряща КС, які проходили реабілітацію за розробленим алгоритмом комплексної ФТ, склали основну групу (ОГ), $n=10$; контрольна група (КГ), $n=10$ – пацієнтів після мікрофрактуризації хряща КС, яким проводився комплекс відновлювальних заходів за програмою лікувального закладу: силові вправи та масаж.

До програми ФТ були включені фізіотерапевтичні заходи такі, як терапевтичні вправи на покращення амплітуди руху, силові вправи, вправи на

покращення нервовом'язового контролю та вправи на підвісній системі Redcord, освіта пацієнта.

Тривалість відновлювального лікування склала 16 тижнів. Дослідження проводили до і після курсу ФТ.

Дослідження проводилось у 3 етапи:

На першому етапі (жовтень – грудень 2024 р.) було проведено аналіз і узагальнення сучасних наукових джерел інформації з теми роботи, що дозволило в цілому оцінити стан проблеми, визначити мету і завдання цього дослідження, узагальнити принципи програми ФТ в комплексній терапії для пацієнтів після мікрофрактуризації хряща.

На другому етапі (січень – березень 2025 р.) був обґрунтований і розроблений алгоритм застосування заходів ФТ для пацієнтів після мікрофрактуризації хряща та скориговані завдання досліджень, вдосконалена комплексна програма ФТ, що передбачала виконання занять фізичними вправами різної спрямованості, зокрема терапевтичні вправи на покращення амплітуди руху, силові вправи, вправи на покращення нервовом'язового контролю та вправи на підвісній системі Redcord, також було проведено роботу над освітою пацієнта.

На третьому етапі (квітень – травень 2025 р.) було визначено ефективність фізіотерапевтичного втручання, проведений аналіз і узагальнення отриманих результатів, здійснена відповідна статистична обробка даних, сформульовані висновки, завершено оформлення кваліфікаційною роботи.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Алгоритм застосування заходів фізичної терапії спортсменів після мікрофрактурування хряща колінного суглобу

Розвиток хірургії та використання вірно підібраних методів ФТ при відновленні пошкодженого суглобового хряща дають спортсменам, які бажають відновити спортивну кар'єру, можливість повернутись до своєї професійної діяльності.

Після оперативного втручання ключове значення має ФТ. В той час, як мікрофрактурування дозволяє змінити пошкоджену ділянку хряща на структурному рівні, ФТ має на меті відновлення загальної функції КС й спеціальних навичок спортсмена з урахуванням особливостей ігрових видів спорту, та сприяє більш безпечному поверненню до спортивної діяльності.

Основними завданнями ФТ при відновленні суглобового хряща після мікрофрактурування є:

- відновлення повної амплітуди КС;
- відновлення м'язової сили, орієнтуючись на протилежну непошкоджену нижню кінцівку;
- відновлення нейром'язового контролю;
- досягнення повсякденних можливостей, зокрема ходьби;
- досягнення специфічних спортивних задач таких, як біг, стрибки, різкі зміни напрямки руху.

При впровадженні методів ФТ необхідно дотримуватися рекомендацій оперуючого хірурга та термінів загоєння тканин; застосовувати поетапну

прогресію фізичного навантаження; відслідковувати динаміки стану пацієнта завдяки постійній суб'єктивній та об'єктивній оцінці на основі даних, за якими будується подальший план втручання.

Крім того, при розробці програми ФТ для спортсменів у після мікрофрактурування важливо враховувати:

- характеристику пошкодження (локалізація, глибина, частина неушкодженої тканини, яка залишилась);
- особливості специфічних рухів, притаманних певному виду спорту;
- особливості хірургічного втручання (проведення додаткових втручання у КС під час хірургічної операції).

Таким чином, в кожному конкретному випадку підбір заходів ФТ здійснюється індивідуально, враховуючи тип пошкодження хряща КС і специфіку спорту, а також важливі чинники такі, як вік, стаж та, особливо, мотивацію та мету, яку спортсмен ставить перед собою у майбутньому.

На основі спілкування з пацієнтом та відштовхуючись від його мети було створено індивідуальну програму, враховуючи цілі у SMART-форматі, кожна з літер якого має своє значення:

- S (Specific) – ціль має бути конкретною.
- M (Measurable) – ціль має вимірювальною, наявність об'єктивних показників обов'язкова.
- A (Achievable) – ціль повинна мати можливість бути реалізованою.
- R (Realistic) – ціль має бути реальною.
- T (Timed) – ціль повинна мати часові проміжки.

Саме застосування SMART-формату дозволяє, аби сама ціль для пацієнта була зрозумілою та включала всі важливі для нього складові.

Цілі поділялися на *короткострокові* (0-4 тижні) та *довгострокові* (5-16 тижнів), що давало змогу структурувати втручання відповідно до реалістичних очікувань і функціонального потенціалу пацієнта, наприклад:

Короткострокові:

- Пацієнт М. на 3-ому тижні після мікрофрактурування хряща КС буде мати змогу контролювати свідоме напруження чотирьохголового м'язу стегна при розігнутому КС.

- Пацієнт П. на 4-ому тижні після мікрофрактурування хряща КС зможе пасивно згинати КС до 90° без болю.

Довгострокові:

- Пацієнт Т. через 12 тижнів після мікрофрактурування хряща КС зможе піднятися на другий поверх з пакетом продуктів без больових відчуттів.

- Пацієнт К. через 16 тижнів після мікрофрактурування хряща КС зможе гуляти з собакою протягом 30 хв. без відчуття втоми у КС.

При постановці цілей втручання керувалися основними доменами МКФ, щоб максимально індивідуалізувати процес ФТ. Відповідно до домену використовували відповідний метод втручання для досягнення мети для кожної з фаз відновлення (табл. 3.1):

Таблиця 3.1 – Схема застосування методів ФТ після мікрофрактурування хряща КС у спортсменів відповідно до доменів МКФ

Домени	Метод втручання
Рання післяопераційна фаза (0-6 тижнів)	
<i>Структура та функція</i>	
b7100 Рухливість одного суглобу	Пасивна робота фізичного терапевта (PROM)
b7150 Стабільність одного суглобу	
b7301 Сила м'язів однієї кінцівки	

<p>b7350 Тонус ізольованих м'язів</p> <p>b2801 Біль у частині тіла</p> <p><i>Активність та участь</i></p> <p>d4154 Збереження положення стоячи</p> <p>d465 Пересування з допомогою обладнання</p>	<p>Вправи силового характеру без осьового навантаження</p> <p>Вправи силового характеру без осьового навантаження</p> <p>NMES</p> <p>Освіта пацієнта</p> <p>Освіта пацієнта та демонстрація техніки використання допоміжного засобу</p>
---	---

Продовження табл. 3.1

Проміжна фаза (7-12 тижнів)	
<p><i>Структура та функція</i></p> <p>b7100 Рухливість одного суглобу</p> <p>b7150 Стабільність одного суглобу</p> <p>b7301 Сила м'язів однієї кінцівки</p> <p>b7401 Витривалість груп м'язів</p> <p>b770 Функції моделі ходьби</p> <p><i>Активність та участь</i></p> <p>d450 Ходьба</p> <p>d630-649 Домашні справи</p>	<p>Активні вправи з асистуванням (AAROM)</p> <p>Вправи силового характеру, акцентовані на силову витривалість</p> <p>Вправи акцентовані для вироблення вірного крокового патерну</p>
Пізня післяопераційна фаза (13-16 тижнів)	
<p><i>Структура та функція</i></p> <p>b7101 Рухливість кількох суглобів</p> <p>b7151 Стабільність кількох суглобів</p> <p>b7301 Сила однієї кінцівки</p> <p>b7601 Контроль складних довільних рухів</p> <p><i>Активність та участь</i></p> <p>d4106 Зміщення центру ваги тіла</p> <p>d4209 Переміщення себе неуточнене</p>	<p>Вправи акцентовані на м'язову силу у відкритому та закритому кінематичному ланцюзі</p> <p>Вправи для покращення нейром'язового контролю</p> <p>Вправи на різних піддатливих поверхнях</p>
Функціональна фаза (16 тижнів – +26 тижнів)	
<p>b7301 Сила м'язів однієї кінцівки</p> <p>b7303 Сила м'язів нижньої частини тіла</p> <p>b715 Стабільність функції суглобів</p>	<p>Вправи силового характеру з урахуванням одного максимального повторення</p>

Кінець табл. 3.1

b7400 Витривалість ізольованих м'язів	Вправи з комбінацією різних рухів Специфічні вправи адаптовані під певний вид спорту
b7602 Координація довільних рухів	
b7611 Специфічні спонтанні рухи	
<i>Активність та участь</i>	
d450 Ходьба	Біг та пліометричні вправи
d4552 Біг	
d4553 Стрибки	

Реабілітаційна програма включала 4 фази: рання післяопераційна фаза, проміжна фаза, пізня післяопераційна фаза, та функціональна фаза, кожна з яких мала свої цілі, засоби впливу, та критерії переходу до наступної фази.

Рання післяопераційна фаза (0-6тижнів). Рання післяопераційна фаза тривала 6 тижнів та мала на меті сприяти захисту відновлювальної ділянки хряща від повноцінного осьового навантаження для того, щоб не виникало надмірних стискаючих сил на неї; зменшити біль та набряк у КС; забезпечити наявне повне активне розгинання у КС, поступове відновлення згинання у КС та відновлення повного контролю чотирьохголового м'язу стегна.

У цій фазі використовували допоміжний засіб – милиці. Термін використання милиць варіюється в залежності від розміру та локалізацій хрящового пошкодження. Якщо пошкодження хряща КС невеликі за розміром, ходьба на милицях дозволена лише з дотиком пальців стопи до підлоги без перенесення власної ваги на оперовану кінцівку протягом 4 тижнів. При більших об'ємних пошкодженнях хряща КС термін обмежується на 6 тижнів.

При відмові від милиць пацієнт на кінці 6-го тижня має демонструвати утримування прямої ноги (без провисання гомілки) з положення зігнутого кульшового суглобу, що буде свідчити про контроль чотирьохголовим м'язом КС. Також пацієнт має згинати ногу на 60-90° у КС, не мати посилення

больових відчуттів та набряку не тільки під час виконання вправ, а і у щоденному побуті.

Контроль та зменшення інтенсивності болю оцінювали за допомогою суб'єктивної ВАШ.

Набряк оцінювали за допомогою специфічного тесту Sweep test.

Техніка виконання: Пацієнт перебуває у положенні лежачи з розслабленим розігнутим КС. Фізичний терапевт виконує пару рухів вгору у напрямку сухожилка чотирьохголового м'язу, намагаючись перемістити набряк із внутрішньої частини суглобової капсули до надколінникової сумки. Потім фізичний терапевт виконує рухи КС трохи вище надколінної бурси у напрямку до латеральної лінії суглоба, якщо тест виявиться позитивним, спостерігається невелика хвиля або опуклість на медіальній стороні КС, трохи нижче колінної чашечки, протягом кількох секунд.

Результати тестування оцінюються по 5-бальній шкалі:

0 – відсутність хвилі рідини під час виконання руху вниз;

Слід – невелика опуклість на медіальній стороні КС;

+1 – більша опуклість на медіальній частині КС;

+2 – рідина повертається без руху з латерального боку КС;

+3 – велика кількість рідини, яку не можна змістити вгору.

Додатково проводили освіту пацієнта при роботі з набряком: використання кріотерапії та підйом оперованої нижньої кінцівки вище рівня серця, що зменшить гідростатичний тиск та об'єм інтерстиціальної рідини.

При відновленні пасивного та активного розгинання КС та для покращення згинання у КС спочатку проводили оцінку руху у КС.

Перед початком роботи з амплітудою руху у КС перевіряли неуражену кінцівку та оцінювали рухливість КС. Рухливість КС у неураженій кінцівці слугувала орієнтиром значень, які нам треба було досягнути на оперованій кінцівці.

Оцінка руху проводили активно (коли пацієнт сам виконує рух без сторонньої допомоги) та пасивно (рух виконує фізичний терапевт, додатково оцінюючи кінцеве відчуття).

Для оцінки згинання у КС використовували два положення: лежачи на спині та лежачи на животі, у цих вихідних положеннях відрізняється положення кульшового суглобу, при оцінці лежачи на животі даний суглоб перебуває у нейтральному положенні, при оцінці лежачи на спині – у положенні згинання, що буде впливати на результат активної амплітуди руху.

Оцінка амплітуди розгинання КС проводили лежачи на спині, при повній амплітуді розгинання пацієнт має утримувати повне розгинання КС, не піднімаючи стегно від кушетки та піднімаючи п'яту.

Повне активне розгинання КС забезпечується за рахунок повноцінного контролю м'язевого скорочення та залученням у роботу чотирьохголового м'язу стегна. Для цього використовували нервово-м'язову електричну стимуляцію (NMES – Neuromuscular electrical stimulation), кріотерапію та вправи з акцентом на розгинання та залученням чотирьохголового м'язу стегна, а саме:

1. Активне розгинання КС (виштовхування, яке відбувається з пасивно утвореної амплітуди 30-40° згинання КС завдяки скороченню чотирьохголового м'язу стегна. Дозування: 2 підходи по 15 повторень.

2. Напруження чотирьохголового м'язу у комбінації з NMES, вправа виконується з акцентом роботи електричних імпульсів на скорочення чотирьохголового м'язу стегна. Процедура триває 15 хвилин, активне напруження відбувається протягом 5 хвилин всередині часу процедури.

3. Напруження чотирьохголового м'язу стегна з підйомом п'ятки. Дозування: 3 підходи по 10 повторень.

Робота зі згинанням КС заключалася у дотриманні правильного дозованого пасивного руху аби не перевантажувати суглобовий хрящ і дати йому можливість нормально загоїтись. Особливості амплітуди руху буде залежати від місця розташування пошкоджень. Рух виконується пасивно,

адже активний рух за рахунок роботи скорочувальних структур буде утворювати стискаючий тиск та зсувні сили на хрящ. Рух може виконувати або сам фізичний терапевт без участі пацієнта або за допомогою пристроїв, які рухають пасивно КС у налаштованій амплітуді руху.

Виконання пасивного руху пацієнт може виконувати також самостійно. Нижня кінцівка повністю розслаблена, пацієнт підтримує КС ззаду двома руками та за рахунок зусилля рук пацієнт виконує згинання у КС до 90° . Далі з цього положення контролювано за допомогою рук опускає ногу до прямого положення. Дозування: 2 підходи по 20 повторень.

Для відновлення рухливості надколінника додатково використовували мобілізації, що дозволять покращити рухливість КС, винятком є пошкодження, які локалізуються у трохлеарній борозді стегнової кістки. Пацієнт перебуває у положенні лежачи на спині, під КС підкладається невисокий рушник. Фізичний терапевт за допомогою пальпації знаходить верхній та нижній край надколінника, для покращення руху згинання-розгинання у КС фізичний терапевт буде використовувати верхнє та нижнє ковзання. Дозування: 2 підходи по 20 повторень.

За рахунок обмежень активної більшої амплітуди руху згинання та небажаної дії стискаючих сил на хрящову тканину підбирали вправи, які дозволять нам збільшувати силу чотирьохголового м'язу стегна та уникати цих застерігань.

Крім того, робили додаткове навантаження на чотирьохголовий м'яз, виконуючи рух у 4-ох напрямках руху кульшового суглобу, що відбувався з скороченням цього м'язу, а саме:

- відведення, лежачи на боці з постійним напруженням чотирьохголового м'язу стегна;
- розгинання у кульшовому суглобі, лежачи на животі з напруженням чотирьохголового м'язу стегна;
- згинання у кульшовому суглобі, лежачи на спині з напруженням чотирьохголового м'язу стегна;

- приведення у кульшовому суглобі, лежачи на боці з напруженим чотирьохголовим м'язом стегна.

Дозування: 2 підходи по 15 повторень у кожному з напрямків руху.

Наступною вправою було виконання розгинання у КС з валиком у амплітуді 30-0°. Дозування: 3 підходи по 15 повторень.

Обов'язковою складовою частиною є робота у суміжних суглобах задля зменшення атрофії м'язів нижньої кінцівки через відсутність осьового навантаження, тому включали у програму ФТ терапевтичні вправи для м'язів, що оточують кульшовий суглоб та гомілковостопний суглоб, а саме вправи, які виконувались у анатомічних площинах руху суглобів.

Через обмеження осьового навантаження вибір зміцнювальних вправ був обмеженим, тому додатково застосовували NEURAC-терапію, яка відновлює функціональні рухи за допомогою різноманітних слінгів, тросів та петель без осьового навантаження на колінний суглоб. Особливість даної системи заключається у виконанні вправ у підвісній системі Redcord, де пацієнт перебуває у «підвішуванню стані» (розвантаження) тіла, використовуючи власну вагу, що дозволяє посилювати загальну активацію м'язів та покращувати нервовом'язовий контроль.

Терапевтичні вправи у підвісній системі Redcord:

Розгинання кульшового суглобу у підвісній системі Redcord. Пацієнт перебуває у положенні лежачи на спині, слінг розташовується дистально по відношенню до стегнової кістки. Додатково використовується розвантаження у вигляді широкого слінгу та 2 резинок, які будуть виштовхувати пацієнта вгору, даючи йому легкість у підйомі тазу, широкий слінг розташовується під тазом. Пацієнт має підняти таз, тримаючи ногу рівною у КС та опустити таз. Якщо важко контролювати відношення гомілки до стегнової кістки ми можемо зафіксувати її додатковим тросом для легшого виконання. Дозування: 3 підходи по 8-10 повторень.

Відведення у кульшовому суглобі у підвісній системі Redcord. Пацієнт перебуває лежачи на боці, слінг розташовується дистально по відношенню до

стегнової кістки. Додатково використовується розвантаження у вигляді широкого слінгу та 2 резинок, які будуть виштовхувати пацієнта вгору, даючи йому легкість у виштовхуванні, широкий слінг розташовується під тазом. Пацієнт має за рахунок тиску стегном у слінг підняти своє тіло та підконтрольно опуститись. Дозування: 3 підходи по 8-10 повторень.

Плантарна флексія з резинкою. Пацієнт розташовує резинку на верхню частину стопи, тримаючи резинку руками він створює натяг та з цього положення рухає носок від себе. Дозування: 2 підходи по 20 повторень.

Проміжна фаза (7-12тижнів). Вона мала на меті сприяти початку ходьби без милиць; продовжувати покращувати силу та витривалість чотирьохголового м'язу; перехід до вправ з дозованим осьовим навантаженням; нормалізація патерну ходьби.

Активне розгинання КС з 90° без обтяження. В даній фазі починали з активного розгинання КС з 90° без обтяження: пацієнт з положення сидячи розгинає ногу у КС з кута 90° до положення випрямленої ноги та підконтрольно опускає ногу у КС. Дозування: 3 підходи по 15 повторень, додаючи обтяження у значенні 0,5 кг, з кожним тижнем збільшуючи на 0,5 кг. надалі.

Присідання у неповній амплітуді на тумбу за допомогою петель TRX (тренувальні петлі). Пацієнт за допомогою зусилля рук піднімається до повного розгинання у КС. Далі підконтрольно опускається до тумби. Спочатку вправа виконується більше за рахунок тяги верхніх кінцівок, надалі у прогресії пацієнт має підніматись сам, надалі для складності вправи присідання будуть виконуватись на одній нозі. Дозування: 3 підходи по 15 повторень.

Випади за допомогою петель TRX, надалі у прогресії самостійне виконання. Пацієнт стоїть рівно, тримає петлі у руках, далі розташовує неоперовану кінцівку на відстані двох кроків назад та з цього положення виконує опускання вниз у амплітуді 60-80° згинання КС. Далі з цього положення піднімається за рахунок тягового руху верхніх кінцівок.

Дозування: 3 підходи по 10 повторень зі зміною ноги, виконання почергове на ліву та праву ногу.

Силові вправи. У програму додаються силові вправи для м'язів задньої поверхні стегна. Це були підйоми тазу з зігнутими ногами на опорі, надалі у прогресії – виконання на одній нозі. Пацієнт, лежачи на спині, ноги зігнуті у КС (60-90°), стопи розташовані на тумбі, носки направлені чітко у стелю, не розвертаються. Пацієнт виконує підйом тазу та підконтрольне опускання. Дозування: 2 підходи по 15 повторень.

Вправи з використанням фітболу (на контроль руху). З дотриманням двох фаз м'язового скорочення можна виконувати підйом тазу з контрольованим згинанням та розгинанням КС на фітболі, що дасть відчуття нестабільності та дозволить більше навчитись контролювати рух, який відбувається за рахунок м'язів групи хамстрінгів – група м'язів задньої поверхні стегна. Пацієнт, лежачи на спині розташовує дві ноги на фітбол. КС випрямлені, пацієнт виконує підйом тазу, утримує це положення та згинає (до 90°) та розгинає ноги у КС. Дозування: 2 підходи по 15 повторень.

Вправи на баланс та покращення пропріорецепції. Орієнтовано з 10-го тижня почали виконувати вправи на баланс та покращення пропріорецепції.

Початково виконується стійка на час на одній нозі, час виконання починається з 30 с, надалі збільшуючи час. Дозування: 5 серій по 30 с.

Спортсменам додавали різноманітні рухи у вправах на баланс, завдяки яким спортсмен зможе більше контролювати КС у просторі під час силових вправ та на своїх спортивних тренуваннях у майбутньому. Можна використовувати балансувальні подушки.

Пізня післяопераційна фаза (12-16 тижнів). Ціллю цієї фази є виконання стандартизованих тестів на силу, після виконання яких буде дозволено переходити до наступної фази, особливість якої є повернення до пліометричних вправ до яких відноситься стрибки та біг.

Ця фаза більш націлена на силову роботу, у цей період часу загоєння хрящової тканини дозволяється виконувати:

Жим ногами у тренажері (Жим ногами горизонтальний) у амплітуді 90-0° КС. Дозування: вага розраховується, як 60-80 % від одного повторного максимуму (1ПМ). Спочатку вправа виконується з вагою 60 % від 1 ПМ. Дозування: 3 підходи по 8-12 повторень. Потім з вагою 80 % від 1 ПМ. Дозування: 3-4 підходи по 6 повторень.

Присідання у амплітуді 0-90° КС з чіткою паузою у нижній точці. Дозування: 3 підходи по 15 повторень.

Для розвитку сили м'язів задньої поверхні стегна у цій фазі використовували:

Нахили на одній нозі. Пацієнт стоїть на оперованій кінцівці, тримаючи у протилежній руці вагу 4 кг, іншу нижню кінцівку відводить назад у прямому положенні та виконує нахил корпусу вперед за рахунок згинання у кульшовому суглобі. У нижній точці пауза та виконується підйом тулуба наверх, приставляючи відведену ногу. Дозування: 2 підходи по 15 повторень.

Згинання ніг у тренажері для згинання ніг лежачи: Пацієнт лягає на живіт та виконує згинання у КС до кута 90° та підконтрольно опускає гомілку до вихідного положення. Дозування: 2 підходи по 15 повторень.

Вправи для зміцнення аддукторів стегна.

Стискання м'яча стегнами: пацієнт розташовує м'яч для пілатесу або фітбол між зігнутими КС та виконує стискання м'яча та підконтрольне повернення ніг у вихідне положення. Дозування: 2 підходи по 20 повторень.

Копенгагенська планка: Пацієнт стає у положення бокової планки, між ногами ставиться лавка як точка опори для виконання вправи, оперована нога зігнута у КС ставиться на лавку. Пацієнт виконує поштовх за рахунок аддукторів м'язів стегна, піднімаючи нижню ногу до лавки знизу і повертається у вихідне положення. Дозування: 3 підходи по 10 повторень.

Бокова планка з акцентом роботи на абдуктори стегна: Пацієнт стає у положення бокової планки, для початку ноги зігнуті у КС (надалі у прогресії варіантом виконання є бокова планка з прямими ногами). Пацієнт виконує

поштовх за рахунок тиску нижньої ноги та підконтрольно опускається у вихідне положення. Дозування: 3 підходи по 10 повторень.

Підйом на носки: пацієнт ставить передню частину стоп на степ-платформу, з цього положення виконує підйом на носки та підконтрольно опускається, не доторкаючись п'ятами до підлоги, надалі у прогресії виконання на одній нозі. Дозування: 2 підходи по 15 повторень.

Підйом тазу на одній нозі: пацієнт лягає на лавку з упором верхньої частини тулуба на лопатки, ставить оперовану ногу на підлогу під кутом 80-90°, протилежну ногу тримає у повітрі. Пацієнт виконує підйом та опускання тазу. Дозування: 2 підходи по 15 повторень.

Для тестування готовності пацієнта до стрибків ми використовували такі вправи:

- Присідання на одній нозі на тумбу.
- Підйом тазу на одній нозі з опорою на підлозі.
- Підйом тазу на одній нозі з опорою на тумбу, висота 50 см.
- Підйом на носок на одній нозі.

Крім того, пацієнт має виконати > 70 % від кількості повторень на неоперованій нижній кінцівки. Також він має продемонструвати при ізокінетичному тестуванні сили чотирьохголового м'язу стегна різницю не менше 20 % у порівнянні з неоперованою кінцівкою.

Функціональна фаза (16 тижні – + 26 тиждень). Основою цієї фази є пліометрика – комбінація швидкісних вправ для розвитку вибухової сили та спритності. Особливість пліометрики заключається у тому, що є наявність трьох фаз пліометричного руху, які дозволяють підвищити м'язову потужність, а саме:

1. Ексцентрична фаза розтягування: під час цієї фази розтягуються м'язові веретена, що дозволить пацієнту/спортсмену більш швидко та результативно перейти у кінцеву – концентричну фазу.

2. Фаза амортизації: момент після припинення ексцентричного розтягування до початку концентричного скорочення м'язів.

3. Концентрична фаза є заключною фазою пліометричного руху та фазою, де виробляється максимальна м'язова потужність.

До цієї фази допускаються спортсмени при умові здатності виконання тестування готовності до стрибків, що проводилось наприкінці пізньої післяопераційної фази та при нормальному перенесенні вимог повсякденного навантаження без болю та набряку КС.

Пліометричні вправи. При виконанні пліометричних вправ спочатку використовується резинка, аби зменшити ударне навантаження під час стрибків. При цьому приділяється увага техніці приземлення та виштовхування і, якщо виявляються рухові порушення, наприклад, динамічний вальгус КС, то фізичний терапевт має виправити їх усними підказками або корегуючи техніку виконання стрибкової вправи аби спортсмен не допускав їх у майбутньому при виконанні вправи без резинки. Дозування: 2 підходи по 20 стрибків.

Якщо після стрибків на більш піддатливих поверхнях, таких як мати симптоматика (біль, набряк) не прогресувала, то переходили до зістрибування зі степ-платформи з приземленням на дві, надалі у прогресії на одну ногу. Дозування: 2 підходи по 10 повторень.

Наступним кроком було виконання горизонтальних стрибків. На початку горизонтальні стрибки виконуються на рівні 70-80 % від максимальний відстані, на яку пацієнт зможе виконати стрибок вперед, при цьому акцент робиться більше на контроль відчуття приземлення та змогу м'яко амортизувати стрибок. Потім вправа ускладнюється, виконується стрибок з двох ніг з приземленням на одну ногу, збільшуючи поступово довжину стрибку. Дозування: 2 підходи по 10 стрибків.

Після відпрацювання горизонтального стрибку виконуються стрибки в бік на одній нозі через перешкоду з чіткою фіксацією при приземленні. Дозування: 2 підходи по 10 повторень у кожному з сторін.

Далі відбувався плавний перехід до бігу, який спочатку виконується підтюпцем. Пацієнт допускається до бігу в тому випадку, коли не

спостерігається набряку та болю після стрибкових вправ і його показники сили чотирьохголового м'язу стегна, визначені за допомогою методу динамометрії, є на оперованій нозі $\geq 80\%$ у порівнянні з іншою неоперованною кінцівкою.

Біг. Біг комбінували з ходьбою, поступово збільшуючи навантаження, що дозволяє адаптувати спортсмена до фізичних/специфічних навантажень, пов'язаних зі ігровими видами спорту (табл. 3.2). Відстань дистанції буде залежати від виду спорту та підбирається індивідуально під спортсмена. Часових обмежень немає.

Таблиця 3.2 – Програма бігу для спортсменів ігрових видів спорту після мікрофрактурування хряща КС на функціональній фазі відновлення

Рівень 1	Спочатку 0,1 км ходьба, після 0,1 км біг підтюпцем. Загальна дистанція становить 2 км.
Рівень 2	0,1 км ходьба – 0,2 км біг підтюпцем. Загальна дистанція становить 3-3,2 км.
Рівень 3	0,1 км ходьба – 0,3 км біг підтюпцем. Загальна дистанція 3-3,2 км.
Рівень 4	0,1 км швидка ходьба – 0,4 км біг підтюпцем. Загальна дистанція 3-3,2 км.
Рівень 5	Біг підтюпцем 3-3,2 км.
Рівень 6	Біг підтюпцем 4 км.
Рівень 7	Біг підтюпцем 4,5 км.

Надалі спортсмен може переходити до відпрацювання різних специфічних маневрних рухів, притаманних ігровим видам спорту, на ігровому майданчику або на полі, якщо його функціональний стан відповідає наступним параметрам:

- повна амплітуда руху КС;
- відсутність болю або мінімальна за ВАШ (враховується симптоматика як у спокої так при/після фізичного навантаження);
- відсутність набряку або мінімальна його наявність згідно Sweep test (оцінка 0 або +1);
- ≥ 80 % пікового крутного моменту (максимальна м'язова сила, яку здатний відтворити м'яз у певній амплітуді руху та з певною швидкістю) у порівнянні з неоперованою ногою;
- ≥ 90 % від кількості повторень/відстані при стрибкових тестах (звичайний стрибок на відстань, перехресний стрибок на відстань, потрійний стрибок на відстань, 6 метровий стрибок на час) у порівнянні з неоперованою ногою;
- біг на біговій доріжці з підтримуючою швидкістю 8 км/год, тривалістю не менше 10 хвилин.

Повернення у спорт відбувається у проміжку 9-12 місяців. Часовий проміжок є індивідуальним, враховуючи як структурні терміни загоєння хрящової тканини та функціональні показники, які демонструє спортсмен при закінченні реабілітаційного процесу.

3.3 Оцінка ефективності розробленого алгоритму, аналіз та обговорення результатів дослідження

Для оцінки ефективності застосування методів ФТ у спортсменів, які перенесли оперативне втручання щодо мікрофрактурування хряща КС у

пізній післяопераційній фазі використовували ВАШ – для оцінки інтенсивності болю у КС, гоніометрію – для оцінки рухливості КС та ММТ – для оцінки сили чотирьохголового м'язу стегна.

ВАШ виступає як суб'єктивне значення інтенсивності болю, використовується градація відчуття болю від 0 (болю немає) балу до 10 (нестерпний біль) балів, тобто чим менше показник ВАШ, тим менше больові відчуття у пацієнта.

Встановлено, що на початку проведення ФТ, а саме на третьому тижні після мікрофрактурування хряща КС, у спортсменів, що брали участь у дослідженні, інтенсивність болю у КС був помірний за ВАШ як в ОГ, так і в КГ, та становив $5,7 \pm 0,15$ балів та $5,8 \pm 0,12$ балів, відповідно (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Динаміка величини інтенсивності болю за ВАШ в процесі ФТ у спортсменів після мікрофрактурування хряща КС (бали, $M \pm SD$)

Показник	Термін ФТ після оперативного втручання	КГ (n=10)	ОГ (n=10)
ВАШ	3 тиждень	$5,8 \pm 0,12$	$5,7 \pm 0,15$
	16 тиждень	$2,7 \pm 0,18^*$	$1,6 \pm 0,19^{**}$

Примітка. ОГ – основна група, КГ – контрольна група, ФТ – фізична терапія, ВАШ – візуально-аналогова шкала болю, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ – порівняння відмінностей у кожній групі з початком ФТ.

При оцінці результатів змін інтенсивності болю за ВАШ у тематичних пацієнтів виявлено позитивну динаміку зменшення даного показника в обох групах наприкінці 16 тижня ФТ у порівнянні з початком ФТ (третьої тиждень), але у ОГ ці зміни були більш статистично достовірними.

Показано, що наприкінці пізній післяопераційній фазі ФТ показник інтенсивності болю за ВАШ у ОГ знизився на 4,1 бали у порівнянні з початковим рівнем та становив $1,6 \pm 0,19$ ($p < 0,01$) бали, що відповідало «біль вкрай слабка» за ВАШ, на відміну у КГ, в якій даний показник

зменшився на 3,1 бали, становив $2,7 \pm 0,18$ ($p < 0,05$) бали та знаходився ще на рівні «слабка біль» за ВАШ (табл. 3.3).

Гоніометрія є об'єктивним методом оцінки рухливості КС, яка дає можливість оцінити як фізіотерапевтичне втручання впливає на амплітуду руху згинання у КС після оперативного втручання при пошкодженні суглобного хряща. Відомо, що чим більша величина показника кута згинання, тим кращим є результат відновленого лікування.

При первинному обстеженні пацієнтів, а саме на третьому тижні після оперативного втручання щодо мікрофрактурування хряща КС, рухливість КС оперованої кінцівки спортсменів як в ОГ, так і в КГ була обмеженою. Так, величина кута згинання у спортсменів з пошкодженням хряща КС на третьому тижні після операційного втручання в ОГ та КГ склала $87,2 \pm 2,01^\circ$ та $87,8 \pm 1,81^\circ$, відповідно (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Динаміка об'єму руху згинання у КС спортсменів після мікрофрактурування хряща КС, (градуси, $M \pm SD$)

Тестований рух	Термін ФТ після оперативного втручання	КГ (n=10)	ОГ (n=10)
Згинання в КС	3 тиждень	$87,8 \pm 1,81^\circ$	$87,2 \pm 2,01^\circ$
	16 тиждень	$124,4 \pm 2,23^\circ$	$135,7 \pm 1,89^{*}$

Примітка. ОГ – основна група, КГ – контрольна група, ФТ – фізична терапія, КС – колінний суглоб, $*p < 0,05$ – порівняння відмінностей у кожній групі з початком ФТ.

На протязі 16 тижнів проведення програми ФТ у спортсменів з пошкодженням суглобного хряща спостерігали позитивну динаміку щодо покращення рухливості у КС в обох групах у порівнянні з початком ФТ (третьої тиждень).

Так, у нашому дослідженні на 16 тижні застосування алгоритму заходів ФТ показано достовірне збільшення кута згинання у КС на $48,5^\circ$ в ОГ у

порівнянні з показниками на третьому тижні ФТ. На противагу цьому, в КГ кут згинання в КГ збільшився на $36,6^\circ$ від початкового рівня, але ця різниця була недостовірною (табл. 3.4).

Метод ММТ дає можливість дослідити зміни показників сили чотириголового м'язу стегна оперованої кінцівки у процесі ФТ. Чим більше сила м'язів, тим краще працездатність спортсменів.

Виявлено, що на початку проведення ФТ, а саме на третьому тижні після мікрофрактурування хряща КС, у спортсменів як ОГ, так і в КГ сила чотириголового м'язу стегна оперованої кінцівки була слабшою за ММТ та становила $2,9 \pm 0,23$ балів та $2,7 \pm 0,25$ бали, відповідно (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Динаміка показника ММТ чотириголового м'язу стегна у спортсменів після мікрофрактурування хряща КС, (бали, $M \pm SD$)

Показник	Термін ФТ після оперативного втручання	КГ (n=10)	ОГ (n=10)
ММТ	3 тиждень	$2,7 \pm 0,25$	$2,9 \pm 0,23$
	16 тиждень	$3,8 \pm 0,13$	$4,9 \pm 0,11^*$

Примітка. ОГ – основна група, КГ – контрольна група, ФТ – фізична терапія, ММТ – мануально-м'язове тестування, $*p < 0,05$ – порівняння відмінностей у кожній групі з початком ФТ.

При оцінці функціонального стану м'язової системи за показниками ММТ у спортсменів з пошкодженням хряща КС в процесі проведення ФТ виявлено позитивні динаміку функціональних можливостей пошкодженої кінцівки, зокрема збільшення сили чотириголового м'язу стегна, як у пацієнтів ОГ, так і КГ.

Показано, що наприкінці пізньої післяопераційної фази сила чотириголового м'язу стегна в ОГ та КГ збільшилась та склала в ОГ $4,7 \pm 0,12$ ($p < 0,05$) бали проти $3,7 \pm 0,14$ ($p > 0,05$) бали у КГ (табл. 3.5). Ці

результати підкреслюють роль розробленого алгоритму ФТ у покращенні функціональних можливостей, зокрема, допомагає підвищити м'язову силу у пацієнтів з пошкодження хряща КС, тим самим потенційно вирішуючи проблему фізичної працездатності спортсменів.

Таким чином, аналіз отриманих результатів дослідження обох груп показав, що в результаті реабілітаційних втручань у спортсменів при пошкодженні хряща КС істотно зменшився больовий синдром, збільшився обсяг рухів КС, поліпшилось функціонування, але проведене втручання за розробленим алгоритмом застосування заходів ФТ, орієнтованим на біопсихосоціальний підхід, призвело до кращих результатів втручання у пацієнтів ОГ порівняно з пацієнтами КГ, яким було запропоновано стандартний підхід щодо відновлення даної категорії пацієнтів. Усе викладене вище дозволяє говорити про переваги запропонованого алгоритму застосування заходів ФТ та рекомендувати його до більш широкого практичного впровадження.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження був теоретично обґрунтований та розроблений алгоритм застосування засобів ФТ для відновлення спортсменів після мікрофрактурування хряща КС.

1. Було виконано аналіз та систематизація сучасних наукових джерел інформації щодо основних анатомічно-фізіологічних особливостей будови КС, при цьому зроблено акцент на особливості будови та механічні властивості суглобного хряща, розглянуто етіологія та клінічні прояви пошкодження хряща КС у спортсменів, зроблена оцінка результатів практичного досвіду провідних фахівців з ФТ щодо втручання після мікрофрактурування хряща КС у спортсменів. Вивчення існуючих на сьогодні методів і засобів ФТ дозволило виділити найефективніші з них для відновлення рухової функції ураженої нижньої кінцівки після мікрофрактурування хряща КС у спортсменів та більш безпечного повернення їх до спортивної діяльності.

2. На основі проведеного аналізу сучасної наукової та методичної літератури розроблено алгоритм застосування заходів ФТ для відновлення функціонального стану пошкодженої нижньої кінцівки у спортсменів після мікрофрактурування хряща КС. Алгоритм побудовано з урахуванням біопсихосоціального підходу та моделі МКФ. Розроблений алгоритм включає комплексну програму ФТ з запропонованими засобами втручання такими, як терапевтичні вправи для покращення амплітуди руху КС, силові вправи, вправи на покращення нервовом'язового контролю та вправи на підвісній системі Redcord.

3. При оцінці отриманих результатів після проведеного курсу ФТ у спортсменів, які перенесли оперативне втручання щодо після мікрофрактурування хряща КС, було виявлено зменшення болю, збільшення амплітуди руху у КС, покращення функціонального стану КС в обох групах

пацієнтів, проте більш позитивна динаміка була виражена в ОГ у порівнянні з КГ.

4. Доведено, що розроблений алгоритм ФТ для відновлення статичної та динамічної опорної функції травмованої кінцівки, рухових умінь і навичок, необхідних у спортивній діяльності, та для попередження післяоперативних рухових ускладнень у спортсменів з пошкодженням хряща КС є ефективним за своїми характеристиками, і може бути використаний медичними працівниками та фізичними терапевтами у профільних установах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Eather N, Wade L, Pankowiak A, Eime R. The impact of sports participation on mental health and social outcomes in adults: a systematic review and the 'Mental Health through Sport' conceptual model. *Syst Rev.* 2023 Jun 21;12(1):102.
2. Mangra GI, Mangra MG, Vocean CG, Vărzaru AA. Assessing the Relationships between Physical Activity, a Healthy Life, and Personal Happiness in European Union Countries. *Healthcare (Basel).* 2024 Sep 27;12(19):1941.
3. Bahr R, Clarsen B, Derman W, Dvorak J, Emery CA, Finch CF, et al. International Olympic Committee consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). *Br J Sports Med.* 2020 Apr;54(7):372-89.
4. Подоляка ПС, Ногас АО, Гуцман СВ, Андреева ОБ. Спортивний травматизм у сучасному спорті. Реабілітаційні та фізкультурно-рекреаційні аспекти розвитку людини. 2022;(11):220-6.
5. Chéron C, Le Scanff C, Leboeuf-Yde C. Association between sports type and overuse injuries of extremities in adults: a systematic review. *Chiropr Man Therap.* 2017 Jan 13;25:4.
6. Park HJ, Park JO, Jo HR, Park HA, Wang SJ, Lee CA. Extremity Injuries during Sporting Activities According to Life Course: Focusing on Fractures. *Iran J Public Health.* 2022 Jul;51(7):1585-93.
7. Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train.* 2007 Apr-Jun;42(2):311-9.
8. Денисовець АП, Пилипчук ПБ. Попередження травматизму у спортивній діяльності. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. 2021;вип. 10(141):46-8.

9. Kacprzak B, Rosińska K. Rehabilitation of Soccer Players' Knee Injuries: Cartilage Reconstruction, Anterior Cruciate Ligament Surgery, and Intensive Recovery-A Pilot Study. *J Clin Med*. 2023 Nov 1;12(21):6893.
10. Flanigan DC, Harris JD, Trinh TQ, Siston RA, Brophy RH. Prevalence of chondral defects in athletes' knees: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc*. 2010 Oct;42(10):1795-801.
11. Mithoefer K, Hambly K, Logerstedt D, Ricci M, Silvers H, Della Villa S. Current concepts for rehabilitation and return to sport after knee articular cartilage repair in the athlete. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012 Mar;42(3):254-73.
12. Toyooka S, Moatshe G, Persson A, Engebretsen L. Return to Pivoting Sports after Cartilage Repair Surgery of the Knee: A Scoping Review. *Cartilage*. 2023 Mar;14(1):17-25.
13. Brittberg M. Treatment of knee cartilage lesions in 2024: From hyaluronic acid to regenerative medicine. *J Exp Orthop*. 2024 Apr 2;11(2):e12016.
14. Sophia Fox AJ, Bedi A, Rodeo SA. The basic science of articular cartilage: structure, composition, and function. *Sports Health*. 2009 Nov;1(6):461-8.
15. Mostakhdemin M, Nand A, Ramezani M. Articular and Artificial Cartilage, Characteristics, Properties and Testing Approaches-A Review. *Polymers (Basel)*. 2021 Jun 18;13(12):2000.
16. Petrillo S, Papalia R, Maffulli N, Volpi P, Denaro V. Osteoarthritis of the hip and knee in former male professional soccer players. *Br Med Bull*. 2018 Mar 1;125(1):121-30.
17. Krych AJ, Pareek A, King AH, Johnson NR, Stuart MJ, Williams RJ 3rd. Return to sport after the surgical management of articular cartilage lesions in the knee: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017 Oct;25(10):3186-96.
18. Triana J, Li ZI, Rao N, Kingery MT, Strauss EJ. Return to Play After Knee Articular Cartilage Restoration: Surgical Options, Rehabilitation Protocols,

and Performance Outcomes. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2023 Dec;16(12):575-86.

19. Flandry F, Hommel G. Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2011 Jun;19(2):82-92.

20. Physiopedia contributors. Knee [Internet]. Physiopedia; 2022 Sep 29 [cited 2024 Oct 5]. Available from: <https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Knee&oldid=317567>

21. Vaienti E, Scita G, Ceccarelli F, Pogliacomi F. Understanding the human knee and its relationship to total knee replacement. *Acta Biomed.* 2017 Jun 7;88(2S):6-16.

22. Wheatley MGA, Rainbow MJ, Clouthier AL. Patellofemoral Mechanics: a Review of Pathomechanics and Research Approaches. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2020 Jun;13(3):326-37.

23. Physiopedia contributors. Patella [Internet]. Physiopedia; 2023 Dec 22 [cited 2024 Oct 6]. Available from: <https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Patella&oldid=348089>

24. Mameri ES, Dasari SP, Fortier LM, Verdejo FG, Gursoy S, Yanke AB, et al. Review of Meniscus Anatomy and Biomechanics. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2022 Oct;15(5):323-35.

25. Pereira H, Fatih Cengiz I, Gomes S, Espregueira-Mendes J, Ripoll PL, Monllau JC, et al. Meniscal allograft transplants and new scaffolding techniques. *EFORT Open Rev.* 2019 Jun 3;4(6):279-95.

26. Jarecki J, Waśko MK, Widuchowski W, Tomczyk-Warunek A, Wójciak M, Sowa I, et al. Knee Cartilage Lesion Management-Current Trends in Clinical Practice. *J Clin Med.* 2023 Oct 10;12(20):6434.

27. Kurz B, Lange T, Voelker M, Hart ML, Rolauffs B. Articular Cartilage-From Basic Science Structural Imaging to Non-Invasive Clinical Quantitative Molecular Functional Information for AI Classification and Prediction. *Int J Mol Sci.* 2023 Oct 7;24(19):14974.

28. Alcaide-Ruggiero L, Cugat R, Domínguez JM. Proteoglycans in Articular Cartilage and Their Contribution to Chondral Injury and Repair Mechanisms. *Int J Mol Sci.* 2023 Jun 28;24(13):10824.
29. Decker RS, Koyama E, Pacifici M. Articular Cartilage: Structural and Developmental Intricacies and Questions. *Curr Osteoporos Rep.* 2015 Dec;13(6):407-14.
30. Krishnan Y, Grodzinsky AJ. Cartilage diseases. *Matrix Biol.* 2018 Oct;71-72:51-69.
31. Krakowski P, Rejniak A, Sobczyk J, Karpiński R. Cartilage Integrity: A Review of Mechanical and Frictional Properties and Repair Approaches in Osteoarthritis. *Healthcare (Basel).* 2024 Aug 19;12(16):1648.
32. Chen S, Fu P, Wu H, Pei M. Meniscus, articular cartilage and nucleus pulposus: a comparative review of cartilage-like tissues in anatomy, development and function. *Cell Tissue Res.* 2017 Oct;370(1):53-70.
33. Edouard P, Svensson F, Guex K. A call to change our vision on sports injuries and their prevention: adopt a salutogenic approach! See the half-full glass! *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2023 Nov 8;9(4):e001793.
34. Reussner AK, Bursik J, Kühnle F, Thiel A, John JM. The meaning of injury to the elite athlete: A systematic review. *Psychol Sport Exerc.* 2024 Mar;71:102571.
35. Дорошенко БВ, Найда ММ, Кіцак ЯМ, Ляхович РМ. Сучасні методи фізичної реабілітації хворих після артроскопічної реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба. *Медсестринство.* 2019;(2):46-9.
36. Everhart JS, Boggs Z, DiBartola AC, Wright B, Flanigan DC. Knee Cartilage Defect Characteristics Vary among Symptomatic Recreational and Competitive Scholastic Athletes Eligible for Cartilage Restoration Surgery. *Cartilage.* 2021 Apr;12(2):146-54.
37. Mithoefer K, Peterson L, Zenobi-Wong M, Mandelbaum BR. Cartilage issues in football-today's problems and tomorrow's solutions. *Br J Sports Med.* 2015 May;49(9):590-6.

38. Gurau TV, Gurau G, Voinescu DC, Anghel L, Onose G, Iordan DA, et al. Epidemiology of Injuries in Men's Professional and Amateur Football (Part I). *J Clin Med*. 2023 Aug 26;12(17):5569.
39. Tummala SV, Morikawa L, Brinkman J, Crijns TJ, Economopoulos K, Chhabra A. Knee Injuries and Associated Risk Factors in National Basketball Association Athletes. *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2022 Aug 10;4(5):e1639-45.
40. Nicolini AP, de Carvalho RT, Matsuda MM, Sayum JF, Cohen M. Common injuries in athletes' knee: experience of a specialized center. *Acta Ortop Bras*. 2014;22(3):127-31.
41. Kopf S, Sava MP, Stärke C, Becker R. The menisci and articular cartilage: a life-long fascination. *EFORT Open Rev*. 2020 Oct 26;5(10):652-62.
42. Ahmad Z, Murakami AM, Engebretsen L, Jarraya M, Roemer FW, Guermazi A, et al. Knee cartilage damage and concomitant internal derangement on MRI in athletes competing at the Rio de Janeiro 2016 Summer Olympics. *Eur J Radiol Open*. 2020 Sep 11;7:100258.
43. Messner K, Maletius W. The long-term prognosis for severe damage to weight-bearing cartilage in the knee: a 14-year clinical and radiographic follow-up in 28 young athletes. *Acta Orthop Scand*. 1996 Apr;67(2):165-8.
44. Hurley ET, Davey MS, Jamal MS, Manjunath AK, Alaia MJ, Strauss EJ. Return-to-Play and Rehabilitation Protocols following Cartilage Restoration Procedures of the Knee: A Systematic Review. *Cartilage*. 2021 Dec;13(1_suppl):907S-14S.
45. Meta F, Clark SC, Tagliero AJ, Hevesi M, Saris DBF, Krych AJ. Athlete-Specific Considerations of Cartilage Injuries. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2024 Jun 1;32(2):60-7.
46. De Marziani L, Sangiorgio A, Bensa A, Boffa A, Andriolo L, Filardo G. Intra-articular injections in sport-active patients with degenerative cartilage lesions or osteoarthritis of the knee: a systematic review. *J Exp Orthop*. 2023 Nov 8;10(1):112.

47. Cong B, Sun T, Zhao Y, Chen M. Current and Novel Therapeutics for Articular Cartilage Repair and Regeneration. *Ther Clin Risk Manag*. 2023 Jun 20;19:485-502.

48. Shah SS, Mithoefer K. Current Applications of Growth Factors for Knee Cartilage Repair and Osteoarthritis Treatment. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2020 Dec;13(6):641-650.

49. Liang Y, Li J, Wang Y, He J, Chen L, Chu J, et al. Platelet Rich Plasma in the Repair of Articular Cartilage Injury: A Narrative Review. *Cartilage*. 2022 Jul-Sep;13(3):19476035221118419.

50. Marom N, Warner T, Williams RJ 3rd. Differences in the Demographics and Preferred Management of Knee Cartilage Injuries in Soccer Players Across FIFA Centers of Excellence. *Cartilage*. 2021 Dec;13(1_suppl):873S-85S.

51. De Marziani L, Sangiorgio A, Bensa A, Boffa A, Andriolo L, Filardo G. Intra-articular injections in sport-active patients with degenerative cartilage lesions or osteoarthritis of the knee: a systematic review. *J Exp Orthop*. 2023 Nov 8;10(1):112.

52. Anandacoomarasamy A, Leibman S, Smith G, Caterson I, Giuffre B, Fransen M, et al. Weight loss in obese people has structure-modifying effects on medial but not on lateral knee articular cartilage. *Ann Rheum Dis*. 2012 Jan;71(1):26-32.

53. Rosneck J, Higuera CA, Tadross N, Krebs V, Barsoum WK. Managing knee osteoarthritis before and after arthroplasty. *Cleve Clin J Med*. 2007 Sep;74(9):663-71.

54. Hunter CW, Deer TR, Jones MR, Chang Chien GC, D'Souza RS, Davis T, et al. Consensus Guidelines on Interventional Therapies for Knee Pain (STEP Guidelines) from the American Society of Pain and Neuroscience. *J Pain Res*. 2022 Sep 8;15:2683-2745.

55. da Costa BR, Pereira TV, Saadat P, Rudnicki M, Iskander SM, Bodmer NS, et al. Effectiveness and safety of non-steroidal anti-inflammatory drugs and

opioid treatment for knee and hip osteoarthritis: network meta-analysis. *BMJ*. 2021 Oct 12;375:n2321.

56. van den Borne MP, Raijmakers NJ, Vanlauwe J, Victor J, de Jong SN, Bellemans J, et al. International Cartilage Repair Society (ICRS) and Oswestry macroscopic cartilage evaluation scores validated for use in Autologous Chondrocyte Implantation (ACI) and microfracture. *Osteoarthritis Cartilage*. 2007 Dec;15(12):1397-402.

57. Song SJ, Park CH. Microfracture for cartilage repair in the knee: current concepts and limitations of systematic reviews. *Ann Transl Med*. 2019 Jul;7(Suppl 3):S108.

58. Inderhaug E, Solheim E. Osteochondral Autograft Transplant (Mosaicplasty) for Knee Articular Cartilage Defects. *JBJS Essent Surg Tech*. 2019 Oct 23;9(4):e34.1-2.

59. Wilk KE, Macrina LC, Reinold MM. Rehabilitation following Microfracture of the Knee. *Cartilage*. 2010 Apr;1(2):96-107.

60. The Ohio State University. Knee microfracture clinical practice guideline. [Internet]. Wexner medical center; 2022 [cited 2024 Oct 8]. Available from:

<https://hrs.osu.edu/-/media/files/wexnermedical/patient-care/healthcare-services/sports-medicine/education/medical-professionals/knee-ankle-and-foot/kneemicrofracture.pdf?la=en&hash=66C03145AEA420903814683CC9CC391C384F3405>

61. Nussbaum EL, Houghton P, Anthony J, Rennie S, Shay BL, Hoens AM. Neuromuscular Electrical Stimulation for Treatment of Muscle Impairment: Critical Review and Recommendations for Clinical Practice. *Physiother Can*. 2017;69(5):1-76.

62. Kunkle BF, Kothandaraman V, Goodloe JB, Curry EJ, Friedman RJ, Li X, et al. Orthopaedic Application of Cryotherapy: A Comprehensive Review of the History, Basic Science, Methods, and Clinical Effectiveness. *JBJS Rev*. 2021 Jan 26;9(1):e20.00016.

63. DePhillipo NN, Kennedy MI, Aman ZS, Bernhardson AS, O'Brien L, LaPrade RF. Blood Flow Restriction Therapy After Knee Surgery: Indications, Safety Considerations, and Postoperative Protocol. *Arthrosc Tech*. 2018 Sep 24;7(10):e1037-e1043.
64. Wengle L, Migliorini F, Leroux T, Chahal J, Theodoropoulos J, Betsch M. The Effects of Blood Flow Restriction in Patients Undergoing Knee Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2022 Aug;50(10):2824-2833.
65. Obara K, Silva P, Silva M, Mendes F, Santiago G, Oliveira I, et al. Isokinetic Training Program to Improve the Physical Function and Muscular Performance of an Individual with Partial Injury of the Medial Meniscus: A Case Report. *Int J Sports Phys Ther*. 2023 Jun 2;18(3):758-68.
66. Bishop MD, Torres-Cueco R, Gay CW, Lluch-Girbés E, Beneciuk JM, Bialosky JE. What effect can manual therapy have on a patient's pain experience? *Pain Manag*. 2015;5(6):455-64.
67. Jia Z, Zhang Y, Zhang W, Xu C, Liu W. Efficacy and safety of continuous passive motion and physical therapy in recovery from knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2024 Jan 13;19(1):68.
68. Weigl K, Forstner T. Design of paper-based visual analogue scale items. *Educ Psychol Meas*. 2021 Jun;81(3):595-611.
69. Al-Mahmood RM, Uddin T, Islam MT. Correlation between goniometric range of motion measurements and radiographic findings in osteoarthritis of the knee: an observational study in women. *Medicine*. 2022 Aug 12;101(32):e29995.
70. Lim XY, Wong JKC, Idris Z, Ghani ARI, Abdul Halim S, Abdullah JM. Structured Manual Muscle Testing of the Lower Limbs. *Malays J Med Sci*. 2023 Oct;30(5):206-220. doi: 10.21315/mjms2023.30.5.17. Epub 2023 Oct 30.
71. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013 Nov 27;310(20):2191-4.

72. Верховна Рада України. Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я» [Інтернет]. Верховна Рада України; 1992 Лист 19 [оновлено 2025 Січ 05; цитовано 2025 Січ 24] Закон України № 2801-ХІІ. 1992 Лист 19. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text>.