

DOI 10.31392/NPU-nc.series15.2021.6(137).07
УДК [615.825:617.583+616.74/796.012.11:796.071]

Без'язична О.В., Литовченко В.О.
¹старший викладач кафедри фізичної терапії
Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків
²доктор медичних наук, професор
Харківський національний медичний університет, м. Харків

АСИМЕТРИЯ СИЛОВИХ ПОКАЗНИКІВ М'ЯЗІВ ПІД ЧАС БАЗОВОГО ПЕРІОДУ РЕАБІЛІТАЦІЇ ПІСЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕДНЬОЇ ХРЕСТОПОДІБНОЇ ЗВ'ЯЗКИ У СПОРТСМЕНІВ

Мета дослідження: встановити особливості асиметрії показників сили м'язів як критеріїв що визначають інтенсивність та прогрес реабілітації після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) у спортсменів. У дослідженні брали участь 46 спортсменів з травмою ПХЗ. Контрольна група складала 23 пацієнта, а основна становила 25 хворих. Програма фізичної реабілітації у пацієнтів КГ та ОГ складалась із терапевтичних вправ, масажу, електроміостимуляції. У пацієнтів ОГ програма фізичної реабілітації була спрямована на пріоритетне відновлення тону, сили, маси м'язів задньої групи нижньої кінцівки.

Під час реабілітації пацієнти КГ мали позитивну динаміку тільки за даними ЕМГ (індекс асиметрії середньої амплітуди прямої та медіальної головок чотириголового м'язу ($p < 0,05$), а пацієнти ОГ достовірно відновили симетрію між силовими показниками м'язів за результатами динамометрії та ЕМГ. У дослідженні було встановлено, що програма фізичної терапії, яка додатково включає електроміостимуляцію та спеціальні вправи для м'язів задньої групи стегна має істотний вплив на співвідношення силових показників м'язів ушкодженої та інтактної кінцівок в базовий період реабілітації.

Ключові слова: передня хрестоподібна зв'язка, електроміостимуляція, електроміографія.

Beziazychna O.V., Litovchenko V.O. Asymmetry of muscle strength values during the basic period of rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes. Objective: to specify the features of muscle strength imbalance values as the criteria defining intensity and progress of rehabilitation after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction in athletes. The study involved 46 athletes having ACL injury. All the injured were young people under 44 years of age according to the current WHO classification. The control group, or experimental group consisted of 23 patients, and there were 25 patients in the main one. Physical rehabilitation program for the patients of the CG and MG included therapeutic exercises, massage, and electrical myostimulation. Physical rehabilitation program for the MG patients was aimed at the priority recovery of tone, strength and mass of hamstrings.

The article evaluates the effect of the developed physical rehabilitation program on the relation of strength values of the injured and intact limbs during the basic period of rehabilitation. The CG patients showed positive changes only according to EMG (asymmetry index of the mean amplitude of the rectus femoris and vastus medialis ($p < 0,05$), and the MG patients significantly restored the balance between muscle strength values according to dynamometry results (moment of hip flexors and extensors strength, $p < 0,01$; asymmetry index of hip flexors and extensors strength, $p < 0,05$), and EMG (asymmetry index of the mean amplitude of the rectus femoris and vastus medialis, $p < 0,05$). The study found that physical therapy program which additionally included electrical myostimulation and special exercises for hamstrings has significant effect on the relation of strength values of the injured and intact limbs during the basic period of rehabilitation.

Keywords: anterior cruciate ligament, electrical myostimulation, electromyography.

Постановка проблеми. Пошкодження колінних суглобів та ускладнення, що їх наслідують у спортсменів є однією з причин передчасного переривання спортивної кар'єри. Найбільш небезпечними з точки зору пошкодження передньої хрестоподібної зв'язки є гірські лижі, контактні та ігрові види спорту з «рваними» прискореннями та різкими гальмуваннями, а також балет, бальні та спортивні танці, усі види боротьби, які об'єднує механізм травми – ротація під ваговим навантаженням [23]. При повному розриві передньої хрестоподібної зв'язки переднє зміщення великогомілкової кістки залишається некомпенсованим, а особливості м'язової компенсації стабільності колінного суглоба при таких ушкодженнях зв'язки до кінця нез'ясовані. Напряга м'язів задньої групи стегна має вторинний ефект – згинання у колінному суглобі та, у результаті, спрямований назад вектор сили. Гіпотетично «агоністом» ПХЗ є м'язи задньої поверхні стегна при зігнутій в коліні нижній кінцівці. Розробка саме таких вправ сприяє стабілізації колінного суглоба і поліпшенню міжм'язової координації [5].

Аналіз літературних джерел. Основною метою спортсмена після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) є швидке повернення до повноцінної спортивної діяльності. Рівень та якість артроскопічних хірургічних втручань зараз є високими і тому саме від ефективності реабілітації залежить повноцінне відновлення діяльності та участі людини [1]. Факторами, що визначають інтенсивність та прогресування реабілітації, є не лише часові рамки реабілітаційної програми, а насамперед теперішній клінічний стан колінного суглоба (набряк, діапазон руху, здатність контролювати м'язи), а також вік та фізичний стан пацієнта [23].

Після травми пацієнти з розривом ПХЗ здійснюють асиметричний паттерн ходи, яка включає менше згинання коліна та зменшений внутрішній розгинальний момент для пошкодженої кінцівки. Ключ до відновлення нормальних рухів полягає у перетренованні та відновленні сили м'язів, уражених травмою. Краще розуміння м'язової стратегії, яку ці пацієнти застосовують після травми, може сприяти більш успішним реабілітаційним програмам для відновлення симетрії ходи [10].

У дослідженнях [6-8; 11] використовувалась стратегія збільшення сили підколінних сухожиль (м'язів задньої поверхні стегна), щоб створити нормальний паттерн ходьби після травми, але ці стратегії не є розповсюдженими.

Підвищення м'язової сили визначається здебільшого розвитком адаптаційних змін на рівні ЦНС, які приводять до підвищення здібності моторних центрів мобілізувати більше число мотонейронів і удосконалення міжм'язової координації. Сила скорочування скелетних м'язів зв'язується з такими фізіологічними факторами:

- 1) центрально-нервовими, що організують вплив на мотонейрони і регулюють взаємодію м'язів;
- 2) периферійними, що визначають властивості скорочення і поточний функціональний стан м'язів;
- 3) енергетичними, що забезпечують механічний ефект скорочування м'язів [4].

Постійний моніторинг м'язової сили може проводитись за допомогою поверхневої електроміографії (ЕМГ) та динамометрії м'язів нижньої кінцівки [2; 3; 8].

Поверхнева (глобальна, шкірна, або сумарна) ЕМГ - це метод реєстрації та вивчення біопотенціалів м'язів у спокої і при довільному напруженні шляхом відведення біоелектричної активності поверхневими електродами з шкірної поверхні над руховою точкою. Патологічний стан нервово-м'язового апарату в цілому дозволяє відповісти не лише на діагностичні, а й на прогностичні питання і контролювати ефективність лікування. ЕМГ основних м'язів, що беруть участь в роботі коліна, визначає симетричність залучення нервово-м'язового апарату в динамічний процес регуляції, а функціональні проби оцінюють ступінь порушення рекрутування м'язових волокон внаслідок захворювання і більшого синдрому. ЕМГ заснована на реєстрації потенціалів дії м'язових волокон, що функціонують у складі рухових (моторних, або нейромоторних) одиниць. Моторна одиниця (МО) складається з мотонейрона і групи м'язових волокон, що іннервуються цим мотонейроном. Кількість м'язових волокон, що іннервуються одним мотонейроном, неоднакова в різних м'язах [2, 8]. Біохімічні та фізіологічні зміни в м'язах під час скорочень відображаються, зокрема, у властивостях міоелектричних сигналів, записаних на поверхні шкіри над відповідним м'язом (м'язами).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано відповідно до ініціативних тем НДР на 2019-2021 рр. «Реабілітаційні технології при патології суглобів та зв'язкового апарату» (номер державної реєстрації 0120U104881) та на 2021-2025 рр. «Теоретико-методологічні засади фізичної терапії та ерготерапії при органічних та функціональних порушеннях органів та систем організму людини в практиці охорони здоров'я» (номер державної реєстрації 0121U110141).

Отже, **метою дослідження** було встановити особливості асиметрії показників сили м'язів як критеріїв що визначають інтенсивність та прогрес реабілітації після реконструкції ПХЗ у спортсменів, яким додатково включили в програму фізичної терапії електроміостимуляцію та спеціальні вправи для м'язів задньої групи стегна.

Матеріали та методи дослідження. У дослідженні брали участь 46 спортсменів з травмою ПХЗ. Контрольна група, чи група порівняння складала 23 пацієнта, а основна становила 25 хворих. Середній вік у контрольній групі (КГ) становив $27,15 \pm 0,59$, а в основній групі (ОГ) - $28,18 \pm 0,51$ років, індекс маси тіла був до 30 кг/м^2 , час звертання – одразу після отримання травми. Усі пацієнти КГ та ОГ завершили свою реабілітаційну програму, яка тривала 46 тижнів. Усі учасники підписали письмові форми інформованої згоди перед участю у дослідженні. На початку дослідження групи не мали достовірних відмінностей базових показників.

Програма фізичної реабілітації у пацієнтів КГ та ОГ складалась із терапевтичних вправ, масажу, фізіотерапевтичних процедур, які відрізнялися в кожному періоді відновного лікування в залежності від поставлених коротко- та довготривалих цілей.

Доопераційний період тривав протягом двох тижнів і складався з двох фаз: фаза 0-1 (1–7 день), фаза 2 (7–14 день). Ранній післяопераційний період фізичної реабілітації терміном до 1 місяця був також розділений на 2 фази: фаза 3 (1–7 день після операції), фаза 4 (7–28 день після реконструкції). Пізній післяопераційний період фізичної реабілітації проводили в строки від одного місяця до 20 тижня включно після артроскопічно контрольованого втручання, останній також розподілений на дві фази: фаза 5 становила до 10-го тижня, фаза 6 перебігала від 10 -го до 21 -го тижня. Функціональний період відбувався протягом одного місяця до 25 тижня після реконструкції, відновний період або тренувальний складав близько 3 місяців. Період професійної, спортивної реабілітації тривав від 40-го до 46 тижня. Саме для цього періоду характерне пошкодження оперативно відновленої передньої хрестоподібної зв'язки неадекватними фізичними навантаженнями.

У пацієнтів ОГ програма фізичної реабілітації була спрямована на пріоритетне відновлення тону, сили, маси м'язів задньої групи нижньої кінцівки. Вправи на розтягування біцепсів стегна розпочинали вже у 4-й фазі раннього післяопераційного періоду. Також у пацієнтів ОГ застосовували ЕМС до чотириголового м'яза стегна та до м'язів задньої групи нижньої кінцівки: напівсухожильного м'язу, двоголового м'язу, напівперетинчастого м'язу. КГ отримувала тільки ЕМС чотириголового м'яза стегна. У обох групах застосовували ЕМС м'язів у 2, 4, 6 фазах реабілітації.

Поверхнева електроміографія – неінвазійний спосіб дослідження активності м'язу. Він полягає в накладенні плоских металевих електродів на шкіру і дозволяє отримати саму загальну картину стану нервово-м'язової системи. Це дослідження дозволяє зафіксувати біоелектричну активність досліджуваного м'яза за допомогою поверхневих електродів. Амплітуда дає уявлення про силову характеристику м'язу. Також, аналіз електроміограми дозволяє вивчити узгодженість дії м'язів-антагоністів і синергістів. Порівняння електроміограми м'язів правого та лівого боку дозволяє встановлювати координацію м'язів з обох боків та порівнювати зміни у ушкодженій та інтактній кінцівці. Досліджувалися електроміограми медіальної голівки чотириголового м'яза, прямої голівки чотириголового м'яза, двоголового м'язу серед 46 спортсменів, які потребували реконструкції ПХЗ та під час наступної реабілітації. Дослідження виконувалися у спеціальному кабінеті функціональної діагностики.

В якості реєструючої апаратури застосовувався електронейромиограф «Нейро-ЕМГ-Микро» (ООО «Нейрософт», Росія). Дослідження проводили сидячі для чотириголового м'язу та лежачі на животі для задньої групи м'язів стегна.

Попередній інструктаж проводився для пояснення мети, алгоритму та цілей дослідження. Запис проводили в один і той же час. Реєстрація ЕМГ проводилася зі швидкістю розгортки 200 мВ/сек та підсилення 100мкВ.

Шкіру кінцівок пацієнта обробляли спиртом. Одноразові поверхневі електроди розташовували в проєкціях відповідних рухових точок м'язів. Активний електрод розташовується над черевцем м'язу (в проєкції рухової точки), референтний – над сухожиллям або кістковим виступом Міжелектродна відстань складала 25 мм. Заземлюючий електрод фіксували на рівні гомілково-ступневого суглоба.

Вивчення поверхневої ЕМГ починали з оцінки спонтанної активності м'язу в спокої, потім аналізували активність довільного руху (при тонічному напруженні і максимальному м'язовому скороченні).

Для отриманих міограм замірювали середню амплітуду в мікрвольтах.

Для дослідження динамометричних показників нижніх кінцівок використовували станковий динамометр В.М. Абалакова [4].

Індекси асиметрії розраховували за співвідношенням показників ушкодженої та інтактної кінцівок. Нормою вважали відхилення $\pm 15\%$ [18].

Для тестування відмінності між групами у динаміці внаслідок невеликої кількості спостережень використовували непараметричну статистику, для пов'язаних сукупностей критерій Вілкоксона, для незалежних Манна-Уїтні. Значення $p < 0,05$ вважали значущими. Статистичний аналіз проводився за допомогою статистичної комп'ютерної програми SPSS, версія 16.0 [12].

Виклад основного матеріалу дослідження. При порівнянні показників пацієнтів ОГ та КГ після 2 фази доопераційного періоду, було встановлено, що відмічається статистично достовірне зниження сили м'язів за результатами динамометрії травмованої кінцівки відносно здорової в обох групах (від 25,01 до 32,3 % при $p < 0,05$) при здійсненні згинання та розгинання стегна, однак без істотної різниці між групами у цій фазі реабілітації. Момент сили у 2-й фазі мав таку ж тенденцію, хоча двотижнева програма реабілітації достовірно покращила більшість шкал у проведеному дослідженні [посилання на попередні роботи] (Таблиця 1.).

Таблиця 1.

Рухи стегна		Динаміка моменту сили м'язів у пацієнтів КГ та ОГ у базовому періоді реабілітації		
		Момент сили, Н/м		
		2	4	6
Згинання стегна (КГ)	Інтактна кінцівка	69,14 \pm 3,2	69,28 \pm 3,32	71,24 \pm 3,24
	Пошкоджена кінцівка	45,16 \pm 2,78	44,78 \pm 2,68*	45,66 \pm 2,58*
Розгинання стегна (КГ)	Інтактна кінцівка	80,24 \pm 3,76	79,64 \pm 3,86	78,86 \pm 3,68
	Пошкоджена кінцівка	46,12 \pm 3,24	45,21 \pm 3,64*	46,18 \pm 3,56*
Згинання стегна (ОГ)	Інтактна кінцівка	70,24 \pm 3,25	70,24 \pm 3,25	70,56 \pm 3,24
	Пошкоджена кінцівка	44,86 \pm 2,62	64,86 \pm 3,61"	70,16 \pm 3,62"
Розгинання стегна (ОГ)	Інтактна кінцівка	79,82 \pm 3,74	80,12 \pm 3,24	80,78 \pm 3,22
	Пошкоджена кінцівка	45,82 \pm 3,14	79,75 \pm 3,15"	80,15 \pm 3,25"

* - достовірна різниця між однорідними показниками КГ та ОГ ($p < 0,01$);

" - достовірна різниця у динаміці показників ОГ порівняно з показниками 2-ї фази ($p < 0,01$).

При оцінці роботи м'язів ушкодженої кінцівки вже після 4-ї фази відбулося досягнення результатів інтактної кінцівки та достовірне збільшення моменту сили в ОГ ($p < 0,01$), при відсутності позитивної динаміки у КГ з достовірною різницею показників ОГ та КГ ($p < 0,01$). У 6-й фазі щодо аналізу змін моменту сили істотних змін порівняно з попередньою фазою не відбулося.

Що стосується змін у співвідношенні сили м'язів, вони мали дещо іншу динаміку, ніж у моменту сили (Рис. 1.). Після 2-ї фази відмінностей між ОГ та КГ встановлено не було, а після 4-ї фази тільки індекс сили згиначів стегна у ОГ відновився майже до нормативних значень ($p < 0,05$), однак індекс сили розгиначів мав більш повільне відновлення у 6-й фазі ($p < 0,05$). Як у 4-й та 6-й фазах реабілітації було встановлено достовірну різницю між групами порівняння ($p < 0,05$), при чому показники КГ були стабільними.

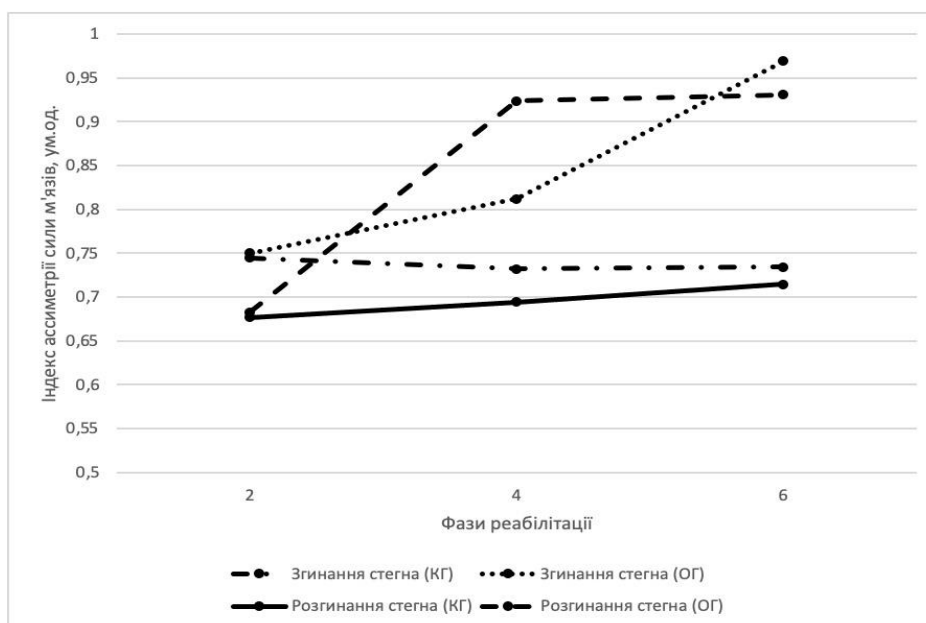


Рис. 1. Динаміка індексу асиметрії сили м'язів у пацієнтів КГ та ОГ у базовому періоді реабілітації.

Аналіз динаміки силових показників за даними ЕМГ також свідчив про більш швидке відновлення співвідношення між показниками ушкодженої та інтактної кінцівок, про що свідчили відновлення індексу асиметрії співвідношення середньої амплітуди двоголового м'язу, медіальної та прямої головок чотириголового м'язу пацієнтів ОГ (достовірне підвищення порівняно з показником 2-ї фази, $p < 0,05$ без істотної різниці між показниками 4-ї та 6-ї фаз) (Рис. 2.). Але за показниками ЕМГ чотириголових м'язів у пацієнтів КГ також відбуваються позитивні зміни, які починаються у 4-й фазі ($p < 0,05$, порівняно з показниками 2-ї фази), але наближуються до нормативних значень тільки у 6-й фазі ($p < 0,05$, порівняно з показниками 4-ї фази). Прі чому показники двоголового м'язу залишаються без змін до 6-ї фази ($p > 0,05$). Таким чином, було встановлено достовірну різницю між показниками ОГ та КГ за індексом асиметрії середньої амплітуди двоголового м'язу ($p < 0,05$, у 4-й та 6-й фазах), медіальної та прямої головок чотириголового м'язу стегна ($p < 0,05$, тільки у 4-й фазі).

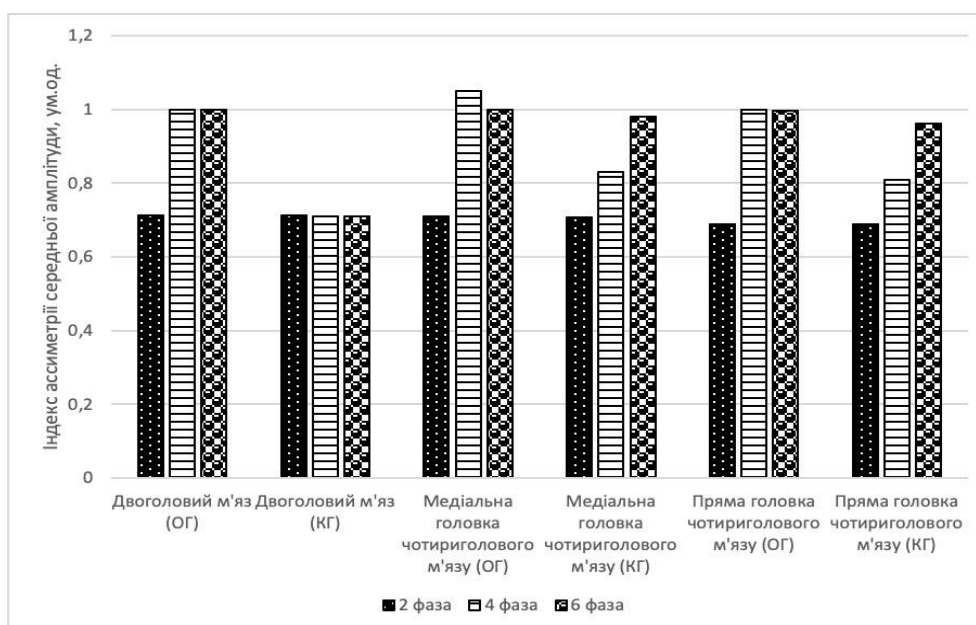


Рис. 2. Динаміка індексу асиметрії середньої амплітуди за даними ЕМГ у пацієнтів КГ та ОГ у базовому періоді реабілітації

У дослідженні було оцінено динаміку відновлення сили м'язів за 21 тиждень базового періоду реабілітації. Цей період важливий, оскільки через чотири-шість місяців після операції, залежно від протоколу реабілітації, починаються функціональні тренування, які мають значення для повернення спортсмена до своєї основної діяльності [17; 19]. Але щоб перейти до цієї стадії, спортсмени повинні досягти певних критеріїв, як правило, пов'язаних з розвитком сили та симетрії м'язів. Однак окрім силових критеріїв деякі автори вважають важливим використання батареї силових і стрибкових тестів, досягнення повного обсягу рухів без болю та випоту та психологічне тестування [13; 21]. За умови встановлення об'єктивних критеріїв фізичним терапевтам легше і безпечніше дозволяти пацієнтам переходити до подальших етапів реабілітаційної

програми.

Основне твердження цього дослідження полягає в тому, що може бути відновлення симетрії між кінцівками у силі м'язів згиначів та розгиначів коліна. Однак у інших дослідженнях є дуже протиречива інформація щодо відновлення сили м'язів, що оточують колінний суглоб. Ряд досліджень свідчать про нездатність повністю активувати м'язи чотириголового м'яза після рПХЗ [14]. У роботі [9] було показано, що квадрицепс був у змозі повністю відновити як силу, так і витривалість, тоді як м'язи підколінних сухожил'я не були повністю відновлені. Інше дослідження показало, що сила та витривалість чотириголового м'яза була знижена порівняно з контролем через 18 місяців після операції, при цьому різниці в силі м'язів задньої групи стегна не було [22.]. У статті [20] не було виявлено відмінностей у силі та витривалості м'язів задньої поверхні стегна та чотириголового м'яза через 26 місяців після травми. Але за результатами дослідження [16] спортсмени після ПХЗ все ще мали значну м'язову асиметрію, а також зменшення сили, що ставить людину під високий ризик повторного пошкодження. Таким чином, рекомендується зміцнення цих м'язів на ураженій стороні для підвищення бігових показників.

Результати динаміки показників ЕМГ були схожими з результатами динамометрії, тобто вони досягли значень інтактної кінцівки через 21 тиждень розробленої програми фізичної терапії. Однак і ці показники не мали односпрямованих змін у опублікованих реабілітаційних програмах. За даними [8] через 1 та 3 місяці після реконструкції ПХЗ показники ЕМГ пошкоджених кінцівок були значно нижчими порівняно з групою здорових нетренованих осіб. Дослідники [15] зробили висновками про те, що амплітуда ЕМГ квадрицепсів були меншими у осіб з рПХЗ, ніж у групі контролю, тоді як коактивація підколінних сухожил'я під час максимального розгинання коліна була більшою у тих, хто мав рПХЗ, порівняно з контролем. Отже, за думкою [15] зниження функції розгиначів колін у осіб з рПХЗ, ймовірно, зумовлене поєднанням дисфункції чотириголового м'яза та додатковою коактивацією підколінних сухожил'я. Ці результати дають додаткові докази стійкої дисфункції чотириголового м'яза у осіб з рПХЗ, які повернулись до необмеженої фізичної активності (в середньому 51 місяць після ACLR).

Висновки

У дослідженні було встановлено, що програма фізичної терапії, яка додатково включає електроміостимуляцію та спеціальні вправи для м'язів задньої групи стегна має істотний вплив на співвідношення силових показників м'язів ушкодженої та інтактної кінцівок в базовій період реабілітації. Пацієнти КГ мали позитивну динаміку тільки за даними ЕМГ (індекс асиметрії середньої амплітуди прямої та медіальної головок чотириголового м'язу ($p < 0,05$), а пацієнти ОГ достовірно відновили симетрію між силовими показниками м'язів за результатами динамометрії (момент сили згиначів та розгиначів стегна, $p < 0,01$; індекс асиметрії сили згиначів та розгиначів стегна, $p < 0,05$), та ЕМГ (індекс асиметрії середньої амплітуди двоголового, медіальної та прямої голівок чотириголового м'язу, $p < 0,05$). При чому у пацієнтів ОГ вже після 4-ї фази більшість показників ушкодженої кінцівки досягла рівня показників інтактної (переважно за рахунок відновлення сили м'язів розгиначів стегна).

Перспективи подальших досліджень спрямовані на використання силових показників у якості прогностичних критеріїв повернення до спортивної діяльності.

Література

1. Зазірний І. М. (2014). Сучасні суперечливі погляди на реабілітацію після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки (огляд літератури). Частина II. Вісник ортопедії, травматології та протезування, 3, 75–79.
2. Ніканоров О. К. (2016). Теоретико-методичні основи фізичної реабілітації спортсменів з пошкодженням передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба (на прикладі ігрових видів спорту). (Дис. д-ра наук з фіз. виховання та спорту). Нац. ун-т фіз. виховання і спорту України, Київ.
3. Русанов А. П. (2018). Фізична реабілітація хворих після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба при артроскопічних оперативних втручаннях. (Дис. Канд. наук з фіз. виховання та спорту). Нац. ун-т фіз. виховання і спорту України, Київ.
4. Худолій О.М. (2011). Закономірності розвитку силових здібностей у фізичному вихованні і спорті. Повідомлення. Теорія та методика фізичного виховання, 1, 19–34. DOI: <http://dx.doi.org/10.17309/tmfv.2011.1.683>
5. Beziazychna, O.V., Litovchenko, V.O., Pustovoi, B.A., Litovchenko, A.V. (2020). Sequence of application and assessment of the means of physical rehabilitation of surgical patient after arthroscopic-controlled restoration of the anterior cruciate ligament. Health, sport, rehabilitation, 6 (1), 9-17.
6. Boerboom, A. L., Hof, A. L., Halbertsma, J. P., van Raaij, J. J., Schenk, W., Diercks, R. L., & van Horn, J. R. (2001). Atypical hamstrings electromyographic activity as a compensatory mechanism in anterior cruciate ligament deficiency. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA, 9(4), 211–216. <https://doi.org/10.1007/s001670100196>
7. Catalfamo, P. F., Aguiar, G., Curi, J., & Braidot, A. (2010). Anterior Cruciate Ligament Injury: Compensation during Gait using Hamstring Muscle Activity. The open biomedical engineering journal, 4, 99–106. <https://doi.org/10.2174/1874120701004010099>
8. Drechsler, W. I., Cramp, M. C., & Scott, O. M. (2006). Changes in muscle strength and EMG median frequency after anterior cruciate ligament reconstruction. European journal of applied physiology, 98(6), 613–623. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0311-9>
9. Faxon, J. L., Sanni, A. A., & McCully, K. K. (2018). Hamstrings and Quadriceps Muscles Function in Subjects with Prior ACL Reconstruction Surgery. Journal of functional morphology and kinesiology, 3(4), 56. <https://doi.org/10.3390/jfmk3040056>
10. Gardinier, E. S., Manal, K., Buchanan, T. S., & Snyder-Mackler, L. (2012). Gait and neuromuscular asymmetries after acute anterior cruciate ligament rupture. Medicine and science in sports and exercise, 44(8), 1490–1496. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31824d2783>

11. Knoll, Z., Kocsis, L., & Kiss, R. M. (2004). Gait patterns before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 12(1), 7–14. <https://doi.org/10.1007/s00167-003-0440-1>
12. Landou, S. Everitt, B.S. (2004). *A handbook of statistical analyses using SPSS*. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, 339 p.
13. Logerstedt, D., Grindem, H., Lynch, A., Eitzen, I., Engebretsen, L., Risberg, M. A., Axe, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2012). Single-legged hop tests as predictors of self-reported knee function after anterior cruciate ligament reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *The American journal of sports medicine*, 40(10), 2348–2356. <https://doi.org/10.1177/0363546512457551>
14. Lowe, T., & Dong, X. N. (2018). The Use of Hamstring Fatigue to Reduce Quadriceps Inhibition After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Perceptual and motor skills*, 125(1), 81–92. <https://doi.org/10.1177/0031512517735744>
15. Pamukoff, D. N., Pietrosimone, B. G., Ryan, E. D., Lee, D. R., & Blackburn, J. T. (2017). Quadriceps Function and Hamstrings Co-Activation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of athletic training*, 52(5), 422–428. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.3.05>
16. Sharifmoradi, K., Karimi, M. T., & Hoseini, Y. (2021). Evaluation of the Asymmetry of Leg Muscles Forces in the Subjects with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The journal of knee surgery*, 34(4), 357–362. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1695703>
17. Shelbourne, K. D., & Klotz, C. (2006). What I have learned about the ACL: utilizing a progressive rehabilitation scheme to achieve total knee symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*, 11(3), 318–325. <https://doi.org/10.1007/s00776-006-1007-z>
18. Souissi, S., Chaouachi, A., Burnett, A., Hue, O., Bouhlel, E., Chtara, M., & Chamari, K. (2020). Leg asymmetry and muscle function recovery after anterior cruciate ligament reconstruction in elite athletes: a pilot study on slower recovery of the dominant leg. *Biology of sport*, 37(2), 175–184. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.94238>
19. Souissi, S., Wong, d., Dellal, A., Croisier, J. L., Ellouze, Z., & Chamari, K. (2011). Improving Functional Performance and Muscle Power 4-to-6 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of sports science & medicine*, 10(4), 655–664.
20. Vairo G. L. (2014). Knee flexor strength and endurance profiles after ipsilateral hamstring tendons anterior cruciate ligament reconstruction. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 95(3), 552–561. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.10.001>
21. Van Melick, N., van Cingel, R. E., Brooijmans, F., Neeter, C., van Tienen, T., Hullegie, W., & Nijhuis-van der Sanden, M. W. (2016). Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *British journal of sports medicine*, 50(24), 1506–1515. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095898>
22. Wojtys E.M., Huston L.J. (2000). Longitudinal effects of anterior cruciate ligament injury and patellar tendon autograft reconstruction on neuromuscular performance. *Am. J. Sports Med.* 3, 336–344. doi: 10.1177/03635465000280030901.
23. Zazirnyi, I., Kostrub, O.O., Kotiuk, V., Plugatar, O.V. (2020). Our Point of View at Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Visnyk Ortopedii Travmatologii Protezuvannia*, 106, 9-17. 10.37647/0132-2486-2020-106-3-9-17.

References

1. Zazirnyi I. M. (2014). Suchasni superechlyvi pohliady na reabilitatsiu pislia rekonstruktsii perednoi khrestopodibnoi zviazky (ohljad literatury). *Chastyna II. Visnyk ortopedii, travmatologii ta protezuvannia*, 3, 75–79.
2. Nikanorov O. K. (2016). Teoretyko-metodychni osnovy fizychnoi reabilitatsii sportsmeniv z poshkodzhenniam perednoi khrestopodibnoi zviazky kolinnoho suhloba (na prykladi ihrovykh vydiv sportu). (Dys. d-ra nauk z fiz. vykhovannia ta sportu). *Nats. un-t fiz. vykhovannia i sportu Ukrainy*, Kyiv.
3. Rusanov A. P. (2018). Fizychna reabilitatsiia khvorykh pislia rekonstruktsii perednoi khrestopodibnoi zviazky kolinnoho suhloba pry artroskopichnykh operatyvnykh vtruchanniakh. (Dys. Kand. nauk z fiz. vykhovannia ta sportu). *Nats. un-t fiz. vykhovannia i sportu Ukrainy*, Kyiv.
4. Khudolii O.M. (2011). Zakonomirnosti rozvytku sylovykh zdibnostei u fizychnomu vykhovanni i sporti. *Povidomlennia. Teorii ta metodyka fizychnoho vykhovannia*, 1, 19–34. DOI: <http://dx.doi.org/10.17309/tmfv.2011.1.683>
5. Beziazychna, O.V., Litovchenko, V.O., Pustovoi, B.A., Litovchenko, A.V. (2020). Sequence of application and assessment of the means of physical rehabilitation of surgical patient after arthroscopic-controlled restoration of the anterior cruciate ligament. *Health, sport, rehabilitation*, 6 (1), 9-17.
6. Boerboom, A. L., Hof, A. L., Halbertsma, J. P., van Raaij, J. J., Schenk, W., Diercks, R. L., & van Horn, J. R. (2001). Atypical hamstrings electromyographic activity as a compensatory mechanism in anterior cruciate ligament deficiency. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 9(4), 211–216. <https://doi.org/10.1007/s001670100196>
7. Catalfamo, P. F., Aguiar, G., Curi, J., & Braidot, A. (2010). Anterior Cruciate Ligament Injury: Compensation during Gait using Hamstring Muscle Activity. *The open biomedical engineering journal*, 4, 99–106. <https://doi.org/10.2174/1874120701004010099>
8. Drechsler, W. I., Cramp, M. C., & Scott, O. M. (2006). Changes in muscle strength and EMG median frequency after anterior cruciate ligament reconstruction. *European journal of applied physiology*, 98(6), 613–623. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0311-9>
9. Faxon, J. L., Sanni, A. A., & McCully, K. K. (2018). Hamstrings and Quadriceps Muscles Function in Subjects with Prior ACL Reconstruction Surgery. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 3(4), 56. <https://doi.org/10.3390/jfmk3040056>

10. Gardinier, E. S., Manal, K., Buchanan, T. S., & Snyder-Mackler, L. (2012). Gait and neuromuscular asymmetries after acute anterior cruciate ligament rupture. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(8), 1490–1496. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31824d2783>
11. Knoll, Z., Kocsis, L., & Kiss, R. M. (2004). Gait patterns before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 12(1), 7–14. <https://doi.org/10.1007/s00167-003-0440-1>
12. Landou, S. Everitt, B.S. (2004). *A handbook of statistical analyses using SPSS*. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, 339 p.
13. Logerstedt, D., Grindem, H., Lynch, A., Eitzen, I., Engebretsen, L., Risberg, M. A., Axe, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2012). Single-legged hop tests as predictors of self-reported knee function after anterior cruciate ligament reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *The American journal of sports medicine*, 40(10), 2348–2356. <https://doi.org/10.1177/0363546512457551>
14. Lowe, T., & Dong, X. N. (2018). The Use of Hamstring Fatigue to Reduce Quadriceps Inhibition After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Perceptual and motor skills*, 125(1), 81–92. <https://doi.org/10.1177/0031512517735744>
15. Pamukoff, D. N., Pietrosimone, B. G., Ryan, E. D., Lee, D. R., & Blackburn, J. T. (2017). Quadriceps Function and Hamstrings Co-Activation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of athletic training*, 52(5), 422–428. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.3.05>
16. Sharifmoradi, K., Karimi, M. T., & Hoseini, Y. (2021). Evaluation of the Asymmetry of Leg Muscles Forces in the Subjects with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The journal of knee surgery*, 34(4), 357–362. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1695703>
17. Shelbourne, K. D., & Klotz, C. (2006). What I have learned about the ACL: utilizing a progressive rehabilitation scheme to achieve total knee symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*, 11(3), 318–325. <https://doi.org/10.1007/s00776-006-1007-z>
18. Souissi, S., Chaouachi, A., Burnett, A., Hue, O., Bouhlel, E., Chtara, M., & Chamari, K. (2020). Leg asymmetry and muscle function recovery after anterior cruciate ligament reconstruction in elite athletes: a pilot study on slower recovery of the dominant leg. *Biology of sport*, 37(2), 175–184. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.94238>
19. Souissi, S., Wong, d., Dellal, A., Croisier, J. L., Ellouze, Z., & Chamari, K. (2011). Improving Functional Performance and Muscle Power 4-to-6 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of sports science & medicine*, 10(4), 655–664.
20. Vairo G. L. (2014). Knee flexor strength and endurance profiles after ipsilateral hamstring tendons anterior cruciate ligament reconstruction. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 95(3), 552–561. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.10.001>
21. Van Melick, N., van Cingel, R. E., Brooijmans, F., Neeter, C., van Tienen, T., Hullegie, W., & Nijhuis-van der Sanden, M. W. (2016). Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *British journal of sports medicine*, 50(24), 1506–1515. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095898>
22. Wojtys E.M., Huston L.J. (2000). Longitudinal effects of anterior cruciate ligament injury and patellar tendon autograft reconstruction on neuromuscular performance. *Am. J. Sports Med.* 3, 336–344. doi: 10.1177/03635465000280030901.
23. Zazirnyi, I., Kostrub, O.O., Kotiuk, V., Plugatar, O.V. (2020). Our Point of View at Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Visnyk Ortopedii Travmatologii Protezuvannia*, 106, 9-17. 10.37647/0132-2486-2020-106-3-9-17.

DOI 10.31392/NPU-nc.series15.2021.6(137).08
УДК 159.94:796.015.68

Бейгул І.О.
канд. наук з фіз. вих. та спорту, доцент
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

ПСИХОТРАВМУЮЧІ ЧИННИКИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЯХ У СПОРТІ

У статті розглянуто вплив психотравмуючих чинників в екстремальних ситуаціях у спорті. Показано, що спортивна діяльність відрізняється високим психологічним напруженням та характеризується підвищеним ризиком. У кожному виді спортивної діяльності існують свої стресогенні чинники, які призводять до змін в організмі та психіці спортсменів. При наявності екстремальних ситуацій дія згаданих чинників посилюється. Встановлено, що для ефективного здійснення спортивної діяльності в екстремальних умовах найголовнішою умовою збереження самовладання в цих ситуаціях є підготовленість до них, наявність спортивного досвіду та високої майстерності в своєму виді спорту. Для цього необхідний високий рівень психологічної стійкості, екстремальний досвід, що досягається відповідною психологічною підготовкою та тренуваннями в умовах максимально наближених до можливих екстремальних ситуацій.

Ключові слова: екстремальні ситуації, психотравмуючі чинники, спортивна діяльність, спортсмени, здоров'я.

Beihul Igor. Psycho-traumatic factors in extreme situations in sports. Purpose: to analyze the influence of traumatic factors in extreme situations in sports. **Research methods:** analysis, generalization and systematization of scientific data methodical literature on a particular problem. **Results:** The article considers the influence of traumatic factors in extreme situations in sports. It is shown that in