

# ФАКТОРИ РИЗИКУ ПОШКОДЖЕННЯ ПЕРЕДНЬОЇ ХРЕСТОПОДІБНОЇ ЗВ'ЯЗКИ

(огляд літератури)

Зазірний І. М.

Центр ортопедії, травматології та спортивної медицини клінічної лікарні  
“Феофанія”, м. Київ, Україна

**Резюме.** Відносно високий ризик безконтактного розриву передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) серед спортсменок був основним імпульсом до дослідження етіології цієї травми. Було визначено кількість факторів ризику як зовнішніх, так і внутрішніх щодо спортсмена, включаючи нервово-м'язові, анатомічні, гормональні, взаємодію взуття та поверхні, навколишнє середовище, погодні умови. Анатомічні та нервово-м'язові фактори ризику, часто пов'язані зі статтю, знаходяться в центрі більшості програм із запобігання травмам ПХЗ. Хоча дослідження і показали, що програми із запобігання травмам, які базуються на біомеханіці, можуть знизити ризик розриву ПХЗ, багато запитань так і лишилося без відповіді. Необхідно більше досліджень, щоб покращити наше розуміння факторів ризику травми ПХЗ, функціонування програм із запобігання травмам та встановлення можливості оптимізації клінічного застосування таких програм.

**Ключові слова:** передня хрестоподібна зв'язка, розрив, фактор ризику, стать, запобігання, нервово-м'язовий.

## Вступ

Фактори ризику травмування *передньої хрестоподібної зв'язки* (ПХЗ) стали предметом численних досліджень. Розуміння таких факторів є необхідним для розробки стратегій визначення ризику пошкоджень у спортсменів і розробки програм із запобігання травмам. Такі фактори зазвичай класифікують як внутрішні чи зовнішні по відношенню до спортсмена. Внутрішні фактори ризику індивідуальні та можуть охоплювати анатомічні, гормональні та нервово-м'язові чинники, часто пов'язані зі статтю. Зовнішні фактори ризику не залежать від певної особи та можуть включати тип та місце проведення змагання, взуття (особливо якщо воно пов'язане з поверхнею гри), а також погодні умови.

## 1. ВНУТРІШНІ ФАКТОРИ РИЗИКУ

### 1.1. Гендерні фактори

Визначаючи вищу вірогідність травмування ПХЗ у спортсменок, ніж у їх колег чоловічої статі, багато досліджень внутрішніх факторів ризику сфокусовані на гендерних розбіжностях [4–10]. Такі дослідження, як правило, підкреслюють нервово-м'язові та гормональні розбіжності.

### 1.2. Нервово-м'язові фактори

Чимало досліджень визначили гендерні розбіжності в нервово-м'язовій активації, особливо під час обертання, зменшення швидкості або приземлення після стрибка, що зазвичай проявляються аномальною позою та положенням під час виконання цих завдань. Ці біомеханічні відхилення

можуть створювати схильність людини до травми ПХЗ, підвищуючи показники навантаження останньої.

Дослідження, проведені на трупах, показали, що навантаження ПХЗ насамперед відбувається за рахунок впливу передніх поперечних сил, тоді як коронарні та аксіальні пласкі сили мають вторинну дію [11–13]. Зовнішня ротація колінного суглоба (КС) фактично зменшує навантаження на ПХЗ. Під час дослідження трупного КС необхідно було повністю пошкодити медіальну колатеральну зв'язку, перш ніж вальгусний поворотний момент спричинив значну травму ПХЗ [14].

Механізм розгинання може генерувати передню поперечну силу на великій гомілковій кістці, що базується на кількості сили в чотирьохголовому м'язі стегна та рівні згинання КС. Нерегульоване розгинання з положення незначного згинання КС може спричинити травму ПХЗ [17]. Лише вплив сили чотирьохголового м'яза може спричинити загальну деформацію ПХЗ, достатню для критичного збільшення переднього зміщення великогомілкової кістки. Застосування удару ззаду до переду до трупного КС, зігнутого під кутом 25°, створило навантаження на ПХЗ, яке зросло, коли КС був розігнутий до 15°. Ці відкриття підтвердилися *in vivo* при використанні тензометричних досліджень [17].

Аналіз рухів показує, що результатом ускладненої комбінації пов'язаних рухів є коронарна пласка вальгусна деформація без значного медіального відкриття колінного суглоба чи травми медіальної колатеральної зв'язки. Комбінація аддукції та внутрішньої ротації стегна, згинання КС та вальгусної його деформації, зовнішньої ротації гомілки та вальгусної деформації ступні сприяє підвищенню коронарного плаского руху в КС.

Для кінематичного аналізу пацієнтів-спортсменів коледжного віку гендерні відмінності були розглянуті під час бігу та бокової ходи [17]. КС спортсменок під час приземлення перебували в більшому розгинанні та більшій вальгусній деформації протягом всієї фази опору. Активація чотириголового м'яза була вищою у спортсменок — майже подвійний максимум довільного скорочення під час мануального м'язового тестування. Тоді як активація підколінного сухожилля у спортсменок була нижчою, вполовину меншою за максимум довільного скорочення під час мануального м'язового тестування. Підвищені розгинання КС та вища чотиристороння активація — обидва фактори можуть збільшувати навантаження на ПХЗ, яке підвищує ризик її травми у спортсменок, особливо під час приземлення.

За інших кінетичних і кінематичних досліджень порівняно чоловіків і жінок, які виконували стрибок вперед із зупинкою на силовій платформі перед початком стрибка, під час стрибка, наприкінці стрибка [19].

При цьому були прораховані передні поперечні сили та отримане навантаження на ПХЗ. Передні поперечні сили виявилися вищими у жінок за всіх 3-х варіантів вимірювання при виконанні стрибка. Максимальне навантаження ПХЗ у обох статей типово проявилось в момент початкового контакту. Подібні аналізи, що показали результат втомі, засвідчили підвищені передні поперечні сили із втомою у обох статей [20].

Кінематичне дослідження, аналізуючи комбінований ефект віку та статті, виявило схожість згинання КС та вальгусної деформації під час приземлення після стрибка із паузою у хлопчиків і дівчаток віком 11 та 12 років [21]. Однак, підростаючи, дівчатка приземлялися з прогресивно зменшеним колінним згинанням, аж до віку 16 років.

ПХЗ є меншою у жінок, зв'язка може мати менше лінійної жорсткості, нижчий поріг навантаження до пошкодження та менший рівень поглинання енергії і подовження при пошкодженні [22, 23]. Ці відмінності залишаються навіть після врахування гендерних розбіжностей у розмірі. У жінок також вищий рівень передньої нестабільності КС, genu recurvatum, та менший опір КС до трансляції та ротації [24–28] у сагітальній, фронтальній та аксіальній площинах [29–31]. Ці відмінності наводять на думку про те, що інші фізіологічні механізми, такі як ендокринний баланс чи колагеновий обмін, можуть впливати на гендерні розбіжності ПХЗ.

### 1.3. Гормональні фактори

Рецептори статевих гормонів, такі як естроген, тестостерон і релаксин, були виявлені на ПХЗ людини [31–35]. Тим не менше дослідження, проведені до сьогодення, з різних причин не в змозі були пояснити специфічний механізм, за допомогою якого ці гормони впливають на ПХЗ. Дослідження на моделях тварин не можуть відповідати людській ПХЗ через відмінності в естральному циклі [36]. Визначення менструальної фази за допомогою анкетування не є достовірним [37]. Складність менструального циклу та його тимчасове відношення до ефектів першої та другої послідовності на нервово-м'язову систему не охоплюють моментальні дослідження, що включають одиничний момент часу в фазі руху [38]. Вплив оральних контрацептивів на ризик виникнення травми ПХЗ нині лишається повністю невідомим. Дані досліджень сьогодні є переважно суперечливими

через погане розуміння цієї складної системи, та, на жаль, різноманітні моделі, що застосовуються для дослідження цих зв'язків, часто не підлягають прямому порівнянню. Необхідно більше досліджень, щоб краще зрозуміти, як жіноче гормональне середовище впливає на нервово-м'язову систему, особливо за умов спортивного тренування.

## 1.4. Анатомічні фактори

### 1.4.1. Міжвиросткова вирізка

Розмір і геометрія міжвиросткової вирізки стала предметом численних досліджень у літературі. Хоча відсутність стандартизованої методології ускладнила порівняння результатів, виходячи із більшості даних, припускають, що колінні суглоби з білатеральними травмами ПХЗ мають меншу ширину вирізки, ніж колінні суглоби з односторонніми травмами ПХЗ, і колінні суглоби з травмованими ПХЗ мають меншу вирізку, ніж нетравмовані [3, 36].

### 1.4.2. Нахил поверхні великогомілкової кістки до задку

Задній великогомілковий нахил пов'язаний із переднім зміщенням великої гомілкової кістки [1, 2, 36, 39]. Використовуються площинні остеотомії для лікування розривів ПХЗ [40]. Хоча ранні дослідження і проявили зв'язок між великогомілковим нахилом і безконтактними травмами ПХЗ [36, 41], нещодавно проведене дослідження припускає, що великогомілковий нахил медіального та латерального виростку треба порівнювати окремо [42]. Необхідні подальші дослідження для кращого розуміння зв'язку між заднім великогомілковим нахилом і лікуванням, а також наслідками ПХЗ-травми.

### 1.4.3. Травма нижньої кінцівки

Незважаючи на те, що реконструкція ПХЗ є успішною операцією з відносно низьким коефіцієнтом невдач [43], після реконструкції існує підвищений ризик повторної травми ПХЗ як пролікованого, так і контралатерального КС [44]. Інші травми нижньої кінцівки, що розривають її кінетичний ланцюг, також можуть спричинити індивідуальний підвищений ризик травмування ПХЗ.

## 2. ЗОВНІШНІ ФАКТОРИ РИЗИКУ

### 2.1. Змагання

Відомо небагато про те, як вид змагання впливає на ризик пошкодження ПХЗ. Щонайменше одне дослідження продемонструвало підвищений ризик пошкодження ПХЗ під час ігор порівняно з тренуванням при занятті гандболом [45]. Рівень і вид змагання можуть впливати на ризик виникнення травми ПХЗ.

### 2.2. Взуття/поверхня

Взаємодія взуття спортсменів та ігрової поверхні може відноситися до ризику виникнення травми ПХЗ. Підвищений коефіцієнт тертя взуття та поверхні збільшує стабільність і покращує виконання, підвищуючи при цьому ризик надмірної м'язової тяги, що змушує ногу мимоволі загальмувати чи зупинитися під час змагання. Такі моменти можуть викликати травму ПХЗ. У футболістів, які носять бутси з шипами, а значить, з вищою стійкістю

до скручування при взаємодії ноги та поверхні, виявили вищий ризик виникнення пошкодження ПХЗ [46]. Жіноча команда з гандболу, проводячи гру на штучній поверхні з високою стійкістю до скручування, мала вищий коефіцієнт ризику виникнення пошкодження ПХЗ, ніж спортсмени, які грали на дерев'яній поверхні з нижчою стійкістю до скручування [47]. Чоловіча команда з гандболу не наражалася на вищий ризик травмування, граючи на таких же поверхнях.

### 2.3. Погодні умови

Очевидний вплив на взаємодію взуття атлетів та ігрової поверхні мають погодні умови під час змагання. Згідно з одним дослідженням, в австралійському футболі під час періодів низької кількості опадів і високого випарування спостерігалось більше безконтактних пошкоджень ПХЗ [48].

### 2.4. Захисне обладнання

Застосування функціональних ортезів з метою профілактики має значення для лижників із дефектною ПХЗ, однак ортези не виявили своєї захисної функції серед інших верств населення. Незважаючи на те, що застосування ортезів значно знизило ризик виникнення травми дефектної ПХЗ у професійних гірськолижників [49], велике дослідження, проведене серед слухачів у військових академіях США, які перенесли хірургічну реконструкцію ПХЗ, не виявило жодної переваги від застосування функціональних ортезів [50]. Це було зразкове дослідження серед відносно великої кількості людей із лише 3-ма травмами в групі, що не використовувала ортези, та 2-ма травмами в групі, що використовувала їх.

Таким чином, численні внутрішні та зовнішні фактори ризику можуть бути пов'язані з травмою ПХЗ, особливо серед спортсменів, які беруть участь у змаганні. Необхідне подальше вивчення факторів ризику, їх взаємодії та зв'язку з травмуванням ПХЗ. Розуміння цих факторів ризику є важливим для розробки стратегій втручання, та визначення тих, хто підлягає підвищеному ризику травмування ПХЗ і кому можуть принести особливу користь цільові втручання.

## 3. ЗАПОБІГАННЯ ТРАВМАМ

Краще розуміння факторів ризику виникнення пошкодження ПХЗ стало причиною збільшення кількості програм із запобігання травмуванням [18, 51–58]. Більшість цих досліджень сфокусувалася на біометричних факторах ризику, використовуючи нервово-м'язове та пропріоцептивне тренування для модифікації динамічного навантаження КС. Дослідження продемонстрували зниження травм нижніх кінцівок серед спортсменів, однак їх предмет та якість значно відрізнялися. Лише невелика кількість рандомізованих, контрольованих досліджень була завершена. Тим не менше, з кожним днем стає все очевидніше, що програми із запобігання здатні знизити частоту пошкоджень ПХЗ, особливо серед спортсменів.

Реалізовані в минулому програми із запобігання травмам ПХЗ, що фокусувались на гірськолижному спорті, баскетболі, європейському гандболі та футболі, продемонстрували загальне зниження тяжких пошкоджень ПХЗ від 60 до 89% [66].

Henning G.E. та Griffis N.D. реалізували дослідження із запобігання травмам у 2-х програмах для баскетболістів протягом 8-річного курсу, що базувався на зміні техніки

гравців — напружене згинання КС, застосовуючи прискорені круглі повороти та уповільнення багатокроковою зупинкою [59]. В цій інтервенційній групі вони відзначили зменшення частоти травм ПХЗ на 89%.

Saraffa A. et al. втілили в життя програму тренування пропріоцептивного балансу, задіявши в Італії 600 напівпрофесійних футболістів і футболістів-аматорів [53]. Дослідження складалося з 20-хвилинної тренувальної програми, що була розділена на 5 фаз складності, яка постійно зростала. Проспективне дослідження було завершено протягом 3-х повних футбольних сезонів. Saraffa A. визначив коефіцієнт захворюваності 1,15 травм ПХЗ на команду за рік у контрольній групі, порівняно з коефіцієнтом захворюваності 0,15 серед тренуваних спортсменів. Такі співвідношення виявляють загальне зменшення травм ПХЗ на 87% порівняно з контрольною групою.

Hewett T.E. et al. провели проспективний аналіз 1283-х спортсменів чоловічої та жіночої статі різних видів спорту, використовуючи нервово-м'язову тренувальну програму [18]. Вони використали 6-тижневу інтервенційну програму, що складалася зі стрейчингу, пліометрики та силового тренування з акцентом на правильному вирівнюванні та техніці. В результаті виявилось, що коефіцієнт серйозних травм ПХЗ був від 2,4 до 3,6 рази вищим у групі нетренованих спортсменів порівняно із групою тренуваних. Аналізуючи частоту безконтактних травм ПХЗ, 5 нетренованих спортсменок отримали травми ПХЗ (відносний коефіцієнт травмування 0,26), жодна з тренуваних спортсменок не отримала травми ПХЗ (відносний коефіцієнт травмування 0) та один спортсмен переніс травму ПХЗ (відносний коефіцієнт травмування 0,05).

Ettlenger C.F. та ін. реалізували методику “направленого дослідження” у Вермонті, що ґрунтувалася на уникненні поведінки підвищеного ризику та позиціюванні (тобто “фантомній нозі”), визначаючи потенційно небезпечні гірськолижні ситуації та навчаючи швидко реагувати на несприятливі умови [51]. Під час лижних сезонів 1993 та 1994 рр. 4700 лижних інструкторів і патрульних пройшли комплексну тренувальну програму в 20 гірськолижних регіонах по всій території США. Як результат, коефіцієнт серйозних травм колінних суглобів знизився до 62% серед тренуваних спортсменів порівняно з тими, хто не проходив програму.

Heidt R.S. та ін. дослідили 300 юних футболісток віком від 14 до 18 років протягом одного року [60]. 42 спортсменки взяли участь у Frappier Acceleration Training Program, 7-тижневій тренувальній програмі, що проходила перед сезоном та складалася з тренування сили та гнучкості, спортивних серцево-судинних вправ, пліометрики та вправ зі спортивною мотузкою. Вони дійшли висновку, що процентне співвідношення травм ПХЗ у тренуваній групі було нижчим (2,4%) порівняно з відповідною віковою контрольною групою (3,1%).

Myklebust G. та ін. заснували пропріоцептивну тренувальну програму для збірної жіночої команди з гандболу. 5-фазова тренувальна програма складалася з вільних вправ, занять на дошках, що хитаються, занять на балансовому батуті, та виконувалась від 2-х до 3-х разів на тиждень протягом 5–7-тижневого курсу в досезонний період та 1 раз на тиждень під час сезону [9]. 58 команд (855 гравців) взяли

участь у першому сезоні (1999–2000 рр.) та 52 команди (850 гравців) — в другому (2000–2001 рр.) 60 команд (942 гравці) в сезоні 1998–1999 рр. підлягали контролю. 29 травм ПХЗ налічувалося в контрольному сезоні, 23 травми ПХЗ у першому інтервенційному сезоні та 17 травм — у другому інтервенційному періоді.

Mandelbaum V. R. та ін. розробили так звану Санта-Монікську програму із запобігання травмам ПХЗ і для покращеного виконання [58]. Дана програма була застосована у 2-х вікових категоріях: футболісти віком від 14 до 18 і від 18 до 22 років. Програма включала 20 хв. розігріву для проведення стандартного тренування. В футбольному сезоні 2000 р. в інтервенційній групі було 2 підтверджені за допомогою МРТ розриви ПХЗ, коефіцієнт захворювання становив 0,05 травми ПХЗ на спортсмена на 100 експозицій. 32 розриви ПХЗ було зафіксовано в контрольній групі з коефіцієнтом захворювання 0,47 травми ПХЗ на спортсмена на 100 експозицій. Ці результати показали загальне зниження травм ПХЗ на спортсмена у розмірі 88%, порівняно з тренуваними та середньовіковими контрольними спортсменами. На 2-му році дослідження (2001) в інтервенційній групі було зафіксовано 4 травми ПХЗ з коефіцієнтом захворювання 0,13 травми на спортсмена на 1000 експозицій. У контрольній групі було 35 травм ПХЗ із коефіцієнтом захворювання 0,51 травми на спортсмена на 1000 експозицій. Такий результат відповідає середньому зменшенню розривів ПХЗ на 74% в інтервенційній групі порівняно із середньовіковою та тренуваною контрольною групою на 2-му році.

Таке дослідження 2005 р. було проведене Mandelbaum V. R. та ін. після рандомізованого, контрольованого випробування за використання програми PEP (програма для запобігання та покращеного виконання) у першій лізі жіночих футбольних команд NCAA в осінньому сезоні 2002 р. (Gilchrist J. та ін.) [61]. 61 команда у складі 1429 спортсменів стали учасниками цього дослідження. Учасники були розподілені так: 854 спортсмени увійшли до контрольних команд та 575 спортсменів становили 26 інтервенційних команд. Жодних суттєвих відмінностей між інтервенційними та контрольними спортсменами у віці, рості, вазі або історії попередніх травм ПХЗ не було. Після застосування програми із запобігання травмам PEP під час 1 сезону було зафіксовано 7 травм ПХЗ серед інтервенційних спортсменів (інтервенційна група) порівняно з 18 травмами серед контрольних спортсменів (контрольна група), коефіцієнт захворюваності зменшився до 0,14 з 0,25 ( $P=0,15$ ). Жодної травми ПХЗ не трапилося серед інтервенційних спортсменів під час тренувань, порівняно з 6-ма травмами серед контрольних спортсменів (коефіцієнт захворюваності 0,10;  $P=0,01$ ). Безконтактні травми ПХЗ у групі контрольних спортсменів більш ніж утричі перевищували відповідну кількість у групі інтервенційних спортсменів (коефіцієнт захворюваності 0,14 проти 0,04;  $P=0,06$ ). Серед контрольних спортсменів, які в минулому мали травми ПХЗ, в 5 разів частіше спостерігався рецидив, ніж серед спортсменів інтервенційної групи (коефіцієнт захворюваності 0,10 проти 0,02;  $P=0,06$ ). Ця різниця стала помітнішою, коли розглядали винятково безконтактні травми ПХЗ під час сезону (коефіцієнт захворюваності 0,06 проти 0,00;  $P<0,05$ ). Була відзначена помітна різниця у частоті травм ПХЗ у другій половині сезону (тижні від 6-го по 11-й; коефіцієнт

захворюваності у інтервенційній групі 0,00 проти 0,18 у контрольній групі спортсменів;  $P<0,05$ ). Це підтримало концепцію, що необхідно в середньому від 6-ти до 8-ми тижнів на те, щоб біомеханічна інтервенційна програма дала нервово-м'язовий ефект.

Steffen K. та ін. з дослідницького центру спортивної травми в м. Осло також намагався скоротити коефіцієнт травм ПХЗ, використовуючи комплекс вправ, відомих як програма "11" [62]. Було проведене кластер-рандомізоване контрольоване дослідження з метою тестування ефективності програми "11" на ризик травмування серед футболісток (інтервенційні спортсмени, 59 команд, кількість = 1091), порівняно з контрольною групою (контрольні спортсмени, 54 команди, кількість = 1001). Комплекс вправ "11" являв собою 15-хвилинну програму розігріву для серцевої стабільності, міцності нижніх кінцівок, нервово-м'язового контролю та рухливості, що застосовувалась протягом 8-місячного сезону. Загалом 396 спортсменів (20%) отримали 483 травми. Не було жодної різниці ані в середній частоті травм серед інтервенційних спортсменів (3,6 травми/1000 годин, довірчий інтервал (ДІ) 3,2–4,1) та контрольних спортсменів (3,7 травми/1000 годин, ДІ 3,2–4,1;  $P=0,94$ ), ані в коефіцієнті захворюваності для будь-яких видів травм. Тренувальна програма застосовувалась протягом 60% футбольних тренувальних сесій у першій половині сезону, однак лише 14 із 58 інтервенційних команд завершили більше ніж 20 тренувальних сесій запобігання травмам. Дослідники не помітили жодного впливу програми запобігання травмам на коефіцієнт травмування після вправ, можливо, через недостатню специфічність, щоб боротися з біомеханічними недоліками серед цього населення та низьку сумісність із програмою.

Для введення сумісності та усунення деяких недоліків у вправах, визначених дослідним шляхом для протоколу "11", дослідники реструктурували програму на "11+". Soligard та ін. провели кластерне, рандомізоване, контрольоване дослідження в 125 футбольних клубах Південної, Східної та Центральної Норвегії: 65 кластерів в інтервенційній групі та 60 в контрольній дотримувалися протоколу протягом одного сезону ліги (8 місяців) [63]. Загальна кількість гравців жіночої статі — 1892, віком від 13 до 17 років (1055 в інтервенційній групі та 837 — у контрольній). Була застосована комплексна програма розігріву ("11+") для покращення сили, сприйняття та нервово-м'язового контролю під час статичних і динамічних рухів. Під час сезону 264 гравці отримали релевантні травми: 121 гравець в інтервенційній групі та 143 — у контрольній (коефіцієнт захворюваності 0,71, довірчий інтервал — 0,49–1,03). Помітно нижчим був ризик травмування в інтервенційній групі, загалом (коефіцієнт захворюваності 0,68, ДІ від 0,48 до 0,98), за травм від перевантаження (коефіцієнт захворюваності 0,47, ДІ від 0,26 до 0,85) та тяжких травм (коефіцієнт захворюваності 0,55, ДІ від 0,36 до 0,83). Хоча початковий результат зменшення травм нижніх кінцівок і не досягнув статистичної значимості, ризик отримання тяжких травм, травм від перевантаження та травм у цілому знизився. Це означає, що структурована програма розігріву може запобігти виникненню травм серед футболісток.

Фокус на належній техніці приземлення, що означає м'яке приземлення на передній відділ стопи та пере-

кочування на задній відділ стопи; введення згинання в колінному та кульшовому суглобах при приземленні з латеральними маневрами; уникнення надмірного зовнішнього відхилення гомілки в КС при приземленні та присіданні; підвищення міцності підколінних сухожиль, *gluteus medius* та м'язів, що відводять стегно; введення належної техніки гальмування — це все дії, котрі є невід'ємними в кожному з вищезгаданих протоколів запобігання травмам ПХЗ.

## Висновки

Численні внутрішні та зовнішні фактори ризику можуть мати відношення до травми ПХЗ, особливо серед спортсменів, які беруть участь у змаганнях. Необхідне подальше вивчення факторів ризику та їх взаємодії та зв'язку з травмуванням ПХЗ. Певна кількість специфічних запитань і досі лишається без відповідей, наприклад:

- який насправді механізм травми ПХЗ та чи є він характерним для спорту?
- чи залежить механізм травми ПХЗ від статті, чи він діє згідно з подібною моделлю?
- чи нівелює втома ефект від виконання програми із запобігання травмам ПХЗ?
- чи діють успішні програми запобігання травмам ПХЗ та чи є між ними спільний біомеханічний зв'язок?

Відповіді на ці запитання є важливими для оптимізації інтервенційних стратегій і визначення тих спортсменів, які мають підвищений ризик травмування ПХЗ і яким принесуть особливу користь цільові профілактичні програми.

Подальше дослідження допоможе нам краще зрозуміти точний механізм таких програм та їх оптимальне клінічне застосування для отримання максимальної ефективності.

## Література

1. Головаха М.Л. Влияние сагиттального наклона плато большеберцовой кости на стабильность коленного сустава / Головаха М.Л., Красовский В.Л., Горелов А.М., Титарчук Р.В. // Ортопед., травматол. и протезирование. — 2012. — № 4. — С. 24–29.
2. Головаха М.Л. Влияние сагиттального наклона тибяльного плато на риск повреждения передней крестообразной связки / Головаха М.Л., Шишка И.В., Банит О.В. [и др.] // Вісн. ортопед., травматол. та протезув. — 2011. — № 2. — С. 34–38.
3. Зазірний І.М. Функціональна анатомія міжвиросткової ямки дистального епіметафіза стегневої кістки / І.М. Зазірний // Укр. журн. малоінвазив. та ендоскоп. хірургії. — 2000. — Т. 4, № 4. — С. 11–14.
4. Arendt E. Knee Injury Patterns among Men and Women in Collegiate Basketball and Soccer / E. Arendt, R. Dick // Am. J. Sports Med. — 1995. — Vol. 23. — P. 694–701.
5. Chandry T.A. Secondary School Athletic Injury in Boys and Girls: a Three Year Comparison / T.A. Chandry, W.A. Grana // Phys. Sports Med. — 1985. — Vol. 13. — P. 106–111.
6. Gray J. A survey of injuries to the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players / Gray J., Taunton J.E., McKenzie D.C. // Int. J. Sports Med. — 1985. — Vol. 6. — P. 314–316.
7. Lindenfeld T.N. Incidence of Injury in Indoor Soccer / Lindenfeld T.N., Schmitt D.J., Hendy M.R. // Am. J. Sports Med. — 1994. — Vol. 22. — P. 364–371.
8. Malone T.R. Relationship of Gender to ACL Injuries in Intercollegiate Basketball Players / Malone T.R., Hardaker W.T., Rarrett W.E. // J. South. Orthop. Assoc. — 1992. — Vol. 2. — P. 36–39.
9. Myklebust G. A prospective cohort study of ACL Injuries in Intercollegiate Basketball Players / Myklebust G., Maeblum S., Holm I. // J. Med. Sci. Sports. — 1998. — Vol. 8. — P. 149–153.
10. Strand T. ACL injuries in team handball / Strand T., Wisnes A.R., Tvedte R. // Tidsskrift Nor Laegeforen. — 1990. — Vol. 110. — P. 45–48.
11. Markolf K.L. In vivo knee stability. A quantitative assessment using an instrumented clinical testing apparatus / Markolf K.L., Graff-Radford A., Amstutz H.C. // J. Bone Joint Surg. Am. — 1978. — Vol. 60. — P. 664–674.
12. Berns G.S. Strain in the anteromedial bundle of the anterior cruciate ligament under combination loading / Berns G.S., Hull M.L., Patterson H.A. // J. Orthop. Res. — 1992. — Vol. 10. — P. 167–176.
13. Arms S.W. The biomechanics of anterior cruciate ligament rehabilitations and reconstructions / Arms S.W., Pope M.H., Johnson R.J. // Am. J. Sports Med. — 1984. — Vol. 12. — P. 8–18.
14. Mazzocca A.D. Valgus medial collateral ligament rupture causes concomitant loading and damage of the anterior cruciate ligament / Mazzocca A.D., Nissen C.W., Geary M. // J. Knee Surg. — 2003. — Vol. 16. — P. 148–151.
15. DeMorat G. Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury / DeMorat G., Weinhold P., Blackburn T. // Am. J. Sports Med. — 2004. — Vol. 32. — P. 477–483.
16. Cerulli G. In vivo anterior cruciate ligament strain behaviour during a rapid deceleration movement: case report / Cerulli G., Benoit D.L., Lamontagne M. // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. — 2003. — Vol. 11. — P. 307–311.
17. Malinzak R.A. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks / Malinzak R.A., Colby S.M., Kirkendall D.T. // Clin. Biomech. (Bristol, Avon). — 2001. — Vol. 16. — P. 438–445.
18. Hewett T.E. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury female athletes. A prospective study / Hewett T.E., Lindenfeld T.N., Riccobene J.V. // Am. J. Sports Med. — 1999. — Vol. 27. — P. 699–706.
19. Chappell J.D. Kinematics and electromyography of landing preparation in vertical stop-jump: risks for noncontact anterior cruciate ligament injury / Chappell J.D., Creighton R.A., Giuliani C. // Am. J. Sports Med. — 2007. — Vol. 35. — P. 235–241.
20. Chappell J.D. Effect of fatigue on knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks / Chappell J.D., Herman D.C., Knight B.S. // Am. J. Sports Med. — 2005. — Vol. 33. — P. 1022–1029.
21. Yu B. Age and gender effects of lower extremity kinematics of youth soccer players in a stop-jump task / Yu B., McClure S.B., Onate J.A. // Am. J. Sports Med. — 2005. — Vol. 33. — P. 1356–1364.
22. Chandrashekar N.J. Sex-based differences in the tensile properties of the human anterior cruciate ligament / Chandrashekar N.J., Mansour M., Slauterbeck J. // J. Biomech. — 2006. — Vol. 39. — P. 2943–2950.
23. Chandrashekar N.J. Sex-based differences in the anthropometric characteristic of the anterior cruciate ligament and its relation to intercondylar notch geometry / Chandrashekar N.J., Slauterbeck J., Hashemi J. // Am. J. Sports Med. — 2005. — Vol. 33. — P. 1492–1498.
24. Granata K.P. Gender differences in active musculoskeletal stiffness. Part II. Quantification of leg stiffness during functional hopping tasks / Granata K.P., Padua D.A., Wilson S.E. // J. Electromyogr. Kinesiol. — 2002a. — Vol. 12. — P. 127–135.
25. Granata K.P. Gender differences in active musculoskeletal stiffness. Part I. Quantification in controlled measurements of knee joint dynamics / Granata K.P., Wilson S.E., Padua D.A. // J. Electromyogr. Kinesiol. — 2002b. — Vol. 12. — P. 119–126.

26. *Nguyen A.D.* Sex differences in lower extremity posture / *Nguyen A.D., Shultz S.J.* // *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* — 2007. — Vol. 37. — P. 389–398.
27. *Shultz S.J.* Sex differences in knee laxity change across the female menstrual cycle / *Shultz S.J., Kirk S.E., Sander T.C.* // *J. Sports Med. Phys. Fitness.* — 2005. — Vol. 45. — P. 594–603.
28. *Wojtys E.M.* A gender-related difference in contribution of the knee musculature to sagittal-plane shear stiffness in subjects with similar knee laxity / *Wojtys E.M., Ashton-Miller J.A., Huston A.J.* // *J. Bone Joint Surg. Am.* — 2002a. — Vol. 84-A. — P. 10–16.
29. *Hsu W.J.* Differences in torsional joint stiffness of the knee between genders: a human cadaveric study / *Hsu W.J., Fisk A., Yamamoto J.* // *Am. J. Sports Med.* — 2006. — Vol. 34. — P. 765–770.
30. *Shultz S.J.* Measurement of varus-valgus and rotational knee laxity in-vivo part I: assessment of measurement reliability and bilateral asymmetry / *Shultz S.J., Shimokochi Y., Nguyen A.* // *J. Orthop. Res.* — 2007. — Vol. 25. — P. 981–988.
31. *Wojtys E.M.* Gender differences in muscular protection of the knee in torsion in size-matched athletes / *Wojtys E.M., Huston L., Schock H.J.* // *J. Bone Jt. Surg.* — 2003. — Vol. 85-A. — P. 782–789.
32. *Dragoo J.L.* Relaxin receptors in the human female anterior cruciate ligament / *Dragoo J.L., Lee R.S., Benbaim P.* // *Am. J. Sports Med.* — 2003. — Vol. 31. — P. 577–584.
33. *Fariniartz D.A.* Quantitation of estrogen receptors and relaxin binding in human anterior cruciate ligament fibroblasts / *Fariniartz D.A., Bhargava A.M., Lajam C.* // *In vitro Cell. Dev. Bio. Anim.* — 2006. — Vol. 42. — P. 176–181.
34. *Hamlet W.P.* Primary androgen target cells in the human anterior cruciate ligament fibroblasts / *Hamlet W.P., Liu S.H., Panossian V.* // *J. Orthop. Res.* — 1997. — Vol. 15. — P. 657–663.
35. *Liu S.H.* Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cells in the human anterior cruciate ligament / *Liu S.H., Al-Shaikb R.A., Panossian V.* // *J. Orthop. Res.* — 1996. — Vol. 14. — P. 526–533.
36. *Griffin L.Y.* Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the hunt valley ii meeting, January 2005 / *Griffin L.Y., Albohm M.J., Arendt E.A.* // *Am. J. Sports Med.* — 2006. — Vol. 34. — P. 1512–1532.
37. *Wojtys E.M.* The effect of menstrual cycle on anterior cruciate ligament in women as determined by hormone levels / *Wojtys E.M., Huston L., Boynton M.D.* // *Am. J. Sports Med.* — 2002b. — Vol. 30. — P. 182–188.
38. *Shultz S. J.* Relationship between sex hormones and anterior knee laxity across the menstrual cycle / *Shultz S.J., Sander T. C., Johnson K. M.* // *Med. Sci. Sports Exerc.* — 2004. — Vol. 36. — P. 1165–1174.
39. *Dejour H.* Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared / *Dejour H., Bonnin M.* // *J. Bone Joint Surg. Br.* — 1994. — Vol. 76. — P. 745–749.
40. *Kim S.E.* Tibial osteotomies for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs / *Kim S.E., Possi A., Kowaleski M.P.* // *Vet. Surg.* — 1998. — Vol. 37. — P. 111–125.
41. *Meister K.* Caudal slope of the tibia and its relationship to noncontact injuries to the ACL / *K. Meister* // *Am. J. Knee Surg.* — 1998. — Vol. 11. — P. 217–219.
42. *Stijak L.* Is there an influence of the tibial slope of the lateral condyle on the ACL lesion? A case-control study / *Stijak L., Herzog R. F., Schai P.* // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* — 2008. — Vol. 16. — P. 112–117.
43. *Splindler K.P.* Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review / *Splindler K.P., Kubn J.E., Freedman K.B.* // *Am. J. Sports Med.* — 2004. — Vol. 32. — P. 1986–1995.
44. *Wright R.W.* Risk of tearing the intact anterior cruciate ligament in the contralateral knee and rupturing the anterior cruciate ligament graft during the first 2 years after anterior cruciate ligament reconstructions: a prospective moon cohort study / *Wright R.W., Dunn W.R., Amendola A.* // *Am. J. Sports Med.* — 2007. — Vol. 35. — P. 1131–1134.
45. *Myklebust G.* Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons / *Myklebust G., Engebretsen L., Braekken I.H.* // *Clin. J. Sport Med.* — 2003. — Vol. 13. — P. 71–78.
46. *Lambson R.B.* Football cleat design and its effect on anterior cruciate ligament injuries. A three-year prospective study / *Lambson R.B., Barnhill B.S., Higgins R.W.* // *Am. J. Sports Med.* — 1996. — Vol. 24. — P. 155–159.
47. *Olsen O.E.* Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball / *Olsen O.E., Myklebust G., Engebretsen L.* // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* — 2003. — Vol. 13. — P. 299–304.
48. *Orchard J.* Rainfall, evaporation and the risk of non-contact anterior cruciate ligament injury in the Australian football league / *Orchard J., Seward H., McGivern J.* // *Med. J. Aust.* — 1999. — Vol. 170. — P. 304–306.
49. *Kocher M.S.* Effect of functional bracing on subsequent knee injury in ACL-deficient professional skiers / *Kocher M.S., Sterett W.L., Briggs K.K.* // *J. Knee Surg.* — 2003. — Vol. 16. — P. 87–92.
50. *McDevitt E.R.* Functional bracing after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, multicenter study / *McDevitt E.R., Taylor D.C., Miller M.D.* // *Am. J. Sports Med.* — 2004. — Vol. 32. — P. 531–537.
51. *Ettlinger C.F.* A method to help reduce the risk of serious knee sprains incurred in alpine skiing / *Ettlinger C.F., Johnson R.J., Sealy J.E.* // *Am. J. Sports Med.* — 1995. — Vol. 23. — P. 531–537.
52. *Cabill B.R.* Effect of preseason conditioning on the incidence and severity of high school football injuries / *B.R. Cabill, E.H. Griffith* // *Am. J. Sports Med.* — 1978. — Vol. 6. — P. 180–184.
53. *Caraffa A.* Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training / *Caraffa A., Cerulli G., Progetti M.* // 1996. — Vol. 4. — P. 19–21.
54. *Soderman K.* Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study / *Soderman K., Werner S., Pietila T.* // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* // — 2000. — Vol. 8. — P. 356–363.
55. *Wedderkopp N.* Prevention of injuries in young female players in European team football. A prospective intervention study / *Wedderkopp N., Kaltoft M., Lundgaard B.* // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* — 1999. — Vol. 9. — P. 41–47.
56. *Pfeiffer R.P.* Effects of Knee Ligament Injury Prevention (KLIP) Program on the Incidence of Noncontact ACL Injury: A Two-Year Prospective Study of Exercise Intervention in High School Female Athletes. Podium Presentation of the American Orthopedic Society for Sports Medicine (AOSSM) 2004 Specialty Day, San Francisco, CA / *Pfeiffer R.P., Shea K., Grandstrand S.* [AOSSM website]. — March 13, 2004. Available at [http : www.sportsmed.org/tabs/education/downloads/3448.asp](http://www.sportsmed.org/tabs/education/downloads/3448.asp). Accessed 6/1/2009
57. *Olsen O.E.* Exercise to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomized controlled trial / *Olsen O.E., Myklebust G., Engebretsen L.* // *BMJ.* — 2005. — Vol. 330. — P. 449.
58. *Mandelbaum B.R.* Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes. 2-year follow-up / *Mandelbaum B.R., Silvers H.J., Watanabe D.S.* // *Am. J. Sports Med.* — 2005. — Vol. 33. — P. 1003–1010.
59. *Henning C.E.* Injury prevention of anterior cruciate ligament (Videotape) / *C.E. Henning, N.D. Griffis.* — Wichita, KS: Mid-America Center for Sports Medicine, 1990.
60. *Heidt R.S. Jr.* Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning / *Heidt R.S. Jr., Sweeterman B.R., Carlonas R.L.* // *Am. J. Sports Med.* — 2000. — Vol. 28. — P. 659–662.
61. *Gilchrist J.* A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players / *Gilchrist J., Mandelbaum B.R., Melancon H.* // *Am. J. Sports Med.* — 2008. — Vol. 36. — P. 1474–1483.

62. Steffen K. Preventing injuries in female youth football—a cluster-randomized controlled trial / Steffen K., Myklebust G., Olsen O.E. // Scand.J. Med. Sci. Sports. — 2008. — Vol. 18. — P. 605–614.
63. Soligard T. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomized controlled trial / Soligard T., Myklebust G., Steffen K. // BMJ. — 2008. — Vol. 337. — P. a2469.
64. Pfeiffer R.P. Lack of effect of a knee ligament injury prevention programme on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury / Pfeiffer R.P., Shea K.G., Roberts D. // J. Bone Joint Surg. — 2006. — Vol. 88. — P. 1769–1774.
65. Wedderkopp N. Comparison of two intervention programmes in young female players in European handball — with and without ankle disc / Wedderkopp N., Kalltoft M., Holm R. // Scand.J. Med. Sci. Sports. — 2003. — Vol. 13. — P. 371–375.
66. Kirkendall D.T. The cruciate ligament enigma: injury mechanisms and prevention / D.T. Kirkendall, W.E. Jr. Garrett // Clin. Orthop. Relat. Res. — 2000. — P. 372–68.

### **ФАКТОРЫ РИСКА ПОВРЕЖДЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ**

(обзор литературы)

Зазирный И.М.

**Резюме.** Относительно высокий риск бесконтактного разрыва передней крестообразной связки (ПКЗ) среди спортсменок был основным импульсом к исследованию этиологии этой травмы. Было определено количество факторов риска как внешних, так и внутренних по отношению к спортсмену, включая нервно-мышечные, анатомические, гормональные, взаимодействие обуви и поверхности, факторы окружающей среды, погодные условия. Анатомические и нервно-мышечные факторы риска часто связаны с полом и находятся в центре большинства программ по предотвращению травм ПКЗ. Хотя исследования и показали, что программы по предотвращению травм, которые базируются на биомеханике, могут снизить риск разрыва ПКЗ, многие вопросы так и остались без ответов. Необходимо больше исследований, чтобы улучшить наше понимание факторов риска травмы ПКЗ, функционирования программ предотвращения травмы и установления возможности оптимизации клинического применения таких программ.

**Ключевые слова:** передняя крестообразная связка, разрыв, фактор риска, пол, предотвращение, нервно-мышечный.

### **RISK FACTORS OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURIES**

(review of literature)

Zazirnyi I.M.

**Summary.** The relatively high risk of non-contact anterior cruciate ligament rupture (ACL) among athletes was the main impetus to the study of the etiology of the injury. It was determined by a number of risk factors, either external or internal, in relation to the athlete, including neuromuscular, anatomical, hormonal, footwear and surface interactions, the environment, i. e. weather. Anatomical and neuromuscular risk factors are often associated with gender and are in the focus of the majority of the ACL injury prevention programs. Despite researches have found that the biomechanically based injury prevention programs may reduce the risk of ACL injury, many questions remain unanswered. Further researches need to be done to improve understanding of the ACL injury risk factors and of the injury prevention programs, and to discover opportunities to optimize the clinical usage of these programs.

**Key words:** anterior cruciate ligament rupture, risk factors, gender, prevention, neuromuscular.