



VILNIAUS UNIVERSITETAS
MEDICINOS FAKULTETAS

Medicinos studijų programa

Anatomijos, histologijos ir antropologijos katedra, Biomedicinos mokslų institutas

Kotryna Podčasinskytė, VI kursas, 12 grupė

VIENTISŲJŲ STUDIJŲ MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

Priekinio kryžminio raiščio plyšimo paplitimas moterų ir vyrų populiacijose ir anatominių, fiziologinių bei socialinių veiksnių įtaka paplitimui. Literatūros apžvalga

Prevalence of Anterior Cruciate Ligament Rupture in Female and Male Populations and the Influence of Anatomic, Physiological, and Social Factors on Prevalence. Literature Review

Darbo vadovas

Doc. dr. Vytautas Tutkus

Katedros arba Klinikos vadovas

prof. dr. (HP) Janina Tutkuvienė

Vilnius, 2025.

Studento elektroninio pašto adresas: kotryna.podcasinskyte@mf.stud.vu.lt

TURINYS

SANTRUMPOS	3
SANTRAUKA.....	4
SUMMARY.....	6
1. ĮVADAS	8
2. PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO PLYŠIMŲ EPIDEMIOLOGIJA IR SIMPTOMATIKA	9
3. PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO ANATOMIJA IR FUNKCIJA.....	10
4. PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO TRAUMOS MECHANIZMAS	11
5. PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO PLYŠIMO PAPLITIMAS MOTERŲ IR VYRŲ POPULIACIJOSE	13
6. RIZIKOS VEIKSNIAI	15
7. ANATOMINIAI VEIKSNIAI.....	18
8. BIOMECHANINIAI IR NEUROMUSKULINIAI VEIKSNIAI.....	21
9. HORMONINIAI VEIKSNIAI	23
10. SOCIALINIAI VEIKSNIAI.....	26
11. PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO PLYŠIMAI LIETUVOJE	28
12. KOMPLIKACIJOS	30
13. PREVENCIJA	32
14. IŠVADOS	34
LITERATŪROS ŠALTINIAI	35

SANTRUMPOS

KMI – kūno masės indeksas

m – metai

mm – milimetrai

MMP – matricos metaloproteinazės

MRT – magnetinio rezonanso tomografija

pav. – paveikslas

pg/ml – pikogramai mililitre

PKR – priekinis kryžminis raištis

proc. – procentai

SANTRAUKA

1. **Įvadas:** Priekinio kryžminio raiščio plyšimai yra viena dažniausių sportinių traumų, turinčių ilgalaikių pasekmių sportininkų fizinei būklei ir gyvenimo kokybei. Tyrimai rodo, kad moterys tokias traumas patiria dažniau nei vyrai. Šios traumos priežastys gali būti susijusios su anatominiais, fiziologiniais ir socialiniais veiksniais, kurie daro įtaką traumos dažniui ir pasekmėms.
2. **Tikslas:** įvertinti priekinio kryžminio raiščio plyšimų paplitimą vyrų ir moterų populiacijose bei nustatyti veiksnius, turinčius įtakos šių traumų dažniui.
3. **Uždaviniai:**
 - Išnagrinėti priekinio kryžminio raiščio epidemiologiją ir dažnio skirtumus tarp vyrų ir moterų.
 - Išnagrinėti priekinio kryžminio raiščio anatomiją, plyšimo traumos mechanizmą, anatominius, fiziologinius ir socialinius veiksnius, biomechaninių ir neuromuskulinių veiksnių svarbą priekinio kryžminio raiščio traumų patogenezėje.
 - Aptarti komplikacijas ir prevencines priemones, galinčias sumažinti priekinio kryžminio raiščio traumų riziką tarp sportininkų.
4. **Literatūros paieškos strategija ir metodai:** atlikta išsami mokslinės literatūros apžvalga, pasitelkus įvairias duomenų bazines: „Medline“ (PubMed), „Google Scholar“ ir kitas. Straipsnių paieškai naudoti raktiniai žodžiai bei jų deriniai: priekinio kryžminio raiščio plyšimas (*angl. anterior cruciate ligament rupture*), lyčių skirtumai (*angl. gender differences*), biomechanika (*angl. biomechanics*), neuromuskuliniai veiksniai (*angl. neuromuscular factors*), hormoniniai veiksniai (*angl. hormonal factors*), anatominiai skirtumai (*angl. anatomical differences*), socialiniai veiksniai (*angl. social factors*), komplikacijos (*angl. complications*), prevencija (*angl. prevention*). Į analizę įtraukti 1991–2025 metais publikuoti moksliniai straipsniai, kurie atitiko atrankos kriterijus: publikacijos anglų ir lietuvių kalbomis, turima prieiga prie viso teksto, atrinkti straipsniai nagrinėjo aspektus, atitinkančius darbo tikslus ir uždavinius. Iš viso apžvelgti 72 moksliniai straipsniai. Duomenų saugojimui naudota Zotero bibliografijos saugojimo programa.
5. **Rezultatai:** mokslinė literatūra patvirtina, kad priekinio kryžminio raiščio plyšimai dažniau pasitaiko moterims ir tam įtakos turi anatominiai, biomechaniniai, hormoniniai ir socialiniai skirtumai. Moterys dažniau patiria priekinio kryžminio raiščio plyšimus dėl anatominių veiksnių, didesnio kelio valgus kampo, hormoninių svyravimų, mažesnio raumenų jėgos balanso bei silpnesnės neuromuskulinės kontrolės. Prevencinės neuromuskulinės treniruotės,

apimančios dinaminę stabilizaciją, raumenų stiprinimą ir koordinacijos lavinimą, gali reikšmingai sumažinti priekinio kryžminio raiščio traumų riziką.

6. **Išvados:** vyrų ir moterų, priekinio kryžminio raiščio plyšimų dažnis skiriasi ir šiuos skirtumus lemia ne tik biologiniai, bet ir socialiniai bei specifiniai sporto veiksniai. Veiksminga prevencija turėtų būti orientuota į individualius biomechaninius ypatumus ir lyties skirtumus, o ankstyvas biomechaninių sutrikimų nustatymas ir individualizuotos treniruotės gali padėti sumažinti traumų dažnį tiek vyrams, tiek moterims.
7. **Raktažodžiai:** priekinio kryžminio raiščio plyšimas, lyčių skirtumai, biomechanika, neuromuskuliniai veiksniai, hormoniniai veiksniai, anatominiai skirtumai, socialiniai veiksniai, komplikacijos, prevencija.

SUMMARY

1. **Introduction:** Anterior cruciate ligament tears are among the most common sports injuries, with long-term consequences for athletes' physical condition and quality of life. Research indicates that women experience this injury more frequently than men. The causes of anterior cruciate ligament injuries may be linked to anatomical, physiological, and social factors that influence their prevalence and outcomes.
2. **Aim:** To evaluate the prevalence of anterior cruciate ligament injuries in male and female populations and determine the factors influencing the frequency of these injuries.
3. **Objectives:**
 - To evaluate the epidemiology of anterior cruciate ligament injuries and the differences in incidence between males and females.
 - To examine the anatomy of the anterior cruciate ligament, the mechanisms of ligament rupture, and the anatomical, physiological, social, biomechanical, and neuromuscular factors contributing to the pathogenesis of anterior cruciate ligament injuries.
 - To discuss the complications and preventive measures that may reduce the risk of anterior cruciate ligament injuries among athletes.
4. **Literature Search Strategy and Methods:** A comprehensive review of scientific literature was conducted using multiple databases, including „Medline“ (PubMed), „Google Scholar“ and others. The article search was performed using the following keywords and their combinations: anterior cruciate ligament rupture, gender differences, biomechanics, neuromuscular factors, hormonal factors, anatomical differences, social factors, complications, and prevention. The analysis included scientific publications issued between 1991 and 2025 that met the following inclusion criteria: articles written in English or Lithuanian, full-text availability, and content relevant to the objectives and aims of this thesis. In total, 72 scientific articles were reviewed. Zotero reference management software was used to store and organise the literature.
5. **Results:** Scientific literature confirms that anterior cruciate ligament injuries are more common in women due to anatomical, biomechanical, hormonal, and social differences. Women are at a higher risk of anterior cruciate ligament injuries due to anatomical factors, increased knee valgus angles, hormonal fluctuations, lower muscle strength balance, and weaker neuromuscular control. Preventive neuromuscular training programs, incorporating dynamic stabilization, muscle strengthening, and coordination exercises, can significantly reduce anterior cruciate ligament injury risk.

6. **Conclusions:** The prevalence of anterior cruciate ligament injuries differs between men and women, influenced not only by biological but also by social and sport-specific factors. Effective prevention should be tailored to individual biomechanical characteristics and gender differences. Early detection of biomechanical dysfunctions and individualized training programs can help reduce anterior cruciate ligament injury rates in both men and women.
7. **Keywords:** anterior cruciate ligament rupture, sex differences, biomechanics, neuromuscular factors, hormonal factors, anatomical differences, social factors, complications, prevention.

1. ĮVADAS

Sportas ir fizinis aktyvumas yra neatsiejama šiuolaikinės visuomenės gyvenimo dalis, turinti reikšmingą poveikį tiek sveikatai, tiek socialinei gerovei. Profesionaliai ir mėgėjiškai sportuojančių žmonių skaičius nuolat auga, o kartu daugėja ir su fizine veikla susijusių traumų. Viena dažniausių ir sudėtingiausių traumų yra priekinio kryžminio raiščio (PKR) plyšimas, kuris gali turėti ilgalaikių pasekmių sportininko judrumui – patyrus tokią traumą gali prireikti chirurginės intervencijos bei ilgos reabilitacijos.

PKR traumos, ypač tarp moterų, yra viena aktualiausių sporto medicinos problemų. Vien Jungtinėse Amerikos Valstijose ir Kanadoje kasmet užfiksuojama beveik 250 000 PKR traumų. Statistiniai duomenys rodo, kad moterys yra labiau linkusios patirti kelio raiščio plyšimus nei vyrai, ypač sporto šakose, kuriose dominuoja greiti krypties pokyčiai, staigūs stabdymai ir šuoliai, pavyzdžiui, žaidžiant futbolą, krepšinį ar rankinį (1). Taigi kyla klausimas – kokie veiksniai lemia lyčių skirtumus vertinant PKR traumų dažnį ir kokios strategijos gali padėti sumažinti jų riziką?

Moksliniai tyrimai rodo, kad PKR traumų paplitimą lemia kompleksinė veiksnių sąveika – nuo anatominių ir fiziologinių skirtumų iki neuromuskulinių ir socialinių aspektų. Moterų anatominės ypatybės, kaip antai platesnis dubuo, didesnis blauzdikaulio sąnarinio paviršiaus nuolydis ir siauresnė šlaunikaulio tarpkrumplinė įlanka, gali turėti įtakos kelio sąnario stabilumui ir didinti raiščių apkrovą. Taip pat nustatyta, kad raiščių elastingumą veikia hormoniniai pokyčiai menstruacinio ciklo metu – estrogeno lygio svyravimai gali lemti didesnę raiščių lankstumą ir menkesnį sąnarių stabilumą (1,2).

Be anatominių ir fiziologinių veiksnių, PKR traumų rizikai įtakos turi ir neuromuskuliniai veiksniai. Tyrimai rodo, kad moterims būdingas didesnis keturgalvio šlaunies raumens aktyvumas, o vyrai efektyviau naudoja užpakalinius šlaunies raumenis, kurie padeda stabilizuoti kelio sąnarį. Dėl šių skirtumų moterys gali nusileisti iš šuolio su tiesesniu keliu (mažiau sulenkusios kelio sąnarį) ir tai didina sąnario apkrovą ir PKR traumų riziką (2).

Ne mažiau svarbūs ir socialiniai veiksniai. Didėjantis moterų įsitraukimas į profesionalų sportą lėmė ne tik teigiamus pokyčius lyčių lygybės srityje, bet ir dažnesnes sportines traumas. Noras pasiekti sporto aukštumų ir didėjantis treniruočių intensyvumas reiškia papildomą krūvį sportininkų organizmui, o netinkama prevencinė strategija gali didinti traumų riziką. Be to, lyčių nelygybė sporte daro įtaką ne tik galimybėms siekti aukštų rezultatų, bet ir traumų prevencijai – netolygus išteklių paskirstymas, skirtingas finansavimas ir ribotos galimybės reabilitacijos srityje gali didinti moterų sportinių traumų riziką (3).

Atsižvelgiant į šiuos aspektus, svarbu išsamiai išanalizuoti PKR traumų dažnį tarp vyrų ir moterų bei jiems įtaką darančius veiksniai.

Šios literatūros apžvalgos tikslas ir uždaviniai – išnagrinėti naujus mokslinius duomenis apie PKR traumų paplitimą tarp vyrų ir moterų, jų anatomines, fiziologines ir socialines priežastis ir galimas prevencines priemones, kurios padėtų efektyviau mažinti šių traumų riziką tarp sportininkų.

Literatūros paieškos strategija ir metodai: atlikta išsami mokslinės literatūros apžvalga, pasitelkus įvairias duomenų bazines: „Medline“ (PubMed), „Google Scholar“ ir kitas. Straipsnių paieškai naudoti raktiniai žodžiai bei jų deriniai: priekinio kryžminio raiščio plyšimas (angl. *anterior cruciate ligament rupture*), lyčių skirtumai (angl. *gender differences*), biomechanika (angl. *biomechanics*), neuromuskuliniai veiksniai (angl. *neuromuscular factors*), hormoniniai veiksniai (angl. *hormonal factors*), anatominiai skirtumai (angl. *anatomical differences*), socialiniai veiksniai (angl. *social factors*), komplikacijos (angl. *complications*), prevencija (angl. *prevention*). Į analizę įtraukti 1991–2025 metais publikuoti moksliniai straipsniai, kurie atitiko atrankos kriterijus: publikacijos anglų ir lietuvių kalbomis, turima prieiga prie viso teksto, atrinkti straipsniai nagrinėjo aspektus, atitinkančius darbo tikslus ir uždavinius. Iš viso apžvelgti 72 moksliniai straipsniai. Duomenų saugojimui naudota *Zotero* bibliografijos saugojimo programa.

2. PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO PLYŠIMŲ EPIDEMIOLOGIJA IR SIMPTOMATIKA

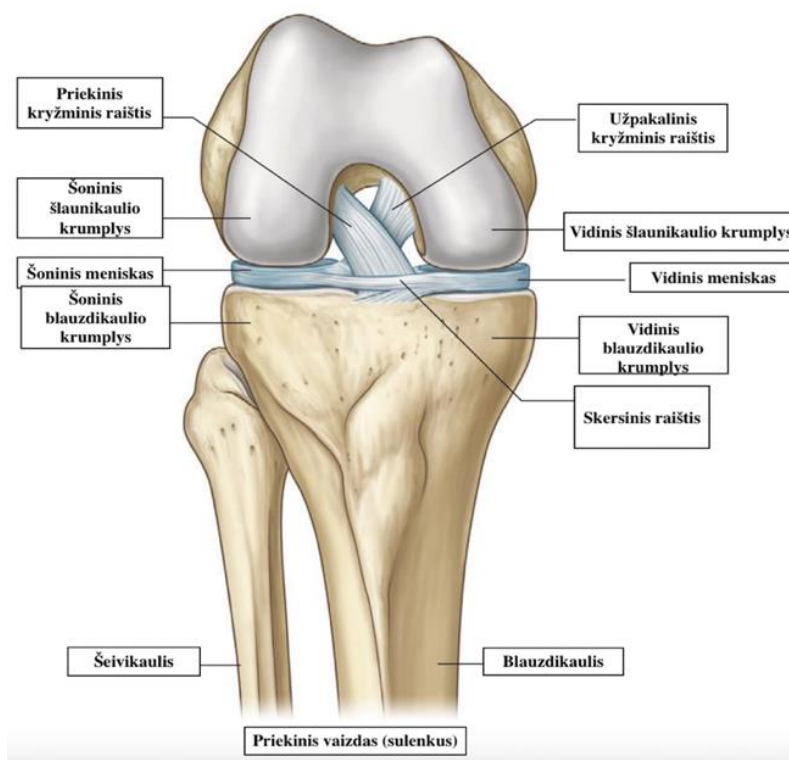
PKR yra viena dažniausiai pažeidžiamų kelio sąnario struktūrų, ypač aktyviai sportuojantiems asmenims. Jungtinėse Amerikos Valstijose kasmet užregistruojama nuo 100 000 iki 200 000 PKR plyšimų, o visame pasaulyje su šia trauma susiduria 1 iš 3 500 žmonių. Vis dėlto, realus atvejų skaičius gali būti didesnis, nes ne visi sužeidimai yra diagnozuojami ar fiksuojami medicininėse duomenų bazėse. Pastaraisiais metais PKR plyšimų dažnis augo visose amžiaus grupėse, ypač tarp jaunų sportininkų, užsiimančių tokiomis sporto šakomis kaip futbolas, krepšinis ir slidinėjimas (4). Australijoje 2000–2015 m. PKR rekonstrukcijų dažnis augo visose amžiaus grupėse, ypač tarp 5–14 metų amžiaus vaikų. Šios šalies rodiklis (77,4 atvejo 100 000 gyventojų) yra didžiausias pasaulyje ir lenkia kitas išsivysčiusias pasaulio šalis (5).

PKR traumą patyręs žmogus dažniausiai jaučia stiprų skausmą, kelio sąnario patinimą ir judesių amplitudės sumažėjimą, taip pat jam gali būti sunku išlaikyti svorį ant pažeistos kojos. Patyrus traumą neretai jaučiamas ar girdimas specifinis spragtelėjimas arba pokštelėjimas, kuris gali būti pirmasis raiščio plyšimo požymis. Be to, maždaug 65 proc. vaikų ir paauglių sportininkų, kuriems po traumos susiformuoja hemartrozė, diagnozuojamas PKR plyšimas. Pacientai, kuriems būdingas lėtinis PKR pažeidimas, dažnai susiduria su pasikartojančiais kelio sąnario patinimais bei nestabilumo jausmu. Tokiais atvejais kelio sąnarys tampa nepatikimas ir gali neatlaikyti staigių

judesių, tokių kaip posūčiai, sukinėjimasis ar šuoliai sportuojant, o tai riboja kasdienį aktyvumą ir mažina sportines galimybes (6).

3. PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO ANATOMIJA IR FUNKCIJA

PKR yra viena svarbiausių kelio sąnario stabilumą užtikrinančių struktūrų. Tai plokščios juostos formos raištis, esantis kelio viduje ir jungiantis šlaunikaulį su blauzdikauliu. PKR prasideda vidinėje šoninio šlaunikaulio krumplyje ir tvirtinasi prie blauzdikaulio tarpkrumplinės pakylės centro (*eminentia intercondylaris*), netoli šoninio menisko priekinio rago (1 pav.) (7).



1 pav. Kelio sąnario raiščiai, priekinis vaizdas sulenkus (8). Paveiksle pateiktas tekstas išverstas iš anglų kalbos.

PKR sudarytas iš dviejų funkcinų dalių: anteromedialinės ir posterolateralinės. Šios dalys atlieka skirtingas funkcijas, kurios priklauso nuo kelio sąnario lenkimo kampo:

- Anteromedialinė dalis yra aktyviausia, kai kelio sąnario lenkimo kampas yra didesnis ir padeda kontroliuoti blauzdikaulio poslinkį į priekį.
- Posterolateralinė dalis yra svarbesnė esant beveik tiesiam kelio sąnariui ir padeda išlaikyti sąnario stabilumą tiesioje padėtyje.

Šios dvi dalys veikia sinchroniškai, užtikrindamos sklandų kelio sąnario funkcionavimą skirtinguose judesių diapazonuose (7).

Tačiau naujausi anatomiciniai tyrimai, atlikti su mirusių žmonių kelio sąnariais, kelia abejonių dėl aiškos šių pluoštų atskirties. Remiantis lenkų mokslininko Roberto Śmigielksio ir jo kolegų tyrimu, PKR vidurinės dalies skaidulos prie šlaunikaulio prisitvirtinimo vietos sudaro vientisą, plokščią struktūrą, primenančią kaspiną, be aiškaus pasidalinimo į anteromedialinį ir posterolateralinį pluoštus. Šie duomenys gali keisti požiūrį į PKR rekonstrukcijos metodus. Tradiciškai manyta, kad PKR susideda iš dviejų atskirų pluoštų, todėl dažnai buvo taikoma dvigubo pluošto rekonstrukcija. Tačiau nauji tyrimai rodo, kad raiščio pasidalijimas į du pluoštus gali būti tik optinė iliuzija, susidaranti dėl jo natūralaus sukimosi lenkiant kelį. Dėl šios priežasties kai kurie mokslininkai siūlo vietoje dviejų pluoštų atkūrimo naudoti metodą, kurį taikant būtų atkartojama natūrali, plokščios formos PKR struktūra (9).

PKR šlaunikaulinė tvirtinimosi vieta yra ovalo formos, jos ilgis siekia apie 18 mm, o plotis – 11 mm. Blauzdikaulinė tvirtinimosi vieta yra C raidės formos, jos plotis svyruoja nuo 11 mm. iki 17 mm, o storis siekia apie 3 mm.

PKR sudarytas iš kolageno skaidulų, kurios jam suteikia tvirtumo ir elastingumo. Be to, jame gausu mechanoreceptorių, atsakingų už sąnario propriocepciją. Tai itin svarbu koordinuotiems judesiams ir kelio stabilumui palaikyti (7). Raištį kraujui aprūpina vidinės genikulinės arterijos šakos, o nerviniai impulsai perduodami per užpakalinį sąnarinį nervą, kuris atsišakoja nuo blauzdinio nervo (4).

Pagrindinė PKR funkcija – kontroliuoti blauzdikaulio judėjimą į priekį ir riboti pernelyg didelę vidinę rotaciją. Tai ypač svarbu atliekant staigius krypties keitimus, stabdymo ir sukamųjų judesių metu, kurie dažnai pasitaiko sportuojant (7).

Taigi PKR yra sudėtinga anatomicinė struktūra, kurios funkcija apima ne tik pasyvią kelio sąnario stabilizaciją, bet ir aktyvų propriocepcinį atsaką. Dėl biomechaninių savybių jis gali prisitaikyti prie skirtingų apkrovų, tačiau kartu tampa pažeidžiamas, ypač sportuojant. Suprasti PKR anatomiją ir funkciją labai svarbu ne tik gydant šio raiščio sužalojimus, bet ir kuriant veiksmingas prevencijos strategijas.

4. PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO TRAUMOS MECHANIZMAS

PKR traumos yra vienos dažniausiai pasitaikančių kelio sąnario traumų, ypač jauniems sportininkams (10). Šios traumos gali įvykti tiek dėl didelės energijos poveikio (pvz., automobilių avarijos, slidinėjimo kalnuose), tiek dėl mažos energijos sužalojimų, dažniausiai pasitaikančių sportuojant. Pastarieji dažniausiai yra nekontaktiniai, tai yra įvyksta be tiesioginio smūgio į kelį, ir sudaro apie 70 proc. visų PKR plyšimų (4).

Moksliniai tyrimai rodo, kad PKR traumos dažniausiai įvyksta atliekant tam tikrus biomechanškai sudėtingus judesius: staigiai stabdant, greitai keičiant kryptį, atliekant sukamuosius judesius, nusileidus po šuolio. Atliekant šiuos judesius kelio sąnarys yra veikiamas rotacinių jėgų, dėl kurių kelis pakrypsta į vidų (valgus padėtis), o blauzdikaulis pasistumia į priekį šlaunikaulio atžvilgiu. Toks traumos mechanizmas yra labiau būdingas moterims ir gali būti, kad dėl to moterys turi didesnę polinkį patirti PKR traumas (10).

Kelio sąnarys yra didžiausias žmogaus kūno sąnarys, priskiriamas dviašiams krumpliniams sąnariams, tačiau dėl sudėtingos raiščių ir minkštųjų audinių struktūros jis turi tam tikrų ypatumų. Pagrindiniai judesiai vyksta sagitalinėje plokštumoje (lenkimas ir tiesimas), o sulenkto kelio padėtyje galimas ir ribotas sukamasis judesys transversalioje plokštumoje. Frontalinėje plokštumoje fiziologinio judesio nėra, tačiau tam tikros kelio sąnario padėtyse, pavyzdžiui, valgus ar varus, gali atsirasti veikiant išorinėms jėgoms – tai yra, kai sąnariui tenka papildoma šoninė apkrova, pavyzdžiui, staigiai keičiant kryptį ar patiriant kontaktinį smūgį (11,12).

Nors kelio sąnario judesiai daugiausia atliekami sagitalinėje plokštumoje, PKR sužalojimai dažniausiai įvyksta esant sudėtingai, daugiaplanei sąnario apkrovai, kai vienu metu sąnarį veikia kelios biomechaninės jėgos. Atliekant traumų analizę pasitelkus vaizdo įrašus, nustatyta, kad PKR plyšimo metu dažnai stebima:

- Kelio valgus padėtis (kelio sąnario įlinkimas į vidų, kai šlaunikaulis ir blauzdikaulis sudaro X raidės formą);
- Vidinė blauzdikaulio rotacija (blauzdikaulio pasisukimas į vidų šlaunikaulio atžvilgiu, kuris gali padidinti raiščio apkrovą);
- Nepakankamas kelio lenkimo kampas nusileidimo metu (nusileidus po šuolio arba staigiai stabdant, kelis išlieka per tiesus, todėl didelė jėga tenka PKR);
- Liemens posvyris į šoną (kūnas krypsta į vieną pusę, o kelio sąnariui tenka didesnė apkrova, ypač kai pėda fiksuota ant žemės);
- Pėdos kontaktas su plokščiu paviršiumi (nusileidimo metu pėda nėra pakankamai stabilizuota, todėl smūgio jėga prasčiau absorbuojama, o kelio sąnariui tenka didesnė apkrova).

Taip pat pastebėta, kad vyrų ir moterų PKR plyšimo mechanizmai skiriasi – moterys dažniau patiria kelio valgus padėtį kartu su vidine blauzdikaulio rotacija, o vyrams šio raiščio trauma dažniau įvyksta staiga keičiant judėjimo kryptį. Nors šie mechanizmai buvo patvirtinti analizuojant traumų vaizdo įrašus, šis metodas turi trūkumų – sudėtinga tiksliai nustatyti akimirką, kai įvyksta PKR plyšimas, bei atkurti trimačius kelio sąnario judesius. Todėl siekiant geriau suprasti vyrų ir moterų PKR plyšimo mechanizmus bei jų skirtumus, reikia atlikti papildomus biomechaninius tyrimus (12).

Vienas iš būdų išsamiau analizuoti PKR traumos mechanizmą yra kaulų kontūzijų tyrimai. Tokie kaulų pažeidimai dažnai aptinkami tiek šlaunikaukyje, tiek blauzdikaukyje ir gali suteikti naudingos informacijos apie kelio sąnario padėtį plyšimo metu. Šie sumušimai atpažįstami kaip padidėjęs signalo intensyvumas T2 svertiniuose magnetinio rezonanso tomografijos (MRT) vaizduose. Manoma, kad tokie pakitimai aptinkami dėl struktūrinių kaulinio audinio pažeidimų, kurie atsiranda dėl sąnario paviršių susidūrimo traumos metu. Magnetinio rezonanso tomografijos tyrimai rodo, kad didesnis blauzdikaulio poslinkis į priekį ir valgus padėtis yra susiję su didesne PKR plyšimo rizika. Taip pat lyginant vyrų ir moterų kaulų kontūzijų vietas, reikšmingų skirtumų nepastebėta, tačiau šiuo metu trūksta duomenų apie abiejų lyčių kelio sąnario padėties skirtumus. Skaitmeninio modeliavimo metodai leido nustatyti, kad nusileidimas ant ištiesto kelio yra viena didžiausių PKR plyšimo priežasčių tiek vyrams, tiek moterims (13).

Daugumoje šiuo metu taikomų prevencijos programų daugiausia dėmesio skiriama nekontaktiniams sužalojimams ir siekiui išmokyti sportininkus tinkamų judesių, tokių kaip teisinga nusileidimo po šuolio technika. Tačiau svarbu suprasti, kad PKR traumos gali būti ir kontaktinės:

- Tiesioginės kontaktinės traumos, kai kelis patiria tiesioginį smūgį.
- Netiesioginės kontaktinės traumos, kai kelio sužalojimą lemia smūgis ar apkrova kitai kūno daliai.

Tyrimai rodo, kad tarp vyrų ir moterų kontaktinių PKR traumų yra skirtumų: futbolininkės dažniau patiria netiesiogines kontaktines traumas (pvz., po susidūrimo praradusios pusiausvyrą), futbolininkai vyrai dažniau patiria tiesiogines kontaktines traumas (pvz., dėl agresyvesnės žaidimo taktikos), tinklininkai, rankininkai ir krepšininkai dažniausiai patiria nekontaktinius sužalojimus, ypač nusileisdami po šuolio (14).

Apibendrinant, PKR traumos dažniausiai įvyksta atliekant biomechanškai sudėtingus judesius, tokius kaip staigus stabdymas, krypties keitimas ar nusileidimas po šuolio. Dėl biomechaninių ypatumų PKR plyšimus dažniau patiria moterys. Tyrimai rodo, kad traumos metu kelio sąnarys pakrypsta į valgus padėtį, blauzdikaulis pasislenka į priekį, o nepakankamas kelio lenkimas nusileidimo metu didina raiščio apkrovą. Nors dauguma tyrimų remiasi vaizdo analize ir kaulų kontūzijų tyrimais, siekiant geriau suprasti vyrų ir moterų PKR plyšimo mechanizmų skirtumus bei optimizuoti prevencines programas, būtina atlikti daugiau mokslinių studijų.

5. PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO PLYŠIMO PAPLITIMAS MOTERŲ IR VYRŲ POPULIACIJOSE

PKR traumos yra viena dažniausių ir labiausiai tyrinėjamų sportinių traumų. Tyrimai rodo, kad moterys patiria PKR plyšimus nuo dviejų iki aštuonių kartų dažniau nei vyrai, nepriklausomai nuo sporto šakos. Kadangi visame pasaulyje sportuojančių moterų skaičius didėja, prognozuojama, kad ateityje PKR traumų skaičius dar labiau augs. Šią tendenciją skatina ir lygybės sporte siekiančios pasaulinės iniciatyvos, bei nacionalinės finansavimo programos, skatinančios moterų įsitraukimą į sportinę veiklą.

Svarbu paminėti, kad moterys sportininkės po PKR traumos į sportą sugrįžta daug rečiau ir turi didesnę pakartotinių traumų riziką nei vyrai. Šis reiškinys siejamas su anatominiiais, fiziologiniais ir biomechaniniais skirtumais – moterų kelio sąnario struktūra, raumenų jėga ir hormoniniai veiksniai prisideda prie didesnio raiščių pažeidžiamumo. Be to, moterų treniruočių programose gali būti mažiau dėmesio skiriama specifiniams traumų prevencijos metodams (15).

Atlikta apžvalga, kurios tikslas buvo nustatyti, kuriose sporto šakose labiausiai skiriasi traumų dažnis tarp lyčių. Tyrimai patvirtino, kad traumų pobūdis priklauso nuo lyties ir dažniausiai yra nulemtas daugelio veiksnių sąveikos, o ne vienos priežasties. Naujausi tyrimai parodė, kad biologinė lytis sąveikauja su socialiniais ir aplinkos veiksniais, kurie visi turi įtakos traumų rizikai. Tyrimuose nustatyta, kad moterys sportininkės dažniau patiria apatinių galūnių, ypač kelio ir čiurnos, traumas, o vyrai – užpakalinių šlaunies raumenų, klubų ir kirkšnių traumas. Moterų didesnė traumų rizika siejama su hormoniniais pokyčiais, mažesne raumenų jėga ir neuromuskulinės kontrolės skirtumais, kurie tampa ryškesni po brendimo. Vyrams didesnis traumų dažnis siejamas su didėjančiu fiziniu aktyvumu, intensyvesne treniruočių bei varžybų apkrova. Neuromuskulinės treniruotės, ypač paauglystėje, gali padėti sumažinti traumų riziką abiem lytims (16).

PKR plyšimai dažniausiai pasitaiko sporto šakose, kuriose vyrauja staigūs krypties keitimai, šuoliai ir greiti tempo pokyčiai, tokiose kaip futbolas ir krepšinis. Pasak literatūros, dauguma sportininkų šio raiščio traumas patiria nekontaktiniu būdu (70 proc.) – kontaktinės tokio pobūdžio traumos sudaro tik 30 proc. (17). Tyrimai rodo, kad moterims, nepriklausomai nuo sporto šakos ar varžybų lygio, rizika patirti nekontaktinį PKR plyšimą yra 2,1 karto didesnė nei vyrams (18).

PKR traumų požiūriu, futbolas ir krepšinis ir yra vienos pavojingiausių sporto šakų, ypač moterims. Tyrimai rodo, kad, nepaisant prevencinių programų, moterys krepšininkės šias traumas patiria 3,5 karto, o futbolininkės – 2,5 karto dažniau nei vyrai (19). Moteriškos lyties universiteto futbolo ar krepšinio žaidėjų PKR traumos rizika per metus siekia 4,4–5 proc., palyginti su 1,7 proc. vyrų rizika (17). Futbolą žaidžiantys berniukai yra 4 kartus labiau linkę patirti šio raiščio traumą nei tie, kurie užsiima kita sporto šaka. Taip pat ir merginos, kurios žaidžia futbolą bei krepšinį, turi beveik 4 kartus didesnę tikimybę patirti PKR traumą nei žaisdamos tinklinį ar mažąjį beisbolą (20). Tyrimai rodo, kad paauglių futbolininkų PKR dažnis siekia 1,08 proc., o amerikietiško futbolo žaidėjų –

0,82 proc. Su intensyviomis treniruotėmis ir sporto specializacija susijusios sporto šakos dar labiau padidina traumų tikimybę (21).

Profesionaliame moterų tinklinyje PKR plyšimo dažnis yra mažesnis nei kontaktinėse sporto šakose, tačiau vis tiek reikšmingas. Tyrimai parodė, kad 61,7 proc. PKR traumų tinklinyje įvyksta nusileidžiant po šuolio, dažniausiai atliekant atakas ir blokuojant smūgius (22).

Žiemos sporto šakose, ypač slidinėjime ir šuoliuose su slidėmis, moterims PKR plyšimai taip pat yra viena dažniausių traumų. Tyrimai parodė, kad Austrijos kalnų slidininkėms rizika patirti šio raiščio traumą yra 1,65 karto didesnė nei vyrams. Tokio tipo traumas sukelia didelis greitis ir dinamiški judesiai, staigūs rotaciniai nusileidimai ir krypties keitimai, kelio sąnariui tenkanti didelė apkrova stabdant ar keičiant judėjimo trajektoriją (23).

Kariuomenėje PKR traumų rizika yra itin aktuali dėl kasdinių intensyvių fizinių veiklų. Tyrimai parodė, kad JAV karių PKR traumų dažnis yra 3,09/1 000 vyrų ir 2,29/1 000 moterų. Nepaisant mažesnio absoliutaus moterų patiriamų traumų dažnio, santykinė joms kylanti rizika yra didesnė, nes moterys karės dažniau patiria traumas dėl prastesnio fizinio pasirengimo, jų treniruočių programos gali būti mažiau intensyvios nei vyrų, o kliūčių ruožai, šuoliai ir didelio krūvio pratimai didina traumų tikimybę. Šie skirtumai pabrėžia prevencinių priemonių svarbą kariuomenėje (24).

Taigi moterys PKR traumas patiria dažniau nei vyrai, ypač žaisdamos futbolą ir krepšinį – tai yra užsiimamos veikla, kur joms kylanti tokios traumos rizika yra kelis kartus didesnė. Šios traumos dažniausiai įvyksta dėl staigių judesių pokyčių, šuolių ir nekontaktinių mechanizmų, o jų dažnis išlieka aukštas nepaisant prevencinių priemonių. Be to, didelė PKR traumų rizika pastebima ir kitose sporto šakose, tokiose kaip tinklinis, slidinėjimas bei intensyviose fizinėse veiklose, pavyzdžiui, kariuomenėje.

6. RIZIKOS VEIKSNIAI

PKR plyšimo rizika priklauso nuo daugybės tarpusavyje sąveikaujančių veiksnių – nuo individualios anatomijos ir fiziologijos iki išorinių aplinkos sąlygų. Nors kai kurie iš šių veiksnių yra neišvengiami, daugelis gali būti koreguojami, todėl tiek užtikrinant traumų prevenciją, tiek gerinant sportininkų rezultatus, labai svarbu juos gerai suprasti.

PKR traumas lemiantys rizikos veiksniai yra kompleksiniai ir apima tiek vidinius, tiek išorinius faktorius, kurie gali skirtis, priklausomai nuo lyties. Nors tam tikri veiksniai veikia abiejų lyčių sportininkus, daugelis yra unikalūs arba labiau išreikšti vienai lyčiai.

PKR traumos neigiamai veikia sportininkų karjerą ir kasdienį gyvenimą. Profesionalams jos gali reikšti ilgalaikę reabilitaciją, o mėgėjams – papildomą finansinę naštą, nes gydymo ir

reabilitacijos išlaidos retai kompensuojamos. Dėl šių priežasčių PKR traumų prevencija tampa itin svarbi, o tam būtina gerai suprasti jų rizikos veiksnius (10).

Rizikos veiksniai skirstomi į vidinius (individualūs biologiniai ir fiziologiniai aspektai) bei išorinius (aplinkos ir socialiniai veiksniai). Vidiniai veiksniai gali būti modifikuojami (pvz., raumenų jėga, judesių mechanika) ir nemodifikuojami (pvz., anatomija, genetika, hormonų pokyčiai). Išoriniai veiksniai apima sporto aplinką, treniruočių metodikas, dangos paviršių ir oro sąlygas.

Dauguma tyrimų orientuojasi į vidinius veiksnius, o aplinkos veiksnių svarba dažnai yra nepakankamai įvertinama. Šie veiksniai yra modifikuojami, todėl juos galima keisti siekiant sumažinti traumų tikimybę. Pagrindiniams išoriniams rizikos veiksniams priskiriami:

1. Oro sąlygos – slidus arba šlapias paviršius gali padidinti traumų riziką.
2. Žaidybinės situacijos – netikėti, greitai besikeičiantys judesiai didina PKR plyšimų riziką.
3. Aikštės danga – kietas, nelygus ar netinkamas paviršius gali papildomai apkrauti sąnarius.
4. Avalynė – netinkama sportinė avalinė gali turėti įtakos judesių stabilumui ir pėdos padėčiai.
5. Naudojama įranga, įskaitant kelio įtvarus ar kitas apsaugas.
6. Trenerių pasiruošimas ir treniruočių kokybė – netinkamas fizinis pasirengimas ar techninių įgūdžių trūkumas gali lemti didesnę traumų tikimybę.

Tačiau išoriniai veiksniai apima ne tik fizinę aplinką – vis dažniau akcentuojama ir socialinė bei kultūrinė aplinka, ypač kalbant apie lyčių skirtumus. Moterų PKR traumų rizika dažnai siejama su biologiniais veiksniais, bet svarbų vaidmenį atlieka ir socialiniai aspektai – menkesnės galimybės sportuoti, silpnesnis paruošimas, lyčių stereotipai. Šios sąlygos tiesiogiai veikia traumų tikimybę, todėl svarbu keisti ne tik sportininkų kūną, bet ir pačią aplinką (25).

Vidiniai rizikos veiksniai yra skirstomi į modifikuojamus ir nemodifikuojamus rizikos veiksnius. Modifikuojami vidiniai rizikos veiksniai:

1. Raumenų disbalansas – silpnesni užpakaliniai šlaunies raumenys, palyginti su keturgalviu šlaunies raumeniu, padidina kelio sąnario apkrovą ir traumų riziką, ypač moterims.
2. Kūno laikysenos kontrolė – silpni liemens ir dubens raumenys gali lemti netaisyklingą kūno padėtį ir judesių koordinacijos sutrikimus, dėl kurių padidėja kelio sąnario apkrova ir PKR traumos rizika.
3. Judesių kontrolė – kelio sąnario valgus padėtis nusileidimo metu padidina kelio sąnario apkrovą ir lemia didesnę traumų riziką, ypač moterims.
4. Raumenų nuovargis – esant užpakalinių šlaunies raumenų nuovargiui, jie nebegali efektyviai stabilizuoti kelio sąnario, todėl padidėja kelio apkrova, sutrinka judesių kontrolė ir išauga PKR traumos rizika (26).
5. Kūno masės indeksas (KMI) – padidėjęs KMI, tiek vyrams, tiek moterims, yra susijęs su didesniu kelio traumų dažniu. Tyrimai rodo, kad net 70,2 proc. pacientų su PKR trauma turėjo

antsvorį arba buvo nutukę. Nutukimas, kaip rimta visuomenės sveikatos problema, reikšmingai padidina kelio traumų riziką. Šie duomenys rodo, kad KMI yra modifikuojamas rizikos veiksnys, į kurį reikėtų atsižvelgti prevencijos programose, siekiant sumažinti PKR traumų paplitimą tarp sportininkų (27).

Nemodifikuojami vidiniai rizikos veiksniai – tai tam tikri individualios biologijos nulemti anatominiai, genetiniai ir fiziologiniai aspektai, kurių negalima tiesiogiai paveikti.

Nemodifikuojami vidiniai rizikos veiksniai:

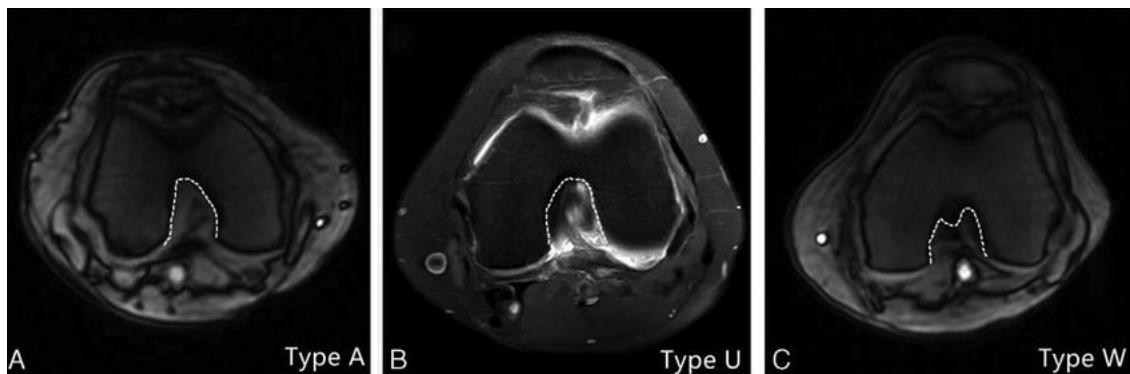
1. Anatominiai veiksniai – moterims dažniau pasitaikančios PKR traumos gali būti siejamos su siauresne tarpkrumpline įlanka ir didesniu blauzdikaulio sąnarinio paviršiaus nuolydžiu. Šios anatomicinės ypatybės gali turėti įtakos kelio sąnario mechaniniam nestabilumui.
2. Genetiniai veiksniai – tam tikros kolageno genų (COL1A1, COL12A1) mutacijos gali būti susijusios su silpnesniais raiščiais ir didesne traumų rizika. Tyrimai rodo, kad genetiniai veiksniai gali turėti įtakos raiščių struktūrai ir jų atsparumui apkrovoms.
3. Hormoniniai pokyčiai – dėl hormoninių pokyčių, galinčių paveikti raiščių biomechanines savybes ir sumažinti jų atsparumą apkrovoms, menstruacinio ciklo preovuliacinė fazė yra susijusi su didesne PKR traumų rizika (26,28).
4. Amžius – reikšmingas PKR traumų rizikos veiksnys, ypač sporte. Jauni sportininkai (15–30 metų) dažniau patiria šio raiščio plyšimus, nes dažniau užsiima sporto šakomis, kurios reikalauja intensyvių judesių, kaip antai staigus krypties keitimas, šokinėjimas ar greitas stabdymas (29). Retrospektyvus tyrimas, kuriame buvo analizuojami 129 vaikų iki 12 metų duomenys, parodė, kad berniukai PKR traumas patiria beveik dvigubai dažniau nei mergaitės (85 atvejai, palyginti su 44; santykis 1,93:1) (1). Atliekant PKR traumų paplitimo analizę tarp sportininkų paauglių, nustatyta, kad brendimo laikotarpiu (12–16 metų) merginų PKR traumų dažnis tampa didesnis nei berniukų. Tai siejama su anatominiais ir biomechaniniais pokyčiais, kurie atsiranda brendimo laikotarpiu – dėl hormoninių pokyčių mažėja raumenų jėga ir sąnarių stabilumas, taip pat silpnėja kūno masės centro kontrolė, dėl to didėja sąnarių apkrova ir gali išaugti traumų rizika (21). Vis dėlto 17–19 metų amžiaus grupėje PKR traumų dažnis vyrams tampa didesnis nei moterims ir tai gali būti susiję su tuo, kad po brendimo dalis merginų nustoja aktyviai sportuoti, o vyrų sportinis aktyvumas išlieka aukštas (30). Vyresnio amžiaus sportininkai (> 30 metų) dažniau patiria traumas dėl degeneracinių sąnarių pokyčių ir ilgametės mechaninės apkrovos. Šiose amžiaus grupėse taip pat stebimas raumenų jėgos ir lankstumo mažėjimas, dėl to sąnarys gali tapti mažiau stabilus ir padidėti raiščių traumų rizika. Toks amžiaus skirtumas tarp traumų mechanizmų rodo, kad, siekiant sumažinti PKR traumų tikimybę ir užtikrinti sąnario stabilumą ilgalaikėje perspektyvoje, prevencinės priemonės turėtų būti taikomos atsižvelgiant į sportininko amžių (29).

Apibendrinant, PKR traumų rizikos veiksniai yra ne tik individualūs, bet ir labai priklauso nuo aplinkos, socialinių normų bei treniruočių sąlygų. Todėl norint veiksmingai sumažinti traumų riziką, būtina atsižvelgti tiek į modifikuojamus fiziologinius veiksnius, kaip antai KMI, tiek į socialinius ir aplinkos veiksnius, kurie gali turėti netiesioginės įtakos sportininkų pasirengimui ir traumų rizikai. Žinios apie PKR rizikos veiksnius svarbios ne tik prevencijai, bet ir chirurginių strategijų parinkimui bei gydymo planavimui.

7. ANATOMINIAI VEIKSNIAI

Kelio sąnario stabilumas priklauso nuo daugelio anatominių veiksnių, kurių skirtumai tarp vyrų ir moterų gali turėti įtakos PKR plyšimo rizikai. Vertinant PKR turį, skerspjūvio plotą ir ilgį, moterų PKR paprastai yra mažesnis nei vyrų, net atsižvelgiant į kūno dydžio proporcijas ar kelio sąnario matmenis, pavyzdžiui, šlaunikaulio krumplių plotį (31). Tyrimai rodo, kad įvairūs anatominiai kelio sąnario ir aplinkinių struktūrų skirtumai gali reikšmingai prisidėti prie didesnės moterų sportininkų PKR traumų rizikos.

Vienas iš reikšmingiausių anatominių rizikos veiksnių yra tarpkrumplinės įlankos plotis. Tyrimai rodo, kad siauresnė tarpkrumplinė įlanka, kai tarpkrumplinės įlankos pločio indeksas (tai santykis tarp tarpkrumplinės įlankos pločio ir viso šlaunikaulio krumplių pločio) yra mažesnis nei 0,252, yra susijusi su didesne PKR plyšimo rizika, nes siauresnė įlanka padidina raiščio suspaudimo ir sužalojimo riziką (32). Tarpkrumplinė įlanka gali būti skirtingų formų, kurios skirstomos į tris pagrindinius tipus: A, U ir W (2 pav.). U formos įlanka yra platesnė, su apvalesne viršutine dalimi, todėl labiau tinka atlikti dvigubo pluošto PKR rekonstrukciją. W formos įlanka išsiskiria dviem aiškiai matomais viršūniniais taškais ir forma yra panaši į dvišlaitį stogą. Ypač pavojinga yra A tipo tarpkrumplinė įlanka, kuri yra trikampio formos ir labiau suspaudžia raištį. Šios formos įlanka yra siaura ir smailėjanti į viršų – tokia forma dažniau pasitaiko moterims. Šie formos skirtumai gali turėti įtakos tiek PKR traumų rizikai, tiek chirurginio gydymo technikos pasirinkimui (33). Nors šis veiksnys yra svarbus abiem lytims, kai kuriuose tyrimuose nustatyta, kad moterys dažniau turi siauresnę tarpkrumplinę įlanką, todėl gali dažniau patirti tokią traumą (32). Manoma, kad siauresnė tarpkrumplinė įlanka gali lemti raiščio suspaudimą į įlankos šonus, ypač atliekant intensyviuos sportinius judesius. Todėl sportininkams su siaura tarpkrumpline įlanka rekomenduojama ne tik stebėti abiejų kelio sąnarių būklę, bet ir taikyti individualizuotas prevencijos programas, kurios padėtų sumažinti traumų riziką (34).



2 pav. Tarpkrumplinės įlankos formų tipai remiantis ašine MRT projekcija: **(A)** A formos įlanka – siaura, smailėjanti viršūnė, primenanti raidę „A“; **(B)** U formos įlanka – plati ir bukesnė viršūnė, panaši į apverstą raidę „U“; **(C)** W formos įlanka – dvi aiškiai išreikštos viršūnės, primenančios apverstą raidę „W“ (35).

Blauzdikaulio sąvarinio paviršiaus nuolydis yra vienas iš anatominių veiksnių, galinčių turėti įtakos PKR traumų rizikai. Jis atspindi sąvarinės plokštumos pasvirimo kampą, kuris veikia kelio sąvario stabilumą ir biomechanines apkrovas. Tyrimai rodo, kad didesnis sąvarinio paviršiaus nuolydis ($> 7,5^\circ$) padidina PKR plyšimo riziką. Kai blauzdikaulio sąvarinio paviršiaus nuolydis yra didesnis, blauzdikaulis linkęs labiau slinkti į priekį šlaunikaulio atžvilgiu. Dėl to kelio sąvariui tenka didesnė apkrova, o PKR turi kompensuoti šį judesį, kad stabilizuotų kelio sąvarį. Dėl nuolatinės ar staigios perkrovos raištis gali persitempti ir plyšti (32). Tam tikrų tyrimų duomenimis, moterų blauzdikaulio sąvarinio paviršiaus nuolydis vidutiniškai yra didesnis nei vyrų ir tai gali būti vienas iš veiksnių, didinančių PKR traumų riziką (36). Tačiau tyrimų rezultatai dėl šio veiksnio poveikio nėra vienareikšmiai. Nors kai kurie duomenys rodo, kad moterims būdingas didesnis blauzdikaulio sąvarinio paviršiaus nuolydis gali prisidėti prie didesnės PKR traumų rizikos, ši sąsaja yra diskutuotina.

Trečias reikšmingas anatomicinis rizikos veiksnys yra šlaunikaulio β kampas, nustatomas pagal kampą tarp Blumensaato linijos ir šlaunikaulio išilginės ašies (3 pav.). Blumensaato linija yra šlaunikaulio anatomicinis orientyras, kuris šoninėse kelio sąvario rentgenogramose ar MRT vaizduose matomas kaip įstrižinė linija. Ji padeda įvertinti PKR padėtį bei galimus kaulinius pakitimus. Tyrimai rodo, kad didesnis β kampas ($> 38,5^\circ$) yra susijęs su didesne PKR plyšimo rizika. Kai šis kampas yra didesnis, PKR įgyja horizontalesnę padėtį, todėl išauga tikimybė, kad jis gali kontaktuoti su tarpkrumpline įlanka ir dėl to padidėja raiščio įtempimas ir traumų rizika. Be to, tyrimai rodo, kad moterims β kampas vidutiniškai būna didesnis nei vyrams ir tai gali būti dar vienas anatomicinis veiksnys, paaiškinantis didesnę PKR traumų dažnį moterų populiacijoje (32).



3 pav. Pateiktoje sagitalinėje MRT nuotraukoje matomas šlaunikaulio β kampo matavimas. Šis kampas nustatomas tarp šlaunikaulio išilginės ašies (vertikali linija) ir Blumensaato linijos (įstrižinė linija) (32).

Dubuo yra labai svarbi skeleto struktūra, atsakinga už kūno svorio paskirstymą, laikysenos stabilizavimą ir judėjimo funkcijas. Moterų ir vyrų dubens anatomiciniai skirtumai yra reikšmingi, nes atspindi evoliucinį prisitaikymą prie skirtingų biomechaninių ir fiziologinių poreikių.

Moterų dubuo yra platesnis ir žemesnis, su didesniu gaktinės sąvaržos kampu ir gimdymą palengvinančia erdvesne dubens įeiga. Be to, klubo sąnario duobės (gūžduobės) yra toliau šonuose, todėl apatinės galūnės turi natūralų pasvirimą į vidų ir tai gali turėti įtakos sąnarių stabilumui. Vyrų dubuo yra siauresnis ir gilesnis, įeiga yra širdies formos su mažesniu gaktinės sąvaržos kampu ir glaudžiau išsidėsčiusiomis gūžduobėmis. Šie anatomiciniai ypatumai lemia didesnę stabilumą ir efektyvesnę jėgos perdavimą apatinei kūno daliai, kuris yra ypač svarbus fizinio krūvio metu (37,38).

Moterų dubens plotis yra vienas iš anatominių veiksnių, turinčių įtakos apatinių galūnių biomechanikai. Platesnis dubuo lemia didesnę šlaunikaulio pasvirimą į vidų ir tai didina Q kampą. Q kampas (keturgalvio šlaunies raumens kampas) – tai kampas tarp dviejų linijų: viena tęsiasi nuo priekinio viršutinio klubakaulio dyglio iki girnelės centro, o kita – nuo girnelės centro iki blauzdikaulio šiurkštumos. Šis kampas atspindi jėgų pasiskirstymą kelio sąnaryje ir yra svarbus vertinant apatinių galūnių biomechaniką (39). Didesnis Q kampas gali rodyti, kad kelio sąnarys yra pasviręs į vidų (valgus padėtis), nes ši padėtis tiesiogiai lemia Q kampo padidėjimą. Ankstesniuose tyrimuose buvo keliama hipotezė, kad padidėjęs Q kampas gali būti susijęs su didesne PKR plyšimo rizika. Tačiau naujausi duomenys rodo, kad šis ryšys nėra tiesioginis ir kelia prieštaringas nuomones. Dėl šios priežasties Q kampas neturėtų būti vertinamas kaip savarankiškas PKR traumų rizikos veiksnys, tačiau kartu su kitais biomechaniniais ir anatomiciniais veiksniais jis gali suteikti vertingos informacijos apie kelio sąnario stabilumą ir galimus jo sutrikimus (40). Taip pat naujausi tyrimai

rodo, kad atsižvelgiant į ūgį, Q kampo skirtumai tarp vyrų ir moterų mažėja, o tai reiškia, kad įtakos kelio sąnario biomechanikai gali turėti ne vien dubens plotis, bet ir kūno proporcijos (41). Taigi Q kampo ryšys su PKR plyšimu vis dar nėra galutinai įrodytas, bet naujausi tyrimai leidžia manyti, kad kelio valgus padėtis, kuri gali būti susijusi su didesniu Q kampu, yra svarbus veiksnys, didinantis PKR traumų riziką.

Taigi anatomiciniai veiksniai turi didelės įtakos PKR traumų dažniui, ypač tarp moterų. Siauresnė tarpkrumpline įlanka, didesnis blauzdikaulio sąnarinio paviršiaus nuolydis, β kampas, platesnis dubuo ir didesnis Q kampas gali prisidėti prie biomechaninio nestabilumo ir padidinti PKR plyšimo riziką. Siekiant sumažinti PKR traumų tikimybę, sudarant traumų prevencijos strategijas ir individualizuotas treniruočių programas, turi būti įvertinti šie ypatumai.

8. BIOMECHANINIAI IR NEUROMUSKULINIAI VEIKSNIAI

PKR plyšimo rizika yra glaudžiai susijusi su biomechaniniais ir neuromuskuliniais veiksniais, kurie lemia judesių kokybę, kūno stabilumą ir sąnarių apsaugą nuo per didelių apkrovų. Neuromuskulinė kontrolė – tai gebėjimas tiksliai ir efektyviai koordinuoti apatinės galūnės judesius per sąnarius, užtikrinant kinetinės grandinės stabilumą ir mažinant traumų tikimybę. Šis gebėjimas priklauso nuo tinkamos liemens, klubų, kelių ir kulkšnių raumenų funkcijos bei jų tarpusavio sąveikos. Tyrimai rodo, kad prasta judesių kontrolė, silpna klubo ir liemens raumenų aktyvacija bei netinkama nusileidimo po šuolio technika gali reikšmingai padidinti PKR traumų riziką, ypač moterims (42).

Atliekant biomechaninius tyrimus su aukšto meistriškumo futbolo ir rankinio sportininkais buvo išskirti keturi pagrindiniai modifikuojami rizikos veiksniai, galintys padidinti PKR traumos riziką:

- Silpnėsi klubo raumenys, atsakingi už išorinę rotaciją – sumažėjus klubo raumenų, atsakingų už išorinę rotaciją, jėgai, klubo sąnarys gali per daug suktis į vidų. Tai sukelia netaisyklingą kelio padėtį, kai jis linksta į vidų (valgus padėtis) didindamas PKR apkrovą ir traumų riziką.
- Padidėjusi vidinė kelio rotacija esant kontaktui su žeme – per didelė vidinė blauzdikaulio rotacija gali sukelti didesnę raiščio įtampą ir padidinti traumų riziką.
- Mažesnis klubo ir kelio sąnario lenkimo kampas nusileidimo metu – nepakankamas klubo ir kelio sąnario lenkimas gali lemti neefektyvią smūgio sugertį ir didesnę apkrovą PKR struktūroms. Leppänenas ir kolegos nustatė, kad kiekvienas papildomas 10 laipsnių klubo sulenkimas sumažina PKR riziką 39 proc.

- Silpnėsnis pusgyslinio (*musculus semitendinosus*) raumens aktyvumas esant šoninėms apkrovoms (staiga keičiant kryptį ar stabdant) – nepakankamas šio raumens įsitraukimas mažina kelio sąnario stabilumą ir gali padidinti PKR apkrovą (43).

Viena iš svarbių priežasčių, kodėl moterys dažniau patiria PKR plyšimus, yra jų kūno padėtis dinaminio judesiu metu. Tyrimai rodo, kad sportininkių, kurios patyrė šią traumą, kūno svorio centras (tai taškas, kuriame susitelkia visas kūno svoris, dažniausiai jis yra ties liemens sritimi) traumos metu buvo pasislinkęs toliau už atramos taško (tai vieta, kur kūnas – dažniausiai pėda – tiesiogiai liečiasi su žeme), tai yra už pėdos, kuri tuo metu būna fiksuota ant žemės. Tokia padėtis sumažina kūno stabilumą ir padidina apkrovą kelio sąnariui. Taip pat nustatyta, kad nedidelis liemens pasvirimas į priekį leidžiantis po šuolio padeda išlaikyti svorio centrą arčiau atramos taško, o tai laikoma saugesne ir labiau kontroliuojama padėtimi. Tiesus arba atgal palinkęs liemuo siejamas su didesne traumų rizika (44).

Liemens ir dubens raumenų stabilumas yra svarbus veiksnys, padedantis palaikyti kūno pusiausvyrą, kontroliuoti judesius ir apsaugoti sąnarius nuo perteklinių apkrovų. Jis užtikrina tinkamą dubens padėtį, padeda išlaikyti kūno svorio centrą ir leidžia efektyviai paskirstyti jėgą tarp viršutinės ir apatinės kūno dalies. Silpni liemens ir dubens raumenys apsunkina kūno gebėjimą išlaikyti pusiausvyrą ir prisitaikyti prie išorinių jėgų, dėl to padidėja kelio sąnario apkrova ir traumų rizika. Tyrimai rodo, kad moterų klubų raumenys, ypač didysis (*musculus gluteus maximus*) ir vidurinis sėdmens (*musculus gluteus medius*) raumuo, dažnai yra silpnesni nei vyrų ir tai neigiamai veikia dubens ir kelio sąnario stabilumą.

Atliekant dinامينius judesius, tokius kaip nusileidimas po šuolio ar staigus krypties keitimas, nepakankama klubo ir liemens raumenų kontrolė gali lemti padidėjusį kelio sąnario posvirį į vidų (valgus padėtį). Tai sukelia didesnę PKR apkrovą ir didina traumų riziką. Moterims dažniau būdingas liemens ir dubens raumenų stabilumo trūkumas, dėl kurio nusileidimo metu kūnas labiau pasvyra į vieną pusę. Dėl šio kompensacinio judesio padidėja kelio sąnario valgus padėtis, o kartu ir PKR apkrova (42).

Liemenį ir dubenį stabilizuojantys raumenys, tokie kaip skersinis pilvo raumuo (*musculus transversus abdominis*) ir įstrižiniai pilvo raumenys (*musculus obliquus internus et externus*), padeda išlaikyti stabilią dubens padėtį ir užtikrinti tolygų kūno svorio pasiskirstymą atliekant judesius. Jei liemens ir dubens raumenys yra silpni, kūnas prasčiau sugeria smūgio jėgą, todėl sąnariai patiria didesnę apkrovą. Taip pat suprastėja judesių kontrolė ir tai gali lemti netaisyklingus kompensacinius judesius (pvz., pernelyg didelį kelio įlinkį į vidų – valgus padėtį), kurie gali didinti traumų riziką.

Svarbų vaidmenį atlieka ir raumenų antagonistų bei agonistų tarpusavio sąveika – jei viena raumenų grupė yra per silpna, kita per daug apkraunama ir tai gali sukelti biomechaninius kompensacinius pokyčius bei padidinti traumų riziką (19).

Tyrimai, kuriuose buvo naudojamas nusileidimo iš aukščio testas (angl. *drop vertical jump* – *DVJ*), parodė, kad moterų kelio sąnarys dažniau pasvyra į vidų (valgus padėtis), o tai susiję su didesne apkrova, tenkančia kojoms nusileidimo metu, ir netinkama klubo sąnario biomechanika. Be to, nustatyta, kad dubens pasvirimas į šoną gali dar labiau padidinti nusileidimo metu apatinę galūnę veikiančią smūgio jėgą. Jei dubuo nestabilus, kūno svoris paskirstomas netolygiai, todėl viena koja gali patirti didesnę apkrovą. Tokie biomechaniniai veiksniai patvirtina, kaip svarbu stiprinti stabilizuojančius klubų ir liemens raumenis, siekiant išlaikyti taisyklingą judesių kontrolę, sumažinti per didelę kelio sąnario apkrovą ir PKR traumų riziką (45).

PKR traumų riziką gali padidinti netinkama nusileidimo po šolio technika. Jei nusileidimo metu kelio sąnarys išlieka beveik visiškai tiesus, keturgalvio šlaunies raumens susitraukimas per girnelės sausgyslę sukuria jėgą, kuri verčia blauzdikaulį slysti į priekį šlaunikaulio atžvilgiu. Jei tuo pat metu užpakaliniai šlaunies raumenys nėra pakankamai aktyvūs, kad stabdytų šį judesį, PKR patiria didesnę apkrovą ir tai gali padidinti jo plyšimo riziką (10).

Remiantis Pappaso ir kitų (2016) tyrimu, kuriame dalyvavo daugiau nei 700 sportininkų, net 60 proc. jų buvo būdingi tipiniai biomechaniniai veiksmų deriniai, pasižymintys vienu ar keliais judesių kontrolės sutrikimais – liemens, kojų, keturgalvio šlaunies raumens dominavimu arba padidėjusia raiščių apkrova dėl nepakankamo raumenų įsitraukimo. Šie rezultatai rodo, kad biomechaninių rizikos veiksnių sąveika dažnai yra sudėtinga ir daugialypė, todėl prevencinės programos turėtų būti individualizuotos, atsižvelgiant į kiekvieno sportininko biomechaninį rizikos profilį (46).

Apibendrinant, PKR traumų riziką didina silpni klubo ir liemens raumenys, netaisyklinga nusileidimo po šolio technika ir kelio valgus padėtis. Svarbiausi veiksniai – padidėjusi vidinė kelio rotacija ir silpni liemens, dubens ir užpakaliniai šlaunies raumenys. Traumų tikimybę gali padėti sumažinti tinkamos kūną stiprinančios ir judesių kontrolę gerinančios treniruotės.

9. HORMONINIAI VEIKSNIAI

Hormoniniai veiksniai turi reikšmingą įtaką PKR biomechanikai ir traumų rizikai, ypač moterims. Tyrimai rodo, kad hormonų, tokių kaip estrogenas, progesteronas, relaksinas ir testosteronas, svyravimai menstruacinio ciklo metu gali pakeisti raiščio biomechanines savybes, kolageno sintezę ir sąnario stabilumą.

Hormoniniai veiksniai ir anatomiciniai skirtumai lemia, kad moterų raiščiai paprastai pasižymi didesniu laisvumu ir mažesniu standumu nei vyrų, todėl jų kelio sąnarys yra labiau pažeidžiamas. Dėl didesnio raiščių laisvumo moterys dažniau patiria sąnario hiperekstenziją ir šoninį nestabilumą ir tai

mažina kelio atsparumą dinaminėms apkrovoms, ypač aktyviai sportuojant (15). Hormonų nulemtas kelio sąnario nestabilumas yra svarbus veiksnys, didinantis PKR traumų riziką moterims.

Moksliniai tyrimai nustatė, kad didesnė PKR traumų rizika moterims pasireiškia priešovuliacinėje mėnesinių ciklo fazėje, kai estrogeno lygis staiga pakyla. Mėnesinių ciklą reguliuoja estrogenų ir progesterono svyravimus veikianti hipotalamo-hipofizės-kiaušidžių grandinė (47).

Tyrimai rodo, kad estrogenas mažina kolageno sintezę ir slopina fibroblastų veiklą, dėl to raiščiai tampa laisvesni ir mažiau atsparūs mechaninėms apkrovoms. Tai gali prisidėti prie didesnio kelio sąnario laisvumo, ypač esant ovuliacijai, kai estradiolio lygis būna aukščiausias (48).

Pastebėta, kad ovuliacijos metu, kai estrogeno lygis yra aukščiausias, moterys dažniau patiria kelio valgus padėtį bei didesnę šlaunikaulio vidinę rotaciją esant nusileidimui ir tai gali padidinti sąnario apkrovą. Kai kurių tyrimų duomenimis, hormoniniai pokyčiai gali paveikti ir raumenų elastingumą – ovuliacijos metu užpakaliniai šlaunies raumenys gali tapti elastingesni ir tai mažina kelio stabilumą, nes raumenys tampa mažiau efektyvūs stabilizuojant sąnarį ir kontroliuojant jo judesius.

Įdomu, kad padidėjęs estradiolio lygis stebėtas ir vyrams, patyrusiems nekontaktines kelio traumas, tačiau šio reiškinio mechanizmas nėra iki galo aiškus. Be to, ne visoms moterims menstruacinio ciklo metu stebimi reikšmingi kelio sąnario laisvumo pokyčiai, todėl manoma, kad estrogeno poveikis gali priklausyti ir nuo individualių biomechaninių savybių. Tai rodo, kad būtini tolesni tyrimai, siekiant tiksliau įvertinti hormoninių svyravimų ir PKR traumų sąsajas.

Mityba taip pat gali turėti įtakos organizme cirkuliuojančių estrogenų koncentracijai. Tyrimai rodo, kad vakarietiška mityba siejama su didesniu estradiolio bei estrono kiekiu kraujyje ir tai gali prisidėti prie didesnio PKR laisvumo ir didesnės traumų rizikos. Nors preliminarūs tyrimai rodo, kad tam tikri mitybos pokyčiai, pavyzdžiui, didesnis skaidulinių medžiagų vartojimas, gali padėti mažinti estrogeno kiekį, šio poveikio įtaka PKR traumų dažniui dar nėra pakankamai ištirta. Būtini tolesni atsitiktinių imčių tyrimai, siekiant nustatyti, ar skirtingi mitybos modeliai gali turėti praktinę reikšmę traumų prevencijai (49).

Progesteronas gali turėti reikšmingą įtaką PKR biomechaninėms savybėms ir stabilumui. Tyrimai rodo, kad šis hormonas skatina fibroblastų proliferaciją ir kolageno skaidulų sintezę raiščiuose, o tai gali sustiprinti raiščius ir padidinti jų atsparumą apkrovoms. Tyrimai rodo, kad progesterono koncentracijos padidėjimas menstruacinio ciklo metu gali būti susijęs su stabilesnėmis raiščių mechaninėmis savybėmis, nes jis pasižymi priešingu poveikiu nei estrogenas – jis skatina kolageno sintezę, taip prisidedamas prie raiščių struktūrinio vientisumo palaikymo (50). Kai kuriuose moksliniuose darbuose teigiama, kad sumažėjęs progesterono kiekis menstruacinio ciklo metu gali būti vienas iš veiksnių, didinančių PKR plyšimo riziką. Moterys, kurių progesterono lygis žemesnis

tiek folikulinėje, tiek liuteininėje fazėje, gali būti labiau linkusios į šias traumas (51). Nors šis mechanizmas dar nėra iki galo išaiškintas, moksliniai tyrimai leidžia manyti, kad progesterono svyravimai turi įtakos kelio sąnario stabilumui ir raiščių atsparumui traumoms.

Relaksinas – tai peptidinis hormonas, kuris turi reikšmingą poveikį moterų PKR struktūrai ir stiprumui. Moksliniai tyrimai parodė, kad moterų PKR audiniuose yra gausu relaksino receptorių, kurių kiekis didėja liuteininės fazės metu, todėl šio hormono poveikis tampa ryškesnis būtent šioje ciklo dalyje. Relaksinas aktyvina matricos metaloproteinazes (MMP), kurios skatina I tipo kolageno irimą bei slopina jo sintezę – tai mažina raiščio mechaninį stiprumą ir stabilumą (52). Be to, tyrimai rodo, kad moterys, kurių relaksino koncentracija kraujyje yra aukštesnė nei 6 pg/ml, turi net keturis kartus didesnę PKR plyšimo riziką, lyginant su tomis, kurių hormono lygis yra mažesnis (53). Įdomu, kad geriamieji kontraceptikai gali sumažinti relaksino koncentraciją kraujyje ir tai gali turėti apsauginį poveikį, nes mažesnis relaksino kiekis lemia silpnesnę MMP aktyvaciją, dėl to sumažėja kolageno skaidymas ir išsaugomas raiščio mechaninis stabilumas (52).

Moksliniai tyrimai atskleidžia, kad hormoniniai kontraceptikai gali reikšmingai prisidėti prie PKR stiprumo išsaugojimo ir sumažinti jo plyšimų riziką. Kontraceptikai, reguliuodami hormonų lygį, sumažina ovuliacijos metu vykstančius estrogeno ir relaksino svyravimus, kurie yra susiję su padidėjusiu raiščių laisvumu ir sumažėjusiu mechaniniu atsparumu. Tai reiškia, kad kontraceptinių tablečių sudėtis gali lemti skirtingą poveikį PKR biomechanikai – preparatai, turintys didesnę progestino ir mažesnę estrogeno santykį, labiau skatina I tipo kolageno gamybą ir mažina jį skaidančių fermentų, tokių kaip MMP-1, ekspresiją. Kadangi I tipo kolagenas yra esminė PKR struktūros dalis, jo sintezės padidėjimas lemia didesnę raiščio tvirtumą ir atsparumą plyšimui. Eksperimentiniai tyrimai su gyvūnais parodė, kad kontraceptikai su didesniu progestino ir mažesniu estrogeno santykiu ne tik padidino I tipo kolageno kiekį, bet ir sumažino relaksino receptoriaus RXFP1 ekspresiją PKR audiniuose, taip mažindami relaksino poveikį raiščio struktūriniais komponentams (54). Vis dėlto, nepaisant šių duomenų, atliekant kai kuriuos tyrimus nebuvo pastebėta ryšio tarp kontraceptikų vartojimo ir padidėjusio PKR traumų dažnio (1). Todėl, nors dabartiniai duomenys rodo, kad hormoniniai kontraceptikai gali sumažinti PKR traumų riziką, būtina atlikti daugiau tyrimų, kurie patvirtintų šiuos rezultatus.

Testosterono įtaka PKR biomechanikai kelia daug diskusijų, ypač lyginant su estrogenų poveikiu, kuris jau buvo aptartas. Estrogenai yra siejami su didesniu raiščių laisvumu ir padidina PKR traumų riziką, o testosteronas dažnai laikomas apsauginiu hormonu. Tyrimai rodo, kad aukštesnis testosterono lygis gali sumažinti kelio sąnario laisvumą ir padidinti sausgyslių standumą ir tai gali padėti sumažinti PKR traumos tikimybę. Be to, eksperimentiniai duomenys su gyvūnais leidžia manyti, jog testosteronas gali netiesiogiai slopinti relaksino receptorių veiklą, taip užkirsdamas kelią raiščių laisvumo vystymuisi, tačiau tyrimų rezultatai nėra vienareikšmiai. Kai kurie tyrimai rodo, kad

kraujyje esanti testosterono koncentracija gali būti susijusi su didesniu PKR laisvumu ir veikti panašiai kaip estrogenai. Šie prieštaringi duomenys atkreipia dėmesį į būtinybę atlikti papildomus tyrimus, siekiant geriau suprasti, kaip testosteronas veikia PKR biomechaniką ir kaip jis sąveikauja su kitais hormonais, veikiančiais raiščių struktūrą ir funkcinę būklę (49).

Tyrimai rodo, kad iki 12 metų amžiaus berniukai dažniau patiria PKR traumas nei mergaitės, tačiau brendimo laikotarpiu situacija keičiasi – mergaitėms traumų rizika išauga. Šie pokyčiai susiję su hormonų koncentracijos svyravimais brendimo metu. Hormonų lygio pokyčiai mergaičių organizme veikia raiščių elastingumą ir sumažina jų standumą, o tai, kartu su greitu kaulu augimu, gali prisidėti prie padidėjusios PKR traumų rizikos. Kadangi mergaitės subręsta anksčiau nei berniukai, jų PKR pažeidimo rizika didžiausia būtent šiuo laikotarpiu. Berniukai, priešingai, brendimo metu įgyja daugiau raumenų masės (dėl testosterono), kuri padeda stabilizuoti kelio sąnarį ir sumažinti PKR traumų tikimybę (30). Šie duomenys dar kartą patvirtina, kad hormoniniai pokyčiai, kaip ir raumenų bei skeleto sistemos vystymasis, skirtingais gyvenimo tarpsniais gali turėti svarbią reikšmę PKR rizikai.

Taigi moterims hormoniniai svyravimai turi reikšmingą įtaką PKR traumų rizikai. Estrogenas ir relaksinas mažina raiščių standumą, todėl moterys yra labiau linkusios patirti PKR plyšimus ovuliacijos metu. Testosteronas ir progesteronas gali atlikti apsauginį vaidmenį mažindami raiščio laisvumą. Hormoniniai kontraceptikai gali sumažinti PKR traumų riziką, tačiau šiuo metu nėra pakankamai kokybiškų tyrimų, kurie patvirtintų jų veiksmingumą ilgalaikėje perspektyvoje. Kadangi hormoninių veiksnių poveikis yra kompleksiškas, reikalingi papildomi tyrimai, kurie padėtų geriau suprasti šių mechanizmų įtaką PKR biomechanikai ir traumų prevencijai.

10. SOCIALINIAI VEIKSNIAI

PKR traumų riziką lemia ne tik biologiniai ir biomechaniniai veiksniai – svarbų vaidmenį atlieka ir socialiniai aspektai. Lyčių skirtumai visuomenėje, sporto kultūra, treniruočių aplinka, ekonominės sąlygos bei mitybos įpročiai gali turėti reikšmingą įtaką tiek traumų dažniui, tiek jų prevencijos galimybėms.

Nuo ankstyvos vaikystės berniukų ir mergaičių fizinis aktyvumas formuojamas skirtingai. Filosofė Iris Moarion Young savo esė „Throwing like a girl“ („Mesti, kaip mergaitė“) nagrinėja, kaip socialiniai stereotipai veikia kūno laikyseną ir judesių laisvumą. Mergaitės dažniau skatinamos užsiimti pasyvesne veikla, joms rečiau suteikiama galimybė tyrinėti aplinką ar įsitraukti į aktyvią veiklą. Tyrimai rodo, kad motinos dažnai nuvertina dukterų fizinius gebėjimus, pavyzdžiui, jų judesių koordinaciją ar gebėjimą aktyviai tyrinėti aplinką, tačiau linkusios pervertinti sūnų fizinį pajėgumą.

Tokie subtilūs lūkesčiai gali daryti įtaką motorinių įgūdžių raidai dar iki vaikai įsitraukiant į sportą, o ilgai – turėti poveikį traumų rizikai (25).

Nors moksliniuose tyrimuose dažniausiai akcentuojami biologiniai rizikos veiksniai, socialiniai ir ekonominiai aspektai taip pat vaidina svarbų vaidmenį. Sporte vis dar pastebima didelė lyčių nelygybė, kuri pasireiškia treniruotėms skiriamų išteklių, trenerių kvalifikacijos ir konkurencinių galimybių skirtumais. Nors JAV švietimo įstatymu buvo uždrausta lytinė diskriminacija sporto programose, moterų sportas dažnai vis dar yra prasčiau finansuojamas. Tai apima mažesnius atlyginimus treneriams ir profesionalioms sportininkėms, mažesnes galimybes naudotis modernia sporto įranga ir gauti kokybišką, nuoseklią reabilitaciją, menkesnes galimybes naudotis vaikų priežiūros paslaugomis ir gauti motinystės išmokas profesionalios karjeros laikotarpiu (3).

Viena veiksmingiausių priemonių traumų prevencijai yra jėgos treniruotės, tačiau moterys jose dalyvauja rečiau nei vyrai. Tai iš dalies lemia visuomenėje įsitvirtinusios normos, kurios moteriškumą dažniau sieja su lieknumu, o ne su raumenų jėga. Daugelis sportininkių nerimauja, kad intensyvios jėgos treniruotės gali pakeisti kūno proporcijas ir kūnas neatitiks vyraujančių estetinių standartų. Nors moterys supranta raumenų stiprinimo treniruočių naudą, vengia didelės raumenų masės dėl baimės įgauti labiau vyriškų bruožų. Be to, sporto salių aplinka, kurioje dažnai dominuoja vyrai, gali sukelti diskomfortą, todėl moterys gali jaustis nejaukiai, vengti tam tikrų pratimų ar mažinti treniruočių intensyvumą. Šie socialiniai veiksniai gali turėti įtakos jų fiziniam pasirengimui ir netiesiogiai didinti traumų riziką.

Sporto kultūra vyrų ir moterų disciplinose neretai skiriasi, o šie skirtumai gali turėti įtakos traumų dažniui. Pavyzdžiui, ledo ritulyje moterų kontaktinis žaidimas yra griežtai ribojamas, o vyrų varžybose fizinis kontaktas yra esminė žaidimo dalis. Be to, sportininkų elgesio modeliai taip pat gali skirtis – rizikingas ir agresyvus žaidimo stilius dažniau siejamas su vyriškumu. Kai kurios moterys, siekdamos įsitvirtinti konkurencinėje sporto aplinkoje, gali perimti agresyvesnį žaidimo būdą ir tai gali dar labiau padidinti PKR traumų riziką. Taip pat lyčių skirtumai sporto finansavimo ir treniruočių metodikos srityse gali lemti mažesnę dėmesį moterų traumų prevencijai ir reabilitacijai ir tokiu būdu dar labiau apsunkinti traumų rizikos mažinimą (25).

Regioniniai ir kultūriniai skirtumai taip pat gali turėti įtakos PKR traumų paplitimui. Skirtingose pasaulio vietose vyraujantys socialiniai ir kultūriniai veiksniai lemia dalyvavimo sporte tendencijas, fizinio aktyvumo įpročius ir traumų prevencijos strategijas. Kai kuriose šalyse, kur sporto kultūra yra mažiau išplėtotą arba moterų dalyvavimas sporte yra ribotas dėl socialinių normų, PKR dažnis gali būti mažesnis, tačiau kartu ir prevencinių priemonių prieinamumas yra ribotas. Regionuose, kuriuose sportas yra itin populiarus, bet trūksta kokybiškos sporto infrastruktūros ir individualizuotų prevencijos programų, PKR dažnis gali būti didesnis (29).

Nors mitybos poveikis PKR traumų rizikai dar nėra visapusiškai ištirtas, tyrimai rodo, kad netinkama mityba gali būti vienas iš veiksnių, didinančių traumų tikimybę. Ypač svarbi problema jaunoms sportininkėms yra vadinamoji sportininkų triada: valgymo sutrikimai, amenoreja ir osteoporozė. Šių simptomų visuma dažnai pasitaiko tarp jaunų sportininkų, siekiančių kontroliuoti kūno svorį ar sudėjimą tiek dėl geresnių sportinių rezultatų, tiek dėl išorinės aplinkos, tokios kaip trenerių spaudimas ar socialiniai lūkesčiai. Dėl sumažėjusios energijos ir nepakankamos mitybos gali sumažėti kaulų tankis ir išaugti hipoglikemijos rizika, o tai ne tik neigiamai veikia fizinį pajėgumą, bet ir turi ilgalaikių pasekmių sveikatai. Edamos ir kitų atliktas tyrimas parodė, kad energijos trūkumą patiriančios universitetų sportininkės yra labiau linkusios į traumas, nors šios išvados nėra tiesiogiai susijusios su PKR traumomis. Siekiant sumažinti šią riziką, svarbu taikyti intervencines priemones, kurios padėtų anksti atpažinti mitybos sutrikimų turinčias sportininkes ir joms padėti. Toks požiūris būtų naudingas ne tik gerinant sportininkų rezultatus, bet ir rūpinantis ilgalaikę sveikatos apsaugą (49).

Vienas iš svarbių aspektų po PKR traumos yra susijęs su tuo, kaip skirtingos pacientų grupės atsistato ir grįžta į sportą. Moterys po operacijos dažniau susiduria su kelio nestabilumu, mažesne tikimybe grįžti į sportą ir didesne pakartotinės operacijos rizika. Be to, vyrų ir moterų rehabilitacija gali būti nevienoda – vyrai dažniau jaučia spaudimą kuo anksčiau vėl pradėti treniruotis, o moterys gali susidurti su kliūtimis dėl šeimos ar darbo įsipareigojimų (25). Tyrimai rodo, kad profesionalių krepšininkų grįžimo į sportą po PKR traumos vidurkis yra 375 dienos, o vyrų – apie 230–250 dienų. Taip pat, grįžimas į sportą po PKR traumos moterims dažnai būna mažiau sėkmingas nei vyrams – sportininkų rezultatai dažnai nebesiekia prieš traumą buvusio lygio (55). PKR operacijos dažniau siūlomos vyrams, o moterys ilgainiui dažniau susiduria su kelio protezavimo poreikiu (25).

Taigi socialiniai veiksniai daro reikšmingą įtaką PKR traumų rizikai. Lyčių stereotipai, sporto finansavimo nelygybė, jėgos treniruočių stigmatizavimas ir skirtingos sporto kultūros gali netiesiogiai lemti didesnę traumų dažnį tarp moterų. Be to, kultūriniai ir ekonominiai skirtumai turi įtakos skirtingam traumų paplitimui įvairiuose regionuose, o mitybos įpročiai gali dar labiau padidinti sportininkų pažeidžiamumą. Siekiant sukurti veiksmingesnes prevencijos programas, ateityje būtina ne tik tirti biologinius PKR traumų veiksnius, bet ir atsižvelgti į socialinius aspektus.

11. PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO PLYŠIMAI LIETUVOJE

PKR plyšimai yra viena dažniausių ir sudėtingiausių kelio sąnario traumų Lietuvoje. Šios traumos dažniausiai pasitaiko sportininkams, ypač tiems, kurie užsiima krepšiniu, futbolu, žolės rieduliu, rankiniu, tinkliniu ar slidinėjimu. Kasmet Lietuvoje užregistruojama apie 1 000 PKR

traumų, iš kurių maždaug 750 atvejų prireikia rekonstrukcinių operacijų. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Kauno klinikose PKR rekonstrukcijų skaičius kasmet augo: 2006 m. buvo atliktos 152 operacijos, 2007 m. – 234, 2008 m. – 312, o 2009 m. – 437 (56).

Po Lietuvos nepriklausomybės atkūrimo 1990 m. šalies ekonomika patyrė reikšmingų pokyčių, kurie turėjo įtakos ir sporto infrastruktūros plėtrai, ir gyventojų fizinio aktyvumo įpročiams. Pirmaisiais nepriklausomybės metais dėl ekonominių sunkumų ir ribotų investicijų, sporto klubų ir kitų fizinio aktyvumo infrastruktūrų skaičius buvo mažas. Tai lėmė menkesnį gyventojų įsitraukimą į sportinę veiklą ir atitinkamai – mažesnę sportinių traumų, tarp jų ir PKR plyšimų, dažnį.

Tačiau pastaraisiais dešimtmečiais Lietuvoje stebimas reikšmingas sporto infrastruktūros augimas. Lietuvos statistikos departamento duomenimis, 2010–2020 m. šalyje išaugo sporto objektų skaičius: irklavimo sporto bazių skaičius padidėjo nuo 10 iki 17, žirginio sporto maniežų – nuo 13 iki 23, plaukimo baseinų – nuo 39 iki 56. Futbolo aikščių skaičius per šį laikotarpį taip pat augo, nors 2020 m. buvo užfiksuotas jų sumažėjimas iki 649. Futbolo maniežų skaičius išaugo nuo 3 (2012 m.) iki 10 (2020 m.) (4 pav.).

Treniruočių vietų skaičius

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sporto salių skaičius	1 463	1 504	1 563	1 577	1 619	1 592	1 633	1 611	1 516	1 544
Futbolo aikščių skaičius	572	596	605	635	658	652	632	639	664	649
Stadionų skaičius	588	601	591	591	596	591	594	599	583	563
Teniso aikštynų skaičius	193	206	221	231	243	248	279	272	272	264
Plaukimo baseinų skaičius	44	43	43	43	46	45	47	50	52	56
Šaudyklų skaičius	45	45	51	52	48	43	42	43	39	39
Irklavimo sporto bazių skaičius	14	14	13	17	18	18	18	19	17	17
Sporto maniežų skaičius	25	27	30	30	30	31	36	37	39	43
Žirginio sporto maniežai	15	18	21	21	21	22	27	28	22	23
lengvosios atletikos maniežai	6	6	6	6	6	6	6	6	8	10
futbolo maniežai	4	3	3	3	3	3	3	3	9	10

4 pav. Lietuvos statistikos departamento duomenys, lentelė „Treniruočių vietų skaičius“ (57).

Statistikos departamento duomenys rodo, kad sporto klubų skaičius šalyje per pastaruosius dešimtmečius reikšmingai išaugo. 2011 m. Lietuvoje veikė 1 463 sporto klubai, o 2020 m. jų skaičius padidėjo iki 1 544, tad pastarąjį dešimtmetį sporto salių šalyje nuolat daugėjo (57). Šis augimas atspindi ne tik gerėjančią ekonominę situaciją, bet ir visuomenės dėmesį fiziniam aktyvumui bei sveikam gyvenimo būdui. Tačiau didėjantis fizinis aktyvumas lėmė ir sportinių traumų, taip pat ir PKR plyšimų, skaičiaus augimą.

Sporto infrastruktūros plėtra ir didėjantis fizinis aktyvumas Lietuvoje paskatino didesnę gyventojų įsitraukimą į sportą, tačiau kartu padidino ir sportinių traumų dažnį, įskaitant PKR plyšimus. Gerėjanti ekonominė situacija ir augantis visuomenės dėmesys sveikam gyvenimo būdui

prisidėjo prie sporto klubų skaičiaus augimo, tačiau intensyvesnė fizinė veikla taip pat padidino traumų riziką.

12. KOMPLIKACIJOS

PKR plyšimas yra viena rimčiausių kelio sąnario traumų, kuri gali sukelti ilgalaikes pasekmes, ypač jei nėra laiku ir tinkamai gydoma. Šio raiščio pažeidimas ne tik destabilizuoja kelio sąnarį, bet ir gali lemti įvairias komplikacijas, tokias kaip osteoartritas, sąnario fibrozė, pakartotiniai sužalojimai ar meniskų pažeidimai. Šių komplikacijų išsivystymas dažnai priklauso nuo traumų gydymo strategijos, reabilitacijos kokybės bei individualių paciento savybių.

PKR plyšimas reikšmingai padidina osteoartrito išsivystymo riziką, nepriklausomai nuo to, ar buvo atlikta chirurginė rekonstrukcija. Osteoartritas yra degeneracinė sąnarių liga, kuriai būdingas sąnarinės kremzlės nykimas. Šį procesą dažnai lydi kaulinių išaugų (osteofitų) susidarymas, pokyčiai pokremzliniame kaulų sluoksnyje, kaulinės cistos bei sinovijos uždegimas. Be to, atliekant radiologinius tyrimus, galima pastebėti sumažėjusį sąnarinį tarpą, kuris rodo progresuojančią ligą. Osteoartrito klinikiniai požymiai apima lėtinį skausmą, sąstingį ir funkcijos sutrikimus. Dėl PKR pažeidimo atsiranda biomechaninis kelio nestabilumas, dėl kurio ilgainiui gali vystytis degeneraciniai pokyčiai. Tyrimai rodo, kad net ir po sėkmingos chirurginės rekonstrukcijos osteoartrito rizika išlieka padidėjusi (58).

Tyrimų duomenimis, osteoartritas po PKR traumos gali pasireikšti 0–48 proc. atvejų, priklausomai nuo tokių veiksnių kaip kartu patirti meniskų plyšimai ir stebėjimo laikotarpio trukmė (59). Potrauminis osteoartritas paveikia daugiau nei 5 milijonus žmonių JAV (60). Pastebėta, kad izoliuotas PKR plyšimas sukelia kelio osteoartritą 0–13 proc. atvejų, tačiau jei kartu yra kitų pažeidimų, osteoartrito dažnis siekia 21–43 proc. atvejų (61).

Po ūmios PKR traumos dažnai pasitaiko kaulų kontūzijos, kurios gali turėti ilgalaikį poveikį sąnario būklei. Tyrimai rodo, kad pacientams, kuriems po traumos nustatytos didelės kaulų kontūzijos, pastebimai padidėja kremzlės degeneracijos rizika – per 5 metus net 74 proc. pacientų, kurių kaulų kontūzija apėmė visą šoninį šlaunikaulio paviršių, išsivystė III arba IV laipsnio kremzlės pažeidimai. O pacientams, kurių MRT tyrime kaulų kontūzijų nebuvo, per 5 metus kremzlės pažeidimo rizika buvo mažiausia. Tai leidžia manyti, kad mažesnės energijos PKR trauma, kai plyšta tik raištis, tačiau išlieka nepažeistos kitos sąnario struktūros, gali lemti mažesnę osteoartrito išsivystymo riziką ateityje (62).

Be to, osteoartritas moterims pasireiškia dažniau nei vyrams, o jo eiga paprastai būna agresyvesnė. Moterims osteoartrito dažnis ypač padidėja po menopauzės, nes estrogenai saugo nuo

sąnarių kremzlių degradacijos, o po menopauzės estrogeno lygis sumažėja, taigi osteoartrito išsivystymo rizika išauga ir liga progresuoja sparčiau. Taip pat tyrimai rodo, kad žemas estradiolio ir progesterono lygis yra susijęs su sumažėjusiu kremzlės tūriu bei uždegiminiais procesais, kurie padidina osteoartrito riziką moterims. Dėl tokių veiksnių kaip mažesnė raumenų jėga, anatominiai ypatumai, nutukimas ir genetiniai uždegiminiai žymenys moterys taip pat tampa labiau pažeidžiamos osteoartrito išsivystymo požiūriu (63).

Artrofibrozė – tai komplikacija, kai dėl pernelyg didelio sąaugų susidarymo sąnaryje sumažėja judesių amplitudė ir atsiranda lėtinis skausmas. Ši būklė gali išsivystyti tiek po PKR plyšimo, tiek po rekonstrukcinės PKR operacijos. Artrofibrozė dažniau pasireiškia pacientams, kurių reabilitacija nebuvo tinkamai kontroliuojama arba buvo per anksti grįžta prie intensyvaus fizinio aktyvumo.

Artrofibrozė išsivysto, kai sąnaryje formuojasi sąaugos, ribojančios kelio sąnario judesių amplitudę ir apsunkinančios visišką kojos ištiesimą ar sulenkimą. Dėl šio judrumo apribojimo pacientai gali jausti skausmą ir patirti ilgalaikius sąnario funkcijos sutrikimus. Tyrimai rodo, kad moterims kelio sąnario judesių atsistatymas po artrofibrozės trunka ilgiau nei vyrams ir tai gali lemti didesnius funkcinis apribojimus ir ilgesnį gydymo procesą (64). Dėl artrofibrozės rizikos anksčiau buvo rekomenduojama PKR rekonstrukciją atidėti – pavyzdžiui, 1991 m. atliktas tyrimas parodė, kad pacientams, kuriems operacija buvo atlikta per pirmąją savaitę po traumos, artrofibrozės rizika buvo didesnė nei tiems, kuriems operacija atlikta praėjus bent trim savaitėms (65). Tačiau naujesni tyrimai skatina suabejoti šia hipoteze – 2024 m. atliktos metaanalizės autoriai nustatė, kad operacijos atlikimas per 10 dienų nuo traumos nėra susijęs su padidėjusia artrofibrozės rizika ar blogesniais pacientų rezultatais, palyginti su vėliau atlikta operacija. Atsižvelgiant į tai, šiuo metu svarbesniu veiksnio laikomas ne operacijos laikas, o kiti veiksniai, pavyzdžiui, uždegimo suvaldymas prieš atliekant PKR rekonstrukciją (66).

Asmenys, patyrę PKR plyšimą, dažniau susiduria su pakartotinėmis traumomis, tiek toje pačioje, tiek kitoje kojoje. Tai gali būti susiję su neuromuskuliniu disbalansu, nepakankama raumenų jėga ar neviseškai atsistačiusiu sąnario stabilumu po traumos. Viena iš pagrindinių pakartotinių traumų priežasčių yra per ankstyvas grįžimas į sportą, kai kelio sąnarys dar nėra visiškai pasirengęs didelėms apkrovoms (67).

Viena iš dažniausių PKR plyšimo komplikacijų yra kartu patiriami meniskų pažeidimai. Tyrimai rodo, kad laiku nesuteiktas chirurginis gydymas didina meniskų plyšimo tikimybę. Nestabilus sąnarys po PKR traumos sukelia papildomą apkrovą meniskams, didindamas jų plyšimo riziką. Pacientų, kurių meniskai išlieka nepažeisti, skaičius reikšmingai mažėja didėjant laikotarpiui tarp traumos ir operacijos. Pavyzdžiui, pacientų grupėje, kuriai PKR rekonstrukcija buvo atlikta per pirmuosius šešis mėnesius po traumos, net 48 proc. pacientų neturėjo meniskų pažeidimų. Tačiau, jei

operacija buvo atlikta praėjus daugiau nei dvejiems metams po traumos, šis skaičius sumažėjo iki vos 13 proc. Be to, atlikta logistinės regresijos analizė atskleidė, kad delsiant skirti chirurginį gydymą, vidinio menisko pažeidimo tikimybė žymiai padidėja. Jei nuo PKR traumos praeina daugiau nei dveji metai, rizika patirti vidinio menisko pažeidimą padidėja net 3,7 karto. Šie duomenys akivaizdžiai rodo laiku atliekamo gydymo svarbą, siekiant išsaugoti ne tik PKR, bet ir sąnario funkcionalumą bei sveikatą. Šie duomenys yra svarbūs ne tik klinicinei praktikai, bet ir traumų prevencijos strategijoms, nes parodo, kokia svarbi yra laiku atlikta intervencija, siekiant sumažinti ilgalaikes komplikacijas ir išsaugoti kelio sąnario sveikatą (68).

Taigi PKR plyšimai gali sukelti ilgalaikes komplikacijas, kurios turi reikšmingą poveikį kelio sąnario stabilumui ir funkcionalumui. Osteoartritas, artrofibrozė, pakartotinės traumos ir meniskų pažeidimai dažnai išsivysto dėl uždelsto gydymo ar nepakankamos reabilitacijos. Laiku atlikta chirurginė intervencija ir tinkamai parinktos reabilitacijos strategijos yra esminiai veiksniai, padedantys sumažinti komplikacijų riziką ir užtikrinantys geresnes galimybes pacientams pasveikti bei kokybiškai judėti.

13. PREVENCIJA

PKR traumų prevencija yra itin svarbi tiek profesionaliems sportininkams, tiek mėgėjams, nes ši trauma gali sukelti ilgalaikius fizinio aktyvumo apribojimus ir net priversti nutraukti sportinę karjerą. Tyrimai rodo, kad tikslingai parengtos prevencinės programos gali reikšmingai sumažinti šių traumų riziką. Vienas iš efektyviausių metodų – neuromuskulinės treniruotės, kurios stiprina raumenis, gerina judesių kontrolę ir mažina traumų tikimybę (69). Po 15 treniruočių, vykusių du kartus į savaitę, pastebėtas reikšmingas kelio valgus kampo sumažėjimas nusileidžiant po šuolio. Tai vienas pagrindinių biomechaninių PKR traumų rizikos veiksnių (70). Ypatingą dėmesį reikėtų skirti sportininkams, dalyvaujantiems aukštos rizikos sporto šakose, tokiose kaip futbolas ar krepšinis, kuriose staigūs krypties pokyčiai ir didelės apkrovos sąnariams pastebimai didina traumų tikimybę. Nors moterys su tokia trauma susiduria dažniau, prevencinės programos yra veiksmingos abiem lytims. Tačiau, siekiant maksimalaus efektyvumo, jos turėtų būti pritaikytos atsižvelgiant į skirtingus biomechaninius ir fiziologinius veiksnius (69).

Efektyviai traumų prevencijai būtina dinaminė biomechaninių trūkumų analizė. Ji leidžia nustatyti netaisyklingus judesių modelius, kurie gali atsirasti dėl kelio sąnario nestabilumo ar silpnų liemens ir dubens raumenų. Ypatingą dėmesį reikėtų skirti nuovargio poveikiui – esant dideliame fiziniame krūviui ar ilgalaikiam raumenų nuovargiui, judesių kontrolė silpnėja, didėja kelio sąnario nestabilumas ir traumos rizika. Galūnių simetrijos indekso taikymas atliekant dinaminis vertinimus

padeda įvertinti raumenų stiprumo ir funkcinius skirtumus tarp dešinės ir kairės galūnės. Jei nustatomi reikšmingi asimetrijos rodikliai, tai gali būti įspėjimas, kad sportininkui gresia pakartotinės traumos. Šie vertinimai yra ne tik diagnostinis įrankis, bet ir prevencijos priemonė, nes leidžia treneriams ir sporto specialistams kurti individualizuotas programas, nukreiptas į biomechaninių trūkumų korekciją. Be to, išsamūs dinaminiai vertinimai suteikia sportininkams vertingą grįžtamąjį ryšį bei padeda tobulinti jų techniką ir judesių kontrolę. Integravus dinامينius vertinimus į reguliarias treniruotes, galima anksti identifikuoti rizikos veiksnius ir užkirsti kelią traumoms, taip gerinant sportininkų saugumą ir ilgalaikį fizinį pajėgumą (71).

Tyrimai rodo, kad neuromuskulinės treniruotės yra vienas efektyviausių būdų sumažinti PKR traumų riziką, ypač jei treniruotis pradedama ankstyvame amžiuje. Atliktas tyrimas parodė, kad pagrindiniai neuromuskulinės treniruotės komponentai, kurie reikšmingai mažina PKR traumų riziką yra šie:

- Dalyvių amžius;
- Treniruočių dažnumo ir trukmės reguliavimas;
- Pratimų įvairovė;
- Žodinis grįžtamasis ryšys.

Integravus bent vieną iš šių keturių komponentų, PKR traumų rizika gali sumažėti apie 17 proc. (72).

Itin svarbu pradėti taikyti prevencines programas jauname amžiuje, nes jauni sportininkai geriau prisitaiko prie neuromuskulinių treniruočių. Tyrimai rodo, kad net 10–12 metų mergaitėms jau būdingi judesių modeliai, kurie susiję su padidėjusia PKR traumų rizika. Jau šiame amžiuje pastebimi biomechaniniai pakitimai, tokie kaip sumažėjęs kelio sąnario lenkimo kampas ir kelio valgus padėtis nusileidimo metu (70). Vidutinio amžiaus paaugliams taikomos neuromuskulinių treniruočių programos gali reikšmingai sumažinti PKR traumų riziką. Ypač svarbu pradėti šias treniruotes ankstyvame amžiuje, dar prieš paauglystę, nes būtent vidutiniu paauglystės laikotarpiu sportininkų PKR traumų dažnis yra didžiausias. Tai rodo, kaip svarbu imtis ankstyvos prevencijos, siekiant apsaugoti sportininkes nuo potencialių traumų (72). Vaikams iki 15 metų skirtos programos turėtų būti pritaikytos pagal jų raidos etapą, orientuojantis į teisingų judesių modelių, tokių kaip pritūpimai ar pusiausvyros išlaikymas, atlikimą. Tokios programos gali sumažinti traumų riziką paauglystėje, kai PKR traumų dažnis pasiekia piką (69).

Neuromuskulinių treniruočių efektyvumas mažinant PKR traumų riziką priklauso nuo užsiėmimo trukmės ir dažnio. Tyrimai rodo, kad kuo ilgesnės ir dažnesnės neuromuskulinės treniruotės, tuo labiau sumažėja PKR traumų atvejų. Akcentuojama, jog siekiant sėkmingai įgyvendinti neuromuskulinių treniruočių programas, būtina užtikrinti, kad treneriai ir sveikatos priežiūros specialistai turėtų tinkamų žinių ir būtų motyvuoti. Nuoseklios neuromuskulinės

treniruotės yra vienas svarbiausių veiksnių, padedančių sumažinti PKR traumų dažnį (72). Prevencinės treniruotės turėtų būti rengiamos bent 2–3 kartus per savaitę, pradedant nuo priešsezoninio laikotarpio ir tęsiant visą sezoną. Trumpų 10–15 minučių į apšilimą integruotų užsiėmimų užtenka užtikrinti efektyvumą ir nesutrikdyti bendro treniruočių režimo (69).

Tyrimai taip pat atskleidė, kad mažinant PKR traumų riziką efektyvesnės yra neuromuskulinių treniruočių programos, kuriose atliekami įvairūs pratimai. Vienos rūšies pratimų, pavyzdžiui, tik balansinių ar pliometrinų, atlikimas nesumažina raiščių traumų rizikos taip efektyviai, kaip skirtingų pratimų derinimas. Įtraukus raumenų stiprinimo pratimus, ypač skirtus liemens ir klubų raumenims, prevencinės programos tampa dar veiksmingesnės. Tai parodo, kaip svarbu derinti įvairius pratimus, siekiant apsaugoti sportininkus nuo PKR raiščių traumų.

Be to, nustatyta, kad žodinis grįžtamasis ryšys – kai treneriai ar specialistai stebi sportininkų judesius ir iškart juos koreguoja arba pateikia pastabas – gali būti veiksminga priemonė mažinant PKR traumų riziką. Atliekant tyrimą į neuromuskulinių treniruočių programas buvo įtraukti balansiniai pratimai su žodiniais nurodymais. Nors pirmojo intervencijos sezono metu reikšmingo traumų sumažėjimo nefiksuota, antrajame sezone PKR traumų skaičius buvo pastebimai mažesnis. Tai rodo, kad trenerių ar specialistų pastabos dėl judesių kokybės gali turėti reikšmingą poveikį traumų prevencijai, todėl planuojant neuromuskulinių treniruočių programas gali būti svarbu numatyti žodinį grįžtamąjį ryšį (72).

Prevencinių programų efektyvumą labai padidina nuoseklus jų laikymasis. Sportininkai, kurie nuosekliai dalyvauja prevencinėse treniruotėse, patiria žymiai mažiau PKR traumų. Svarbu ne tik šviesti sportininkus, bet ir edukuoti trenerius bei tėvus aiškinant apie prevencinių programų naudą. Aiškūs pavyzdžiai, kaip įtraukti šias treniruotes į įprastą dienos rutiną, gali padėti įveikti pasipriešinimą ir užtikrinti jų sėkmingą taikymą (69).

PKR traumų prevencija yra daugialypis procesas, kuriame derinamos neuromuskulinės treniruotės, biomechaninių trūkumų korekcija ir trenerių bei sportininkų sąmoningumo didinimas. Reguliarios prevencinės programos gali reikšmingai sumažinti traumų riziką, tačiau jų efektyvumas priklauso nuo sistemingo įgyvendinimo ir individualių poreikių pritaikymo. Siekiant išvengti PKR traumų, būtina anksti formuoti tinkamus judesių įpročius, reguliariai stiprinti raumenis ir gerinti sąnarių stabilumą.

14. IŠVADOS

1. Priekinio kryžminio raiščio traumų dažnis vyrų ir moterų populiacijose skiriasi, o šiuos skirtumus lemia ne tik biologiniai, bet ir socialiniai bei specifiniai sporto veiksniai. Mokslinė literatūra nurodo, kad moterys dažniau patiria šio raiščio plyšimus dėl

anatominių, biomechaninių, hormoninių ir socialinių skirtumų, tačiau tam įtakos gali turėti ir sporto šakų pasirinkimas bei individualios sportininkų savybės.

2. Priekinio kryžminio raiščio plyšimo mechanizmas yra glaudžiai susijęs su anatominių ir biomechaninių savybių skirtumais tarp lyčių. Moterims būdinga siauresnė tarpkrumplinė įlanka, didesnė kelio valgus padėtis, mažesnis raumenų jėgos balansas ir prastesnė judesių kontrolė – visa tai prisideda prie didesnės traumų rizikos.
3. Reikšmingą įtaką priekinio kryžminio raiščio traumoms turi hormoniniai veiksniai. Estrogenai ir relaksinas lemia struktūrinį raiščio silpnėjimą ir didina jo plyšimo riziką, o testosteronas, progesteronas ir kontraceptinės tabletės gali turėti apsauginį poveikį.
4. Didelę įtaką priekinio kryžminio raiščio traumų paplitimui ir prevencijai turi socialiniai veiksniai. Moterims dažnai sudaromos prastesnės sąlygos dalyvauti aukšto lygio sporto treniruotėse, joms skiriama mažiau išteklių traumų prevencijai ir reabilitacijai. Taip pat jėgos treniruotės tarp moterų vis dar yra stigmatizuojamos ir tai gali neigiamai paveikti jų fizinį pasirengimą ir kelio stabilumą.
5. Priekinio kryžminio raiščio plyšimas didina osteoartrito ir kitų komplikacijų riziką. Po traumos kelio sąnario nestabilumas gali sukelti degeneracinius pokyčius, ypač jei kartu pažeidžiami meniskai.
6. Prevencinės programos, tokios kaip neuromuskulinės treniruotės, yra veiksminga priemonė mažinant priekinio kryžminio raiščio traumų dažnį. Svarbu užtikrinti tinkamą treniruočių intensyvumą, dažnį ir pratimų įvairovę, kuri parenkama, atsižvelgiant į individualius sportininkų biomechaninius ypatumus.

LITERATŪROS ŠALTINIAI

1. MacDonald J, Myer GD, Napolitano J. Anterior cruciate ligament (ACL) injury prevention - UpToDate. UpToDate [Internet]. 2025 Jan 22; Available from: <https://www.uptodate.com/contents/anterior-cruciate-ligament-acl-injury-prevention>
2. Steiner M, Baur H, Blasimann A. Sex-specific differences in neuromuscular activation of the knee stabilizing muscles in adults - a systematic review. Arch Physiother. 2023 Feb 15;13(1):4.
3. Silvers-Granelli H. Why female athletes injure their ACLs more frequently: What can we do to mitigate their risk? Int J Sports Phys Ther. 2021 Aug 1;16(4):971–7.
4. Friedberg RP, d'Hemecourt PA. UpToDate. 2024 [cited 2024 Oct 16]. Anterior cruciate ligament injury - UpToDate. Available from: <https://www.uptodate.com/contents/anterior-cruciate-ligament-injury>

5. Zbrojkiewicz D, Vertullo C, Grayson JE. Increasing rates of anterior cruciate ligament reconstruction in young Australians, 2000–2015. *Med J Aust*. 2018 May;208(8):354–8.
6. LaBella CR, Hennrikus W, Hewett TE, Brenner JS, Brookes MA, Demorest RA, et al. Anterior Cruciate Ligament Injuries: Diagnosis, Treatment, and Prevention. *Pediatrics*. 2014 May 1;133(5):e1437–50.
7. Domnick C, Raschke MJ, Herbort M. Biomechanics of the anterior cruciate ligament: Physiology, rupture and reconstruction techniques. *World J Orthop*. 2016 Feb;7(2):82–93.
8. Richardson P, Drake R, Vogl AW, Mitchell AWM, Tibbitts R. *Gray's Atlas of Anatomy*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2015.
9. Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwięga M, Ciszek B, Ciszewska-Lysoń B, Siebold R. Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015 Nov;23(11):3143–50.
10. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff landings, core stability, and dynamic knee valgus: a systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. *Int J Env Res Public Health*. 2021 Apr;18(7):3826.
11. Šarūnas T, Stučinskas J, Juosponis R, Smailys A. *Kelio sąnario endoprotezavimas*. Kaunas: Lietuvos sveikatos mokslų universitetas; 2011.
12. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: cut risk with three sharpened and validated tools. *J Orthop Res*. 2016 Sep 19;34(11):1843–55.
13. Owusu-Akyaw KA, Kim SY, Spritzer CE, Collins AT, Englander ZA, Utturkar GM, et al. Determination of the position of the knee at ACL rupture for males versus females by an analysis of bone bruises. *Am J Sports Med*. 2018 Apr 18;46(7):1559–65.
14. Takahashi S, Nagano Y, Ito W, Kido Y, Okuwaki T. A retrospective study of mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in high school basketball, handball, judo, soccer, and volleyball. *Med Baltim*. 2019 Jun 28;98(26):e16030.
15. Mancino F, Kayani B, Gabr A, Fontalis A, Plastow R, Haddad FS. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: risk factors and strategies for prevention. *Bone Jt Open*. 2024;5(2):94–100.
16. Hardaker NJ, Hume PA, Sims ST. Differences in injury profiles between female and male athletes across the participant classification framework: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2024 Jun;54(6):1596–665.
17. Ellison TM, Flagstaff I, Johnson AE. Sexual dimorphisms in anterior cruciate ligament injury: a current concepts review. *Orthop J Sports Med*. 2021 Dec 17;9(12):23259671211025304.
18. Beynnon BD, Vacek PM, Newell MK, Tourville TW, Smith HC, Shultz SJ, et al. The effects of level of competition, sport, and sex on the incidence of first-time noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med*. 2014 Jul 11;42(8):1806–12.
19. The female ACL: Why is it more prone to injury? *J Orthop*. 2016 Mar 24;13(2):A1–4.

20. Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *J Athl Train*. 2013 Dec;48(6):810–7.
21. Childers J, Eng E, Lack B, Lin S, Knapik DM, Kaplan DJ, et al. Reported Anterior Cruciate Ligament Injury Incidence in Adolescent Athletes Is Greatest in Female Soccer Players and Athletes Participating in Club Sports: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2024 Apr;41(3):774–84.
22. Devetag F, Mazzilli M, Benis R, La Torre A, Bonato M. Anterior cruciate ligament injury profile in Italian Serie A1-A2 women's volleyball league. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018 Feb;58(1–2):92–7.
23. Rotllan C, Viscor G. Winter sports injuries in elite female athletes: a narrative review. *Int J Env Res Public Health*. 2023 May 13;20(10):5815.
24. Montalvo AM, Schneider DK, Webster KE, Yut L, Galloway MT, Heidt RS, et al. Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Sport: A Systematic Review and Meta-Analysis of Injury Incidence by Sex and Sport Classification. *J Athl Train*. 2019 May 1;54(5):472–82.
25. Parsons JL, Coen SE, Bekker S. Anterior cruciate ligament injury: towards a gendered environmental approach. *Br J Sports Med*. 2021 Sep;55(17):984–90.
26. Pfeifer CE, Beattie PF, Sacko RS, Hand A. Risk factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther*. 2018 Aug;13(4):575–87.
27. Alsayed HN, Alkhateeb MA, Aldossary AA, Houbani KM, Aljamaan YM, Alrashidi YA. Risk of anterior cruciate ligament injury in population with elevated body mass index. *Med Glas*. 2022 Aug 27;20(1):83–7.
28. Volpi P, Bisciotti GN, Chamari K, Cena E, Carimati G, Bragazzi NL. Risk factors of anterior cruciate ligament injury in football players: a systematic review of the literature. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2017 Feb 12;6(4):480–5.
29. Motififard M, Akbari Aghdam H, Ravanbod H, Jafarpishe MS, Shahsavan M, Daemi A, et al. Demographic and injury characteristics as potential risk factors for anterior cruciate ligament injuries: a multicentric cross-sectional study. *J Clin Med*. 2024 Aug 27;13(17):5063.
30. Bloom DA, Wolfert AJ, Michalowitz A, Jazrawi LM, Carter CW. ACL injuries aren't just for girls: the role of age in predicting pediatric ACL injury. *Sports Health*. 2020 Aug 11;12(6):559–63.
31. Barnett SC, Murray MM, Flannery SW, BEAR Trial Team, Menghini D, Fleming BC, et al. ACL size, but not signal intensity, is influenced by sex, body size, and knee anatomy. *Orthop J Sports Med*. 2021 Dec 17;9(12):23259671211063836.
32. Shen L, Jin ZG, Dong QR, Li LB. Anatomical risk factors of anterior cruciate ligament injury. *Chin Med J Engl*. 2018 Dec 20;131(24):2960–7.
33. Van Eck CF, Martins CAQ, Vyas SM, Celentano U, Van Dijk CN, Fu FH. Femoral intercondylar notch shape and dimensions in ACL-injured patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010 Sep;18(9):1257–62.

34. Cheung EC, Boguszewski DV, Joshi NB, Wang D, McAllister DR. Anatomic factors that may predispose female athletes to anterior cruciate ligament injury. *Curr Sports Med Rep*. 2015 Oct;14(5):368–72.
35. Chen C, Ma Y, Geng B, Tan X, Zhang B, Jayswal CK, et al. Intercondylar notch stenosis of knee osteoarthritis and relationship between stenosis and osteoarthritis complicated with anterior cruciate ligament injury: a study in MRI. *Medicine (Baltimore)*. 2016 Apr;95(17):e3439.
36. Jin X, Wu X, Xu W, She C, Li L, Mao Y. Gender differences in the impact of anatomical factors on non-contact anterior cruciate ligament injuries: a magnetic resonance study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2024 Apr 4;25(1):264.
37. Koirala S. Overall Science. 2018 [cited 2025 Mar 27]. Differences between female and male pelvis. Available from: <https://overallscience.com/differences-between-female-and-male-pelvis/>
38. Fischer B, Mitteroecker P. Allometry and sexual dimorphism in the human pelvis. *Anat Rec*. 2017;300(4):694–705.
39. Griffin SL. Does an increased Q-angle increase the risk of anterior cruciate ligament tears in female athletes? [Internet] [Capstone Project]. University of the Pacific; 2020 [cited 2025 Mar 27]. Available from: <https://scholarlycommons.pacific.edu/pa-capstones/59>
40. Nguyen AD, Boling MC, Levine B, Shultz SJ. Relationships between lower extremity alignment and the quadriceps angle. *Clin J Sport Med*. 2009 May;19(3):201–6.
41. Suresh G. Auptimo. 2024 [cited 2025 Jan 6]. Men & Women have a similar Q angle? - auptimo. Available from: <https://auptimo.com/men-women-have-similar-q-angle/>
42. Mendiguchia J, Ford KR, Quatman CE, Alentorn-Geli E, Hewett TE. Sex differences in proximal control of the knee joint. *Sports Med Author Manuscr*. 2014 Nov 6;41(7):541–57.
43. Zebis MK, Aagaard P, Andersen LL, Hölmich P, Clausen MB, Brandt M, et al. First-time anterior cruciate ligament injury in adolescent female elite athletes: a prospective cohort study to identify modifiable risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2021 May 7;30(4):1341–51.
44. Sasaki S, Nagano Y, Kaneko S, Imamura S, Koabayshi T, Fukubayashi T. The relationships between the center of mass position and the trunk, hip, and knee kinematics in the sagittal plane: a pilot study on field-based video analysis for female soccer players. *J Hum Kinet*. 2015 Mar 1;45(1):71–80.
45. Ueno R, Navacchia A, DiCesare CA, Ford KR, Myer GD, Ishida T, et al. Knee abduction moment is predicted by lower gluteus medius force and larger vertical and lateral ground reaction forces during drop vertical jump in female athletes. *J Biomech*. 2020 Apr;103:109669.
46. Pappas E, Shiyko MP, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Biomechanical deficit profiles associated with ACL injury risk in female athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2016 Jan;48(1):107–13.
47. Balachandar V, Marciniak JL, Wall O, Balachandar C. Effects of the menstrual cycle on lower-limb biomechanics, neuromuscular control, and anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2017 May 10;7(1):136–46.
48. Seneviratne A, Attia E, Williams RJ, Rodeo SA, Hannafin JA. The effect of estrogen on ovine anterior cruciate ligament fibroblasts: cell proliferation and collagen synthesis. *Am J Sports Med*. 2004 Oct;32(7):1613–8.

49. Lew A, Haratian A, Fathi A, Kim M, Hasan L, Bolia IK, et al. Gender Differences in Anterior Cruciate Ligament Injury: A Review of Risk Factors, Mechanisms, and Mitigation Strategies in the Female Athlete. *J Orthop Surg Sports Med*. 2021 Sep 21;4(1):1–8.
50. Piotr M, Tomasz M, Tomasz K, Magdalena DG, Magdalena R, Mariola C, et al. The influence of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury. *GinPolMedProject*. 2018 Mar 27;1(47):33–7.
51. Stijak L, Kadija M, Djulejić V, Aksić M, Petronijević N, Marković B, et al. The influence of sex hormones on anterior cruciate ligament rupture: female study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015 Sep;23(9):2742–9.
52. Parker EA, Duchman KR, Meyer AM, Wolf BR, Westermann RW. Menstrual cycle hormone relaxin and ACL injuries in female athletes: a systematic review. *Iowa Orthop J*. 2024;44(1):113–23.
53. Herzberg SD, Motu'apuaka ML, Lambert W, Fu R, Brady J, Guise JM. The effect of menstrual cycle and contraceptives on ACL injuries and laxity: a systematic review and meta-analysis. *Orthop J Sports Med*. 2017 Jul 21;5(7):2325967117718781.
54. Konopka JA, Hsue L, Chang W, Thio T, Dragoo JL. The effect of oral contraceptive hormones on anterior cruciate ligament strength. *Am J Sports Med*. 2020 Jan;48(1):85–92.
55. Axelrod K, Canastra N, Lemme NJ, Testa EJ, Owens BD. Epidemiology With Video Analysis of Knee Injuries in the Women's National Basketball Association. *Orthop J Sports Med*. 2022 Sep;10(9):1–8.
56. VšĮ Šiaulių reabilitacijos centras [Internet]. 2020 [cited 2025 Jan 9]. Priekinio kryžminio raiščio plyšimas. Available from: <https://www.reabilitacijoscentras.lt/straipsniai/naudinga-zinoti/priekinio-kryzminio-raiscio-plysimas>
57. Lietuvos statistikos departamentas. Lietuvos švietimas, kultūra ir sportas 2021. 2022 [cited 2025 Jan 9]. Sporto organizacijų veikla. Available from: <https://osp.stat.gov.lt/lietuvos-svietimas-kultura-ir-sportas-2021/sporto-organizaciju-veikla>
58. Cheung EC, DiLallo M, Feeley BT, Lansdown DA. Osteoarthritis and ACL reconstruction—myths and risks. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2020 Feb;13(1):115–22.
59. Nordenvall R, Bahmanyar S, Adami J, Mattila VM, Felländer-Tsai L. Cruciate ligament reconstruction and risk of knee osteoarthritis: the association between cruciate ligament injury and post-traumatic osteoarthritis. A population based nationwide study in Sweden, 1987–2009. Reilly G, editor. *PLoS ONE*. 2014 Aug 22;9(8):e104681.
60. Hsia AW, Jbeily EH, Mendez ME, Cunningham HC, Biris KK, Bang H, et al. Post-traumatic osteoarthritis progression is diminished by early mechanical unloading and anti-inflammatory treatment in mice. *Osteoarthritis Cartilage*. 2021 Dec;29(12):1709–19.
61. Lie MM, Risberg MA, Storheim K, Engebretsen L, Øiestad BE. What's the rate of knee osteoarthritis 10 years after anterior cruciate ligament injury? An updated systematic review. *Br J Sports Med*. 2019 Sep;53(18):1162–7.
62. Kia C, Cavanaugh Z, Gillis E, Dwyer C, Chadayammuri V, Muench LN, et al. Size of initial bone bruise predicts future lateral chondral degeneration in ACL injuries: a radiographic analysis. *Orthop J Sports Med*. 2020 May 1;8(5):2325967120916834.

63. Segal NA, Nilges JM, Oo WM. Sex differences in osteoarthritis prevalence, pain perception, physical function and therapeutics. *Osteoarthritis Cartilage*. 2024 Sep;32(9):1045–53.
64. Zhang L, Fan S, Ye J, Jiang X, Cai B. Gender differences in knee kinematics during weight-bearing knee flexion for patients with arthrofibrosis after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Surg*. 2021 Dec;16(1):573.
65. Shelbourne KD, Wilckens JH, Mollabashy A, DeCarlo M. Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med*. 1991 Aug;19(4):332–6.
66. Aman ZS, Blaber OK, McDermott ER, DeFoor MT, DePhillipo NN, Dickens JF, et al. Acute anterior cruciate ligament reconstruction performed within 10 days of injury does not increase risk of postoperative arthrofibrosis: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2024 Jun;52(7):1888–96.
67. Rodriguez-Merchan EC, Valentino L. Return to sport activities and risk of reinjury after primary anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Bone Jt Surg*. 2022 Aug;10(8):648–60.
68. Tutkus V. Kelio sąnario meniskų pažeidimai: klinikiniai, amžiniai ir lytiniai ypatumai bei sąsajos su blauzdikaulio atraminio paviršiaus morfologija [Daktaro disertacija (santrauka)]. Vilniaus universitetas; 2011.
69. Padua DA, DiStefano LJ, Hewett TE, Garrett WE, Marshall SW, Golden GM, et al. National athletic trainers' association position statement: prevention of anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train*. 2018 Jan 1;53(1):5–19.
70. Thompson JA, Tran AA, Gatewood CT, Shultz R, Silder A, Delp SL, et al. Biomechanical effects of an injury prevention program in preadolescent female soccer athletes. *Am J Sports Med*. 2017 Feb;45(2):294–301.
71. Nessler T, Denney L, Sampley J. ACL injury prevention: what does research tell us? *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2017 Sep;10(3):281–8.
72. Sugimoto D, Myer GD, Barber Foss KD, Pepin MJ, Micheli LJ, Hewett TE. Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: meta-regression analysis. *Br J Sports Med Author Manuscr*. 2017 Oct 1;50(20):1259–66.