

LIETUVOS SPORTO UNIVERSITETAS

MANTAS MICKEVIČIUS

SPORTUOJANČIŲ VAIKŲ IR PAAUGLIŲ  
GRIAUČIŲ RAUMENŲ IR SAUSGYSLIŲ  
LĖTINIŲ PAŽEIDIMŲ RIZIKOS  
ANKSTYVA DIAGNOSTIKA

Daktaro disertacija

Biomedicinos mokslai, biologija (01 B), fiziologija (B 470)

KAUNAS 2017

Disertacija rengta 2012–2016 m. Lietuvos sporto universitete.

**Mokslinis vadovas**

Prof. dr. **Sigitas Kamandulis**

(Lietuvos sporto universitetas, biomedicinos mokslai, biologija – 01 B)

**Konsultantas**

Prof. dr. **Jaak Jürimäe**

(Tartu univeritetas, biomedicinos mokslai, biologija – 01 B)

# TURINYS

SANTRUMPOS .....	5
ĮVADAS .....	6
1. LITERATŪROS APŽVALGA .....	10
1.1. Lėtinės viršutinės kūno dalies traumos .....	10
1.2. Lėtinės apatinės kūno dalies traumos .....	14
1.3. Priklausomi traumų rizikos veiksniai .....	16
1.3.1. Vienos kūno pusės sportas .....	16
1.3.2. Kūno proporcingumas .....	17
1.3.3. Raumenų jėgos disbalansas .....	18
1.3.4. Raumenų aktyvacija .....	20
1.3.5. Propriorecepcija .....	22
1.3.6. Judesio amplitudė .....	23
1.3.7. Prieš tai buvusi trauma .....	24
1.4. Nepriklausomi traumų rizikos veiksniai .....	25
1.4.1. Amžius .....	25
1.4.2. Lytis .....	27
2. TYRIMŲ METODIKA IR ORGANIZAVIMAS .....	28
2.1. Tiriamieji .....	28
2.1.1. Pirmas tyrimas .....	28
2.1.2. Antras tyrimas .....	29
2.1.3. Trečias tyrimas .....	30
2.2. Metodai .....	30
2.2.1. Antropometriniai matavimai .....	30
2.2.2. Dinamometrija .....	31
2.2.3. Propriorecepcijos testavimas .....	34
2.2.4. Goniometrija .....	35
2.2.5. Judesio stabilumo vertinimas .....	39
2.2.6. Echoskopija .....	40
2.2.7. Elektromiografija (EMG) .....	41
2.2.8. Sausgyslės morfologinių ir mechaninių savybių matavimai .....	43
2.2.9. Vertikalaus šuolio kinematiniai rodikliai .....	45
2.2.10. Vertikalaus šuolio kinetiniai rodikliai .....	46
2.2.11. Kelio sąnario funkcijos vertinimas .....	47

2.3. Tyrimo organizavimas .....	47
2.3.1. Pirmas tyrimas .....	48
2.3.2. Antras tyrimas.....	49
2.3.3. Trečias tyrimas.....	50
2.4. Matematinė statistika .....	51
3. TYRIMŲ REZULTATAI IR APTARIMAS .....	52
3.1. Fiziniams krūviams adaptuotų vaikų, jaučiančių dominuojančios rankos skausmą, ir nesportuojančių vaikų bilateraliniai morfologinių ir funkcinį rodiklių skirtumai .....	52
3.1.1. Rankos raumenų susitraukimo jėgos momentas .....	52
3.1.2. Judesių amplitudė .....	53
3.1.3. Morfologiniai rodikliai.....	54
3.1.4. Rezultatų aptarimas.....	55
3.2. Fiziniams krūviams adaptuotų paauglių, jaučiančių kojos skausmą, skausmo nejaučiančių ir nesportuojančių paauglių bilateraliniai morfologinių ir funkcinį rodiklių skirtumai .....	58
3.2.1. Skausmo intensyvumas, dažnis ir tiriamųjų apibūdinimas .....	58
3.2.2. Kojos raumenų susitraukimo jėgos momentas ir koaktyvacija.....	59
3.2.3. Judesių amplitudė .....	61
3.2.4. Judesių stabilumas .....	62
3.2.5. Propriorepcija .....	63
3.2.6. Morfologiniai rodikliai.....	64
3.2.7. Rezultatų aptarimas.....	65
3.3. Fiziniams krūviams adaptuotų paauglių, jaučiančių kojos skausmą, ir jo nejaučiančių kinematinį ir kinetinių rodiklių bei girkelės sausgyslės mechaninių savybių skirtumai .....	68
3.3.1. Sausgyslės morfologinės ir mechaninės savybės.....	68
3.3.2. Vertikalaus šuolio kinematiniai rodikliai.....	70
3.3.3. Vertikalaus šuolio kinetiniai rodikliai.....	73
3.3.4. Rezultatų aptarimas.....	74
IŠVADOS.....	78
LITERATŪRA .....	79
PUBLIKACIJOS.....	109

## SANTRUMPOS

AK – absoliuti klaida

EMG – elektromiografija

Heks :  $Q_{kon}$  – šlaunies dvigalvio raumens ekscentrinės jėgos ir keturgalvio raumens koncentrinės jėgos momento santykis

Hkon :  $Q_{kon}$  – šlaunies dvigalvio ir keturgalvio raumenų koncentrinės jėgos momento santykis

H : Q – šlaunies dvigalvio ir keturgalvio raumenų jėgos momento santykis

MV – motorinis vienetas

MVJ – maksimalioji valinga jėga

PKR – priekinis kryžminis raištis

RM – rotatorių manžetė

ŠP – šoninis platusis raumuo

VP – vidinis platusis raumuo

ŽVRD – žastikaulio vidinės rotacijos deficitas

## ĮVADAS

Sportas ir fizinė veikla stiprina raumenų, širdies ir kraujagyslių sistemų darbą, mažina antsvorį, gerina nuotaiką ir darbingumą (Haskell et al., 2007). Reguliarūs fiziniai pratimai yra naudingi pažintinei funkcijai ir didina pasitikėjimą savimi. Vis dėlto, augant konkurencingumui, sportuojantys vaikai ir paaugliai patiria didelį spaudimą laimėti, taigi fizinės pratybos intensyvėja, dažnėja ir tampa labiau specializuotos. Padidėjęs ir / ar nesubalansuotas fizinis krūvis sukelia sveikatos sutrikimų dėl patiriamų traumų (Ladenhauf, Graziano, & Marx, 2013).

Manoma, kad vienkartiniai fiziniai krūviai mažai veikia sausgysles ir raumenis (Ladenhauf et al., 2013). Visgi praktikoje taikomi ne pavieniai, bet nuolatiniai fiziniai krūviai ir labai dažnai kitas krūvis atliekamas ne visiškai atsigavus po prieš tai buvusio. Nuolatinė perkrova, biomechanškai klaidingai atliekami pratimai ir fizinis krūvis esant nuovargiui gali formuoti lėtinius klinikinius sausgyslių pakitimus (Helland et al., 2013). Daugiau nei pusę patiriamų rankų ar kojų traumų įvyksta ne fizinio kontakto su varžovais metu. Tai labiau susiję su raumenų jėgos, judesių amplitudės disbalansu, judesių valdymo ir raumenų aktyvavimo sutrikimais, sausgyslių mechaninių ir morfologinių savybių pokyčiais (Gagnier, Morgenstern, & Chess, 2013; Ladenhauf et al., 2013).

Vaikai, žaidžiantys beisbolą, gali būti jautrūs pažeidimui, nes kamuoliukas metamas dalyvaujant vienos kūno pusės raumenims (Escamilla, Fleisig, Zheng, Barrentine, & Andrews, 2001). Toks asimetrinis pratimas gali sukelti funkcinių disbalansą, kuris per ilgesnį laiką lemia atskirų raumenų grupių, sausgyslių ir raiščių dvipusių skirtumų atsiradimą (Byram et al., 2010). Ankstesnių tyrimų metu nustatyta didesnė kamuoliuką metančios rankos žastikaulio išorinės rotacijos judesio amplitudė ir mažesnė vidinės rotacijos judesio amplitudė, lyginant su priešingos pusės peties sąnariu (Borsa, Dover, Wilk, & Reinold, 2006; Byram et al., 2010; Donatelli et al., 2000; Wilk et al., 2009). Raumenų ir sausgyslių struktūriniai bei funkciniai dvipusiai skirtumai dažnesni suaugusiųjų populiacijoje (Byram et al., 2010; Chen, Lin, Chen, Lin, & Nosaka, 2011; Noffal, 2003). Visgi rankų judesio amplitudės ir jėgos dvipusiai skirtumai buvo nustatyti augimo ir brendimo metu (Harada et al., 2010; Hurd et al., 2011; Levine et al., 2006; Trakis et al., 2008). Lieka neaišku, koku amžiaus tarpsniu galima didžiausia traumų rizika, kada pasireiškia dvipusiai skirtumai kultivuojant asimetrinės apkrovos sportą ir koks dvipusių skirtumų ryšys su traumų rizika. Kadangi berniukų

brendimo pradžioje jungiamasis audinys yra ypač jautrus intensyviems ekscentriniais krūviams (Harada et al., 2010), kėlėme hipotezę, kad reguliariai žaidžiant beisbolą, kurio metu dažnai apkraunami vienos pusės sąnariai ir raumenys, jaunesniojo amžiaus sportininkams gali vystytis atskirų raumenų grupių, sausgyslių ir raiščių asimetrija, kuri gali lemti didesnę traumų riziką, lyginant su nesitreneruojančiais vaikais.

Paaugliai ypač jautrūs pažeidimui, nes brendimo laikotarpiu vyksta daug struktūrinių, hormoninių, biomechaninių ir funkcinių organizmo pokyčių (Adirim & Cheng, 2003; Cassas & Cassettari-Wayhs, 2006; Frisch, Croisier, Urhausen, Seil, & Theisen, 2009). Maždaug trečdalis paauglių traumų susijusios su kelio sąnario minkštųjų audinių pažeidimais (Foss, Myer, Magnussen, & Hewett, 2014). Anksčiau atliktų tyrimų duomenimis, kasmet net iki 54% paauglių sportininkų patiria kelio sąnario skausmą (Calmbach & Hutchens, 2003; Fagan & Delahunt, 2008; Louw, Manilall, & Grimmer, 2008). Žaidžiant krepšinį, paauglių nekontaktinio kelio sąnario traumų skaičius yra didesnis negu kitų sportininkų (Belechri, Petridou, Kedikoglou, & Trichopoulos, 2001; Caine, Maffulli, & Caine, 2008). Traumos dažnesnės tarp krepšininkų, nes žaidžiant dažnai sustojama, keičiama kryptis, pašokama (Cumps, Verhagen, & Meeusen, 2007; Drakos, Domb, Starkey, Callahan, & Allen, 2010). Dėl tokios veiklos ypač didelė apkrova tenka kelio sąnario audiniams, raumens ir sausgyslės kompleksui (Cassas & Cassettari-Wayhs, 2006). Tai sukelia labiausiai apkraunamų struktūrų skausmą, todėl krepšinio fiziniams krūviams adaptuotų sportininkų raumenų ir sausgyslių tyrimai gali parodyti skirtumus (lyginant su nesportuojančiais paaugliais) ir išryškinti naujus traumų prognozavimo rodiklius. Kėlėme hipotezę, kad paauglių krepšininkų, kurie jaučia kelio sąnario skausmus, bus blogesnis raumenų jėgos balansas, aktyvacija ir koordinacija, mažesnė judesių amplitudė ir dažnesni sausgyslių pažaidos požymiai nei krepšininkų, neįsitraukiančių skausmo, ir nesportuojančiųjų.

Biomechaninių ir klinikinių tyrimų rezultatai patvirtina teiginį, kad viršutinės kūno dalies padėtis gali turėti įtakos šlaunikaulio ir blauzdikaulio, kelio girnelės ir šlaunikaulio sąnarių mechaninėms savybėms (Reiman, Bolgla, & Lorenz, 2009). Sutrikus klubų, dubens ir liemens judesių valdymui, labiau apkraunamas kelio sąnarys, ir tai gali lemti traumos atsiradimą (Cibulka & Threlkeld-Watkins, 2005; Powers, 2010). Atliekant šuolius, liemens šoniniai judesiai, per didelis šlaunų pritraukimas bei vidinė rotacija gali padidinti kelių

suglaudimą pėdų atžvilgiu (Hollman et al., 2009). Kelių suglaudimas didina kelio sąnario *valgus* kampa ir kelio sąnario traumų riziką (Hewett et al., 2005), kelio girnelės ir šlaunikaulio sąnario disfunkciją (Blackburn & Padua, 2009). Kelio girnelės sausgyslės dinaminės apkrovos poveikis, įskaitant kelio *valgus* ar Q-kampo pasikeitimus, sausgyslės dydžiui ir mechaninėms savybėms nėra žinomas. Esant tendinopatijai, sausgyslė gali būti elastingesnė (Helland et al., 2013) arba elastingumas nesikeičia (Couppé et al., 2013; Kongsgaard et al., 2010), tačiau sausgyslė būna mažiau standi. Tai gali būti susiję su padidėjusiu girnelės sausgyslės storiu ir girnelės skausmu, funkciniu nepakankamumu (De Zordo et al., 2009, 2010; Ooi et al., 2016). Kadangi skausmas ir funkcinės jėgos sumažėjimas gali reikšti sportininko karjeros pabaigą, svarbu įvertinti, kaip kūno laikysena, klubų, dubens bei liemens judesiai gali keisti kelio sąnario apkrovą, sausgyslės morfologiją ir mechanines savybes. Todėl kėlėme hipotezę, kad krepšinio žaidėjų, kurie jaučia kelio sąnario skausmus, dėl kinematinių ir kinetinių rodiklių skirtumo kelio sąnario apkrova bus didesnė ir turės įtakos girnelės sausgyslės mechaninėms savybėms.

**Tyrimo tikslas** – išsiaiškinti griaučių raumenų ir sausgyslių lėtinių pažeidimų pirminių rodiklių raišką padidintos rizikos, nesportuojančių vaikų ir paauglių grupėse.

### **Tyrimo uždaviniai**

1. Palyginti fiziniams krūviams adaptuotų vaikų, jaučiančių dominuojančios rankos skausmą, ir jo neįaučiančių dvipusius morfologinių ir funkcinį rodiklių skirtumus.

2. Palyginti fiziniams krūviams adaptuotų paauglių, jaučiančių kelio skausmą, jo neįaučiančių ir nesportuojančių paauglių dvipusius morfologinių ir funkcinį rodiklių skirtumus.

3. Palyginti fiziniams krūviams adaptuotų paauglių, jaučiančių kelio skausmą, ir jo neįaučiančių kinematinis bei kinetinius rodiklius, girnelės sausgyslės mechanines savybes.

*Teorinė ir praktinė tyrimo reikšmė.* Treneriai, sporto medikai ir kineziterapeutai turėtų atkreipti dėmesį į tai, kad 11–12 metų beisbolininkų skausmas nėra susijęs su raumenų susitraukimo jėgos, judesių amplitudės ir



morfologiniais dvipusiais skirtumais. Tuo tarpu paauglių krepšininkų kelio sąnario skausmas susijęs su aukštesniu ūgiu, mažesniu juosmens ir dubens stabilumu, o skausmą dažnai lydi kelio sąnario morfologinės patologijos, kurioms esant rizika atsirasti skausmui kelio sąnaryje padidėja daugiau nei 8 kartus. Be to, paauglių krepšininkų kelio Q-kampas, *valgus* kelio judesys ir kojos standumas yra susiję su paauglių krepšininkų padidėjusia, mažiau standžia girnelės sausgysle ir idiopatinio kelio skausmu. Anksti diagnozuojant traumų riziką, ypač svarbu naudoti ultragarso metodiką, nes morfologiniai pokyčiai gali atsirasti dar nesant nuolatiniam skausmui.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

Sportinės traumos – tai skausmas, diskomfortas, funkcijos praradimas ar lėtinė pažeida dėl fizinio aktyvumo, sportinės veiklos ar atsirandančios fiziniam krūviui viršijus kūno galimybes, palaikančias jo struktūrinį ir funkcinį vientisumą (Fuller, 2010; Timpka et al., 2014 a, b). Sportinės traumos paprastai skirstomos į ūmines ir lėtines. Teoriškai skirtumą nusako kūnui tenkantis energijos pobūdis. Ūminių traumų atveju energijos iškrova yra momentinė, o esant lėtinėms traumoms – energijos iškrovos laikas sumuojasi (Finch & Cook, 2013). Vis tik praktikoje traumos skirstomos į galinčias (ūmines) ar negalinčias (lėtines) būti specializuotomis aiškiai nusakomais įvykiais, tokiais kaip nukritimas ar susidūrimas (Fuller et al., 2006; Timpka et al., 2014 a; Turner et al., 2012).

„Lėtinė trauma“ yra sporto medicinos žodyno terminas, vartojamas apibūdinant traumą, sukeltą pasikartojančių mikropažeidimų, o ne vienkartinio trauminio įvykio (van Wilgen & Verhagen, 2012). Žodis „lėtinė“ vartojamas dėl to, kad tokios traumos pradžia paskatinama dėl netinkamos audinių apkrovos ar nepakankamo atsigavimo po sunkių krūvių (Dye, 2005; Magnusson, Langberg, & Kjaer, 2010). Lėtinės traumos gali pažeisti įvairias organizmo struktūras: kaulus, sausgysles, sąnarius, raiščius, raumenis, fascijas, nervus (Brukner & Khan, 2012). Daugumos lėtinių traumų patogenezė nėra tiksliai išaiškinta (Magnusson et al., 2010; Warden, Burr, & Brukner, 2006). Lėtinės traumos procesas prasideda pamažu, nuo lengvos įtampos iki stresinio lūžio (Diehl, Best, & Kaeding, 2006; Warden et al., 2006).

Futbolą žaidžiančių paauglių lėtinės traumos sudaro 10–34% visų patirtų traumų (Emery, Meeuwisse, & Hartmann, 2005; Le Gall, Carling, & Reilly, 2008; Söderman, Adolphson, Lorentzon, & Alfredson, 2001; Soligard et al., 2008). Hickey, Fricker, ir McDonald (1997) duomenimis, paaugliai krepšininkai patiria 38%, o jaunieji rankininkai – 7–21% lėtinių traumų iš visų patirtų traumų atveju (Olsen, Myklebust, Engebretsen, & Bahr, 2006a).

## 1.1. Lėtinės viršutinės kūno dalies traumos

Kultivuojant sporto šakas, kai kamuoliukas metamas virš galvos (pvz., žaidžiant beisbolą, rankinį, tinklinį), dažnai atsiranda peties ir alkūnės sąnario traumos rizika. Peties sąnariui tenka didelė apkrova, kuri priklauso nuo metimo technikos ir greičio. Dėl trumpalaikės, bet didelio poveikio jėgos, peties sąnario

struktūros patiria įsitemimą, kompresiją ir pakartotinę įtampą (Kegerreis, Jenkins, & Malone, 1990).

Kai kurios lėtinės traumos yra būdingos vaikams ir paaugliams. Dažniausios yra: proksimalinis žastikaulio epifizitas, rotatorių manžetės tendinopatija ir medialinis alkūnės epikondilitas. Pagrindinis provokatorius yra proksimalinės epifizės augimo plokštelės stresinis lūžis (Maffulli & Magra, 2006). Tai būdinga sportininkams, kurių augimo plokštelės atviros ir pagrindiniai rankų judesiai atliekami virš galvos, pavyzdžiui, žaidžiant beisbolą, tinklinį ir tenisą (Cassas & Cassettari-Wayhs, 2006). Peties ankštumas ir rotatorių manžetės tendinopatija dažnai nustatoma plaukikams dėl intensyvios peties vidinės rotacijos. Rotatorių manžetės tendinopatija taip pat pasitaiko dėl lėto jaunųjų teniso žaidėjų pasikartojančio mušimo judesio ir kamuoliuko padavimų virš galvos (Bylak & Hutchinson, 1998). Medialinis alkūnės epikondilitas yra ranką lenkiančių, sukančių raumenų, prisitvirtinusių prie vidinio antkrumplio, apofizės uždegimas. Tai būdinga beisbolo jauniesiems žaidėjams, intensyviai atliekantiems metimo judesius (Adirim & Cheng, 2003). Peties sąnario skausmo dažnis siekia 32% tarp jaunų beisbolo žaidėjų (Lyman et al., 2001). Proksimalinis žastikaulio epifizitas yra būdingesnis jauniems sportininkams, metantiems kamuoliuką virš galvos, ir tiems, kurių epifizinės augimo plokštelės yra atviros.

Sportininkų rotatorių manžetės pažeidimai kultivuojant tas sporto šakas, kuriose kamuoliukas metamas virš galvos, yra vieni iš dažniausiai patiriamų visų traumų: žaidžiant beisbolą sudaro 19%, softbolą – 37%, tenisą – 26%, tinklinį – 23%, plaukiant – 25% (Laudner & Sipes, 2009). Rotatorių manžetės (RM) pažeidimai paprastai prasideda nuo sąnario pusės, t. y. giliajame sąnario sluoksnyje.

Rotatorių manžetės pažeidimai atsiranda ties apatinio antdyglinio raumens ir viršutinio podyglinio raumens jungtimi. Šiems pažeidimams yra būdingi rotatoriaus paviršiaus sausgyslės skaidulų plyšimai per dalinį rotatoriaus manžetės plyšimą nuo jos prisitvirtinimo, tarpaištiniai pažeidimai ir visiškas rotatoriaus manžetės plyšimas per jos storį (Siskosky & ElAttrache, 2007). Rotatorių manžetės pažeidimų mechanizmas vis dar neaiškus. Pasikartojanti išcentrinė apkrova ir RM ištempimas gali sukelti mikrotraumą, dėl to gali sutrikti RM funkcija. Beisbolininkui metikui, kurio RM funkcija pažeista, yra būdingas nespacificnis peties sąnario vietos skausmas. Diagnozei patvirtinti atliekama ultragarso diagnostika, magnetinio rezonanso artrografija arba peties sąnario artroskopija

(Curtis & Deshmukh, 2003).

Peties sąnario dvigalvio žasto raumens ilgosios sausgyslės ir sąnarinės lūpos žiedo tvirtinimosi prie mentės krašto peties sąnaryje vientisumo pažeidimas yra dažniausia jaunų fiziškai aktyvių žmonių ir sportininkų funkcinio peties sąnario judesių apribojimo priežastis (Burkhart & Morgan, 1998; Snyder, Karzel, Del Pizzo, Ferkel, & Friedman, 1990). Tai vadinamieji SLAP – viršutinės priekinės ir užpakalinės sąnarinės lūpos pažeidimai (Burkhart & Morgan, 1998; Snyder et al., 1990). Šis kompleksas pažeidžiamas, kai tempimo, spaudimo ir atplėšimo jėgos atitinkamai pasiskirsto peties sąnaryje, ir dėl mažo ar momentiško degeneracinio poveikio viršutinė sąnario lūpa palengva ar staiga plyšta (Snyder et al., 1990). Tai įvyksta tada, kai vidinės žasto rotacijos ir priekinės fleksijos metu viršutinio sąnarinio žastikaulio raiščio ir snapinio žastikaulio raiščio suformuotas žiedas užspaudžia dvigalvio raumens ilgąją sausgyslę, o ši atplėšia sąnario viršutinę, priekinę ir užpakalinę lūpą nuo mentės krašto (Snyder et al., 1990). Šie pažeidimai dažniausiai atsiranda tada, kai pasikartojantys rankos judesiai atliekami pakėlus ją virš galvos hiperekstenzijos momentu (Siskosky & ElAttrache, 2007). Šis pažeidimas žaidžiant beisbolą sudaro 15%, softbolą – 5%, tinklinį – 5%, plaukiant – 6% visų patiriamų traumų (Laudner & Sipes, 2009).

Manoma, kad proksimalinis žastikaulio epifizitas išsivysto dėl per didelės apkrovos sportuojant arba proksimalinės žastikaulio augimo plokštelės stresinio pažeidimo. Jis yra paplitęs tarp beisbolo, plaukimo, gimnastikos, tinklinio ir teniso sportininkų (Patel & Nelson, 2000). Proksimalinis žastikaulio epifizitas yra epifiziolizė, kurią sukelia rotacinė apkrova, tenkanti proksimaliajai žastikaulio augimo plokštei, atliekant metimą pakeltomis rankomis. Augimo plokštelė yra per silpna įveikti sukimosi apkrovą ir gali būti traumuojama greito augimo laikotarpiu, kuris paprastai pasireiškia brendimo metu (Gill & Micheli, 1996). Daug peties sąnario traumų dėl ilgalaikės apkrovos įvyksta kamuoliuką metantiems 13 ir 16 metų sportininkams. Tokie pacientai paprastai skundžiasi difuziniu peties skausmu, kuris sustiprėja metant kamuoliuką. Medicininės apžiūros duomenimis, atsiranda šoninio (priekinio) peties paviršiaus skausmas ir patinimas, vidinės rotacijos raumens silpnumas ir rankos silpnumas kėlimo metu. Radiologiniai tyrimai parodo augimo plokštelės praplatėjimą ir metafizinės sklerozės, osteopenijos ir fragmentacijos požymius (Carson & Gasser, 1998).

Vidinio peties sąnario ankštumo sindromas – viena iš dažniausiai diagnozuojamų peties sąnario patologijų, kuri nustatoma vis jaunesniems žmonėms

(Jobe, Coen, & Screnar, 2000). Artroskopinių vaizdų analizė parodė, kad šis sindromas pasireiškia užpakalinio ir viršutinio rotatoriaus manžetės paviršiaus kontaktu su užpakaline ir viršutine sąnario lūpa, rankai esant išorinės rotacijos būsenos ir atitrauktai. Šį kontaktą parodo ir branduolių magnetinio rezonanso vaizdai (Kaplan, McMahon, Towers, Irrgang, & Rodosky, 2004). Sportininkams metikams pasikartojantis užpakalinio ir viršutinio rotatoriaus manžetės paviršiaus kontaktas su užpakaline ir viršutine sąnario lūpa gali sukelti patologinių pokyčių (Jobe & Pink, 1993). Vidinio peties sąnario ankštumo sindromo klinikinis pasireiškimas yra susijęs su peties sąnario skausmu vėlyvoje pakėlimo fazėje (Pink & Perry, 1996). Skausmas juntamas užpakalinėje arba užpakalinėje ir viršutinėje peties sąnario dalyje. Ligonis gali skųstis peties sąnario užkliuvimu ar trakstelėjimu, kuris būdingas sąnarinės lūpos pažeidimo atveju. Šie simptomai pablogina metimą arba neleidžia sportininkui dalyvauti varžybose. Vidinio peties sąnario ankštumo sindromas tarp beisbolo sportininkų sudaro 25%, softbolo – 32%, plaukimo – 25%, teniso – 45%, tinklinio – 18% visų patiriamų traumų (Laudner & Sipes, 2009).

Alkūnė yra viena iš dažniausių jaunų beisbolo žaidėjų traumų vieta (Benjamin & Briner, 2005; Cain, Dugas, Wolf, & Andrews, (2003). Alkūnės skausmą patiria 20–30% 8–12 metų ir 45% 13–14 metų beisbolo žaidėjų (Chen, Youm, Ong, Ruffi, & Rokito, 2003; Lyman, Fleisig, Andrews, & Osinski, 2002). Metant jaučiamas tempimas alkūnės medialinėje srityje ir padidėja kompresinės jėgos šoniniame ritininiame sąnaryje, dėl to gali pasireikšti daugybė patologinių būklių ir medialinio epikondilo apofizitas (angl. *little leaguer's elbow*) (Christopher & Congeni, 2002; Whiteside, Andrews, Fleisig, Galloway, & Goldberg, 1999). Jis būdingas jau 9–12 metų amžiaus sportininkams (Benjamin & Briner, 2005). Daugelis ligonių jaučia skausmą alkūnės medialiniame paviršiuje mesdami kamuoliuką ir skundžiasi sumažėjusiu metimo greičiu ar kontrole (Whiteside et al., 1999). Ligos istorijoje reikėtų atkreipti dėmesį į tai, kuri sportininko ranka dominuojanti, kurią poziciją užimdamas jis žaidžia, į buvusias jo peties ar alkūnės traumas, metimų skaičių ir tipą per savaitę, kontrolės ar greičio praradimą metimo metu, sumažėjusią judesio amplitudę, nejautrą ir tirpimą.

## 1.2. Lėtinės apatinės kūno dalies traumos

Paauglių sportinių traumų analizė rodo, kad labiausiai pažeidžiamos vietos yra čiurna ir kelis (Caine, DiFiori, & Maffulli, 2006). Čiurnos pažeidimai sudaro 20,9%, kelio sąnario – 15,2% visų sužalojimų (Ingram, Fields, & Yard, 2008). Vis dėlto kelio sąnarys traumuojamas sunkiausiai (prarandama daugiau nei 21 sporto diena) (Darrow, Collins, Yard, & Comstock, 2009). Price, Hawkins, Hulse, ir Hodson (2004), ištyrę jaunus 9–19 metų amžiaus futbolo žaidėjus, teigė, kad blauzdikaulio osteochondropatija arba Osgood'o–Schlatter'io ir Sever'io pažeidimai sudaro 5% visų pažeidimų. 11–13 metų amžiaus grupėje šie du pažeidimai sudaro 14% visų patiriamų traumų. Nustatyta, kad tarp 102 Švedijos beisbolo žaidėjų moterų, kurios patyrė traumas būdamos 20 metų arba jaunesnės, 51% iš jų nustatytas osteoartritas, lyginant su 8% moterų, kurios traumų neturėjo (Lohmander, Östenberg, Englund, & Roos, 2004).

Dažniausia jaunųjų sportininkų kelio sąnario skausmo priežastis yra Osgood'o–Schlatter'io liga. Tai osteochondropatija, kuri dažniausiai pasitaiko vaikams augimo spurto laikotarpiu ir dalyvaujantiems tokiose sporto šakose kaip: futbolas, krepšinis, gimnastika, tinklinis (joms būdingi šuoliukai, kojų šoninio slydimo judesiai) (Adirim & Cheng, 2003; Cassas & Cassettari-Wayhs, 2006; Hogan & Gross, 2003). Tarp elitinio dailiojo čiuožimo jaunuolių Osgood'o–Schlatter'io pažeidimas nustatytas 9% mergaičių ir 14% berniukų (Dubravcic-Dubravcic-Simunjak, Pecina, Kuipers, Moran, & Haspl, 2003) krepšinio – 2,3% mergaičių ir 4,1% berniukų (Foss et al., 2014). Anot Suzue ir kt. (2014), šis pažeidimas sudaro 16,3% tarp jaunų futbolo žaidėjų. Tuo tarpu Kujala, Kvist, ir Heinonen (1985) nustatė, kad 21% aktyvių moksleivių kenčia nuo Osgood'o–Schlatter'io pažeidimo ir kelio skausmas priverčia nutraukti treniruotes apie 3,2 mėnesio ir gali tęstis daugiau nei 5 metus.

Osgood'o–Schlatter'io liga pasireiškia tada, kai krūvio metu sausgyslė taip įtempta, kad atplyšta nuo blauzdikaulio kartu su kaulo fragmentu. Šis trauminis mechanizmas lemia mikrotraumų atsiradimą, taip sukeldamas uždegimą, kuris pasireiškia klinikiniais simptomais (skausmu, paprastai po fizinio aktyvumo) ir tam tikrais požymiais (pvz., minkštųjų audinių patinimu). Osgood'o–Schlatter'io ligos simptomai išnyksta savaime, visiškai sukaulėjus šlaunikaulio apofizei (Demirag, Ozturk, Yazici, & Sarisozen, 2004). Liga kliniškai diagnozuojama prasidėjus nestipriam skausmui, lokalizuotam ties šlaunikaulio šiurkštuma ir susijusiam su galėjimu eiti, prailginta kelio sąnario fleksija ar spaudimu į šlaunikaulio apofizę.

Minkštųjų audinių patinimas virš priekinio proksimalaus šlaunikaulio paviršiaus yra būdingas šios ligos požymis.

Kitas specifinis paauglių kelio sąnario lėtinis pažeidimas yra Sinding'o–Larsen'o–Johansson'o liga. Tai įtampos stresas, kuris paveikia kelio girelės sausgyslės proksimalinę prisitvirtinimą (Hogan & Gross, 2003). Sinding'o–Larsen'o–Johansson'o liga yra paauglių osteochondrozė, pasireiškianti nuo 10 iki 14 metų. Ištyrę jaunos 11–19 metų amžiaus krepšinio žaidėjus, Foss ir kt. (2014) teigė, kad Sinding'o–Larsen'o–Johansson'o liga sudaro 4,8% (5,0% mergaičių ir 3,7% berniukų) visų patiriamų traumų. Tuo tarpu Suzue ir kt. (2014) tyrimo duomenimis, tarp jaunų futbolo žaidėjų ši liga sudaro 12,5%. Sinding'o–Larsen'o–Johansson'o ligą kliniškai apibūdina skausmas, lokalizuotas apatinėje girelės dalyje ir stiprėjantis fleksijos metu kartu su kelio sąnario apkrova. Tiriant ultragarsu, pastebimi tokie patys klinikiniai požymiai, kaip ir Osgood'o–Schlatter'io ligos atveju – kremzlės patinimas, girelės sausgyslės patinimas proksimalinėje sausgyslės tvirtinimosi dalyje bei girelės apatinio poliaus fragmentacija (De Flaviis et al., 1989).

Šuolininko kelio girelės tendinitas pasireiškia girelės sausgyslės pradžios uždegimu. To priežastis gali būti degeneraciniai ir daugkartiniai mikroįtrūkimai (Lohrer, 1995). Šuolininko kelio sindromas diagnozuojamas 30–51% tinklinio žaidėjų (Bisseling, Hof, Bredeweg, Zwerver, & Mulder, 2008; Gisslen, Gyulai, Söderman, & Alfredson, 2005; Panni, Tartarone, & Maffulli, 2000), o 25–32% sudaro visų krepšinio žaidėjų (Lian, Engebretsen, & Bahr, 2005; Panni et al., 2000) patiriamų traumų.

Tiriant ultragarsu, pastebimas sausgyslės tvirtinimosi prie girelės vietos pasikeitimas, kuris koreliuoja su gautais histologiniais patologijos rezultatais, rodančiais gleivinės degeneraciją. Kiti ultragarsiniai tyrimai parodo sausgyslių kalcifikacijas, kurios susijusios su netaisyklinga kaulo antkaulio padėtimi (angl. *cortex*) (Fredberg & Bolvig, 1999; Khan et al., 1997).

Sever'io liga yra kulnakaolio apofizės uždegimas, kuris pasireiškia skausmu ir gali apriboti vaiko fizinį aktyvumą. Ši liga yra pagrindinė 7–14 metų aktyvių vaikų (Kim, Shea, & Chambers, 1999), žaidžiančių futbolą ar krepšinį, kulno skausmo priežastis (Ogden, Ganey, Hill, & Jaakkola, 2004). Liga dažnai pasireiškia varžybų laikotarpiu intensyvėjant fiziniam aktyvumui (Scharfbillig, Jones, & Scutter, 2008). Kulnakaolio apofizė yra kremzlės augimo centras, kuriame tvirtinasi Achilo sausgyslė. Manoma, kad pasikartojanti apkrova ir

ištempimas (angl. *pull and strain*), tenkantis kulnakaolio apofizei fizinio aktyvumo metu, lemia apofizės mikroskopinių plyšimų atsiradimą, kuris dėl lokalaus uždegimo ir sukelia skausmą (Kannus, 1997). Suzue ir kt. (2014) tyrimo duomenimis, Sever'io liga sudaro 61,3% visų patiriamų traumų tarp jaunų futbolo žaidėjų.

Sever'io ligos mechanizmas panašus į kelio sąnario apofizitą (Osgood'o–Schlatter'io liga). Vaikui augant ir vystantis, apofizės, kurios yra antriniai kaulėjimo centrai, jautrios pažeidimams (Hoang & Mortazavi, 2012). Pažeidimo rizikos atsiradimą padidina tai, kad apofizės yra raumens ir sausgyslės tvirtinimosi vieta, jų sudėtyje yra daugiau skaidulinių kremzlių negu epifizėse. Taigi apofizes veikia padidėjęs stresas (t. y. ašinė kompresija). Vaikui besivystant, prie apofizių prisitvirtinę raumenys gali sukelti padidėjusį stresą ir tempimą (kompresiją ir pailgėjimą), o pasikartojanti stipri traktacija – šių antrinių augimo centrų mikrotraumos atsiradimą (Kannus, 1997). Mikroplyšimų susikaupimas sukelia lokalių uždegimą, skausmą ir patinimą, kuris dažnai apima susijusių sausgyslių jungtis. Išsivysto kaulo ir kremzlės jungties lėtinis uždegimas. Taip pat tikėtina, kad Sever'io ligos priežastis yra blogas priekinės ir užpakalinės pėdos dalies lygiavimas, o ne padidėjęs fizinis aktyvumas (Scharfbillig, Jones, & Scutter, 2011). Kita vertus, jei anatomicinis blogas priekinės ir užpakalinės pėdos dalies lygiavimas gali būti ligos pagrindinė priežastis, daugelio autorių nuomone, fizinis aktyvumas gali sukelti skausmo padidėjimą (Kim et al., 1999; Ogden et al., 2004), kuriam atsiradus, ligoniui reikės kreiptis dėl medicininės pagalbos.

### **1.3. Priklausomi traumų rizikos veiksniai**

#### **1.3.1. Vienos kūno pusės sportas**

Metimo judesiai, kuriuos atlieka sportininkas, sukelia kūno adaptacijos pokyčius. Tyrimai, analizuojantys sportininkų, atliekančių rankų judesius virš galvos, rodo, kad dominuojančios rankos peties sąnario vidinė rotacija yra sumažėjusi, o išorinė – padidėjusi (Manske, Wilk, Davies, Ellenbecker, & Reinold, 2013; Reeser et al., 2010; Trakis et al., 2008; Wilk et al., 2011). Tai laikoma normalia adaptacija prie pastoviai atliekamo metimo judesio (Kibler et al., 2013), kurią lemia užpakalinės sąnario kapsulės kontraktūra, žastikaulio adaptacija ir / arba išorinės rotacijos raumenų tonuso pokyčiai (Cools, Cambier, & Witvrouw, 2008). Vis dėlto nemažai studijų nurodo, kad sumažėjusi dominuojančios rankos



vidinė rotacija yra peties sąnario traumos rizikos veiksnys (Myers, Laudner, Pasquale, Bradley, & Lephart, 2006; Ruotolo, Price, & Panchal, 2006; Shanley et al., 2011; Almeida et al., 2013). Manoma, kad tai vyksta dėl peties sąnario kinematinų pakitimų, kurie padidina kapsulės struktūrų ir sąnarinės lūpos apkrovą (Burkhart, Morgan, & Kibler, 2003 ; Kibler et al., 2013). Metikų normalios vidinės rotacijos trūkumas yra kompensuojamas didesne išorine rotacija, ir bendra judesio amplitudė lieka nepakitusi (Kibler et al., 2013; Myers et al., 2006; Ruotolo et al., 2006). Visgi, kai nėra kompensuojama vidinė rotacija, sumažėja visa peties sąnario rotacijos amplitudė. Tada padidėja peties sąnarį stabilizuojančių raumenų apkrova, kuri, anot tyrėjų, yra beisbolo žaidėjų peties traumos rizikos veiksnys (Ruotolo et al., 2006; Wilk et al., 2011). Tokia adaptacija įprastai įvardijama terminu „Žastikaulio vidinės rotacijos deficitas (ŽVRD)“. Žastikaulio vidinės rotacijos deficitas yra patologija, pasireiškianti dėl užpakalinės ir apatinės sąnario kapsulės susiaurėjimo bei stiprios išorinės rotacijos (Burkhart, Morgan, & Kibler, 2003). Be to, ŽVRD ir stipri išorinė rotacija didina šlyties įtempį bei sukimosi stresą užpakalinėje ir viršutinėje rotatoriaus manžetės raumenų dalyje, dėl to turinčiai įtakos giluminių skaidulų susilpnėjimui. Vyrauja ir priešinga nuomonė, pavyzdžiui, Myklebust, Hasslan, Bahr, ir Steffen (2013) nenustatė sąsajų tarp rankinio žaidėjų judesio amplitudės ir traumų.

### **1.3.2. Kūno proporcingumas**

Kūno proporcingumas (ūgis, svoris, KMI) yra priskiriamas prie traumų rizikos veiksnių (Backous, Friedl, Smith, Parr, & Carpine, 1988; Hopper, Hopper, & Elliott, 1995). Brust, Leonard, Pheley, ir Roberts (1992) nurodė, kad ledo ritulio mažesnio svorio žaidėjai patyrė daugiau traumų nei jų stambesni bendraamžiai. Keletas studijų nurodo, kad žaidžiant amerikietiškaį futbolą, didesnis traumų skaičius yra tarp stambesnių (Gomez et al., 1998; Stuart, Morrey, Smith, Meis, & Ortiguera, 2002) ar didelį kūno masės indeksą turinčių žaidėjų (Gomez et al., 1998). Didesnis svoris susijęs su didesne jėga fizinio krūvio metu, kuri tenka minkštiesiems audiniams ir sąnariams (Emery et al., 2005) bei padidina traumų rizikos tikimybę. Tai dažniau nutinka atsvario turintiems futbolo žaidėjams ar gimnastams (Lindner & Caine, 1993; Wright & De Cree, 1998), o mažesnė kūno masė yra privalumas. Taip pat reikėtų atsižvelgti į traumų specifiškumą. Pavyzdžiui, atliktos studijos nurodė santykį tarp atsvario (pagal kūno masės indeksą) ir padidėjusios čiurnos patempimo rizikos futbolo žaidėjams (McHugh,

Tyler, Tetro, Mullaney, & Nicholas, 2006; Tyler, Nicholas, Mullaney, & McHugh, 2006a).

Backous ir kt. (1988), ištyrę jaunos futbolų žaidėjus, teigia, kad dažnesnės traumos yra tarp aukštesnių kaip 165 cm berniukų, o Orchard (2001) įrodė, kad žemesni nei 182 cm Australijos futbolų žaidėjai, lyginat su aukštesniais, patyrė daugiau keturgalvio raumens traumų.

Kita vertus, Baumhauer, Alosa, Renstrom, Trevino, ir Beynnon, (1995), atlikę tyrimą tarp universiteto futbolų ir žolės riedulio žaidėjų, nustatė, kad sportininkų ūgis ir svoris neturėjo įtakos kulkšnies traumoms. Panašaus amžiaus sportininkus tyrė Beynnon, Renstrom, Alosa, Baumhauer, ir Vacek (2001) taip pat nenurodė ūgio ir svorio sąsajos su kulkšnies traumomis. Be to, kiti autoriai taip pat nenustatė kūno masės indekso sąsajos su futbolų žaidėjų merginų (Östenberg & Roos, 2000) ir šokėjų (Wiesler, Hunter, Martin, Curl, & Hoen, 1996) kojų traumomis.

### **1.3.3. Raumenų jėgos disbalansas**

Jėgos asimetrija provokuoja netinkamą kūno judesių valdymą (Grygorowicz, Kubacki, Pilis, Gieremek, & Rzepka, 2010). Rotatorių manžetės raumenų, ypač išorinių rotatorių, silpnumas yra rizikos veiksnys metikų peties sąnario traumai (Wilk, Meister, & Andrews, 2002). Išorinių rotatorių silpnumas prisideda prie traumos atsiradimo dėl to, kad sumažėja dinaminė peties sąnario stabilizacija ir vidinių rotatorių perduodamos kinetinės energijos sklaida paskutinėse metimo deceleracijos fazėje (Byram et al., 2010; Wilk et al., 2002). Išorinių rotatorių silpnumą gali patirti tiek traumuoti, tiek sveiki sportininkai (Donatelli et al., 2000; Hurd et al., 2011). Byram ir kt. (2010) nustatė statistiškai reikšmingą ryšį tarp beisbolo žaidėjų išorinės rotacijos jėgos ir peties sąnario traumų. Taip pat autoriai apskaičiavo, kad išorinės ir vidinės rotacijos jėgų santykis, kaip ir silpnas rankos atitraukimo judesys mentės plokštumoje, yra peties traumų rizikos veiksnys. Raumenų balansas tarp išorinės ir vidinės rotacijos standartiškai svyruoja nuo 66 iki 75%, esant įvairiam greičiui (60–300°/s) (Ivey, Calhoun, Rusche, & Bierschenk, 1985; Ng & Kramer, 1991). Rankos atitraukimo mentės plokštumoje testavimas išskiria antdyglinio raumens funkcijas (Reinold et al., 2007), svarbias dinaminiam peties sąnario stabilumui. Tyrimai rodo silpną metančių beisbolo žaidėjų antdyglinio raumens ryšį su peties trauma (Trakis et al., 2008; Tyler, Mullaney, Mirabella, Nicholas, & McHugh, 2014). Tik viena studija analizavo

rankinio žaidėjų rotatorių manžetės raumenų jėgos ir peties traumų santykį (Edouard et al., 2013). Nors nebuvo aptikta išorinių rotatorių jėgos ryšio su traumomis, dinaminis disbalansas tarp vidinių ir išorinių rotatorių nurodomas kaip traumų rizikos veiksnys.

Kelio sąnario funkcijos ir traumų rizikos vertinimui svarbus blauzdos lenkiamųjų ir tiesiamųjų raumenų jėgos santykis (Kim & Hong, 2011). Šlaunies dvigalvio ir keturgalvio (H : Q) raumenų jėgos momento santykis įvertina dviejų priešingų raumenų (agonistų ir antagonistų) grupių funkciją ir jis dažniausiai naudojamas vertinant raumens jėgos balansą (Coombs & Garbutt, 2002; Kellis & Baltzopoulos, 1995). Įvairių sporto šakų tyrėjai nurodo standartinį jėgų santykį 0,6 ties 60°/s greičiu iki 0,8, didėjant judesio greičiui (Grygorowicz et al., 2010; Hadzic, Sattler, Markovic, Veselko, & Dervisevic, 2010; Hewett, Myer, & Zazulak, 2008). Santykis (mažesnis nei 0,6) reiškia užpakalinių ir priekinių šlaunies raumenų disbalansą, ir tai didina traumų tikimybę (Tourny-Chollet, Leroy, & Beuret-Blanquart, 2000). Kim ir Hong (2011) tyrė Nacionalinio universiteto Amerikos asociacijos sportininkus ir nustatė ryšį tarp žemesnio nei 0,6 jėgų santykio (esant 60°/s kampiniam greičiui) ir nekontaktinių kojų traumų.

Fousekis, Tsepis, Poulmedis, Athanasopoulos, ir Vagenas (2011) vertino futbolo žaidėjų traumų vidinius rizikos veiksnius ir nurodė, kad ekscentrinė užpakalinių šlaunies raumenų jėgos asimetrija susijusi su užpakalinių šlaunies raumenų pertempimu, o ekscentrinės šlaunies keturgalvio jėgos ir elastingumo asimetrija – su to paties raumens pažeidimu. Mažesnis užpakalinių ir priekinių šlaunies raumenų jėgų santykis lemia didesnę priekinio kryžminio raiščio apkrovą judesiu metu. Vadinasi, užpakalinių šlaunies raumenų patempimai, dažniausiai ekscentrinio raumenų darbo metu (paskutinėje spyrio fazėje), gali būti sumažinami sustiprinus šių raumenų jėgą (Holcomb, Rubley, Lee, & Guadagnoli, 2007).

Naudojami įvairūs metodai H : Q santykio reikšmei apskaičiuoti. Ankstesnių tyrimų metu buvo tirtas tik koncentrinis santykis, dažnai apibrėžiamas kaip įprastinis (Baltzopoulos & Brodie, 1989). Teorinė koncentrinės jėgos momento 0,6 reikšmė, kuri gaunama atliekant izometrinius ar lėtus izokinetinius testus, dažnai apibrėžiama kaip įprasta (Kim & Hong, 2011). Tačiau įprastiniu būdu apskaičiuotą koncentrinį santykį pamažu pakeitė funkcinis, kuris apskaičiuojamas didžiausią ekscentrinės jėgos momento reikšmę H dalijant iš didžiausios koncentrinės jėgos momento reikšmės Q (Heks : Qkon) (Aagaard, Simonsen, Magnusson, Larsson, & Dyhre- Poulsen, 1998; Baltzopoulos & Brodie, 1989; Coombs & Garbutt, 2002;

Kellis & Baltzopoulos, 1995).

Tyrimų duomenimis, atletams, kurių šlaunies dvigalvio raumens ir keturgalvio raumens (Heks : Qkon) santykio reikšmė artima 1,0, kelio sausgyslių patempimo rizika buvo mažesnė (Orchard, Marsden, Lord, & Garlick, 1997). Taip pat atletams, kurių priekinis kryžminis (PKR) raištis yra pažeistas, šlaunies dvigalvio ir keturgalvio raumens (Heks : Qkon) santykio reikšmė artima 1,0, reiškė mažesnę priekinio lateralinio blauzdikaulio išnirimo riziką (Li, Maffulli, Hsu, & Chan, 1996). Vieno sezono metu iš 462 žaidėjų 35 patyrė kelio sąnario traumas, ir būtent tie, kurių Hkon : Qkon ir Heks : Qkon santykių reikšmės buvo mažesnės (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty, & Ferret, 2008).

Vertinant kelio sąnario funkciją ir traumų riziką, taip pat svarbus dvipusis kojų raumenų jėgos santykis. Didesnis nei 10% kojų jėgų deficitas susijęs su kelio sąnario traumas rizika (Brito et al., 2010; Fousekis, Tsepis, & Vagenas, 2010). Knapik, Bauman, Jones, Harris, & Vaughan (1991) vieni pirmųjų nurodė, kad regbio žaidėjai kojų traumas patiria dažniau tada, kai dešinės pusės užpakalinių šlaunies raumenų jėga 15% didesnė nei kairės, esant 180°/s greičiui, ir kelio sąnario santykis mažesnis nei 0,75, esant 180°/s greičiui. Tokie rezultatai parodo dažnesnes kojų traumas, esant kojų jėgos asimetrijai. Rahnama, Lees, & Bambaecichi (2005) nurodė didesnę nedominuojančios kojos kelio lenkiamųjų raumenų jėgą, lyginant su dominuojančia, tarp daugiau nei 68% mėgėjiško futbolo žaidėjų, nors Brito ir kt. (2010) nustatė didesnę dominuojančios kojos kelio lenkiamųjų ir tiesiamųjų raumenų jėgos momentą, palyginti su nedominuojančia. Skirtingi rezultatai reikalauja tolesnio šios srities tyrinėjimo.

Couppé ir kt. (2008) atliko tyrimą, kuriuo nagrinėjo sportininkų, turinčių bilateralinių kojų raumenų skirtumų kelio girnelės sausgyslės struktūrinės ir mechaninės savybes. Dominuojančios kojos tiesiamųjų šlaunies raumenų jėga buvo apie 22% didesnė, lyginant su nedominuojančia, taip pat didesnis buvo jos girnelės sausgyslės skerspjūvio plotas (20–28%) ir sausgyslės standumas (36%). Šie duomenys rodo, kad didesnė nuolatinė apkrova, tenkanti dominuojančiai kojai, lemia sausgyslės struktūrinių ir mechaninių savybių pakitimą.

#### **1.3.4. Raumenų aktyvacija**

Raumenų susitraukimą centrinė nervų sistema reguliuoja per judesio valdyme dalyvaujančius struktūrinius funkcinis darinius – motorinius vienetus (MV). MV sudaro nugaros smegenyse esantis motoneuronas ir prie jo ilgosios

ataugos aksono terminalių prisijungusios raumenų skaidulos. Raumenų skaidulos susitraukia tada, kai jose atsiranda veikimo potencialas, kurį sukelia nervinis impulsas, atėjęs aksonu iš motoneurono jo ilgąja atauga. Šis veikimo potencialas sklinda aplink esančiais audiniais ir gali būti užregistruotas elektromiogramoje. Šiuo metodu registruojamos tiek atskiros raumens skaidulos, tiek viso raumens elektrinis aktyvumas (Cram, Kasman, & Holtz, 1998).

Raumenų aktyvacijos sumažėjimą gali lemti keletas veiksnių: patinimas (Reeves & Maffulli, 2008), skausmas (Arvidsson, Eriksson, Knutsson, & Arner, 1986), uždegimas (Fahrer et al., 1988) ir sąnario receptorių pakenkimas (Hurley, 1997). Dėl patinimo padidėja intrasąnarinis spaudimas (Reeves & Maffulli, 2008). Kadangi intrasąnarinis spaudimas yra didesnis ties kelio sąnario ištiesimu, sąnarinės kilmės raumeninis slopinimas yra didesnis blauzdą tiesiant nei lenkiant (Jones, Jones, & Newham, 1987).

Kelio sąnario trauma ar chirurginė operacija lemia keturgalvių raumenų grupės jėgos sumažėjimą (Chmielewski, Stackhouse, Axe, & Snyder-Mackler, 2004; Lynch, Logerstedt, Axe, & Snyder-Mackler, 2012; Mizner, Petterson, Stevens, Vandeborne, & Snyder-Mackler, 2005; Rice & McNair, 2010). Vienas iš veiksnių yra centrinės aktyvacijos slopinimas, kuris trukdo keturgalvių raumenų pilnam aktyvumui. Procesas žinomas kaip sąnarinės kilmės raumeninis slopinimas (Hart, Pietrosimone, Hertel, & Ingersoll, 2010). Keturgalvių raumenų grupės aktyvumas priklauso nuo sąnario pažeidimo sunkumo, ypač asmenims, turintiems PKR problemą. Pavyzdžiui, Urbach ir Awiszus (2002) nustatė mažesnę centrinio aktyvumo deficitą 30 ligonių, kurių PKR plyšimas izoliuotas, lyginant su ligoniais, kurių PKR plyšęs. PKR plyšimas lemia keturgalvio raumenų valingos aktyvacijos sumažėjimą 3–8% (Chmielewski et al., 2004; Urbach, Nebelung, Weiler, & Awiszus, 1999), o PKR plyšimas su kartu esančiais kitų sąnario struktūrų pažeidimais lemia keturgalvių raumenų grupės aktyvumo didesnę sumažėjimą (Urbach & Awiszus, 2002).

Dominuojančios pusės raumenų aktyvacijos sumažėjimas gali paveikti ir nedominuojančią pusę (Becker, Berth, Nehring, & Awiszus, 2004; Chmielewski et al., 2004; Urbach et al., 1999). Becker ir kt. (2004) įrodė, kad ligoniams, sirgusiems daline meniskektomija, buvo nustatytas 20% dominuojančios pusės raumenų aktyvacijos sumažėjimas ir 17% nedominuojančios pusės. Panašūs rezultatai buvo gauti tiriant asmenis, patyrusius PKR traumą (Urbach et al., 1999). Chmielewski ir kt. (2004) taip pat nustatė rankų ir kojų raumenų aktyvumo po PKR

operacijos sumažėjimą 21%.

Daugelis mokslininkų tyrė antagonisto koaktyvumo lygius įvairios veiklos metu (Gryzlo, Patek, Pink, & Perry, 1994; Richards, 1985; Zimmermann et al., 1994). Šlaunies dvigalvio raumens antagonisto koaktyvumo kaita daugumos judesių metu siekia nuo 5 iki 10% ir padidėja intensyvesnės veiklos metu (Richards, 1985).

### **1.3.5. Propriorecepcija**

Judesio ir sąnario padėties jausmą nulemia propriorecepcija. Propriorecepcijos metu receptoriai išsidėstę odoje, raumenyse, raiščiuose ir sausgyslėse, kurie kartu su vestibuliniu aparatu siunčia nervinę informaciją į centrinę nervų sistemą apie kūno ir jo dalių padėtį erdvėje (Chaitow & DeLany, 2008).

Judesio kaitumas rodo neuroraumeninės kontrolės tikslumą ir propriorecepciją. Moksliniais tyrimais nustatyta, kad judamojo ir atramos aparato patologijos gali turėti įtakos judesio kaitumui. Propriorecepcija gali būti vertinama registruojant sąnario padėtį arba jėgos dydžio kaitumą (Callaghan, Selfe, Bagley, & Oldham, 2002; Harbourne & Stergiou, 2009; Stillman, 2002). Sąnario padėties jausmas gali būti fiksuojamas panaudojus goniometriją (Hagert, 2010). Jėgos kaitumas gali būti tiksliai fiksuojamas pasitelkus izokinetinį dinamometrą, kurį taip pat galima panaudoti vertinant sąnario padėties jausmą. Izokinetiniu dinamometru matuojant sąnario padėtį galima fiksuoti greitį, t. y. laiką, per kurį tiriamasis turi pasiekti nurodytą kampą (Brindle, Mizelle, Lebedowska, Miller, & Stanhope, 2009). Kokį kampą?

Judesių valdymo pokyčius netiesiogiai gali sukelti nepakankamai arba pernelyg dirginami mechaniniai receptoriai, esantys sąnariuose, raumenyse ir giliuosiuose audiniuose. Jie sukelia neadekvatų aferentinių nervinių signalų plitimą į centrinę nervų sistemą (Lephart & Fu, 2000). Kol kas nėra visiškai aišku, kodėl ir kaip centrinėje nervų sistemoje keičiasi propriorecepcinių signalų mechanizmas skausmo metu (Capra & Ro, 2000). Sutrikusi propriorecepcija yra dažnai pastebima tarp žmonių, kuriems nustatytas judėjimo ir atramos aparato skausmo sindromas (Baker, Bennell, Stillman, Cowan, & Crossley, 2002).

Besivystantis kelio sąnario osteoartritas, padidėjęs sąnarinio skysčio kiekis, pažeisti kryžminiai raiščiai ir meniskai gali turėti įtakos propriorecepcijos sutrikimams (Callaghan et al., 2002). Malliou ir kt. (2012) tyrė 26 asmenis, kuriems prieš 1–2 metus atlikta dalinė kelio menisko rezekcija. Visi tiriamieji po

šios artroskopinės kelio sąnario operacijos buvo praėję reabilitaciją. Mokslininkai nustatė, kad visų tiriamųjų operuoto kelio sąnario propriocepcija buvo kur kas prastesnė, lyginant su neoperuota koja.

Karahan, Kocaoglu, Cabukoglu, Akgun, ir Nuran (2010) taip pat tyrė 19 tiriamųjų, kuriems prieš 1–2 metus atlikta dalinė kelio menisko rezekcija, ir 20 tiriamųjų, kurie niekad nepatyrė kelio traumų ar chirurginių intervencijų, kelio sąnario propriocepciją. Autoriai nustatė, kad tiriamiesiems, kuriems buvo atlikta dalinė kelio menisko rezekcija, po 1–2 metų kelio sąnario propriocepcija buvo daug prastesnė. Tarp didelio meistriškumo sportininkų, kuriems atliktos dalinės kelio menisko rezekcijos, retai pastebimas propriocepcijos deficitas (Malliou et al., 2012).

Skurvydas ir kt. (2011) tyrė 13 asmenų, patyrusių priekinio kryžminio raiščio plyšimą, blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų judesio kaitumą. Autoriai nustatė, kad pažeistos kojos blauzdą tiesiančių raumenų kaitumas buvo statistiškai reikšmingai didesnis, lyginant su sveika koja. Nepakankama neuroraumeninė kontrolė priskiriama prie traumų rizikos veiksnių (Pánics, Tallay, Pavlik, & Berkes, 2008).

### **1.3.6. Judesio amplitudė**

Kamuoliuką metančio sportininko peties sąnarys prisitaiko atliekant pasikartojančius judesius pakeltomis rankomis. Išorinė rotacija padidėja  $10^\circ$ , beveik tiek pat sumažėja vidinė rotacija, o suminė judesio amplitudė nesikeičia (Meister et al., 2005). Šiuolaikiniai tyrimai rodo, kad penkių ar daugiau laipsnių rankos bendros judesio amplitudės sumažėjimas didina traumų riziką (Garrison et al., 2012; Hibberd, Oyama, & Myers, 2014; Shanley et al., 2011; Wilk et al., 2014). Didesnis nei  $20\text{--}25^\circ$  vidinės rotacijos sumažėjimas (lyginant su nedominuojančia ranka) yra fiziologiškai reikšmingas ir susijęs su traumų rizikos padidėjimu (Garrison et al., 2012; Hibberd et al., 2014; Kibler, Sciascia, & Moore, 2012 a; Kibler, Sciascia, & Thomas, 2012 b; Shanley et al., 2011; Tyler, Nicholas, Lee, Mullaney, & McHugh, 2010; Wilk et al., 2011). Be to, Wilk ir kt. (2011) nustatė, kad padidėjusi dominuojančios rankos visa rotacijos amplitudė lemia traumos atsiradimą, ypač tada, kai bendra rotacinio judesio amplitudė didesnė nei  $176^\circ$ . Tai gali sukelti per didelę petį stabilizuojančių raumenų apkrova.

Literatūroje nurodoma, kad judesių amplitudė yra priskiriama prie traumų rizikos veiksnių, lemiančių kojų pažeidimus (Beynon et al., 2001; Kaufman,

Brodine, Shaffer, Johnson, & Cullison, 1999). Söderman ir kt. (2001) nurodė, kad kelio hiperekstenzija, didesnė kaip  $10^\circ$ , yra susijusi su futbolo žaidėjų merginų kojų traumų rizika (angl. *odds ratio* (OR) = 2,50). Lėtinių traumų rizika susijusi su skirtinga kojų kulkšnies lenkimo atgal amplitude (OR = 7,06) ir dvigalvio raumens lankstumu (OR = 3,56). Keli retrospektyviniai tyrimai nurodė, kad sportininkų, kuriems nustatytas lėtinis kelio skausmas (kai nustatyta girnelės tendinopatija ar patelofemoralinio skausmo sindromas) kulkšnies lenkimo atgal judesio amplitudė yra sumažėjusi, palyginti su sveikais sportininkais (Malliaras, Cook, & Kent, 2006; Piva, Goodnite, & Childs 2005).

Nedidelis klubo sąnarių paslankumas susijęs su futbolininkų didesne kojos traumos tikimybe (Arnason et al., 2004; Hrysomallis, 2009). Gomes, de Castro, Becker (2008) nustatė stiprų koreliacinį ryšį tarp futbolo žaidėjų sumažėjusios klubo rotacijos judesių amplitudės, ypač vidinės rotacijos, ir kelio girnelės raiščio pažeidimų. Ištyrus 50 futbolo žaidėjų, kurių kelio girnelė pažeista, ir palyginus su kontroline grupe, vidinė klubo rotacija buvo  $26,4^\circ$  ir  $39^\circ$  atitinkamai. Ištyrę beisbolo žaidėjus, Li ir kt. (2015) taip pat nurodė, kad klubo vidinės rotacijos ir visiškos klubo rotacijos amplitudės sumažėjimas yra susijęs su kojų traumų rizika. Nustatyta beisbolo žaidėjų, patyrusių kojų traumas, abiejų kūno pusių sumažėjusi klubo rotacijos amplitudė, lyginant su sveikais beisbolo žaidėjais (dešinės klubo pusės rotacija –  $73^\circ$  ir  $77^\circ$ , kairės –  $75^\circ$  ir  $78^\circ$ ).

### 1.3.7. Prieš tai buvusi trauma

Patyrus traumą, gali pasireikšti fibrozė, kartu sumažėti sąnario judesių amplitudė ir funkcija, galima ir pakartotinės traumos tikimybė toje pačioje vietoje (Rauh, Margherita, Rice, Koepsell, & Rivara, 2000). Sąnario mažesnis aktyvumas sukelia raumenų atrofiją, tada labiau apkraunamos kitos kūno dalys, kurios taip pat gali būti traumuojamos. Prieš tai patirta trauma yra lėtinės traumos rizikos veiksnys tarp gimnastika užsiimančių moterų (angl. *incidence rate ratio* (IRR) = 2,12) (Caine et al., 2006). Rauh, Koepsell, Rivara, Margherita, ir Rice, (2006) teigia, kad kartą traumą patyrę ilgųjų nuotolių bėgikai turi 4–5 kartus didesnę tikimybę pakartotinai patirti traumą toje pačioje vietoje. Apibendrintai galima teigti, kad per paskutinius metus patirta trauma padidina regbio (angl. *relative risk* (RR) = 1,74) (Emery et al., 2005), futbolo (OR = 1,83) (Turbeville, Cowan, Owen, Asal, & Anderson, 2003) palaikymo komandų šokėjų pažeidimo riziką (IRR = 2,0) (Schulz et al., 2004). Traumą patyrę futbolo žaidėjai turi 1,74–3,04 karto didesnę tikimybę



patirti naują traumą. Analizuodami jaunųjų futbolininkų čiurnos traumas, Tyler ir kt. (2006a) apskaičiavo, kad 6,5 karto didesnę traumos riziką turi jau anksčiau traumą patyrusieji žaidėjai. Tokius rezultatus galėtume sieti su užsilikusiais buvusios traumos simptomais, fiziologiniais pokyčiais (raiščių laisvumu, raumenų silpnumu) ar netinkamai atlikta reabilitacijos programa (Lysens et al., 1984).

## **1.4. Nepriklausomi traumų rizikos veiksniai**

### **1.4.1. Amžius**

Paaugliai sportininkai ypač jautrūs traumoms dėl fizinių ir fiziologinių augimo procesų. Paaugliams būdingi traumų rizikos veiksniai yra augimo plokštelės pažeidžiamumas (jautrumas), galimi biologinio ir chronologinio amžiaus skirtumai, paauglių augimo spurtas bei skirtingas augimo procesas (Maffulli & Caine, 2012). Paaugliams atletams didesnė traumų rizika ir dėl nesusiformavusių įgūdžių, prastesnės nei suaugusių koordinacijos ir suvokimo (*Centers for Disease Control and Prevention*, 2009).

Trūksta sąnarių augimo plokštelės pažeidimo tyrimų, tačiau yra įrodymų apie jaunuolių, kultivuojančių beisbolo (artimoji žastikaulio dalis), krepšinio (tolimoji šlaunikaulio / artimoji blauzdikaulio dalis), laipiojimo (pirštai), regbio (artimoji blauzdikaulio dalis), ilgųjų nuotolių bėgimo (artimoji blauzdikaulio dalis, pirmo padikaulio augimo plokštelė), gimnastikos (raktikaulis, tolimoji stipinkaulio, artimoji žastikaulio dalis), futbolo (tolimoji blauzdikaulio / šėivikaulio dalis), teniso (artimoji blauzdikaulio dalis) sportą, stresinius augimo plokštelės pažeidimus (Caine et al., 2006). Dauguma tokių pažeidimų sugyja gana greitai ir be pasekmių, tačiau yra duomenų apie jaunuolių, užsiimančių krepšiniu, beisbolu, šokiais, gimnastika, futbolu, regbiu, tenisu, dalinių ir visišką epifizinės augimo plokštelės vystymosi slopinimą (Ejnisman et al., 2007; Howe, Caine, Bergman, & Ross, 1997; Laor, Wall, & Vu, 2006; Nanni et al., 2005; Sato et al., 2002; Shybut, Rose, & Strongwater, 2008).

Augimo plokštelės srities lūžiai, apofizės uždegimas, atplyšimai, dažni būtent tarp jaunų sportininkų dėl augančių kaulų struktūros skirtumų, lyginant su suaugusio asmens kaulu (Frank, Jarit, Bravman, & Rosen, 2007; Maffulli & Caine, 2012). Skirtumai tarp augančio ir subrendusio kaulo yra ilgųjų kaulų metafizės padidėjęs elastingumas ir kietas periostiumas, kuris sukelia poantkaulinio žalios šakelės lūžius (Demorest & Landry, 2004; Frank et al., 2007; Maffulli & Caine,

2005, 2012). Dėl šių skirtumų vaikai ir paaugliai yra jautresni kaulų ar apofizės pažeidimams nei raumens, sausgyslės ar raiščio sužalojimui. Visgi tikėtina, kad traumos mechanizmas susijęs su judesių poveikiu raiščio patempimui ar raumens sausgyslės plyšimui. Pažymima, kad PKR rekonstrukcija sukelia jaunų pacientų augimo plokštelės traumos riziką ir augimo sutrikdymą (AlHarby, 2010).

Teigiama, kad paauglių augimo spurtas yra padidėjusios sportinių traumų rizikos laikotarpis. Studijos, tiriančios augimo plokštelės ir kitų su sportine veikla susijusių pažeidimų dažnumą, nurodo didesnę traumų poreikį lytinio brendimo laikotarpiu (Flachsmann, Broom, Hardy, & Moltschaniwskyj, 2000; Schuch, Hanson, Goodwin, Romanick, & Caine, 2012) bei stiprią sąsają tarp ūgio didėjimo greičio ir lūžių dažnio (Bailey, Wedge, McCulloch, Martin, & Bernhardson, 1989). Paauglių stipinkaulio distalinio galo lūžių dažnumas sutampa su berniukų ir mergaičių sumažėjusio kaulų mineraliniu tankiu. Berniukų ir mergaičių kaulinės zonos brendimo pikas įvyksta anksčiau už kaulų mineralizacijos piką. Tai patvirtina teoriją, kad griaučių augimo ir jų mineralizacijos skirtumas lemia atitinkamą kaulų silpnumą (Faulkner, Davison, Bailey, Mirwald, & Baxter-Jones, 2006). Perkrovos ar pasikartojančios mikrotraumos gali pažeisti raumenų ir sausgyslių jungimosi vietas, ir tai gali atsitikti dažniau augimo spurto laikotarpiu (Brenner, 2007; Frank et al., 2007).

Mokslininkai teigia, kad mergaičių augimo spurto laikotarpiu padidėjusi keturgalvio raumens jėga kartu su padidėjusiu kelio nestabilumu, nesant užpakalinio dvigalvio raumens pajėgumui, lemia sumažėjusį kelio sąnario stabilumą atliekant šuolius. Tokie griaučių ir raumenų pokyčiai gali išprovokuoti PKR traumą (Wild, Steele, & Munro, 2013).

Paauglių sensomotorinė funkcija nėra visiškai subrendusi (Quatman-Yates, Quatman, Meszaros, Paterno, & Hewett, 2012), todėl didėja priekinio kryžminio raiščio pažeidimo rizika (Hewett et al., 2005; Paterno et al., 2010; Swanik, Covassin, Stearne, & Schatz, 2007). Ankstesni tyrimai rodo, kad neuroraumeninė kelio judesio kontrolė yra daug blogesnė tarp mergaičių iki lytinio subrendimo, o moterys rodo prastesnius judesių valdymo įgūdžius (Ford, Myer, & Hewett, 2010; Hewett, Myer, & Ford, 2004; Quatman, Ford, Myer, & Hewett, 2006).

### 1.4.2. Lytis

Skirstant vaikus pagal lytį, pastebima didesnė traumų rizika tarp mergaičių. Pavyzdžiui, santykinis stresinių lūžių skaičius tarp dailiojo čiuožimo mergaičių (lyginant su esamų sportininkų skaičiumi) buvo 11 ir tik 8% tarp berniukų (Dubravcic-Simunjak et al., 2003). Didesnis skirtumas aptiktas tarp gimnastikos sportininkų: 30% tarp mergaičių ir 21% tarp berniukų (Dixon & Fricker, 1993). Kelio traumas dažniau ištinka mergaites nei berniukus (0,43 traumas / 1000 atletų ir 0,09 traumas / 1000 atletų) (Hewett, Lindenfeld, Riccobene, & Noyes, 1999). Kitos studijos taip pat teigia, kad čiurnos traumas dažnesnės tarp mergaičių (Frisch et al., 2009; Jones, Louw, & Grimmer, 2000). Galimos priežastys, dėl ko mergaitės dažniau patiria traumas, įvardijamos tokios: didesnis sąnarių laisvumas (Myer, Ford, Paterno, Nick, & Hewett, 2008), silpnesni raumenys (Emery, 2003; Jones et al., 2000), prastesnė propriocepcija ir koordinacija (Hewett et al., 2005).

Vaikų krepšinio literatūroje nurodoma didesnė mergaičių kelio sąnario traumų rizika – (IRR = 1,44) (Powell & Barber-Foss, 2000), RR = 1,7 (de Loes, Dahlstedt, & Thomee, 2000), RR = 1,92 (Hosea, Carey, & Harrer, 2000), ir RR = 2,29 (Messina, Farney, & DeLee, 1999), ir jų kelio traumas dažniau reikalauja chirurginės intervencijos RR = 2,65 (Powell & Barber-Foss, 2000) ir PKR rekonstrukcijos RR = 9,0 (Piasecki, Spindler, Warren, Andrish, & Parker, 2003), RR = 3,79 (Messina et al., 1999) ir RR = 4,14 (Powell & Barber-Foss, 2000). Taip pat didesnė mergaičių čiurnos traumų rizika nei berniukų tiek esant pirminėms (RR = 1,24) (Hosea et al., 2000), tiek pakartotinėms traumoms (Powell & Barber-Foss, 2000). Studija (Powell & Barber-Foss, 2000), tyrinėjusi įvairias sporto šakas, nurodo didesnę mergaičių kelio sąnario, PKR traumų, kelio sąnario operacijų dažnį nei berniukų. Išvados padarytos vertinant įvykių skaičių šimtui žaidėjų. Panašūs rezultatai pateikiami (Rauh et al., 2000) atliktame darbe: nustatytas didesnis mergaičių traumų dažnis, vertinus traumas bendrai, klubų, pėdų pažeidimus, pakartotinius kelio, blauzdos, pėdos pažeidimus. Galimos lyčių skirtumų priežastys būtų šios: šlaunikaulio tarpkrumplinio tarpo nelygumai (LaPrade & Burnett, 1994), PKR skersinis diametras (Shelbourne, Liotta, & Goodloe, 1998), hormonų aktyvumas (Ireland, 1994), kojos jėgos ir lankstumo skirtumai (Ireland, 2002), neuroraumeniniai veiksniai (Hewett et al., 2005) bei įgūdžių skirtumai (Emery, 2005).

## 2. TYRIMŲ METODIKA IR ORGANIZAVIMAS

### 2.1. Tiriamieji

Eksperimentai atlikti laikantis Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl žmonių eksperimentų etikos. Tiriamieji buvo supažindinami su tyrimo tikslais, metodais ir procedūromis. Iš tėvų arba globėjų buvo gautas rašytinis sutikimas. Tyrimo protokolas aptartas ir patvirtintas Kauno medicinos universiteto Biomediciniųjų tyrimų etikos komitete (protokolo Nr.64/2013).

**1 lentelė.** Tiriamųjų skaičius, amžius, ūgis, svoris ir treniravimosi stažas (vidurkis ir SD)

Tyrimas	Grupė	Treniravimosi stažas (m.)	Tiriamųjų skaičius (n)	Amžius (m.)	Ūgis (cm)	Svoris (kg)
I	Skausmą jaučiantys	4,5 ± 0,8	14	11,6 ± 0,6	158,5 ± 6,3	54,1 ± 11,9
	Kontrolinė grupė	–	16	11,8 ± 0,7	158,0 ± 7,1	55,1 ± 10,6
II	Skausmą jaučiantys (simptominė)	6,3 ± 1,6	29	14,5 ± 0,6	179,1 ± 8,4	65,4 ± 10,6
	Skausmo nejaučiantys (asimptominė)	6,3 ± 1,4	30	14,0 ± 0,6	174,1 ± 10,6	61,4 ± 13,2
	Kontrolinė grupė	–	29	14,2 ± 0,7	172,2 ± 9,0	63,4 ± 15,1
III	Skausmą jaučiantys (simptominė)	6,5 ± 1,4	10	15,2 ± 0,6	179,3 ± 8,4	64,2 ± 9,7
	Skausmo nejaučiantys (asimptominė)	6,5 ± 1,2	10	14,6 ± 0,8	177,3 ± 8,0	63,6 ± 9,0

#### 2.1.1. Pirmas tyrimas

Buvo tiriama 14 berniukų beisbolo žaidėjų, kurie: 1) žaidė beisbolą 4 ar daugiau metų; 2) patyrė vidutinio intensyvumo skausmą mažiausiai dviejų treniruočių metu per pastarąjį mėnesį. Tyrimui beisbolo žaidėjai buvo atrinkti iš Kauno mažosios beisbolo lygos pasirengimo sezonui laikotarpiu (lapkritį–gruodį). Dalyviai buvo atrenkami naudojant modifikuotą Trakis ir kt. (2008) klausimyną. Jie turėjo atsakyti į šiuos klausimus: 1) ar skundėsi skausmu, susijusiu su beisbolo

kamuoliuko metimu; 2) treniruočių skaičius, kurių metu jautė skausmą, mesdami kamuoliuką per praėjusį mėnesį; 3) stipriausio skausmo, susijusio su kamuoliuko metimu, lygis per praėjusį mėnesį (0 – nejautė skausmo, 10 – nepakeliamas skausmas); 4) ar po treniruotės keletą dienų jautė skausmą; 5) ar jautė skausmą, nesusijusį su beisbolu; 6) ar dėl skausmo buvo reikalingas gydymas. Kadangi norėjome nustatyti ankstyvą traumos riziką, asmenų neįtraukimo į tyrimą kriterijai buvo šie: 1) skundėsi skausmu, nesusijusiu su beisbolu; 2) skausmas truko keletą dienų po treniruotės ir / ar dėl skausmo buvo reikalingas gydymas. Klausimyną pildė tas pats tyrėjas.

Duomenys apie treniravimosi laiką gauti iš žaidėjų trenerio. Treniruotės vyko metus tris kartus per savaitę po 1,5 valandos ir žaidėjai rungtyniavo 5 mėnesius 7–10 kartų per mėnesį. Visi žaidėjai dalyvavo nacionaliniame ir mažosios lygos pirmenybėse, septyni iš jų buvo pakviesti į nacionalinės komandos sudėtį atstovauti Lietuvai Europos čempionate. Žaidėjai nekultivavo kitų sporto šakų. Buvo priimta, kad kamuoliuką metanti ranka yra dominuojanti. Visi tiriamieji buvo dešiniarankiai, išskyrus vieną asmenį.

Kontrolinę grupę sudarė sveiki fiziškai aktyvūs berniukai ( $n = 16$ , **1 lent.**), atrinkti iš Kauno miesto vidurinių mokyklų ir buvo to paties amžiaus, svorio bei ūgio kaip ir beisbolo žaidėjai. Kontrolinės grupės berniukai lankė kūno kultūros pamokas 2 kartus per savaitę, tačiau nedalyvavo jokios sporto šakos treniruotėse.

### **2.1.2. Antras tyrimas**

Buvo tiriami 88 paaugliai, suskirstyti į tris grupes (**1 lent.**), naudojant modifikuotą KOOS klausimyną (Roos & Lohmander, 2003). Pirmą grupę sudarė ( $n = 29$ ) paaugliai krepšininkai, kurie: 1) žaidė krepšinį 5 ar daugiau metų; 2) jautė kelio sąnario skausmą mažiausiai dviejų treniruočių metu per pastarąjį mėnesį. Antrą grupę sudarė ( $n = 30$ ) paaugliai krepšininkai, kurie: 1) žaidė krepšinį 5 ar daugiau metų; 2) nesiskundė kelio sąnario skausmu per pastarąjį mėnesį. Krepšinio žaidėjai buvo atrinkti iš vietinės krepšinio lygos sezonui pasibaigus (liepos–rugpjūčio mėn.). Trečią grupę sudarė 29 sveiki fiziškai aktyvūs paaugliai, atrinkti iš Kauno miesto vidurinių mokyklų ir buvo to paties amžiaus kaip ir krepšinio žaidėjai. Kontrolinės grupės tiriamieji nekultivavo jokių sporto šakų.

Duomenys apie treniravimosi ypatumus buvo gauti iš sportininkų trenerių. Treniruotės vykdavo visus metus po 1,5 valandas 4–5 kartus per savaitę. Visi žaidėjai buvo žaidę nacionaliniame čempionate ir tarptautinėse varžybose.

### 2.1.3. Trečias tyrimas

Buvo tiriama 20 paauglių, kurie suskirstyti į dvi grupes (**1 lent.**) naudojant modifikuotą KOOS klausimyną. Pirmą grupę sudarė ( $n = 10$ ) paaugliai krepšininkai, kurie skundėsi kelio sąnario skausmu pastarųjų šešių mėnesių laikotarpiu. Antrą grupę sudarė ( $n = 10$ ) paaugliai krepšininkai, kurie paskutinių šešių mėnesių laikotarpiu nesiskundė kelio sąnario skausmu. Visi paaugliai, dalyvaujantys tyrime, žaidė krepšinį 5 ar daugiau metų. Krepšinio žaidėjai buvo atrinkti iš Kauno miesto krepšinio lygos sezonui pasibaigus (liepos-rugpjūčio mėn.).

Duomenys apie treniravimosi ypatumus buvo gauti iš dalyvių trenerių. Treniruotės vykdavo visus metus po 1,5 valandas 4–5 kartus per savaitę. Visi žaidėjai buvo žaidę nacionaliniame čempionate bei tarptautinėse varžybose.

## 2.2. Metodai

### 2.2.1. Antropometriniai matavimai

Ūgio matuokle buvo išmatuotas tiriamųjų ūgis. Kūno svoris matuotas svarstyklėmis *Tanita Body Composition Analyzer TBF – 300* (Japonija) (**1 pav.**).



**1 pav.** Kūno sudėties analizatorius *Tanita Body Composition Analyzer TBF – 300*

### 2.2.2. Dinamometrija

*Techninė įranga.* Tyrimo metu buvo naudojamas žmogaus griaučių raumenų testavimo izokinetinis dinamometras (*Biodex Medical System 3 PRO*, sertifikuota ISO 9001 EN 46001). Tiriamieji sodinami į dinamometro kėdę, kurios padėtis ir aukštis buvo nustatomi pagal tiriamųjų antropometrinius duomenis. Tiriamieji tvirtinami apjuosiant diržais liemenį ir pečių juostą, taip siekiant išvengti viso kūno judėjimo. Prieš nustatant tiriamos rankos ar kojos judesio amplitudę, buvo derinama, kad anatominė rankos ar kojos sąnario ašis atitiktų dinamometro ašį. Dinamometro ašis kalibruojasi automatiškai kiekvieną kartą įjungus prietaisą. Prieš testavimą buvo nustatoma rankos ar kojos judesio amplitudė (ištiesus ir sulenkus). Nuo raumens susitraukimo jėgos priklausydavo jėgos matuoklio deformavimasis, kuris virsdavo elektros signalu. Signalas iš dinamometro buvo perduodamas į asmeninę kompiuterį.

Didžiausias rankų raumenų koncentrinės-izokinetinės ir ekscentrinės jėgos momentas buvo testuojamas atliekant peties vidinę ir išorinę rotaciją, peties ir alkūnės lenkimą bei tiesimą. Testuojant peties sąnario lenkiamuosius ir tiesiamuosius raumenis, tiriamojo ranka buvo ištiesta aukštyn, petys – 0° kampu (**2 pav.**). Jėga matuojama, judesio amplitudei esant 90°, nuo 90° iki 180° kampo (0° – ranka priglausta prie šono).



**2 pav.** Peties sąnario lenkimas (A) ir tiesimas (B)

Peties sąnario vidinė ir išorinė rotacija buvo testuojama tiriamajam ranką laikant pečių aukštyje sulenкта per alkūnę 90° kampu ir pasuktą į šoną (Zanca, Oliveira, Saccol, & Mattiello-Rosa, 2011) (3 pav.). Jėga buvo matuojama, esant 90° judesio amplitudei, tarp 0° vidinės ir 90° išorinės rotacijos.



**3 pav.** Peties sąnario vidinė (A) ir išorinė (B) rotacija



Testuojant alkūnės sąnario lenkiamuosius ir tiesiamuosius raumenis, tiriamojo ranka pečių aukštyje buvo ištiesta į priekį, sąnarys – 90° kampu, dilbis pronuotas, laikomasi už dinamometro rankenos (4 pav.). Jėga matuojama, judesio amplitudei esant 110°, nuo 0° iki 110° kampo (0° – alkūnė visiškai ištiesta).



4 pav. Alkūnės sąnario lenkimas (A) ir tiesimas (B)

Testavimus sudarė trys bandymai 120°/s greičiu, raginant tiriamąjį atlikti didžiausiomis pastangomis. Tolesnei analizei pasirinktas bandymas, kurio metu buvo pasiekta didžiausioji jėga. Tarp judesių, atliekamų skirtingomis rankomis ir ta pačia ranka, buvo daromos 5 minučių pertraukos. Prieš kiekvieną naują judesį tiriamieji atliko tris bandymus susipažindami su judesio amplitude ir dinamometro pasipriešinimu. Ta pačia metodika testavimai buvo atliekami ir kita ranka.

Blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų izometrinė MVJ buvo testuojama fiksuojant koją per kelio sąnarį 90° kampu (0° – koja visiškai ištiesta). Tiriamieji turėjo pasiekti maksimaliąją kelio tiesimo jėgą ir ją išlaikyti iki 3 s. Buvo atliekami 2 bandymai, tarp kurių daryta 2 minučių pertrauka. Registruotas bandymas, kurio metu pasiekta didžiausioji jėga.

Blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų koncentrinės-izokinetinės didžiausias jėgos momentas buvo testuojamas atliekant 3 bandymus 60°/s, 240°/s ir 450°/s greičiu. Blauzdos ekscentrinės didžiausios jėgos momentas buvo testuojamas atliekant 3 bandymus 60°/s ir 240°/s greičiu. Registruotas bandymas,

kurio metu buvo pasiekta didžiausioji jėga. Tarp bandymų, atliekamų skirtingu greičiu, daryta 2 minučių pertrauka. Šių matavimų judesio amplitudė – 85°, t. y. nuo 20° iki 105° (0° – koja visiškai ištiesta). Prieš kiekvieną skirtingą testavimo greitį tiriamieji atliko tris bandymus susipažindami su judesio amplitude ir dinamometro pasipriešinimu. Tiriamieji buvo raginami testą atlikti didžiausiomis pastangomis ir izokinetinio dinamometro ekrane galėjo stebėti jėgos momento dydį.

### 2.2.3. Propriorecepcijos testavimas

Propriorecepcijai įvertinti, naudojant izokinetinį dinamometrą, pirmiausia registruojama kelio lenkiamųjų ir tiesiamųjų raumenų izometrinė MVJ, tada apskaičiuojama 20% MVJ momento reikšmė. Dinamometro ekrane horizontalia linija buvo pažymima 20% MVJ momento reikšmė. Atstumas nuo tiriamojo akių iki ekrano – 150 cm. Generuojamos jėgos dydžio tikslumui nustatyti tiriamieji atliko 10 izometrinių raumens susitraukimų kas 1 s siekdami pataikyti į horizontalią liniją, t. y. generuoti 20% jėgą. Testavimas buvo atliekamas fiksuojant koją 90° kampu (0° – koja visiškai ištiesta).

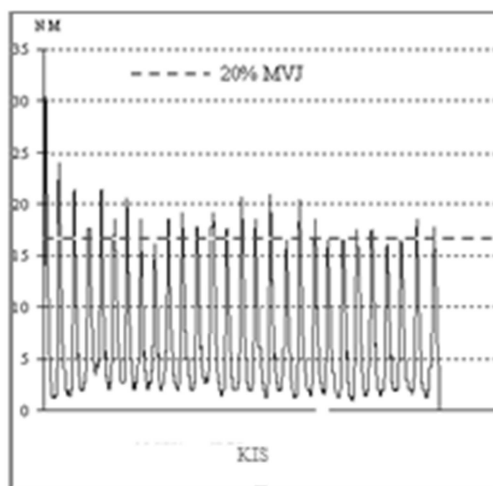
Propriorecepcijai nustatyti buvo apskaičiuojama kelio lenkiamųjų ir tiesiamųjų raumenų kartotinių izometrinių susitraukimų jėgos momento absoliuti klaida (AK) pagal formulę (Magill, 2007; Schmidt & Lee, 2005):

$$AK = \sum |x_i - T| / n,$$

kur  $x_i$  – pasiektas jėgos momento dydis (N·m); T – taikinio dydis, t. y. reikiamas jėgos momento dydis; n – bandymų skaičius.

Absoliuti klaida parodo absoliutųjį nuokrypį nuo taikinio (20% MVJ). Pavyzdžiui, jei tiriamajam reikėjo pasiekti 20 N·m jėgos dydį, o jis pasiekė 22 N·m, tai absoliutusias nuokrypis lygus 2 N·m. Arba, jei pasiekė 16 N·m jėgos dydį, absoliutusias nuokrypis lygus 4 N·m. Duomenims palyginti buvo apskaičiuojamas kiekvieno tiriamojo AK dydis procentais nuo nustatyto MVJ momento dydžio (**5 pav.**):

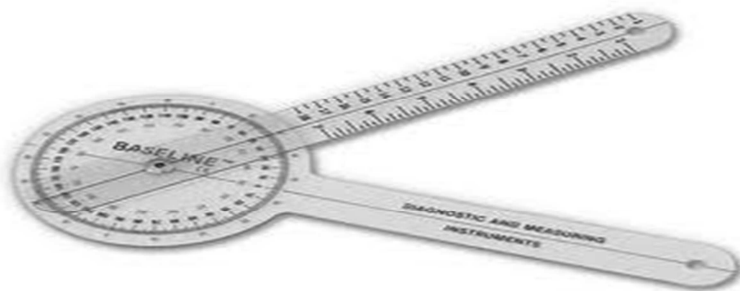
$$AK (\%) = AK * 100 / (20\% MVJ).$$



5 pav. Absoliučios klaidos pavyzdys atliekant kartotinius izometrinius susitraukimus (KIS)

#### 2.2.4. Goniometrija

Matuojant kojų ir rankų judesių amplitudę, buvo naudojamas statinis pasyvus tempimas iki nemalonaus pojūčio (Sauer, Potter, Weisshaar, Ploeg, & Thelen, 2007). Matavimus atliko tas pats tyrėjas naudodamas standartinį goniometrą (6 pav.).



6 pav. Goniometras

Žasto vidinės ir išorinės rotacijos judesių amplitudė buvo matuojama tiriamajam gulint ant nugaros (Reinold et al., 2008) (7 pav. – A). Matuojant peties išorinę ir vidinę rotaciją, žastas – 90° kampu, sulenkiant ranką per dilbį 90° kampu. Nejudanti goniometro dalis nustatyta statmenai į kušetę ir padėta išilgai anatomicinės ašies link alkūnkaulio ylinės ataugos. Goniometro centras sutapatintas su sąnario

judesio centru. Judanti goniometro dalis, padėta išilgai žasto pagal anatomicinę ašį, judėjo kartu su juo.

Alkūnės lenkimo ir tiesimo judesių amplitudė buvo matuojama tiriamajam gulint ant nugaros ištiesta ranka, žastas –  $0^\circ$  kampu. Goniometro centrinė dalis dedama ant testuojamos rankos žastikaulio šoninio antkrumplio (**7 pav. – B**). Nejudanti goniometro dalis nustatyta horizontaliai į kušetę ir padėta išilgai anatomicinės ašies link alkūnkaulio ylinės ataugos. Judanti goniometro dalis nukreipta link alkūnkaulio ylinės ataugos.



**7 pav.** Žasto vidinės ir išorinės rotacijos (A) bei alkūnės lenkimo ir tiesimo (B) matavimas

Blauzdos tiesimo testas (angl. „90–90“ test) skirtas įvertinti kelio sąnario paslankumą tiesiant blauzdą. Judesių amplitudė buvo matuojama tiriamajam gulint ant nugaros ir sulenkus koją  $90^\circ$  kampu per klubo ir kelio sąnarius, kita koja – ištiesta (**8 pav.**). Goniometro centrinė dalis dedama ant testuojamosios kojos išorinio šlaunikaulio antkrumplio paviršiaus. Judanti goniometro dalis nukreipta link išorinės kulkšnies. Nejudanti goniometro dalis nukreipta link šlaunikaulio didžiojo gūbrio (Russell & Bandy, 2004).

Blauzdos lenkimo gulint ant pilvo testo (angl. *Prone Knee Bend test*) metu judesių amplitudė buvo matuojama tiriamajam tiesiomis kojomis atsigulus ant pilvo ir lenkiant testuojamą koją per kelio sąnarį tol, kol pajausdavo lengvą

pasipriešinimą (**8 pav.**). Goniometro centrinė dalis dedama ant testuojamos kojos išorinio šlaunikaulio antkrumplio paviršiaus. Judanti goniometro dalis nukreipta link išorinės kulkšnies. Nejudanti goniometro dalis nukreipta link šlaunikaulio didžiojo gūbrio (Dutton, 2004).

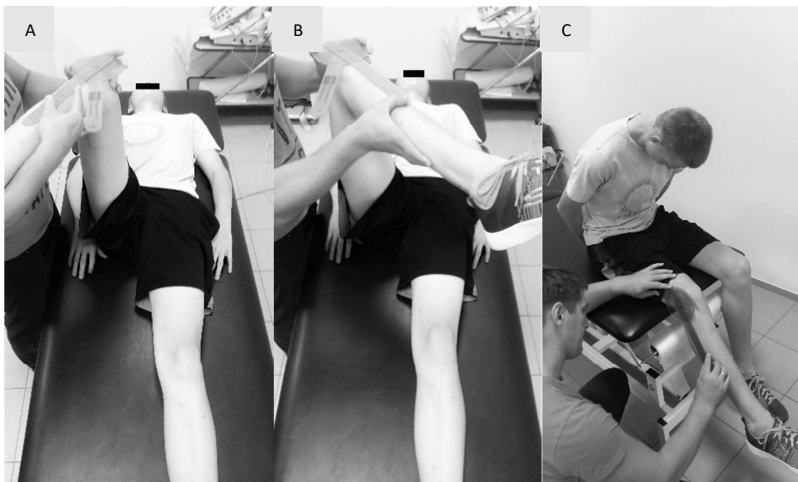
Tiesios kojos kėlimo testas (angl. *Straight Leg Test*) buvo atliekamas tiriamajam gulint ant nugaros. Tiesi koja per kelio sąnarį ir atpalaiduota pėda buvo pasyviai keliama tyrėjo, kol tiriamasis pajausdavo lengvą pasipriešinimą (**8 pav.**). Goniometro centrinė dalis dedama ant testuojamos kojos šlaunikaulio didžiojo gūbrio paviršiaus. Judanti goniometro dalis nukreipta link šlaunikaulio šoninio antkrumplio, nejudanti – lygiagrečiai stalo link vidurinės pažasties linijos (Neto, Jacobsohn, Carita, & Oliveira, 2014).



**8 pav.** Blauzdos tiesimo (A),  
blauzdos lenkimo gulint ant pilvo (B)  
ir tiesios kojos kėlimo (C) matavimo testai

Vidinės ir išorinės šlaunies rotacijos testas (angl. *Internal and External Hip Rotation*) buvo atliekamas siekiant įvertinti klubo sąnario paslankumą. Judesių amplitudė buvo matuojama gulint ant nugaros ir sulenkus koją 90° kampu per klubo ir kelio sąnarius, kita koja – ištiesta (9 pav.). Užimant tokią padėtį, šlaunis pasyviai sukama į vidų ir į išorę. Goniometro centrinė dalis dedama ant testuojamos kojos priekinės girnelės paviršiaus, o judanti goniometro dalis nukreipiama link vidinės kulkšnies (Byrd, 2005).

Susikūpinimo (angl. *Slump*) testo metu tiriamasis atsisėda ant kušetės krašto taip, kad kojos būtų nuleistos žemyn, rankos laikomos už nugaros. Tiriamasis susilenkia smakru liesdamas krūtinę, o tyrėjas lenkdamas aukštyn tiriamojo pėdą pasyviai tiesia koja per kelio sąnarį (9 pav.). Goniometro centrinė dalis dedama ant testuojamos kojos išorinio šlaunikaulio antkrumplio paviršiaus. Judanti goniometro dalis nukreipiama link išorinės kulkšnies (Davis, Anderson, Carson, Elkins, & Stuckey, 2008).



9 pav. Vidinės (A) ir išorinės (B) šlaunies rotacijos ir susikūpinimo (C) matavimo testai

Trečio tyrimo metu siekiant įvertinti, kaip kelio sąnario kampo pokytis paveikia girnelės sausgyslės ilgį, buvo naudojamas elektrinis goniometras (*Biometrics Ltd*, UK). Goniometro biosensoriai uždedami lygiagrečiai kelio sąnariui ant šoninės kojos dalies, vieną galą tvirtinant ant keturgalvio šlaunies raumeninės fascijos, kitą – ant blauzdos raumenų, ir fiksuojami drėgmei atspariu pleistru.

### 2.2.5. Judesio stabilumo vertinimas

Kokybinis judesių stabilumo vertinimas buvo atliktas kineziterapeuto, turinčio didesnę nei dešimties metų darbo patirtį. *Tiesios kojos kėlimo testas* buvo naudotas anksčiau (Mens, Vleeming, Snijders, Koes, & Stam, 2001). Kokybinis dubens pasvirimas vertintas keliant kairę ir dešinę tiesią koją pakaitomis 20 cm atstumu nuo stalo (**10 pav. – A**). Atlikus 10 pakėlimų (5 kaire / 5 dešine), balais įvertintas dubens stabilumas. 1 balu vertinama, kai dubuo išlieka horizontalus keliant koją, 2 balai – dubuo minimaliai pasvyra, 3 – balai, kai dubuo vidutiniškai pasvyra ir 4 balai, kai dubuo stipriai pasvyra / pasisuka nuo horizontalios padėties.

*Pritūpimo ant vienos kojos testas*. Tiriamasis atsistoja ant vienos kojos, kita – pakelta nuo žemės ir sulenкта per klubo sąnarį 45° kampu, per kelio sąnarį – 90° (**10 pav. – B**). Iškelęs tiesias rankas priešais save, tiriamasis atlieka po 5 pritūpimus ant kiekvienos kojos (Bailey, Selfe, & Richards, 2011). Pėdos, kelio, dubens ir liemens padėtis ir judėjimas buvo vertinamas balais: 1 balu vertinama, kai kulkšnis, kelis ir klubas išlaikomas vienoje linijoje, dubuo horizontalus, liemuo vertikalus sagitalinėje plokštumoje; 2 – minimalūs kojų ir liemens lygiavimo nukrypimai sagitalinėje plokštumoje ar minimaliai pasvyra dubuo; 3 – vidutiniškas kojų ir liemens lygiavimo nukrypimas sagitalinėje plokštumoje ar vidutiniškai pasvyra dubuo; 4 – stiprus kojų ir liemens lygiavimo nukrypimas sagitalinėje plokštumoje ar stipriai pasvyra dubuo.

*Šuolio ant vienos kojos testas*. Tiriamasis atsistoja ant vienos kojos, kita koja pakelta nuo žemės ir sulenкта per klubo sąnarį 45° kampu, per kelio sąnarį – 90°. Rankas laikydamas ant juosmens, tiriamasis atlieka po 5 šuolius ant kiekvienos kojos. Pėdos, kelio, dubens ir liemens padėtis ir judėjimas buvo vertinamas balais: 1 balu vertinama, kai kulkšnis, kelis ir klubas išlaikomas vienoje linijoje, dubuo – horizontalus, liemuo – vertikalus sagitalinėje plokštumoje; 2 – minimalūs kojų ir liemens lygiavimo nukrypimai sagitalinėje plokštumoje ar minimaliai pasvyra dubuo; 3 – vidutiniškas kojų ir liemens lygiavimo nukrypimas sagitalinėje plokštumoje ar vidutiniškai pasvyra dubuo; 4 – stiprus kojų ir liemens lygiavimo nukrypimas sagitalinėje plokštumoje ar stipriai pasvyra dubuo.

*Liemens stabilumo testas*, atliekamas ant ritinio. Tiriamasis atsigulęs nugarą ant ritinio sulenkia kojas per kelio sąnarį 90° kampu. Rankos ištiesiamos į viršų priešais save. Testo metu dubens stabilumas buvo vertinamas balais atlikus po 5 kojos pakėlimus kiekviena koja. 1 balas – stabiliai išlaiko dubenį; 2 – minimaliai

pasvyra dubuo; 3 – vidutiniškai pasvyra dubuo, 4 – krenta nuo ritinio. Prieš testavimą tiriamasis keletą kartų pakelia koją remdamasis į grindis, kad susipažintų su testavimu (10 pav. – C).



10 pav. Tiesios kojos kėlimo (A), pritūpimo ant vienos kojos (B) ir liemens stabilumo ant ritinio (C) testų atlikimas

### 2.2.6. Echoskopija

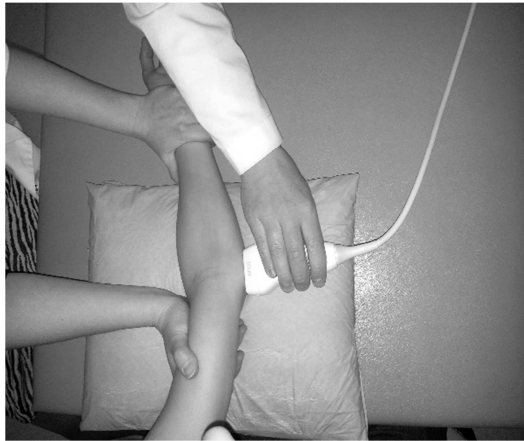
Peties ir alkūnės srities ultragarsinis tyrimas buvo atliktas (Harada et al., 2006) naudojant ultragarso aparatą (*GE Logiq 7, Wuppertal, Germany*) su linijiniu 7–12 MHz davikliu. Tyrė vienas tyrėjas, turintis daugiau nei 10 metų patirtį, akluoju metodu – nebuvo supažindintas su tiriamųjų charakteristikomis. Ultragarsiniai matavimai anksčiau buvo atlikti ir kitų tyrėjų (Collinger, Gagnon, Jacobson, Impink, & Boninger, 2009; Kissenberth et al., 2015). Jie nurodo didelį tokių matavimų patikimumo lygmenį (0,81–0,98).

Pomentinio raumens sausgyslės storis matuotas 2 cm atstumu nuo prisitvirtinimo vietos, tiriamojo alkūnė atitraukta ir sulenkta 90° kampu, riešas pasuktas į šoną. Antdyglinio raumens tvirtinimo sausgyslės storis matuotas 1 cm



atstumu į šoną nuo dvigalvio žasto raumens ilgosios galvos, tiriamajam ranką laikant už nugaros sulenktą per alkūnę. Tiriamajam užimant šią padėtį, buvo matuotas ir žastikaulio galvos kremzlės storis.

Alkūnės šalutinio raiščio storis buvo matuojamas tiriamajam gulint ant nugaros, sulenkus ranką per alkūnę 90° kampu. Osifikacijos centrų skaičius vertintas vidiniame antkrumplyje. Alkūnės streso testas buvo atliktas ištiesus alkūnę. Vidinis alkūnės ir žasto atstumas buvo matuojamas ramybės metu atliekant alkūnės streso testą (**11 pav.**). Taip pat matuotas žasto galvutės kremzlės storis.



**11 pav.** Alkūnės streso testas

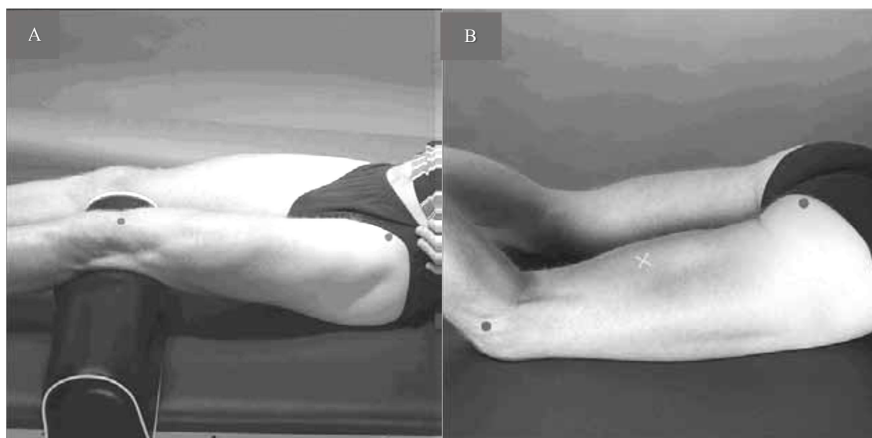
Girnelės sausgyslės matavimui buvo atlikti naudojant ultragarso aparatą (*Esaote MyLab 50 XVision*, Italija) su linijiniu 7–12 MHz davikliu. Abiejų kelių girnelės sausgyslės tyrimas atliktas išilgine ir skersine ašimi. Tiriamasis gulėjo ant nugaros sulenkęs kelius 30° kampu – sausgyslė vienodai įtempta ir matomos gerai apibrėžtos ribos. Girnelės sausgyslė įvertinta dviejose srityse – 1 cm nuo girnelės viršūnės ir 1 cm virš blauzdikaulio prisitvirtinimo. Kelio girnelės skerspjūvio plotas, storis ir perimetras šiose srityse taip pat buvo matuojamas.

### **2.2.7. Elektromiografija (EMG)**

16 kanalų sistema MP 150 (*Biopac Systems, Inc., USA*) buvo sinchronizuota dinamometru ir naudojama registruojant tiriamųjų tiesiojo keturgalvio šlaunies raumens ir ilgojo dvigalvio šlaunies raumens elektrinį aktyvumą atliekant izometrinius, koncentrinus ir ekscentrinus kelio lenkiamųjų ir tiesiamųjų raumenų

jėgos testus. Du lipnūs apskritimo formos paviršiniai Ag-AgCL elektrodai (kurių skersmuo 10 mm, atstumas tarp elektrodų – 20 mm; *Ceracorta, Forlì, Italija*) buvo tvirtinami ant tiesiojo šlaunies raumens ties linijos, jungiančios priekinį viršutinį klubakaulio dyglį ir girnelės viršutinę dalį, viduriu (50%), ant ilgojo šlaunies dvigalvio raumens – ties linijos, jungiančios sėdynkaulio šiurkštumą ir blauzdikaulio šoninį antkrumplį, viduriu (50%) (Hermens, Freriks, Disselhorst-Klug, & Rau, 2000) (12 pav.). Vieta elektrodai tvirtinti paruošiama skutimosi peiliuku pašalinant plaukus ir nuvalant medicininiu spiritu. Įžeminimo elektrodas buvo uždėtas virš šoninio blauzdikaulio krumplio. EMG signalai buvo įrašyti 1,000 Hz pasirinktu dažniu ir analizuojami naudojant kompiuterinę programą (*Acqknowledge, Biopac System, CA, USA*). EMG signalai filtruoti 10–500 Hz diapazone ir išreikšti kvadratinės šaknies vidurkiais (rms).

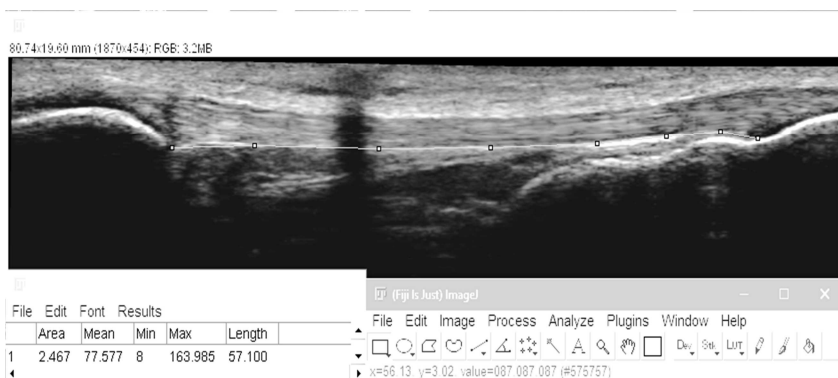
Tiesiojo keturgalvio ir ilgojo dvigalvio šlaunies raumenų aktyvacija įvertinta apskaičiuojant EMG amplitudės kvadratinės šaknies vidurkį 200 ms aplink didžiausią izometrinių, koncentrinį 60°/s, 100 ms apie koncentrinį 240°/s, ekscentrinį 60°/s ir 20 ms aplink ekscentrinį 240°/s jėgos momentą. Koaktyvacijai įvertinti EMG amplitudės reikšmės buvo išreikštos procentais, kai raumuo veikė kaip agonistas (Kellis & Baltzopoulos, 1996). Raumens antagonisto EMG buvo normalizuota santykiškai, kai tas pats raumuo veikė kaip agonistas izometrinių, koncentrinį ir ekscentrinį susitraukimų metu.



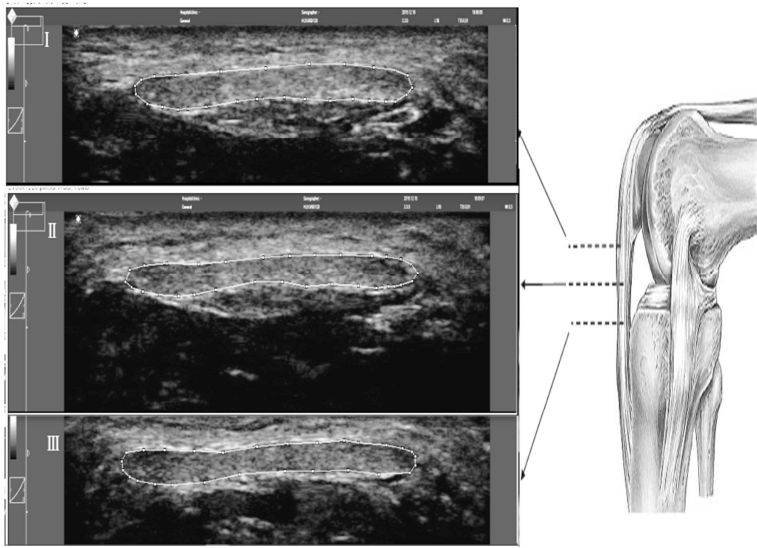
12 pav. EMG elektrodų tvirtinimo vieta ant tiesiojo keturgalvio raumens (A) ir ilgojo dvigalvio raumens (B)

### 2.2.8. Sausgyslės morfologinių ir mechaninių savybių matavimai

Trečio tyrimo metu kelio girmelės sausgyslės ilgio ir skerspjūvio ploto vaizdas užregistruotas ultragarsu (*LSI28 CEXT-1Z, Teleded, Vilnius, Lithuania*), naudojant linijinį 5–10 MHz daviklį. Siekiant užregistruoti sausgyslės ilgio vaizdą, ultragarso daviklis buvo uždėtas ant girmelės išilginės ašies virš sausgyslės proksimalinės ir distalinės dalies tvirtinimosi vietos. Tada sausgyslės skerspjūvio plotas buvo nuskaitytas filmuojant skersai ties kiekviena tvirtinimosi vieta ir ties viduriu. Sausgyslės ilgis ir skerspjūvio plotas buvo matuotas naudojant vaizdo analizės kompiuterinę programą (*ImageJ, National Institute of Health, Austin, TE, USA*). Sausgyslės ilgis nustatytas išmatavus atstumą tarp girmelės ir blauzdikaulio tvirtinimosi vietos (**13 pav.**). Sausgyslės skerspjūvio plotas išmatuotas proksimalinėje, distalinėje sausgyslės prisitvirtinimo vietoje ir per vidurį tarp šių prisitvirtinimo vietų (**14 pav.**). Šių matavimo vietų pasirinkimas rėmėsi anksčiau atliktais tyrimais (Kongsgaard et al., 2007; Seynnes et al., 2009).



**13 pav.** Kelio girmelės sausgyslės ilgio matavimas

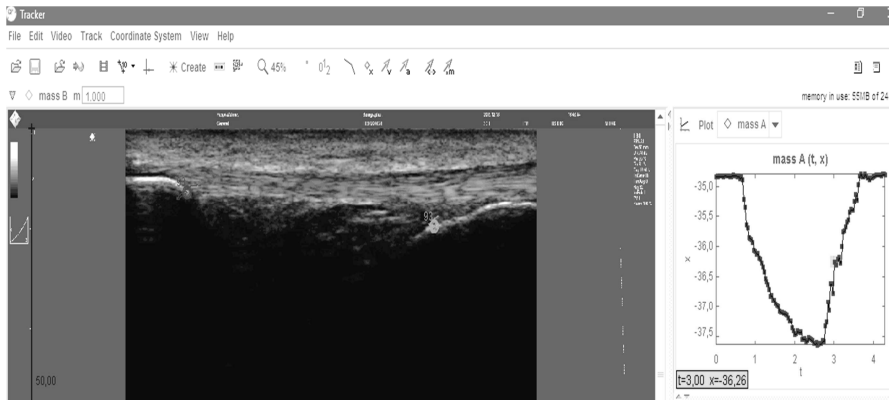


**14 pav.** Sausgyslės skerspjūvio ploto matavimas proksimalinėje (I), distalinėje sausgyslės prisitvirtinimo vietoje (III) ir per vidurį tarp šių prisitvirtinimo vietų (II)

Kelio girnelės sausgyslės mechaninėms savybėms įvertinti tiriamieji sėdėdami izokinetinio dinamometro kėdėje atliko blauzdos izometrinį tiesimą sulenkus koją per kelio sąnarį  $90^\circ$  kampu (Maganaris, 2003). Kelio tiesimo jėgos momentas buvo pamažu didinamas iki 80% MVJ per 2 s, tuo pačiu metu registruojant kelio girnelės sausgyslės pailgėjimą ultragarsu (*LS128 CEXT-1Z, Telemed*) ir šlaunies dvigalvio raumens EMG, naudojant *Biopac* sistemą (*MP 150WSW, Biopac Systems*). Ši užduotis buvo kartojama 3 kartus ir daroma 1 minutės pertrauka. Prieš testavimus tiriamieji atliko 5 parengiamuosius izometrinius blauzdos tiesimus iki 80% MVJ intensyvumu.

Kelio girnelės sausgyslės ilgėjimas matuotas naudojant vaizdo analizę ir modeliavimo programą *Tracker 4.91 (the Open Source Physics (OSP))*. Sausgyslės tvirtinimosi vieta ir blauzdikaulio sąnarinė plokštuma buvo nustatyti ekrano vaizde, kelio girnelės sausgyslės ilgis išmatuotas atstumu tarp girnelės tvirtinimosi ir priekinės sausgyslės dalies iki blauzdikaulio sąnarinės plokštumos (Hansen, Bojsen-Moller, Aagaard, Kjaer, & Magnusson, 2006) (**15 pav.**). Ankstesnių tyrimų duomenimis, duomenų atsikartojamumas naudojant šį metodą yra didelis (Reeves, Maganaris, & Narici, 2003). Siekiant nustatyti, kaip kelio sąnario kampo pokytis paveikia girnelės sausgyslės ilgį, papildomai 3 kartus pasyviai koją buvo tiesiama

per kelio sąnarį. Ši procedūra leido atlikti sausgyslės pailgėjimo pervertinimo, atsiradusio dėl kelio sąnario kampo pokyčio raumens susitraukimo metu, korekciją.



15 pav. Kelio girtelės sausgyslės ilgėjimo matavimas

Sausgyslės tempimo jėga buvo apskaičiuota kelio tiesimo jėgos momentą, koreguotą įvertinus antagonistų susitraukimo jėgą, padalijus iš atstumo tarp kelio sąnario centro ir girtelės sausgyslės (Visser, Hoogkamer, Bobbert, & Huijing, 1990).

Sausgyslės standumas apskaičiuotas kaip sausgyslės tempimo jėgos pokyčio ir sausgyslės ilgio pokyčio santykis (Kongsgaard et al., 2007). Young'o modulis apskaičiuotas dauginant standumo reikšmę iš sausgyslės ilgio ir skerspjūvio ploto santykio. Girtelės sausgyslės įtempis skirtingose sausgyslės vietose apskaičiuotas sausgyslės jėgą padalijus iš proksimalinės, vidurinės ir distalinės sausgyslės dalies skerspjūvio ploto.

### 2.2.9. Vertikalus šuolis kinematiniai rodikliai

Prieš atliekant šuolį, 28 šviesą atspindintys žymekliai buvo pritvirtinti ant tiriamojo kryžkaulio, kaklo slankstelio (C7) keterinės ataugos, ant abiejų pečių, klubakaulio priekinio viršutinio dyglio, klubakaulio užpakalinio viršutinio dyglio, didžiojo šlaunikaulio gūbrio, kelio girtelės, lateralinių krumplių, blauzdikaulio šiurkštumos, lateralinės kulkšnies pusės, kulno ir penktojo padikaulio galvos.

Judesio registravimo sistemą sudarė 2 vaizdo kameros *Basler A602fc* (raiška  $656 \times 490$  pikselių), sujungtos per *FireWire* (IEEE-1394) su personaliniu kompiuteriu (*Dell Computer Corporation*, Round Rock, TX), o judesio analizė

programinė įranga *Templo (Contemphas, Kempten, Germany)* naudota sinchroniškam vaizdui fiksuoti 100 vaizdų per sekundę dažniu (100 Hz). Atliekant pratimą, vaizdo kameros registravo tiriamojo kūno frontalinę ir sagitalinę plokštumas. Šuolių technikos analizė atlikta naudojant SIMI judesio analizės programinę įrangą (*Simi Reality Motion Systems GmbH, Unterschleissheim, Germany*). Žymeklių trajektorijos buvo filtruotos *Butterworth* skaitmeniniu žemo dažnio filtru. Buvo apskaičiuotas liemens kampas horizonto atžvilgiu, šlaunikaulio kampas vertikalės atžvilgiu (klubo kampo), kampas tarp šlaunikaulio ir priekinės blauzdos (kelio sąnario kampo), kampas tarp blauzdikaulio ir pėdos (pėdos sąnario kampo), kelio kampas užimant *varus ir valgus* padėtis. Esant *varus ir valgus* padėčiai, *valgus* kampo reikšmė buvo teigiama, *varus* – neigiama. Maksimalaus kelio sulenkimo kampai buvo registruojami atliekant vertikalų šuolį iš pritūpimo padėties ir nusileidimo fazių metu.

Dvipusis *valgus* kelio judesys buvo apskaičiuotas įvertinant atstumą nuo frontalinės plokštumos tarp kelio lateraliųjų dešinio ir kairio žymeklių ir tiriamajam atliekant vertikalų šuolį. Atstumas tarp kelių registruotas įvykus pradiniam kontaktui su atrama ir esant minimaliam atstumui tarp kelių stovint (*valgus* maksimumas). Suminis *valgus* kelio judesys (centimetrais) buvo apskaičiuotas kaip skirtumas tarp kelių atstumo ir maksimalaus atstumo tarp kelių užimant *valgus* padėtį.

Siekiant apskaičiuoti Q-kampą (Lun, Meeuwisse, Stergiou, & Stefanyshyn, 2004), vertinti šie anatomiciniai taškai: klubakaulio priekinis viršutinis dyglys, kelio girtelės centras ir blauzdikaulio šiurkštuma. Taip pat vertintas dubens pločio (atstumas tarp klubakaulio priekinio viršutinio dyglio abiejose dubens pusėse) ir šlaunikaulio ilgio santykis. Šlaunikaulio ilgis matuotas standartine juoste. Šlaunikaulio ilgis – atstumas nuo šlaunikaulio gūbrio viršūnės taško iki šoninio antkrumplio.

#### **2.2.10. Vertikalų šuolio kinetiniai rodikliai**

Vertikalų šuolio kinetiniai kintamieji buvo matuojami 200 Hz dažniu, naudojant 50 × 50 cm portatyvinę jėgos platformą (*Kistler, Switzerland, Slimline System 9286*), turinčią programinę įrangą (*Qualisys Track Manager v 2.10; Qualisys, Gotenbergas, Švedija*). Tiriamieji, laikydami rankas ant klubų, atliko tris vertikalūs šuolius. Analizuotas aukščiausias vertikalūs šuolis.

Kintamieji vertinti ekscentrinėje, koncentrinėje ir nusileidimo fazėse. Jėgos

maksimalioji reikšmė (pikas) ekscentrinės fazės metu ir šuolio gylis buvo nustatyti pagal maksimaliosios jėgos reikšmę ir minimalų masės centrą vertikalaus šuolio ekscentrinės fazės metu. Piko galia ir piko jėga buvo nustatytos iš maksimalių reikšmių, gautų šuolio koncentrinės fazės metu. Ekscentrinės jėgos dydis vertintas nuo ekscentrinės jėgos pradžios iki jėgos piko ekscentrinės fazės metu. Buvo nustatytas jėgos pikas nusileidimo fazėje ir nusileidimo pritūpimo gylis pasiekus jėgos piką. Visos jėgos ir galios reikšmės normalizuotos atramos reakcijos jėgą padalijus iš tiriamojo kūno svorio. Šuolio greitis apskaičiuotas pagal masės centro greitį, atliekant vertikalų šuolį. Vidutinė kojos standumo reikšmė nusileidimo fazėje buvo apskaičiuota iš piko jėgos nusileidimo fazės ir masės centro pakrypimo nuo pradinio kontakto su atrama iki vertikalios atramos reakcijos jėgos piko laiko per nusileidimą santykio. Vidutinė kojos standumo reikšmė ekscentrinėje fazėje buvo apskaičiuota atramos reakcijos ekscentrinės jėgos pokytį dalijant iš kūno masės centro vertikalaus judėjimo pokyčio. Kojos standumo reikšmės buvo normalizuotos kojos standumo koeficientą padalijus iš tiriamojo kūno masės ( $N/m/kg$ ). Kadangi tiriamieji šuoliavo abiem kojomis atlikdami visus bandymus, kojos standumo reikšmė atitiko abiejų kojų standumų reikšmes.

### **2.2.11. Kelio sąnario funkcijos vertinimas**

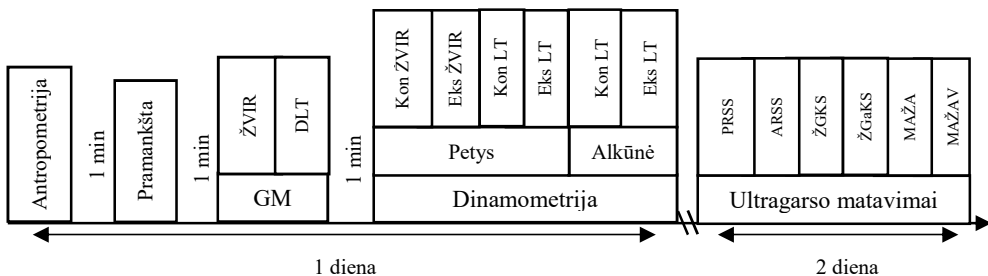
Modifikuotas KOOS klausimynas kelio sąnario funkcijai įvertinti (angl. *Knee Injury Osteoarthritis Outcome Score*) buvo naudojamas siekiant įvertinti kelio sąnario skausmo dydį ir jo dažnumą (Roos & Lohmander, 2003). Tyrimo metu naudojome skausmo subskalę, kurią sudarė 9 klausimai. Kiekvienas klausimas turėjo 5 galimus atsakymų variantus, kurie buvo vertinami nuo 0 (nėra skausmo) iki 4 (nepaprastai stiprus skausmas).

### **2.3. Tyrimo organizavimas**

Tyrimas buvo atliktas Lietuvos sporto universiteto Sporto mokslo ir inovacijų institute. Tiriamieji buvo testuojami vienodomis sąlygomis, t. y. tuo pačiu paros laiku, esant 21–22°C temperatūrai. Tiriamiesiems buvo draudžiama sportuoti bent vieną dieną prieš testavimus. Tiriamieji buvo pamokyti atlikti testus.

### 2.3.1. Pirmas tyrimas

Pirmą testavimo dieną atvykus į laboratoriją, kiekvienas tiriamasis subjektyviai įvertino rankų sąnarių skausmo lygį ir dažnumą balais, naudodami modifikuotą Trakis ir kt. (2008) klausimyną (aprašymą žr. 2.1.1. skyriuje). Atlikus antropometrinius matavimus, tiriamųjų rankų sąnarių judesių amplitudės buvo matuojamos naudojant goniometrą (aprašymą žr. 2.2.4. skyriuje). Toliau buvo atliekama pramankšta, kurią sudarė 5 minučių rankų ergometro sukimas ir 3–5 minučių tempimo pratimai. Tada tiriamieji buvo sodinami į dinamometro kėdę, kurioje buvo registruojamos rankų raumenų jėgos momentas tokia tvarka: 1) peties sąnario tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų koncentrinės-izokinetinės ir ekscentrinės didžiausios jėgos momentas (aprašymą žr. 2.2.2. skyriuje); 2) alkūnės sąnario tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų koncentrinės izokinetinės ir ekscentrinės didžiausios jėgos momentas (aprašymą žr. 2.2.2. skyriuje); 3) peties sąnario vidinės ir išorinės rotacijos raumenų koncentrinės-izokinetinės ir ekscentrinės didžiausios jėgos momentas (aprašymą žr. 2.2.2. skyriuje). Antrą testavimo dieną buvo atliekami rankų sąnarių ultragarsiniai matavimai (aprašymą žr. 2.2.6. skyriuje). Tyrimo protokolas pavaizduotas **16 paveiksle**.



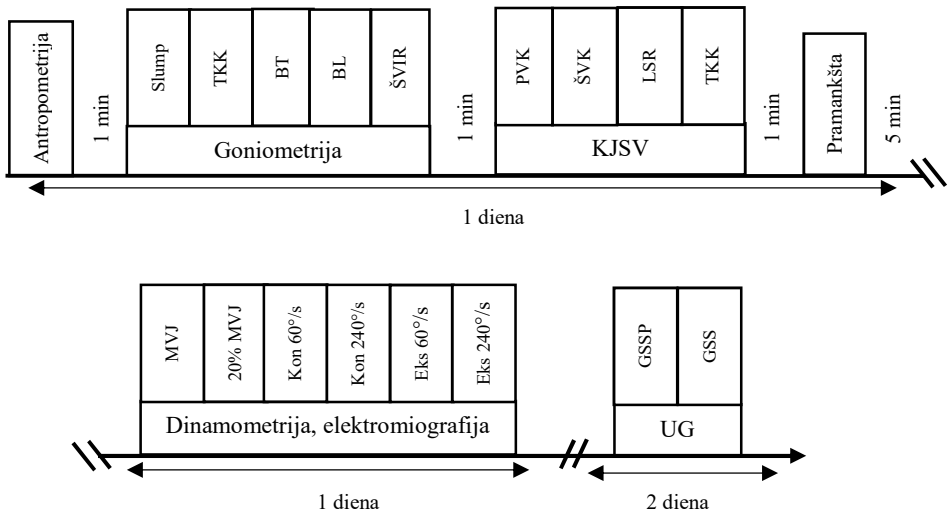
**16 pav.** I tyrimo protokolas

*Pastaba.* GM – goniometriniai matavimai; ŽVIR – žastikaulio vidinė ir išorinė rotacija; DLT – dilbio lenkimas ir tiesimas; Kon – koncentrinis; Eks – ekscentrinis; LT – lenkimas ir tiesimas; PRSS – pometinio raumens sausgyslės storis; ARSS – antdyglinio raumens sausgyslės storis; ŽGKS – žastikaulio galvos kremzlės storis; ŽGaKS – žastikaulio galvutės kremzlės storis; MAŽA – medialinis alkūnkaulio ir žastikaulio atstumas ramybėje; MAŽAV – medialinis alkūnkaulio ir žastikaulio atstumas atliekant *valgus* jėgos testą.



### 2.3.2. Antras tyrimas

Antro tyrimo metu pirmą testavimo dieną tiriamasis, atvykęs į laboratoriją, subjektyviai įvertino kelio sąnario skausmo lygį ir dažnumą balais, naudodamas modifikuotą KOOS klausimyną (aprašymą žr. 2.2.11. skyriuje). Atlikus antropometrinius matavimus, tiriamųjų kojų judesių amplitudės buvo matuojamos naudojant goniometrą (aprašymą žr. 2.2.4. skyriuje). Tada kojos buvo vertinamos kokybiniais judesių stabilumo testais (aprašymą žr. 2.2.5. skyriuje). Toliau buvo atliekama pramankšta, kurią sudarė 10 minučių veloergometro mynimas (50 W, mynimo dažnumas 70 k./min), tada tvirtinami paviršiniai EMG elektrodai (aprašymą žr. 2.2.7. skyriuje). Tiriamieji buvo sodinami į dinamometro kėdę ir registruojamas kojos keturgalvio bei dvigalvio raumenų didžiausias jėgos momentas kartu darant EMG tokia tvarka: 1) izometriniu režimu (aprašymą žr. 2.2.2. skyriuje); 2) 20% nuo MVJ (aprašymą žr. 2.2.3. skyriuje); 3) koncentrinium režimu (aprašymą žr. 2.2.2. skyriuje); 4) ekscentrinium režimu (aprašymą žr. 2.2.2. skyriuje). Antrą testavimo dieną buvo atliekami kelio sąnarių ultragarsiniai matavimai (aprašymą žr. 2.2.6. skyriuje). Tyrimo protokolas pavaizduotas **17 paveiksle**.



**17 pav.** II tyrimo protokolas

*Pastaba.* Slump – susikūprinimo testas; TKK – tiesios kojos kėlimo testas; BT – blauzdos tiesimo testas; BL – blauzdos lenkimo testas; ŠVIR – šlaunies vidinės ir išorinės rotacijos testas; KJSV – kokybinis judesio stabilumo vertinimas; PKV – pritūpimas ant vienos kojos; ŠVK – šuolis ant vienos kojos; LSR – liemens stabilumas ant ritinio; TKK – tiesios kojos kėlimas; MVJ – maksimalioji valinga jėga; Kon – koncentrinis raumens susitraukimas; Eks – ekscentrinis raumens susitraukimas; UG – ultragarsiniai matavimai; GSSP – girelės sausgyslės skerspjuvio plotas; GSS – girelės sausgyslės storis.

### 2.3.3. Trečias tyrimas

Trečio tyrimo metu tiriamasis, atvykęs į laboratoriją, subjektyviai įvertino kelio sąnario skausmo lygį ir dažnumą balais naudodamas modifikuotą KOOS klausimyną (aprašymą žr. 2.2.11. skyriuje). Atlikus antropometrinius matavimus, tiriamieji atliko pramankštą, kurią sudarė 10 minučių trukmės veloergometro mynimas (50 W, mynimo dažnumas 70 k./min). Paviršiniai EMG elektrodai buvo pritvirtinti ant tiriamųjų šlaunikaulio dvigalvio raumens (aprašymą žr. 2.2.7. skyriuje). Tada, tiriamajam atsisėdus į *Biodex* kėdę, buvo registruojama kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų izometrinė MVJ kartu darant EMG (aprašymą žr. 2.2.2. skyriuje). Kelio girtelės ilgis ir skerspjūvio plotas buvo tirti ultragarsu atsipalaidavimo fazėje (aprašymą žr. 2.2.8. skyriuje). Kampo pokyčiui vertinti naudotas elektrinis goniometras, pritvirtintas ant tiriamojų kelio šoninės dalies. Tada ultragarsu nufilmuojami 3 izometriniai blauzdos tiesimai ir 3 pasyvūs blauzdos tiesimai, kartu darant EMG, matuojant goniometru ir dinamometru (aprašymą žr. 2.2.8. skyriuje).

Atlikus raumenų funkcijos testavimą ir girtelės sausgyslės tyrimą ultragarsu, tiriamieji atliko 3 vertikalūs šuolius ant kontaktinės jėgos platformos (aprašymą žr. 2.2.10. skyriuje). Tuo pat metu šuolio kinematiniai rodikliai buvo registruojami *Contemplan Templo* sistema. Atlikus šuolius, 2 vaizdo kameros registravo stovimos pozicijos strėlines ir kaktines plokštumas (aprašymą žr. 2.2.9. skyriuje). Tyrimo protokolas pavaizduotas **18 paveiksle**.



**18 pav.** III tyrimo protokolas

*Pastaba.* MVJ – maksimalioji valinga izometrinė jėga; S – girtelės sausgyslė.

## 2.4. Matematinė statistika

Statistinės analizės metu pateikti aprašomųjų duomenų vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai (SD). Shapir'o–Wilk'o testas buvo naudojamas norint nustatyti, ar gauti duomenys pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį. Tyrimo metu kūno pusės (dominuojanti ir nedominuojanti) ir grupės (žaidėjų ir kontrolinė) poveikis buvo lyginamas, naudojant dviejų faktorių dispersinę analizę (ANOVA). Esant grupės efektui, *Turkey Post-hoc* testas buvo atliekamas skirtumams tarp atskirų grupių nustatyti. Neparаметrinis *Wilcoxon'o* testas buvo naudojamas judesio stabilumo testų rezultatų skirtumui įvertinti. Norint apskaičiuoti galimybių santykius, tiriamieji buvo suskirstyti į žemo (vertinto 3 ir 4 taškais) ir aukšto (vertinto 1 ir 2 taškais) stabilumo grupes. Ryšys tarp kelio sąnario skausmo ir judesio stabilumo (žemas / aukštas) ar morfologinių pokyčių (ultragarsinis tyrimas – teigiamas / neigiamas) buvo aprašytas keturlauke 2 x 2 kontingencijos lentelė, statistinio įvertinimo tikslumas nustatytas 95% pasikliautinuoju intervalu (PI). Trečio tyrimo metu skirtumams tarp grupių palyginti, esant normaliam kintamųjų skirstiniui, buvo atliktas Student'o *t* testas, nenormaliajam – Wilcoxon'o *W* testas. Skirtumų tarp Q-kampo ir kelio *valgus* kampo analizė atlikta naudojant neparаметrinį Wilcoxon'o ranginį ženklų kriterijų 2 susijusioms imtims. Patikimumo intervalui nustatyti buvo naudotas *Monte Carlo* metodas. Visais atvejais skirtumas laikomas reikšmingu, kai  $p < 0,05$ . Skaičiavimai atlikti naudojant *IBM SPSS v. 20* programinę įrangą (IBM, Armonk, NJ).

### **3. TYRIMŲ REZULTATAI IR APTARIMAS**

#### **3.1. Fiziniams krūviams adaptuotų vaikų, jaučiančių dominuojančios rankos skausmą, ir nesportuojančių vaikų bilateraliniai morfologinių ir funkcinių rodiklių skirtumai**

##### **3.1.1. Rankos raumenų susitraukimo jėgos momentas**

Beisbolo žaidėjų ir kontrolinėje grupėse dominuojančios ir nedominuojančios rankos raumenų jėgos momentas nesiskyrė atliekant peties vidinę ir išorinę rotaciją koncentrinio ir ekscentrinio režimu ( $p > 0,05$ ; **2 lent.**). Visgi peties išorinės rotacijos ekscentrinis jėgos momentas buvo didesnis kontrolinėje grupėje, lyginant rezultatus su beisbolo žaidėjais (20,1%;  $p < 0,05$ ). Atitinkamai ekscentrinės išorinės rotacijos ir koncentrinės vidinės rotacijos santykis buvo didesnis kontrolinėje grupėje, lyginat su beisbolo žaidėjais (17,9%;  $p < 0,05$ ).

Be to, dominuojančios ir nedominuojančios rankos raumenų jėga nesiskyrė tiriamiesiems tiesiant ir lenkiant petį ir alkūnę nepriklausomai nuo raumens darbo režimo bei tiriamųjų grupės ( $p > 0,05$ ).

**2 lentelė.** Dominuojančios ir nedominuojančios rankos jėgos momento palyginimas tarp beisbolo ir kontrolinės grupių tiriamųjų

Testas	Beisbolo žaidėjai		Kontrolinė grupė	
	DR	NR	DR	NR
	Vidurkis ± SD	Vidurkis ± SD	Vidurkis ± SD	Vidurkis ± SD
<b>Petys</b>				
<i>Koncentrinis</i>				
Vidinė rotacija (N·m)	31,7 ± 8,0	28,4 ± 7,6	32,5 ± 6,81	29,5 ± 6,8
Išorinė rotacija (N·m)	18,7 ± 3,8	18,0 ± 3,5	22,4 ± 4,1	21,8 ± 4,9
<i>Ekscentrinis</i>				
Vidinė rotacija (N·m)	37,8 ± 9,4	34,1 ± 5,0	39,9 ± 5,3	39,4 ± 7,5
Išorinė rotacija (N·m)*	16,8 ± 5,6	15,3 ± 3,8	19,9 ± 3,8	20,3 ± 6,6
Santykis				
VReks / VRkon	1,23 ± 0,26	1,20 ± 0,24	1,31 ± 0,15	1,37 ± 0,19
IReks / VRkon*	0,55 ± 0,05	0,55 ± 0,04	0,64 ± 0,01	0,70 ± 0,03
IRkon / VRkon	0,65 ± 0,04	0,71 ± 0,04	0,70 ± 0,01	0,74 ± 0,03
<b>Petys</b>				
<i>Koncentrinis</i>				
Lenkimas (N·m)	35,4 ± 12,4	32,9 ± 12,2	35,2 ± 9,4	33,0 ± 7,9
Tiesimas (N·m)	44,4 ± 7,8	42,6 ± 10,8	46,9 ± 9,1	44,8 ± 10,2
Santykis				
Lenkimas/Tiesimas	0,79 ± 0,04	0,77 ± 0,06	0,78 ± 0,04	0,77 ± 0,03
<b>Alkūnė</b>				
<i>Koncentrinis</i>				
Lenkimas (N·m)	19,5 ± 5,5	17,7 ± 4,4	19,8 ± 4,0	18,8 ± 3,6
Tiesimas (N·m)	27,3 ± 5,6	26,7 ± 7,7	27,9 ± 8,2	26,3 ± 7,9
Santykis				
Lenkimas/Tiesimas	0,71 ± 0,02	0,67 ± 0,03	0,73 ± 0,03	0,75 ± 0,04

*Pastaba.* DR – dominuojanti ranka; NR – nedominuojanti ranka; IR – išorinė rotacija; VR – vidinė rotacija; eks – ekscentrinė jėga; kon – koncentrinė jėga; \* –  $p < 0,05$ , skirtumas tarp grupių.

### 3.1.2. Judesių amplitudė

Žaidėjų ir kontrolinės grupės tiriamųjų dominuojančios ir nedominuojančios rankos judesio amplitudės rodikliai reikšmingai nesiskyrė ( $p > 0,05$ ; **3 lent.**). Peties sąnario vidinės rotacijos amplitudė buvo reikšmingai mažesnė beisbolo žaidėjų grupėje, lyginant su kontroline (5,6%;  $p < 0,05$ ), nors išorinės rotacijos amplitudė nesiskyrė abiejose grupėse ( $p > 0,05$ ). Alkūnės lenkimo ir tiesimo judesio amplitudė abiejose grupėse nesiskyrė ( $p > 0,05$ ).

**3 lentelė.** Dominuojančios ir nedominuojančios rankos judesio amplitudės palyginimas tarp beisbolo ir kontrolinės grupių tiriamųjų

Judėsys	Beisbolo žaidėjai		Kontrolinė grupė	
	DR	NR	DR	NR
	Vidurkis ± SD	Vidurkis ± SD	Vidurkis ± SD	Vidurkis ± SD
<b>Petys</b>				
Vidinė rotacija*	71,9 ± 10	76,3 ± 10,6	79,9 ± 7,8	77,1 ± 7,7
Išorinė rotacija	87,9 ± 9,7	88,4 ± 10,8	89,6 ± 10,2	88,8 ± 7,4
Visa amplitudė	159,7 ± 15,9	164,7 ± 18,0	169,5 ± 16,0	166,0 ± 12,8
<b>Alkūnė</b>				
Tiesimas	5,4 ± 2,4	4,6 ± 1,3	5,7 ± 2,9	5,8 ± 4,4
Lenkimas	149,4 ± 5,4	151,9 ± 8,0	152,8 ± 5,7	152,5 ± 5,2
Visa amplitudė	154,7 ± 6,5	156,5 ± 8,4	158,5 ± 7,4	158,4 ± 7,7

*Pastaba.* DR – dominuojanti ranka; NR – nedominuojanti ranka; \* –  $p < 0,05$ , skirtumas tarp grupių.

### 3.1.3. Morfologiniai rodikliai

Dominuojančios ir nedominuojančios rankos morfologiniai rodikliai, išmatuoti ultragarsu, reikšmingai nesiskyrė tiek žaidėjų, tiek kontrolinėje grupėje ( $p > 0,05$ ; **4 lent.**). Visgi beisbolo žaidėjų antdyglinio raumens sausgyslė buvo 0,07 cm storesnė, lyginant su kontrolinės grupės (12,2%;  $p < 0,05$ ). Žastikaulio galvos sąnario kremzlės ir alkūnės kolateralinio raiščio storio reikšmė buvo didesnė beisbolo žaidėjų, lyginant su kontrolinės grupės (atitinkamai 22,2%; 15,4%;  $p < 0,05$ ). Vidutinis alkūnės ir žasto atstumas, neatlikus *valgus* jėgos testo, buvo didesnis beisbolo žaidėjų (17,9%;  $p < 0,05$ ), bet atlikus šį testą skirtumas tarp grupių buvo nereikšmingas.

Du atvejai, kada du osifikacijos centrai medialiniame epikondilite buvo pastebėti dominuojančioje beisbolo žaidėjų rankoje, ir vienas atvejis – tarp kontrolinės grupės tiriamųjų. Vienas osifikacijos centras buvo nustatytas abiejų grupių tiriamųjų nedominuojančioje rankoje, be to, trims kontrolinės grupės tiriamiesiems buvo nustatyti abiejų rankų medialiniai epikondilitai.

**4 lentelė.** Dominuojančios ir nedominuojančios rankos matavimų ultragarsu (cm) rodiklių palyginimas tarp beisbolo žaidėjų ir kontrolinės grupės tiriamųjų

Rodikliai	Beisbolo žaidėjai		Kontrolinė grupė	
	DR	NR	DR	NR
	Vidurkis ± SD	Vidurkis ± SD	Vidurkis ± SD	Vidurkis ± SD
Pomentinio raumens sausgyslės storis	0,52 ± 0,06	0,52 ± 0,06	0,48 ± 0,09	0,49 ± 0,09
Antdyglinio raumens sausgyslės storis *	0,58 ± 0,09	0,56 ± 0,07	0,50 ± 0,07	0,50 ± 0,07
Žastikaulio galvos kremzlės storis *	0,18 ± 0,05	0,18 ± 0,05	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,03
Alkūnkaulio kolateralinio raiščio storis *	0,34 ± 0,05	0,31 ± 0,03	0,28 ± 0,03	0,27 ± 0,03
Žastikaulio galvutės kremzlės storis	0,22 ± 0,05	0,22 ± 0,04	0,19 ± 0,04	0,20 ± 0,04
<i>Valgus</i> jėgos testas:				
Medialinis alkūnkaulio ir žastikaulio atstumas be <i>valgus</i> jėgos testo *	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,03	0,12 ± 0,03
Medialinis alkūnkaulio ir žastikaulio atstumas atliekant <i>valgus</i> jėgos testą	0,20 ± 0,06	0,18 ± 0,04	0,17 ± 0,05	0,18 ± 0,03

*Pastaba.* DR – dominuojanti ranka; ND – nedominuojanti ranka; \* –  $p < 0,05$ , skirtumas tarp grupių.

### 3.1.4. Rezultatų aptarimas

Tyrimo rezultatai parodė, kad tarp 11–12 metų beisbolo žaidėjų, kurie jautė skausmą, susijusį su kamuoliuko metimu, nėra dominuojančios ir nedominuojančios pusės raumenų jėgos, judesių amplitudės ir jungiamojo audinio skirtumų. Šie duomenys leidžia teigti, kad didelis tokio amžiaus beisbolininkų traumų skaičius nėra susijęs su dominuojančios ir nedominuojančios rankos skirtumais. Visgi, abiejų kūno pusių mažesnis peties išorinės rotacijos jėgos momentas ekscentrinio susitraukimo metu ir mažesnė vidinės rotacijos amplitudė, lyginant su to paties amžiaus nesitreniruojančiais tiriamaisiais, gali turėti įtakos jaunų beisbolo žaidėjų skausmo atsiradimui kamuoliuko metimo metu.

Ankstesni tyrimai rodo, kad kamuoliuko metimų kiekis ir intensyvumas buvo pagrindiniai alkūnės ir peties sąnarių skausmo rizikos veiksniai (Lyman et al., 2001), didinantys traumos riziką 5 kartus. Kai kamuoliukas metamas nepaisant rankos nuovargio 8 mėnesius per metus, ši rizika išauga 36 kartus (Olsen, Fleisig, Dun, Loftice, & Andrews, 2006b.). Žinoma, trauma gali įvykti ir po vieno beisbolo kamuoliuko metimo (Olsen et al., 2006b). Tokia trauma dažniausiai susijusi su netaisyklinga metimo technika (Oyama, 2012) ir neveiksminga pramankšta. Mūsų gauti duomenys rodo, kad beisbolą žaidžiančių vaikų skausmas, susijęs su kamuoliuko metimu, neturi sąsajų su raumens jėgos dvipusiais skirtumais. Nenustatėme beisbolo žaidėjų, kurie skundėsi metančios rankos skausmu, didesnės vidinių ir išorinių rotatorių jėgos, lyginant su priešingos pusės ranka, taip pat skirtumų, matuojant lenkimo ir tiesimo jėgą. Abiejų rankų vidinės rotacijos ekscentrinio ir koncentrinio susitraukimo jėgos santykis buvo didesnis nei 1,1 tiek žaidėjų, tiek nežaidžiančiųjų beisbolo grupėse. Toks santykis rodo, kad antagonistiniai raumenys gali veiksmingai lėtinti judesį ir įveikti agonistinių raumenų sukeltą judesio inerciją (Scoville, Arciero, Taylor, & Stoneman, 1997). Nėra netikėta, kad abiejų rankų raumenų jėga buvo tokia pat beisbolą žaidžiančių vaikų populiacijoje. Kamuoliuko metimas mažai treniruoja raumenų jėgą, nes neviršija slenkstinės jėgos didinimo reikšmės, o specializuotos raumenų jėgos lavinimo programos retai taikomos ankstyvuojų vaikų amžiaus tarpsniu. Pastebėta, kad raumens jėgos skirtumai vystosi greitai, t. y. kai metantysis kamuoliuką pradeda taikyti jėgos treniruočių programą (Noffal, 2003). Mūsų gauti rezultatai neatmeta galimybės, kad esant dvipusiems raumenų jėgos skirtumams beisbolo žaidėjų traumas tikimybė didesnė esant sąveikai su kitais rizikos veiksniais.

Jaunų beisbolo žaidėjų peties išorinės rotacijos ekscentrinė jėga vis dėlto buvo mažesnė negu nesitreniruojančių tiriamųjų. Mažesnė ekscentrinė jėga gali pabloginti gebėjimą lėtinti raumenų, atliekančių metimą, judesį (Scoville et al., 1997) ir sukelti peties sąnario užpakalinės kapsulės apkrovą metimo metu, o tai gali per tam tikrą laiką lemti jaunų žaidėjų skausmo, susijusio su metimu, atsiradimą. Ankstesni tyrimai rodo, kad skausmas kamuoliuko metimo metu gali būti susijęs su jaunų žaidėjų jėgos disbalansu tarp vidinių ir išorinių rotatorių, atsakingų už peties sąnario stabilizaciją metimo metu (Harada et al., 2010; Trakis et al., 2008). Reikėtų pastebėti, kad mes vertinome atskirų izoliuotų sąnarių funkcinį grupių pajėgumą, esant ( $120^\circ/s^{-1}$ ) raumenų susitraukimo greičiui, kuris yra daug mažesnis nei kamuoliuką metant beisbolo rungtynių metu, kai greičiai



siekia  $5000\text{--}7000^\circ/\text{s}^{-1}$ , ir koordinuota daugybinių sąnarių sąveika sukelia akceleraciją (Escamilla et al., 2001; Fleisig, Barrentine, Escamilla, & Andrews, 1996). Tai tipiškas izokinetinio testavimo metodinis trūkumas.

Judesio amplitudė treniruojantis keičiasi greitai (Meister et al., 2005). Pernelyg didelė peties sąnario išorinė rotacija turi sąsają su peties sąnario traumomis ir sukelia didelę vidinių bei išorinių alkūnės sąnario struktūrų apkrovą (Pradhan, Itoi, Hatakeyama, Urayama, & Sato, 2001; Sabick, Torry, Lawton, & Hawkins, 2004), o peties sąnario vidinės rotacijos sumažėjimas susijęs su peties sąnario ankštumu ir rotatorių manžetės pažeidimu (Burkhart et al., 2003; Ludwig & Cook, 2002). Meister ir kt. (2005) bei Harada ir kt. (2010) tyrimų duomenys sutampa su mūsų gautaisiais – nustatėme sumažėjusią 11–12 metų beisbolo žaidėjų vidinės ir išorinės peties sąnario rotacijų judesio amplitudę, bet priešingai nei jų rezultatai – neaptikome dvipusių skirtumų matuodami beisbolo žaidėjų ir kontrolinės grupės tiriamųjų judesio amplitudę. Tai leidžia teigti, kad mažesnė beisbolo žaidėjų nei kontrolinės grupės vidinė ir išorinė peties sąnario rotacija gali būti susijusi su atsitiktine tiriamųjų atranka. Dvipusiai dominuojančios ir nedominuojančios rankos pečių judesio amplitudės skirtumai gali didėti su amžiumi ir branda (Levine et al., 2006; Meister et al., 2005).

Alkūnės sąnario matavimas ultragarsu neatskleidė morfologinių dvipusių skirtumų beisbolo žaidėjų grupėje, nors kai kurie žaidėjų ir nesitreniruojančių tiriamųjų rodikliai skyrėsi. Labiausiai skyrėsi alkūnės kolateralinis raištis, kuris beisbolo žaidėjų buvo storesnis nei nesitreniruojančiųjų. Taip pat vidinis alkūnkaulio ir žastikaulio atstumas, netaikant *valgus* jėgos stresinio testo, buvo didesnis žaidėjų negu nesitreniruojančiųjų grupėje. Panašu, kad visi šie skirtumai aptikti dėl sutapimų ir atsiranda jie daugiau dėl atsitiktinės tiriamųjų atrankos, negu dėl adaptacijos prie treniruočių, nes dvipusiai morfologiniai skirtumai nebuvo nustatyti. Mažai tikėtina, kad viena kūno puse metant kamuoliuką galima stimuliuoti panašias rankų ir pečių modifikacijas abiejose kūno pusėse. Nepaisant to, funkciniai bei morfologiniai skirtumai tarp beisbolo žaidėjų ir nesitreniruojančių tiriamųjų grupių gali turėti įtakos su metimu susijusio beisbolo žaidėjų skausmo atsiradimui.

Reikėtų paminėti, kad patologijos (dalinio alkūnės kolateralinio raiščio plyšimo ir avaskulinės nekrozės) požymiai buvo nustatyti dviems iš 14 beisbolo žaidėjų. Gali būti, kad šios patologijos buvo pagrindinė skausmo, susijusio su metimu, atsiradimo priežastis, bet mes turėtume pabrėžti, kad visi tiriamieji (ne tik

šie du) skundėsi peties ar alkūnės skausmu metant kamuoliuką. Patologinių požymių nustatymas, kai beisbolininkai dar tik kartais jaučia skausmą, patvirtino sistemingo jaunų sportininkų tyrimo ultragarsu būtinybę. Toks tyrimas per kasmetines medicinines apžiūras galėtų sumažinti traumų skaičių ir užkirsti kelią ankstyvam pasitraukimui iš sporto.

Mūsų tyrimo akivaizdus trūkumas yra tas, kad skausmas, susijęs su metimu, buvo registruotas iš atminties per praėjusio mėnesio veiklas. Tokio jauno amžiaus tiriamieji galėjo nepakankamai įvertinti ar pervertinti skausmo stiprumą ir dažnį. Todėl papildomai apklausėme trenerius prašydami patvirtinti ar paneigti tiriamųjų pateiktą informaciją. Daugkartinis jėgos matavimas izokinetiniu dinamometru galėtų sukelti nuovargį, tačiau mes taikėme ne mažiau nei 5 minučių poilsio pertraukas tarp skirtingų matavimų. Taip pat svarbu į tyrimą įtraukti sveikų beisbolo žaidėjų grupę – tada, lyginant skirtingas beisbolininkų grupes, būtų pastebimi informatyvesni pokyčiai.

Pastebėjome, kad jeigu judesio amplitudė ir peties ekscentrinė išorinės rotacijos jėga buvo mažesnė, antdyglinio raumens sausgyslės, alkūnkaulio kolateralinis raiščio ir žastikaulio galvos sąnario kremzlės storis buvo didesnis beisbolo žaidėjų grupėje negu kontrolinėje. Vis tik, vertindami rizikos veiksnius, nenustatėme dvipusių skirtumų grupėse.

## **3.2. Fiziniam krūviams adaptuotų paauglių, jaučiančių kojos skausmą, skausmo nejaučiančių ir nesportuojančių paauglių bilateraliniai morfologinių ir funkcinių rodiklių skirtumai**

### **3.2.1. Skausmo intensyvumas, dažnis ir tiriamųjų apibūdinimas**

Asimptominės grupės žaidėjai nesiskundė jokių skausmu, tačiau simptominės grupės žaidėjų skausmo intensyvumas ir dažnis buvo vertintas atitinkamai  $1,5 \pm 0,7$  taškais ir  $10,7 \pm 5,7$  dienų per mėnesį. Dominuojančios ir nedominuojančios kojos skausmo paplitimas reikšmingai nesiskyrė (8 – dominuojančios, 8 – nedominuojančios, 13 – abiejų kojų). Simptominės grupės žaidėjai buvo aukštesnio ūgio nei asimptominės ir kontrolinės grupių tiriamieji atitinkamai 5,0 ir 6,9 cm ( $p < 0,05$ , abiem atvejais), o kūno masė grupėse nesiskyrė.

### 3.2.2. Kojos raumenų susitraukimo jėgos momentas ir koaktyvacija

Blauzdos izometrinės MVJ, koncentrinio raumens susitraukimo jėgos momento  $60^\circ/s$  greičiu ir ekscentrinio raumens susitraukimo jėgos momento  $60^\circ/s$  greičiu rodikliai buvo didesni dominuojančios kojos, palyginti su nedominuojančia ( $p < 0,05$ ; **5 lent.**).

Simptominės ir asimptominės grupių tiriamieji generavo didesnius raumenų susitraukimo jėgos momento rodiklius, palyginti su kontroline grupe, atlikdami koncentrinį susitraukimą tiesiant ir lenkiant blauzdą  $60^\circ/s$  greičiu, atlikdami ekscentrinį susitraukimą lenkiant koją  $60^\circ/s$  greičiu ( $p < 0,05$ ; **5 lent.**).

Be to, simptominės grupės žaidėjai pasiekė didesnių raumenų susitraukimo jėgos momento rodiklių lenkdami koją per kelį izometrinio susitraukimo metu (18,2%) ir atlikdami koncentrinį susitraukimą tiesiant (11%) ir lenkiant (11,3%) blauzdą  $240^\circ/s$  greičiu bei tiesiant (12,7%) ir lenkiant (17%)  $60$  ir  $240^\circ/s$  (15,6 ir 14,3%) greičiais ekscentrinio susitraukimo metu, lyginant su kontrolinės grupės žaidėjais ( $p < 0,05$ ; **5 lent.**). Simptominės grupės žaidėjai taip pat pasiekė didesnių tiesiamųjų raumenų izometrinio susitraukimo jėgos momento (10,1%) bei lenkiamųjų raumenų ekscentrinio susitraukimo jėgos momento (12,1%)  $60^\circ/s$  greičiu rodiklių, lyginant su nesimptominės grupės žaidėjais ( $p = 0,044$ ; **5 lent.**).

**5 lentelė.** Kontrolinės grupės, simptominės ir asimptominės grupių krepšinio žaidėjų dominuojančios ir nedominuojančios kojų didžiausios jėgos momento ir koaktyvacijos palyginimas

	Simptominė		Asimptominė		Kontrolinė		Kūno pusės efektas	Grupės efektas
	DK	NK	DK	NK	DK	NK		
	<b>Izometrinis</b>							
MVJ tiesimas KOAK	175 ± 29 (11,7 ± 4,7)	162 ± 34 (15,7 ± 8,5)	159 ± 48 (15,4 ± 7,4)	144 ± 38 (14,9 ± 7,4)	160 ± 42 (17,5 ± 7,4)	149 ± 35 (18,0 ± 8,5)	DK > NK; $p < 0,05$ $p > 0,05$	S > A; $p = 0,044$ S < K; $p = 0,012$
MVJ lenkimas KOAK	87,8 ± 21,2 (8,0 ± 3,7)	78,0 ± 17,6 (7,3 ± 3,9)	78,6 ± 25,5 (8,1 ± 3,9)	70,6 ± 23,1 (7,8 ± 4,0)	71,2 ± 17,3 (7,9 ± 3,4)	64,4 ± 20,8 (7,7 ± 3,5)	DK > NK; $p < 0,05$ $p > 0,05$	S > K; $p < 0,001$ $p > 0,05$
<b>Koncentrinis</b>								
60°/s tiesimas KOAK	154 ± 29 (14,0 ± 5,9)	147 ± 35 (14,9 ± 7,6)	145 ± 42 (17,0 ± 9,1)	135 ± 33 (16,6 ± 6,5)	130 ± 34 (16,9 ± 7,0)	125 ± 33 (18,3 ± 8,0)	DK > NK; $p < 0,05$ $p > 0,05$	S, A > K; $p = 0,041$ $p > 0,05$
60°/s lenkimas KOAK	108 ± 26 (7,9 ± 5,6)	102 ± 23 (8,2 ± 4,2)	103 ± 29 (6,6 ± 2,9)	93 ± 25 (6,2 ± 2,4)	91 ± 26 (9,9 ± 3,8)	83 ± 19 (8,9 ± 4,2)	DK > NK; $p < 0,05$ $p > 0,05$	S, A > K; $p = 0,048$ A < K; $p < 0,001$
240°/ tiesimas KOAK	95,9 ± 16,3 (18,3 ± 7,6)	91,6 ± 19,7 (17,0 ± 9,0)	86,9 ± 22,8 (17,4 ± 7,4)	86,0 ± 21,4 (19,3 ± 6,9)	83,7 ± 23,1 (16,2 ± 7,9)	83,3 ± 21,4 (18,6 ± 7,4)	$p > 0,05$ $p > 0,05$	S > K; $p = 0,025$ $p > 0,05$
240°/s lenkimas KOAK	79,4 ± 18,8 (10,0 ± 4,3)	75,8 ± 14,6 (10,3 ± 5,9)	75,4 ± 20,6 (9,0 ± 3,5)	71,4 ± 17,5 (8,0 ± 4,0)	71,0 ± 21,6 (11,4 ± 3,2)	66,5 ± 17,1 (9,7 ± 4,6)	$p > 0,05$ $p > 0,05$	S > K; $p < 0,001$ A < K; $p = 0,043$
<b>Ekscentrinis</b>								
60°/s tiesimas KOAK	199 ± 39 (14,7 ± 6,4)	194 ± 40 (18,0 ± 7,2)	190 ± 60 (17,8 ± 9,9)	179 ± 50 (22,0 ± 11,9)	173 ± 43 (18,9 ± 7,0)	170 ± 42 (22,3 ± 9,1)	$p > 0,05$ DK < NK; $p < 0,05$	S > K; $p = 0,017$ S < A, K; $p < 0,05$
60°/s lenkimas KOAK	136 ± 34 (8,0 ± 4,8)	129 ± 35 (9,5 ± 5,7)	124 ± 42 (10,1 ± 6,6)	109 ± 32 (7,5 ± 4,3)	115 ± 34 (10,3 ± 5,1)	105 ± 29 (9,2 ± 4,3)	DK < NK; $p < 0,05$ $p > 0,05$	S > A, K; $p = 0,041$ $p > 0,05$
240°/s tiesimas KOAK	143 ± 44 (17,1 ± 7,2)	159 ± 46 (15,6 ± 8,4)	132 ± 59 (21,2 ± 8,7)	126 ± 54 (17,3 ± 9,2)	133 ± 57 (16,5 ± 8,9)	122 ± 56 (21,0 ± 12,2)	$p > 0,05$ $p > 0,05$	S > K; $p = 0,048$ $p > 0,05$
240°/s lenkimas KOAK	130 ± 37 (13,3 ± 7,2)	122 ± 42 (12,6 ± 5,8)	118 ± 40 (17,8 ± 8,3)	106 ± 37 (16,5 ± 8,4)	112 ± 26 (15,4 ± 8,5)	104 ± 29 (14,6 ± 12,2)	$p > 0,05$ $p > 0,05$	S > K; $p = 0,046$ $p > 0,05$

*Pastaba.* Reikšmės yra išreikštos vidurkiais ± SD; didžiausias jėgos momentas yra pateiktas N m, koaktyvacija – procentais; MVJ – maksimalioji valinga jėga; KOAK – koaktyvacija; DK – dominuojanti; NK – nedominuojanti koja; S – simptominė; A – asimptominė; K – kontrolinė.

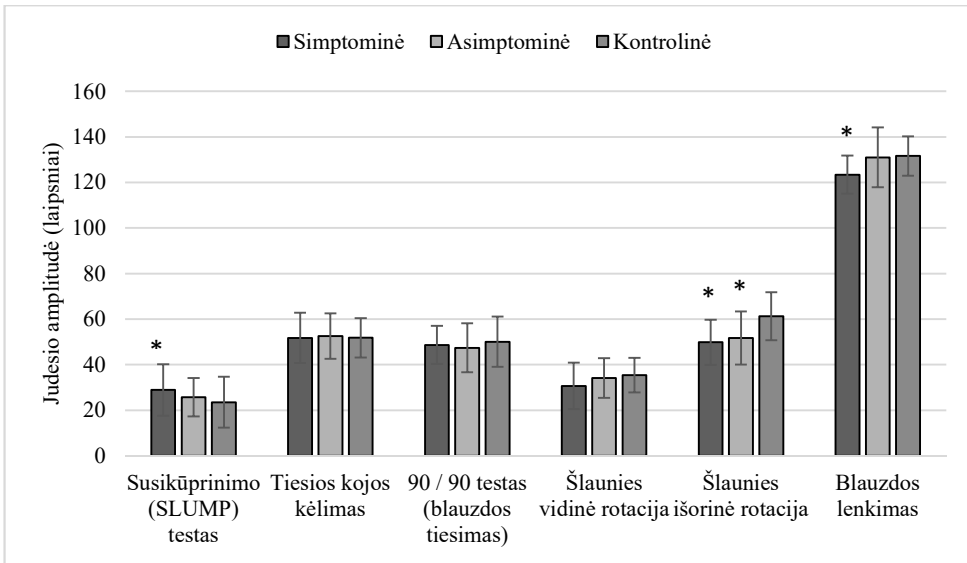
Blauzdos tiesimo metu atliekant ekscentrinį susitraukimą 60°/s greičiu, mažesnė koaktyvacijos reikšmė buvo dominuojančios kojos (17,5%;  $p < 0,05$ ), lyginant su nedominuojančia. Reikšmingų koaktyvacijos skirtumų tarp dominuojančios ir nedominuojančios kojų, atliekant izometrinius ir koncentrinis raumens susitraukimus, nebuvo nustatyta (**5 lent.**).

Tiesiant blauzdą izometriniu (22,8%) ir 60°/s greičiu ekscentrinio susitraukimo metu (20,6%), simptominės grupės žaidėjų koaktyvacija buvo mažesnė negu kontrolinės, o asimptominės grupės žaidėjų koaktyvacija buvo mažesnė lenkiant blauzdą koncentrinio krūvio metu 60°/s (31,9%) ir 240°/s (19,6%) greičiais, lyginant su kontrolinės grupės žaidėjais ( $p < 0,05$ ; **5 lent.**).

Reikšmingi koaktyvacijos skirtumai tarp simptominės ir asimptominės grupių buvo nustatyti tik tiesiant blauzdą 60°/s greičiu ekscentrinio susitraukimo metu (17,8% mažesnė simptominėje grupėje). Koaktyvacija visada buvo mažesnė lenkiant blauzdą, lyginant su kojos tiesimu ( $p < 0,05$ ).

### 3.2.3. Judesių amplitudė

Nė vienoje grupėje nebuvo nustatytas reikšmingas judesių amplitudės skirtumas pagal kūno pusės dominavimą (**19 pav.**). Simptominės grupės žaidėjų judesių amplitudė buvo didesnė negu kontrolinės tiesiant koją per kelio sąnarį susikūprinimo testo metu (angl. *SLUMP test*;  $p = 0,020$ ; 18,7%), bet mažesnė atliekant šlaunies išorinę rotaciją (18,8%;  $p < 0,001$ ) bei lenkiant kelį tiriamajam gulint ant pilvo (6,3%;  $p < 0,001$ ). Taip pat asimptominės grupės žaidėjų, kurie nejautė kelio skausmo, buvo mažesnė šlaunies išorinė rotacija (15,7%;  $p < 0,05$ ), lyginant su kontroline grupe.

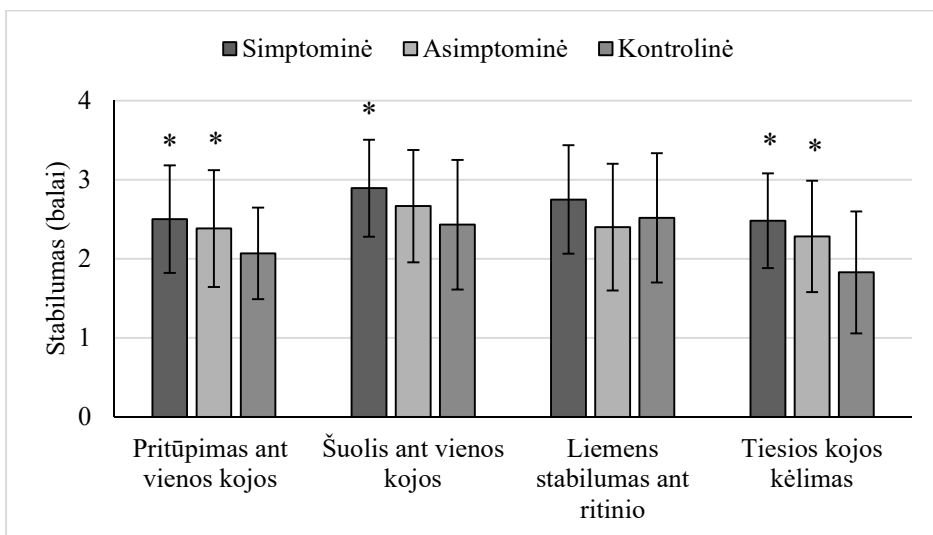


**19 pav.** Kontrolinės grupės, simptominės ir asimptominės grupių krepšinio žaidėjų judesio amplitudės palyginimas

*Pastaba.* \* –  $p < 0,05$ , lyginant su kontroline grupe; duomenys pateikiami vidurkais  $\pm$  SD.

### 3.2.4. Judesių stabilumas

Vizuali apžiūra parodė, kad kontrolinės grupės tiriamieji buvo vertinti geresniais balais pritūpimo ant vienos kojos ir aktyvaus tiesios kojos kėlimo testų metu, lyginant su krepšinio žaidėjais ( $p < 0,05$ , **20 pav.**). Simptominės ir asimptominės grupių krepšinio žaidėjų judesio stabilumo vertinimo balai reikšmingai nesiskyrė. Susumavus sportuojančių ir nesportuojančių paauglių rezultatus, aktyvaus tiesios kojos kėlimo testas buvo didžiausias kelio sąnario skausmo prognozavimo veiksnys, rodantis šiek tiek daugiau nei du kartus didesnę skausmo riziką (95% PI 1,1 iki 4,2;  $p < 0,05$ ). Visi stabilumo testų rezultatai buvo susiję su padidėjusia kelio skausmo rizika 1,5 karto (95% PI 1,2 iki 2,1;  $p < 0,05$ ).



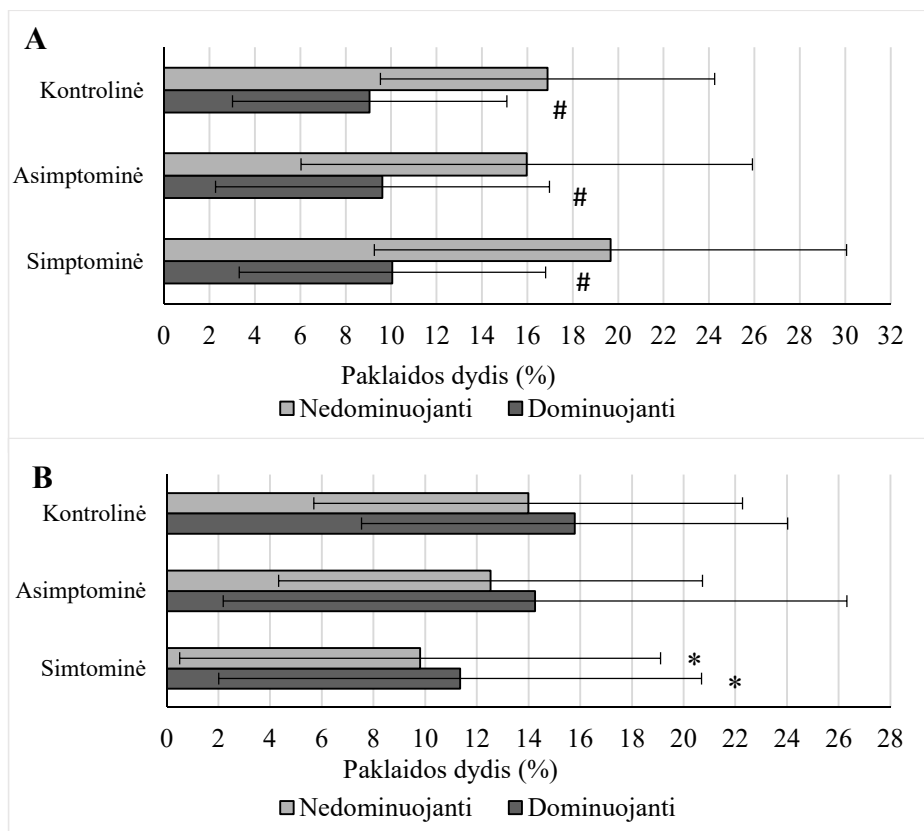
**20 pav.** Kontrolinės grupės, simptominės ir asimptominės grupių krepšinio žaidėjų kokybinis judesio stabilumo vertinimo palyginimas

*Pastaba.* \* –  $p < 0,05$ , lyginant su kontroline grupe; duomenys pateikiami vidurkiais  $\pm$  SD.

### 3.2.5. Propriorecepcija

Blauzdą tiesiant 20% MVJ, absoliuti klaida tarp grupių nesiskyrė ( $p > 0,05$ ), tačiau blauzdos lenkimo metu ji buvo mažesnė simptominės grupės žaidėjų, negu kontrolinės (dominuojančios – 28,5%, nedominuojančios – 30%;  $p < 0,05$ ; **21 pav.**).

Kojos tiesimo metu absoliuti klaida buvo mažesnė dominuojančios negu nedominuojančios kojos ( $p < 0,001$ ).



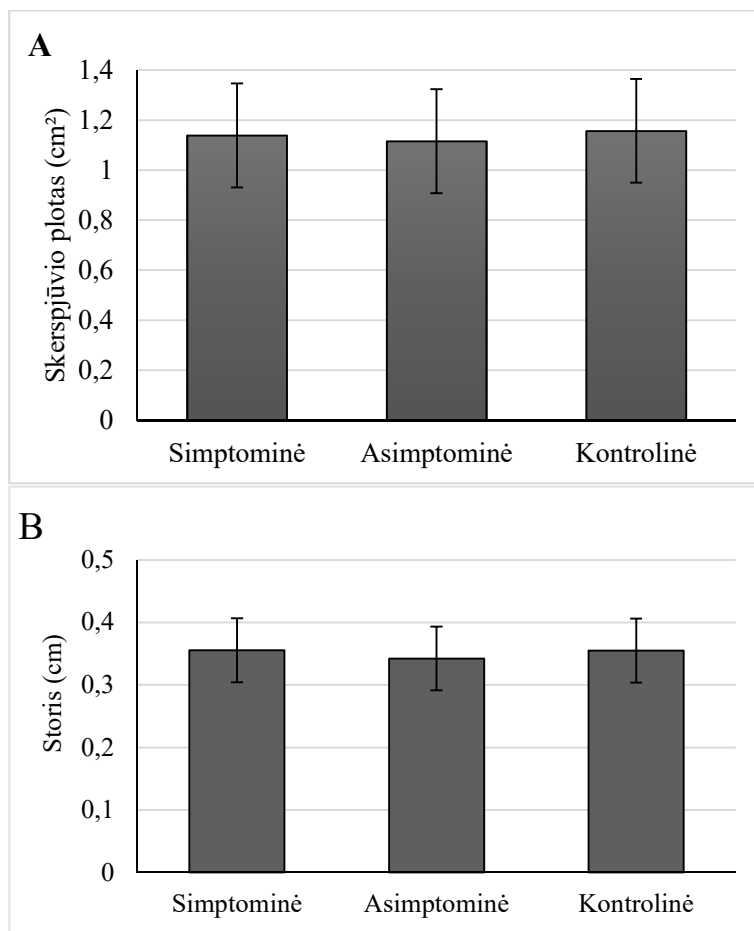
**21 pav.** Kontrolinės grupės, simptominės ir asimptominės grupių tiriamųjų santykinis absoliučios klaidos dydžio palyginimas atliekant izometrinius raumens susitraukimus 20% MVJ dominuojančia ir nedominuojančia koja

*Pastaba.* A – kojos tiesimas; B – kojos lenkimas; \* –  $p < 0.05$ , lyginant su kontroline grupe; # –  $p < 0,001$ , lyginant atlikimą dominuojančia ir nedominuojančia koja; duomenys pateikiami vidurkiais  $\pm$  SD.

### 3.2.6. Morfolginiai rodikliai

Buvo apžiūrėti 176 paauglių kelio sąnariai, iš kurių – 44 kelio sąnariai buvo skausmingi ir 26 nustatyta patologija. Dažniausia diagnozė – Osgood’o–Shlatter’io liga (50,0%), pusplėvinio raumens bursitas (19,2%), girnelės pasidalijimas į dvi dalis (lot. *patella bipartida*, 15,4%), girnelės sausgyslės tendinitas (15,4%). Morfolginiai pakitimai buvo susiję su 8,6 karto padidėjusia kelio sąnario skausmo rizika (95% PI 3,7 iki 19,5;  $p < 0,001$ ). Girnelės sausgyslės skerspjūvio plotas ir storis tarp grupių nesiskyrė (**22 pav.**).





**22 pav.** Kontrolinės grupės, simptominės ir asimptominės grupių krepšinio žaidėjų kelio girtelės skerspjūvio plotas (A) ir storis (B)

### 3.2.7. Rezultatų aptarimas

Tyrimo rezultatai parodė, kad simptominės grupės žaidėjai buvo aukštesnio ūgio negu kitų grupių tiriamieji. Be to, simptominės grupės žaidėjams ultragarsu buvo dažniau nustatomos kelio sąnario morfologinės patologijos. Nors šios patologijos gali būti susijusios su didesne apkrova, tenkančia kelių sąnariams, tačiau simptominės ir asimptominės grupių žaidėjų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo jėgos momentas nesiskyrė. Simptominės grupės žaidėjų aukštesnis ūgis turi sąsają su šlaunikaulio ir blauzdikaulio ilgiu, t. y. didesnis jėgos petys sukelia didesnę apkrovą esant tai pačiai jėgai. Be to, esant ilgesnėms kojoms, judesio stabilumas gali būti mažesnis. Nustatėme, kad kontrolinės grupės tiriamieji

pasiekė geresnių rezultatų atlikdami juosmens ir dubens judesių stabilumo testus negu krepšinio žaidėjai.

Mūsų tyrimų duomenys sutampa su anksčiau atliktais (Daneshjoo, Mokhtar, Rahnama, & Yusof, 2012; Śliwowski, Jadczyk, Hejna, & Wieczorek, 2015) – dominuojančios kojos raumenų jėga buvo didesnė visose mūsų tirtose grupėse. Dominuojančios ir nedominuojančios kojos raumenų susitraukimo jėgos momento skirtumas buvo panašus grupėse, be to, simptominės grupės tiriamieji vienodai skundėsi tiek dominuojančios, tiek nedominuojančios kojos skausmais. Vadinas, raumenų susitraukimo jėgos disbalansas nėra svarbiausias veiksnys, nes, priešingu atveju, dominuojančios kojos skausmai būtų dažnesni nei nedominuojančios. Šie rezultatai sutampa su pirmo tyrimo duomenimis, kurie rodo, kad rankų dvipusiai skirtumai neturi reikšmingos įtakos skausmui, atsirandančiam metimo metu (Mickevičius et al., 2016).

Vis dėlto didesnė absoliuti raumenų jėga gali būti susijusi su didesne traumų rizika. Didesnė merginų paauglių krepšinio žaidėjų klubo sąnario atitraukimo jėga yra susijusi su padidėjusia patelofemoralinio skausmo rizika (Herbst et al., 2015), o didesnės metimo jėgos beisbolo žaidėjai dažniau patirdavo peties traumą (Escamilla, Fleisig, Barrentine, Andrews, & Moorman, 2002). Mūsų tyrimo duomenimis, krepšinio žaidėjai išugdė didesnę tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgą, lyginant su kontrolinės grupės tiriamaisiais, simptominės grupės žaidėjai buvo didesnio ūgio nei asimptominės, todėl simptominės grupės žaidėjų apkrova galėjo būti didesnė.

Įdomu tai, kad nustatėme mažesnę žaidėjų raumenų koaktyvaciją, kuri padeda raumeniui generuoti didesnę jėgą raumens susitraukimo metu, lyginant su kontrolinės grupės tiriamaisiais. Mažesnės koaktyvacijos priežastis nėra žinoma, bet mažai tikėtina, kad tai susiję su propriocepcija, nes neradome izometrinės jėgos svyravimo skirtumų atliekant 20% MVJ užduotį. Koaktyvacija yra svarbi judesio kontrolei. Per didelė arba labai maža antagonistų raumenų koaktyvacija gali lemti didesnę kelio sąnario traumų riziką (Aagaard et al., 1998; Besier, Fredericson, Gold, Beaupré, & Delp, 2009). Netinkama raumenų aktyvacija ir koaktyvacija taip pat gali turėti įtakos liemens ir kojų judesių stabilumo sutrikimui, kurį nustatėme krepšinio žaidėjams. Scattone Silva ir Serrão (2014) tyrimų duomenimis, sutrikusios liemens ir kojų kinematinės ypatybės sukelia kelio sąnario perkrovą, turinčią įtakos paauglių žaidėjų traumoms. Mūsų tyrimų duomenimis, mažesnis juosmens ir dubens stabilumas buvo svarbus kelio sąnario skausmo prognozavimo veiksnys.

Rezultatai patvirtina, kad labai svarbu žaidžiant krepšinį stiprinti paauglių juosmens ir dubens raumenis.

Kelio sąnario skausmą gali lemti ne tik judesio stabilumas, bet ir nepakankama arba per didelė judesio amplitudė (Tyler, Nicholas, Mullaney, & McHugh, 2006b; White, Dolphin, & Dixon, 2009; Witvrouw, Lysens, Bellemans, Cambier, & Vanderstraeten, 2000). Tyrimu nustatėme, kad simptominės grupės žaidėjų mažesnė judesio amplitudė buvo atliekant Šlaunies išorinės rotacijos testą. Toks judesio amplitudės deficitas yra susijęs su šlaunies nervo jautrumu. Taip pat mažesnė judesio amplitudė nustatyta ir tiesiant koją per kelio sąnarį – nedaug žemiau normos (iki  $22,0^\circ$  – Davis et al., 2008). Vis tik tai nenustatėme statistiškai reikšmingų judesių amplitudės skirtumų tarp simptominės ir asimptominės grupės žaidėjų. Mūsų tyrimas nepatvirtino, kad judesio amplitudės skirtumas gali reikšmingai turėti įtakos kelio sąnario skausmams.

Reikšmingų girnelės sausgyslės skerspjūvio ploto ir storio skirtumų tarp grupių taip pat neaptikome, kaip ir kai kurie kiti tyrėjai tirdami abipusės kūno apkrovos sporto šakų sportininkams (Zhang, Ng, Lee, & Fu, 2014). Kita vertus, sausgyslės sustorėjimas ir didesnis skerspjūvio plotas anksčiau buvo nustatyti tiek tarp vienpusės kūno apkrovos sporto šakų sportininkų (Couppe et al., 2008), tiek tarp tinklinio žaidėjų (dvipusė kūno apkrova) (Toprak et al., 2012). Skirtingi tyrimų rezultatai gali būti susiję su sporto šaka ir / arba sportininkų lytimi. Lytis ir sporto šaka yra girnelės tendinopatijos rizikos veiksniai (Ducher et al., 2010; van der Worp et al., 2011). Sausgyslės sustorėjimas yra normali adaptacija prie fizinių krūvių ir tikėtina, kad storesnė sausgyslė yra mechaniškai stipresnė, nes esant didesniam skerspjūvio plotui ir tai pačiai apkrovai įtempis yra mažesnis. Tokios adaptacijos stoka gali didinti apkrovą, kuri tenka sausgyslei žaidžiant krepšinį, ir nuolat treniruojantis gali sukelti kelio sąnario patologinius pokyčius.

Mūsų tyrimo duomenimis, simptominės grupės 57,1% tiriamųjų ultragarsu buvo nustatyti patologiniai pokyčiai. Galimybių analizė rodo, kad kelio sąnario skausmas gali atsirasti 8,6 kartais dažniau, esant kelio sąnario morfologinėms modifikacijoms. Įdomu tai, kad, pavyzdžiui, Osgood'o–Schlatter'io liga nesukėlė sportininkų funkcijų sumažėjimo. Vadinasi, nepaisant šių patologijų, sausgyslės mechaninės ir morfologinės savybės, kurios reikalingos jėgos paskirstymui, lieka nepakitusios. Visgi perkrova ar pasikartojančios mikrotraumos gali pakenkti raumens ir sausgyslės tvirtinimosi vietoms ir taip paveikti judesio stabilumą (Wild et al., 2013). Simptominės grupės žaidėjai buvo aukštesni, o 13 iš 26 tiriamųjų

diagnozuota Osgood'o–Schlatter'io liga. Galima daryti prielaidą, kad ji susijusi su augimo šuolio laikotarpiu. Šiai ligai būdingas priekinio kelio skausmas dėl girnelės sausgyslės uždegimo blauzdikaulio prisitvirtinimo vietoje. Vis dėlto tyrimo duomenys, kuriais remiantis 13-ai tiriamųjų buvo nustatyta morfologinių pakitimų, o 18-ai nenustatyti, nors jie ir jautė kelio skausmą, leidžia daryti prielaidą, kad augimo šuolis ir su juo siejama Osgood'o–Schlatter'io liga negali būti vienintelis paaiškinimas.

Tiriamųjų kelio skausmo vieta būna labai įvairi, dėl to atliekant tyrimą atsiranda netikslumų. Be to, registruoti kelio skausmą iš atminties per praėjusio mėnesio veiklas nėra labai tikslu, bet paklaida sumažinta apklausiant trenerius dėl tiriamųjų kelio problemų.

Abibendrinant galima teigti, kad morfologiniai pakitimai buvo ryškiausias skirtumas tarp simptominės ir asimptominės grupės žaidėjų. Be to, simptominės grupės žaidėjai buvo aukštesni nei asimptominės bei jų liemens ir dubens stabilumas judesio metu buvo mažesnis. Ūgis gali būti teigiamai susijęs su dideliu kelio skausmo dažnumu brendimo laikotarpiu (Brenner, 2007; Faulkner et al., 2006; Flachsmann et al., 2000; Frank et al., 2007; Maffulli & Caine, 2012).

### **3.3. Fiziniams krūviams adaptuotų paauglių, jaučiančių kojos skausmą, ir jo neįaučiančių kinematinų ir kinetinių rodiklių bei girnelės sausgyslės mechaninių savybių skirtumai**

#### **3.3.1. Sausgyslės morfologinės ir mechaninės savybės**

Girnelės sausgyslės ilgis ir skerspjūvio plotas reikšmingai nesiskyrė tarp krepšinio žaidėjų, kurie jautė kelio skausmą (simptominė), ir asimptominės grupių (**6 lent.**). Visgi simptominėje grupėje sausgyslės viršutinėje dalyje skerspjūvio plotas buvo reikšmingai didesnis nei vidurinėje ( $p = 0,006$ , PI 0,004–0,008) ir apatinėje dalyje ( $p = 0,039$ , PI 0,034–0,044), o asimptominėje grupėje sausgyslės viršutinėje dalyje skerspjūvio plotas buvo reikšmingai didesnis, palyginti su vidurine dalimi ( $p = 0,004$ , PI 0,002–0,005).

**6 lentelė.** Simptominės ir asimptominės grupių girnelės sausgyslės ilgis ir skerspjūvio plotas (SP)

Parametrai	Simptominė grupė	Asimptominė grupė	<i>p</i> reikšmė
Ilgis (cm)	5,22 ± 0,45	5,00 ± 0,45	0,322
SP viršutinėje dalyje (mm <sup>2</sup> )	92,65 ± 14,60	89,00 ± 9,75	0,530
SP vidurinėje dalyje (mm <sup>2</sup> )	88,33 ± 12,05*	86,23 ± 8,93 <sup>#</sup>	0,530
SP apatinėje dalyje (mm <sup>2</sup> )	87,64 ± 11,45*	86,88 ± 7,33	0,484
SP vidurkis (mm <sup>2</sup> )	89,54 ± 12,51	87,37 ± 8,45	0,530

*Pastaba.* *p* – reikšmė, lyginant simptominę ir asimptominę grupes; \* – *p* < 0,05, lyginant su simptominės grupės SP viršutinėje dalyje; # – *p* < 0,05, lyginant su asimptominės grupės SP viršutinėje dalyje; duomenys pateikiami vidurkiu ± SD.

Absolūtus sausgyslės standumas ir Young'o modulis buvo reikšmingai mažesni simptominėje grupėje, lyginant su asimptomine (7 lent.). Sausgyslės įtempis nesiskyrė tarp grupių, tačiau abiejose grupėse sausgyslės viršutinės dalies įtempis buvo reikšmingai mažesnis negu vidurinėje dalyje (simptominėje grupėje *p* = 0,006, PI 0,004–0,008; asimptominėje grupėje *p* = 0,015, PI 0,011–0,018). Be to, simptominėje grupėje buvo didesnė sausgyslės įtempio tendencija apatinėje dalyje, lyginant su viršutine (*p* = 0,081, PI 0,074–0,088).

**7 lentelė** Simptominės ir asimptominės grupių tiriamųjų girnelės sausgyslės mechaninės savybės

Rodikliai	Simptominė grupė	Asimptominė grupė	<i>p</i> reikšmė
Maksimalioji jėga (pikas) (N)	4242,89 ± 915,95	4264,20 ± 769,83	1,000
Standumas (kN/mm)	2,14 ± 0,41	2,89 ± 0,64	0,013
Proksimalios sausgyslės įtempis (Mpa)	46,64 ± 11,57	48,78 ± 12,11	0,597
Įtempis ties sausgyslės viduriu (Mpa)	48,56 ± 11,10	50,24 ± 12,03	0,650
Distalinės sausgyslės įtempis (Mpa)	48,87 ± 10,49	49,58 ± 11,06	0,821
Santykinis sausgyslės pailgėjimas (%)	7,48 ± 1,75	7,12 ± 1,47	0,705
Absolūtus pailgėjimas (mm)	3,92 ± 1,03	3,57 ± 0,85	0,450
Young'o absoliutus modulis (Gpa)	1,26 ± 0,25	1,68 ± 0,49	0,034

*Pastaba.* *p* – reikšmė, lyginant simptominę ir asimptominę grupes; duomenys pateikiami vidurkiu ± SD.

### 3.3.2. Vertikalaus šuolio kinematiniai rodikliai

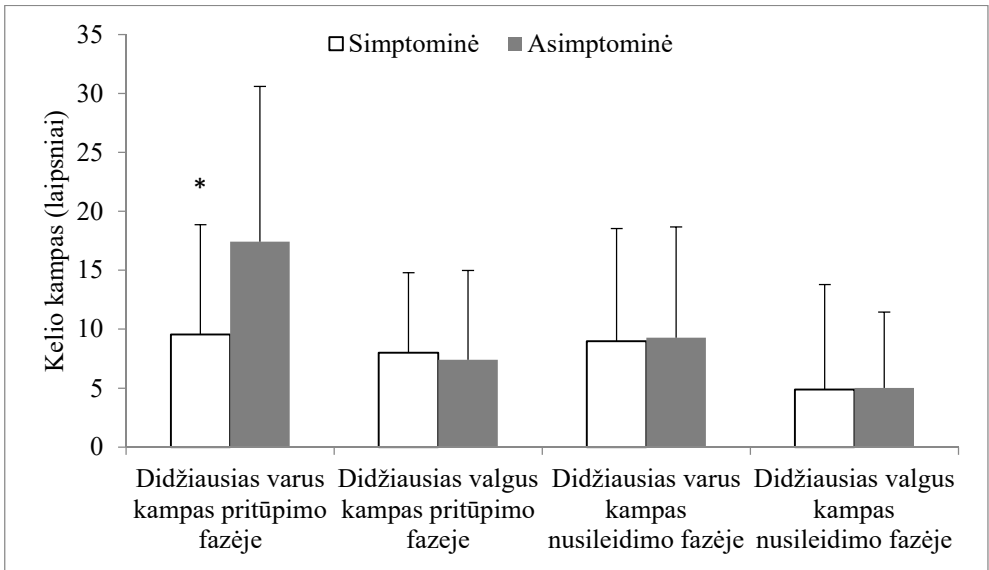
Simptominės grupės skaudančios ir sveikos kojos ar asimptominės grupės kairės ir dešinės kojos Q-kampas frontalinėje plokštumoje bei kelio sąnario *valgus* kampas nesiskyrė. Nepriklausomai nuo kūno pusės Q-kampo dydis buvo reikšmingai mažesnis simptominėje grupėje (PI 0,040–0,050; **8 lent.**). Kelio *valgus* kampas tarp grupių nesiskyrė. Simptominės grupės tiriamųjų dubens pločio ir šlaunikaulio ilgio santykis buvo reikšmingai mažesnis ( $t = -2,321, p = 0,032$ ).

**8 lentelė** Simptominės ir asimptominės grupių girtelės sausgyslės šuolio kinematiniai rodikliai frontalinėje plokštumoje

Rodikliai	Simptominė grupė	Asimptominė grupė	<i>p</i> reikšmė
Dubens plotis (m)	0,24 ± 0,02	0,25 ± 0,01	0,602
Šlaunikaulio ilgis (m)	0,50 ± 0,02	0,49 ± 0,02	0,714
Dubens plotis / šlaunikaulio ilgis (%)	48,77 ± 3,12	51,65 ± 2,38	0,032 <sup>a</sup>
Q-kampas (laipsniai)	8,44 ± 3,57	10,61 ± 3,94	0,045 <sup>b</sup>
<i>Valgus</i> kampas (laipsniai)	-2,97 ± 2,84	-4,25 ± 2,74	0,956

*Pastaba.* *p* reikšmė, lyginat simptominę ir asimptominę grupes; duomenys pateikiami vidurkiu ± SD; <sup>a</sup>Mann'o–Whitney'aus *U* testas; <sup>b</sup>Wilcoxon'o *W* testas.

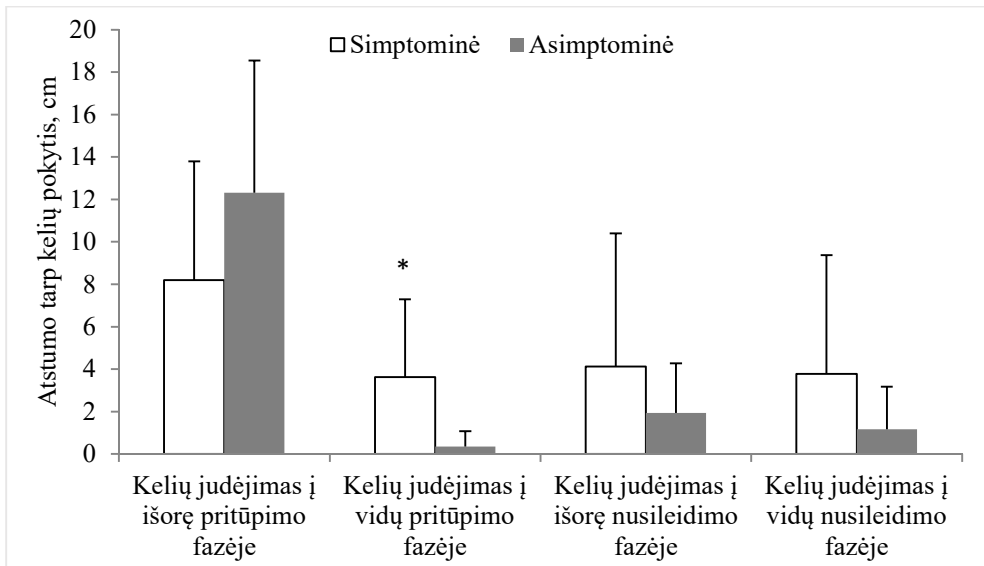
Simptominės ir asimptominės grupės tiriamųjų maksimalūs kelio sąnario *varus* ir *valgus* kampai vertikalaus šuolio pritūpimo ir nusileidimo fazėse pateikti **23 pav.** Simptominės grupės tiriamųjų maksimalūs *varus* kampai buvo reikšmingai mažesni ( $9,56 \pm 9,32^\circ$ ), lyginant su asimptominės grupės tiriamaisiais ( $17,43 \pm 13,15^\circ$ ) pritūpimo fazėje ( $t = -2,186, p = 0,035$ ), bet nesiskyrė nusileidimo fazėje (atitinkamai  $8,99 \pm 9,55^\circ$  ir  $9,28 \pm 9,38^\circ$ ). Simptominės ir asimptominės grupių tiriamųjų maksimalaus *valgus* kampo dydis pritūpimo ir nusileidimo fazėse nesiskyrė.



**23 pav.** Maksimalus kelio *varus* ir *valgus* kampas (abiejų kojų vidurkis ir SD) frontalinėje plokštumoje pritūpimo ir nusileidimo fazėse

*Pastaba.* \* *t* testo  $p < 0,05$ , lyginant simptominę ir asimptominę grupes.

Simptominės ir asimptominės grupės tiriamųjų atstumo pokytis tarp kelių frontalinėje plokštumoje pritūpimo ir nusileidimo fazėse pateiktas **24 pav.** Pritūpimo fazėje simptominės grupės žaidėjų keliai judėjo į vidų daugiau, lyginant su asimptominės grupės žaidėjais ( $3,67 \pm 3,67$  cm, max. 9,76 cm, ir  $0,35 \pm 0,73$  cm, max. 1,9 cm) ( $p = 0,039$ ; PI 0,034–0,044), bei šioje grupėje buvo didesnė tendencija kelio judėjimui į vidų ( $3,78 \pm 3,61$  cm, max. 8,40 cm, ir  $1,16 \pm 2,01$  cm, max. 4,42 cm) nusileidimo fazės metu ( $p = 0,057$ ; PI 0,051–0,062).



**24 pav.** Atstumo tarp kairės ir dešinės kojos kelio pokyčiai frontalinėje plokštumoje vertikalaus šuolio pritūpimo ir nusileidimo fazėse

*Pastaba.* \* – Mann'o–Whitney'aus U testas  $p < 0,05$  (PI 0,034 – 0,044), lyginant simptominę ir asimptominę grupes; duomenys pateikiami vidurkiu  $\pm$  SD.

Šuolio atlikimo kinematiniai rodikliai (šuolio aukštis, ekscentrinės ir koncentrinės fazių trukmės ir pritūpimo gylis) sagitalinėje plokštumoje tarp grupių reikšmingai nesiskyrė. Taip pat nebuvo liemens, šlaunies, pėdos ir kelio sąnario kampų reikšmingų skirtumų pritūpimo ir nusileidimo fazėse (**9 lent.**).



**9 lentelė.** Simptominės ir asimptominės grupių tiriamųjų šuolio į viršų kinematiniai rodikliai sagitalinėje plokštumoje

Fazė	Rodikliai	Simptominė grupė	Kontrolinė grupė	<i>p</i> reikšmė
Pritūpimas	Šuolio aukštis (m)	0,39 ± 0,05	0,37 ± 0,03	0,389
	Ekscentrinės fazės trukmė (s)	0,55 ± 0,07	0,52 ± 0,06	0,393
	Šuolio gylis (m)	0,30 ± 0,03	0,31 ± 0,04	0,971
	Liemens kampas (laipsniai)	38,4 ± 10,1	31,4 ± 9,4	0,102
	Klubų kampas (laipsniai)	51,0 ± 5,5	51,0 ± 5,1	0,971
	Kelio kampas (laipsniai)	94,9 ± 8,9	94,0 ± 8,1	0,851
	Pėdos kampas (laipsniai)	61,71 ± 6,0	61,7 ± 5,6	0,584
Atsispyrimas	Koncentrinės fazės trukmė (s)	0,25 ± 0,02	0,25 ± 0,02	1,000
Nusileidimas	Liemens kampas (laipsniai)	66,5 ± 13,2	63,2 ± 9,7	0,436
	Klubų kampas (laipsniai)	38,5 ± 11,6	37,4 ± 12,5	0,796
	Kelio kampas (laipsniai)	107,2 ± 15,0	106,5 ± 18,8	0,971
	Pėdos kampas (laipsniai)	66,5 ± 7,1	63,5 ± 10,3	0,971

*Pastaba.* *p* reikšmė, lyginat simptominę ir asimptominę grupes; duomenys pateikiami vidurkiais ± SD.

### 3.3.3. Vertikalaus šuolio kinetiniai rodikliai

Vertikalaus šuolio kinetiniai rodikliai pateikti **10 lent.** Kojos standumo reikšmė pritūpimo fazėje buvo reikšmingai didesnė asimptominėje grupėje ( $p = 0,015$ , PI 0,013–0,016). Pastebėta mažesnė kojos standumo tendencija ekscentrinėje fazėje ir didesnis galios pikas koncentrinėje fazėje simptominėje grupėje, palyginti su asimptomine grupe (atitinkamai  $p = 0,055$ , PI 0,049–0,061 ir  $p = 0,055$ , PI 0,043–0,054).

**10 lentelė.** Simptominės ir asimptominės grupių vertikalaus šuolio kinetiniai rodikliai

Rodikliai	Simptominė grupė	Asimptominė grupė	<i>p</i> reikšmė
Maksimalioji jėga ekscentrinėje fazėje / kūno svoris	1,09 ± 0,27	1,11 ± 0,18	0,671
Maksimalioji jėga koncentrinėje fazėje / kūno svoris	1,41 ± 0,15	1,32 ± 0,11	0,400
Maksimalioji jėga nusileidimo fazėje/ kūno svoris	4,33 ± 1,81	4,88 ± 1,82	0,759
Ekscentrinės jėgos augimo greitis (BW/s)	6,57 ± 3,40	6,37 ± 1,53	0,671
Koncentrinės fazės maksimalioji galia / kūno svoris	5,49 ± 0,58	5,09 ± 0,26	0,055
Kojų standumo vidurkis nusileidimo metu (N/m/kg)	290,07 ± 185,16	322,07 ± 153,68	0,015
Kojų standumo vidurkis ekscentrinėje fazėje (N/m/kg)	68,41 ± 19,55	77,25 ± 9,52	0,055

*Pastaba.* *p* reikšmė, lyginat simptominę ir asimptominę grupes; duomenys pateikiami vidurkais ± SD.

### 3.3.4. Rezultatų aptarimas

Struktūriniai, laikysenos ir judesio skirtumai tarp žaidėjų, jaučiančių kelio skausmą, ir žaidėjų, kurie skausmu nesiskundė, gali padėti išskirti kinetinių ir kinematinių rodiklių skirtumus, susijusius su kelio skausmu. Papildomai tyrėme girmelės mechanines ir struktūrines savybes, kurios gali lemti skausmo atsiradimą. Nustatėme keletą požymių, kurie pasireiškė jauniems žaidėjams, jaučiantiems kelio skausmą: mažesnis Q-kampas ir dubens pločio bei šlaunikaulio ilgio santykis; mažesnis kelio *varus* kampas ir didesnis atstumo tarp kelių sumažėjimas kelio lenkimo metu; didesnis šuolio galios pikas; mažesnis kojos standumas pritūpimo ir nusileidimo fazėse; didesnis skerspjuvio plotas sausgyslės viršutinėje dalyje, lyginant su sausgyslės vidurine ir apatine dalimi, bei mažesnis Young'o modulis ir girmelės sausgyslės standumas. Žaidėjų, jaučiančių kelio skausmą, ir juo nesiskundžiančių šuolio atlikimo kinematiniai rodikliai sagitalinėje plokštumoje nesiskyrė.

Q-kampas rodo girmelės padėtį šlaunikaulio girmelės sąnaryje. Q-kampo ir dubens pločio ir šlaunikaulio ilgio santykio skirtumai tarp grupių parodė, kad simptominės ir asimptominės grupės rodikliai reikšmingai skyrėsi. Siauras dubuo ir ilgesnis šlaunikaulis, kuris gali sukelti Q-kampo sumažėjimą (Grelsamer, Dubey, & Weinstein, 2005), būdingas žaidėjams, jaučiantiems kelio skausmą. Neįprasta

girnelės padėtis yra patologinis veiksnys, esant girnelės ir šlaunikaulio sąnario sutrikimams. Mizuno ir kt. (2001) atliko *in vitro* kelio modeliavimą, norėdami atrasti sąsają tarp Q-kampo ir blauzdikaulio, šlaunikaulio sąnario bei girnelės ir šlaunikaulio sąnario kinematinų rodiklių kojos lenkimo per sąnarį metu. Gauti rezultatai parodė, kad Q-kampo padidėjimas galėtų lemti šoninės girnelės dislokacijos ar padidėjusių šoninės girnelės ir šlaunikaulio sąnario dalies kontaktinių paviršių spaudimo atsiradimą. Tuo tarpu sumažėjęs Q-kampas gali ir nesukelti girnelės pasislinkimo vidine kryptimi, bet galėtų padidinti vidinės blauzdikaulio ir šlaunikaulio sąnario dalies kontaktinį paviršių spaudimą dėl padidėjusios *varus* padėties (Mizuno et al., 2001). Nors sagitalinėje plokštumoje simptominės ir asimptominės grupių tiriamųjų kojos sąnarių kinematiniai rodikliai šuolio į viršų metu nesiskyrė, galima teigti, kad dėl mažesnio Q-kampo simptominės grupės žaidėjai patyrė didesnę kelio apkrovą.

Kai Q-kampas padidėja ar sumažėja, galima manyti, kad tai atsitinka dėl sutrikusio šlaunies vidinio plačiojo (VP) ir šoninio plačiojo (ŠP) raumenų jėgos balanso (Amis, 2007). Mūsų tyrimo trūkumas – neatlikta VP ir ŠP raumenų elektrinio aktyvumo analizė šių raumenų aktyvumo sutrikimui įvertinti. Taigi negalima teigti, kad tyrimo metu pastebėtas Q-kampo sumažėjimas buvo sukeltas dėl pakitusios VP ar ŠP raumens jėgos santykio arba VP / ŠP atsako laiko (Waryasz & McDermott, 2008). Jeigu ir buvo sutrikęs VP ir ŠP raumenų jėgos balansas, mažiau standi girnelės sausgyslė pastebėta simptominėje grupėje galėjo sukelti girnelės nestabilumą. Nustatyta, kad mažiau standi girnelės sausgyslė gali lemti girnelės nestabilumą, ypač sulenkus koją per kelio sąnarį nuo 0 iki 30 laipsnių, nes girnelė nėra visiškai tarpkrumplinio griovelio viduryje (Waryasz & McDermott, 2008).

Iš mūsų tyrimo matyti, kad simptominės ir asimptominės grupės tiriamųjų girnelės sausgyslės skerspjūvio plotas nesiskyrė. Vis dėlto simptominėje grupėje viršutinėje sausgyslės dalyje skerspjūvio plotas buvo reikšmingai didesnis, lyginant su vidurine ir apatine dalimi, o kontrolinėje grupėje viršutinėje sausgyslės dalyje skerspjūvio plotas buvo reikšmingai didesnis, lyginant su vidurine dalimi. Kitų tyrimų duomenimis, priešingai, girnelės viršutinės sausgyslės dalies skerspjūvio plotas buvo mažesnis negu skerspjūvio plotas vidurinėje sausgyslės dalyje, kuris vėl buvo mažesnis negu skerspjūvio plotas sausgyslės apatinėje dalyje (Couppé et al., 2008; Kongsgaard et al., 2007). Didesnis sausgyslės skerspjūvio plotas yra susijęs su didesne lėtine apkrova (Couppé et al., 2008). Kongsgaard ir kt. (2007) pastebėjo sausgyslės hipertrofiją po jėgos pratimų, be to, girnelės sausgyslės skerspjūvio

plotas kinta išilgai sausgyslės ilgio. Mūsų tyrimų duomenys netiesiogiai parodė, kad jauniems krepšinio žaidėjams, palyginti su kitais sportininkais, pavyzdžiui, profesionaliais fechtuotojais ir badmintono žaidėjais, tenka didesnė viršutinės sausgyslės dalies apkrova negu vidurinės (Couppé et al., 2008).

Teoriškai hipertrofavusi sausgyslė turėtų lemti didesnio standumo atsiradimą, jeigu sausgyslės sudėtis yra nepakitusi (Rosager et al., 2002). Tikėtina, kad storesnė sausgyslė yra mechaniškai stipresnė, nes esant didesniam skerspjūvio plotui ir tai pačiai apkrovai įtempis yra mažesnis. Kita vertus, didesnis girelės viršutinės sausgyslės skerspjūvio plotas gali būti susijęs su degeneraciniais pokyčiais, kurių patologiją sukelia skysčio susikaupimas ir padidėjusi hialoplazma (Maffulli, Moller, & Evans, 2002). Nepaisant to, kad mūsų tiriamųjų skerspjūvio plotas buvo didesnis 4,1%, simptominėje grupėje Young'o modulis ir sausgyslės standumas buvo mažesni, palyginti su asimptomine grupe. Labai tikėtina, kad tai atsitinka dėl sausgyslės audinio sudėties ir struktūros pokyčių, kurie lydi degeneracinį procesą. Vadinasi, sausgyslę veikia didesnės įtempio jėgos, nepaisant didesnio skerspjūvio ploto (Arya & Kulig, 2010). Arya ir Kulig (2010) nustatė, kad tendinopatinės Achilo sausgyslės buvo reikšmingai didesnio vidutinio skerspjūvio ploto ir buvo pastebimi reikšmingi tinklinio žaidėjų, kuriems nustatyta girelės tendinopatija, storio skirtumai, lyginant su tais, kurie šios patologijos neturėjo (Kulig et al., 2013).

Vienas iš tiriamųjų įtraukimo į simptominę grupę kriterijų buvo idiopatinis kelio skausmas be jokių kelio sąnario degeneracinių simptomų. Visus dalyvius prieš testavimą ultragarsu ištyrė gydytojas radiologas. Mūsų rezultatai rodo, kad sausgyslės mechaninės savybės gali parodyti degeneracinį procesą netgi tada, kai tyrimai ultragarsu dar nerodo klinikinių sausgyslės pažaidos požymių. Hipertrofavusi, mažiau standi sausgyslė gali būti ankstyvos tendinopatijos diagnostinis rodmuo. Mūsų gauti rezultatai sutampa su tirtų tinklinio žaidėjų, kuriems pasireiškė girelės tendinopatija, girelės sausgyslės morfologinių pokyčių rodikliais (Kulig et al., 2013). Sportininkams, kurie jautė simptomus, buvo nustatytas didesnis kolageno pluošto pakitimas girelės sausgyslės viršutinėje dalyje. Remdamiesi šiuo faktu, autoriai teigė, kad skausmo simptomai turėjo sąsają su degeneraciniu, o ne vien tik uždegiminiu procesu.

Kelio judesio analizė parodė, kad simptominėje grupėje atstumas tarp kelių labiau sumažėjo atliekant šuolį į viršų. Dešinio ir kairio kelio atstumo pokyčio rodikliai, fiksuoti frontalineje plokštumoje, šuolio metu naudojami vertinant dinaminį

kelio *valgus* pokytį (Ford, Myer, & Hewett, 2003), kuris pastebimas šlaunikaulio pritraukimo ir vidinės rotacijos bei blauzdikaulio atitraukimo ir išorinės rotacijos derinio metu (Hewett, Myer, & Ford, 2006). Tyrimai parodė, kad per didelis kelio *valgus* kampas yra susijęs su sumažėjusia klubo raumenų jėga (ypač dėl šlaunies išorinių rotatorių ir abduktorių) (Claiborne, Armstrong, Gandhi, & Pincivero, 2006; Hollman et al., 2009; Jacobs, Uhl, Mattacola, Shapiro, & Rayens, 2007), šlaunies abduktorių ir vidinių rotatorių aktyvavimu bei sutrikusiu blauzdos raumenų jėgos balansu ir šoninės blauzdos raumenyno aktyvavimu (Hirth & Padua, 2007). Šoninio dvilypio raumens (*m. gastrocnemius*), plekšninio raumens (*m. soleus*) ir šeivinio raumens įtempimas gali paveikti blauzdikaulio abdukciją ir išorinę rotaciją. Vidinės dvilypio raumens galvos ir priekinio blauzdos bei užpakalinio blauzdos raumens silpnumas gali sumažinti kelio *valgus* ir pėdos pronacijos kontrolę (Hirth & Padua, 2007). Šlaunies išorinių rotatorių, didžiojo sėdmens raumens (*m. gluteus maximus*), vidurinio sėdmens raumens (*m. gluteus medius*) silpnumas ne visada yra pagrindiniai veiksniai, galintys sumažinti per didelį atstumą tarp kelių. Nepakankama vidinio dvilypio raumens jėga (*m. medial gastrocnemius*) yra viena iš pagrindinių kelio *valgus* kampo padidėjimo priežasčių šuolio metu (Bell, Padua, & Clark, 2008), todėl kulnakaulio ir užpakalinės blauzdos pozicija gali suteikti svarbios informacijos apie užpakalinės blauzdos raumenų sutrikusį balansą.

Nustatėme, kad maksimaliosios kelio tiesiamųjų, lenkiamųjų raumenų jėgos momento ir šuolio aukščio rodikliai tarp grupių nesiskyrė. Tai leidžia teigti, kad visi tiriamieji buvo pakankamai stiprūs kontroliuoti kelių padėtį. Pastebėtas *valgus* kelio kampo padidėjimas judesio metu simptominiėje grupėje parodė pakitusią kojos tarpraumeninę koordinaciją. Šuolio metu simptominiėje grupėje pastebėta didesnė maksimalaus galingumo tendencija ( $p = 0,055$ ), patvirtinanti, kad simptominės grupės sportininkai gali generuoti didesnę galią, tačiau nepakankama tarpraumeninė koordinacija padidina dinaminį kelio *valgus* kampą, kuris padidina ir kelio sąnario apkrovą. Galima manyti, kad netaisyklingai atliekamas šuolis, ypač išugdant didesnę galią, sukelia didesnes anomalias kelio sąnario apkrovas, ir tai padidina traumų bei kelio skausmo tikimybę. Simptominės grupės tiriamųjų kojos standumo pokyčiai patvirtina mūsų teiginį, kad kelio skausmas gali būti susijęs su sumažėjusia tarpraumenine koordinacija, ypač tuomet, kai atramos reakcijos jėga slopinama esant netinkamai kelio sąnario padėčiai. Raumens standumo pokyčiai jau ir anksčiau buvo siejami su kelio traumomis (Boden, Torg, Knowles, & Hewett, 2009; Swanik, Lephart, Swanik, Stone, & Fu, 2004).

## IŠVADOS

1. 11–12 m. beisbolo žaidėjų peties ir alkūnės struktūros bei funkcijos dvipusiai skirtumai neturi sąsajų su metimo metu atsirandančiu skausmu, tačiau mažas peties sąnario ekscentrinės išorinės rotacijos jėgos momentas ir sumažėjusi vidinės rotacijos amplitudė gali turėti įtakos skausmo atsiradimui.
2. 14–15 m. berniukų krepšinio žaidėjų kelio sąnario struktūros bei funkcijos dvipusiai skirtumai neturi sąsajų su anksti diagnozuotu kelio skausmu. Skausmas būdingesnis aukštesnio ūgio ir mažesnio dubens judesių stabilumo žaidėjams. Be to, skausmą dažnai lydėjo kelio sąnario morfologinės patologijos, kurioms esant rizika atsirasti kelio sąnario skausmui padidėja daugiau nei 8 kartus.
3. Q-kampas, *valgus* kelio judesys ir kojos standumas yra susiję su 14–15 m. krepšinio žaidėjų padidėjusia, mažiau standžia girkelės sausgysle ir idiopatiniais anksti diagnozuotu kelio skausmu. Kai tarpraumeninė koordinacija yra mažesnė, skausmas jaučiamas dažniau.

## LITERATŪRA

1. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Magnusson, S. P., Larsson, B., & Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: Quadriceps muscle strength ratio. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 231–237.
2. Adirim, T. A., & Cheng, T. L. (2003). Overview of injuries in the young athlete. *Sports Medicine*, 33(1), 75–81.
3. AlHarby, S. W. (2010). Anterior cruciate ligament injuries in growing skeleton-review article. *International Journal of Health Sciences*, 4(1), 71–79.
4. Almeida, G. P. L., Silveira, P. F., Rosseto, N. P., Barbosa, G., Ejnisman, B., & Cohen, M. (2013). Glenohumeral range of motion in handball players with and without throwing-related shoulder pain. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 22(5), 602–607. doi: 10.1016/j.jse.2012.08.027
5. Amis, A. A. (2007). Current concepts on anatomy and biomechanics of patellar stability. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 15(2), 48–56. doi: 10.1097/JSA.0b013e318053eb74
6. Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Risk factors for injuries in football. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(Suppl. 1), 5S–16S. doi: 10.1177/0363546503258912
7. Arvidsson, I., Eriksson, E., Knutsson, E., & Arner, S. (1986). Reduction of pain inhibition on voluntary muscle activation by epidural analgesia. *Orthopedics*, 9(10), 1415–1419. doi: 10.3928/0147-7447-19861001-13
8. Arya, S., & Kulig, K. (2010). Tendinopathy alters mechanical and material properties of the Achilles tendon. *Journal of Applied Physiology*, 108(3), 670–675. doi: 10.1152/jappphysiol.00259.2009
9. Backous, D. D., Friedl, K. E., Smith, N. J., Parr, T. J., & Carpine, W. D. (1988). Soccer injuries and their relation to physical maturity. *American Journal of Diseases of Children*, 142(8), 839–842. doi: 10.1001/archpedi.1988.02150080045019
10. Bailey, D. A., Wedge, J. H., McCulloch, R. G., Martin, A. D., & Bernhardson, S. C. (1989). Epidemiology of fractures of the distal end of the radius in children as associated with growth. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 71(8), 1225–1231.
11. Bailey, R., Selfe, J., & Richards, J. (2011). The single leg squat test in the assessment of musculoskeletal function: A review. *Physiotherapy Practice*

- and Research*, 32(2), 18–23. doi: 10.3233/PPR-2011-32204
12. Baker, V., Bennell, K., Stillman, B., Cowan, S., & Crossley, K. (2002). Abnormal knee joint position sense in individuals with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic Research*, 20(2), 208–214. doi: 10.1016/S0736-0266(01)00106-1
  13. Baltzopoulos, V., Brodie, D. A. (1989). Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sports Medicine*, 8, 101–116.
  14. Baumhauer, J. F., Alosa, D. M., Renstrom, A. F., Trevino, S., & Beynnon, B. (1995). A prospective study of ankle injury risk factors. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(5), 564–570.
  15. Becker, R., Berth, A., Nehring, M., & Awiszus, F. (2004). Neuromuscular quadriceps dysfunction prior to osteoarthritis of the knee. *Journal of Orthopaedic Research*, 22(4), 768–773. doi: 10.1016/j.orthres.2003.11.004
  16. Belechri, M., Petridou, E., Kedikoglou, S., & Trichopoulos, D. (2001). Sports injuries among children in six European union countries. *European Journal of Epidemiology*, 17(11), 1005–1012. doi: 10.1023/A:1020078522493
  17. Bell, D. R., Padua, D. A., & Clark, M. A. (2008). Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(7), 1323–1328. doi: 10.1016/j.apmr.2007.11.048
  18. Benjamin, H. J., & Briner, W. W. Jr. (2005). Little league elbow. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 15(1), 37–40.
  19. Besier, T. F., Fredericson, M., Gold, G. E., Beaupré, G. S., & Delp, S. L. (2009). Knee muscle forces during walking and running in patellofemoral pain patients and pain-free controls. *Journal of Biomechanics*, 42(7), 898–905. doi: 10.1016/j.jbiomech.2009.01.032
  20. Beynnon, B. D., Renstrom, P. A., Alosa, D. M., Baumhauer, J. F., & Vacek, P. M. (2001). Ankle ligament injury risk factors: A prospective study of college athletes. *Journal of Orthopaedic Research*, 19(2), 213–220. doi: 10.1016/S0736-0266(00)90004-4
  21. Bisseling, R. W., Hof, A. L., Bredeweg, S. W., Zwerver, J., & Mulder, T. (2008). Are the takeoff and landing phase dynamics of the volleyball spike jump related to patellar tendinopathy? *British Journal of Sports Medicine*, 42(6), 483–489. doi: 10.1136/bjism.2007.044057
  22. Blackburn, J. T., & Padua, D. A. (2009). Sagittal-plane trunk position, landing



- forces, and quadriceps electromyographic activity. *Journal of Athletic Training*, 44(2), 174–179. doi: 10.4085/1062-6050-44.2.174.
23. Boden, B. P., Torg, J. S., Knowles, S. B., & Hewett, T. E. (2009). Video analysis of anterior cruciate ligament injury abnormalities in hip and ankle kinematics. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(2), 252–259. doi: 10.1177/0363546508328107
24. Borsa, P. A., Dover, G. C., Wilk, K. E., & Reinold, M. M. (2006). Glenohumeral range of motion and stiffness in professional baseball pitchers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(1), 21–26. doi: 10.1249/01.mss.0000180890.69932.15
25. Brenner, J. S. (2007). Overuse injuries, overtraining and burnout in child and adolescent athletes. *Pediatrics*, 119(6), 1242–1245. doi: 10.1542/peds.2007-0887
26. Brindle, T., Mizelle, J., Lebidowska, M., Miller, J., & Stanhope, S. (2009). Visual and proprioceptive feedback improves knee joint position sense. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(1), 40–47. doi: 10.1007/s00167-008-0638-3
27. Brito, J., Fernandes, L., Seabra, A., Soares, J. M., Krustup, P., & Rebelo, A. (2010). Isokinetic strength effects of FIFA’s “The 11+” injury prevention training programme. *Isokinetics and Exercise Science*, 18(4), 211–215. doi: 10.3233/IES-2010-0386
28. Brukner, P., & Khan, K. (2012). Sports injuries: Overuse. *Clinical Sports Medicine* (Sydney), 5, 25–40.
29. Brust, J. D., Leonard, B. J., Pheley, A., & Roberts, W. O. (1992). Children's ice hockey injuries. *American Journal of Diseases of Children*, 146(6), 741–747. doi: 10.1001/archpedi.1992.02160180101026
30. Burkhart, S. S., & Morgan, C. D. (1998). The peel-back mechanism: its role in producing and extending posterior type II SLAP lesions and its effect on SLAP repair rehabilitation. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 14(6), 637–640.
31. Burkhart, S. S., Morgan, C. D., & Kibler, W. B. (2003). The disabled throwing shoulder: Spectrum of pathology. Part I: Pathoanatomy and Biomechanics. *Arthroscopy*, 19(4), 404–420. doi: 10.1053/jars.2003.50128
32. Bylak, J., & Hutchinson, M. R. (1998). Common sports injuries in young tennis players. *Sports Medicine*, 26(2), 119–132.

33. Byram, I. R., Bushnell, B. D., Dugger, K., Charron, K., Harrell, F. E. Jr., & Noonan, T. J. (2010). Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers: Identifying players at risk for injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(7), 1375–1382. doi: 10.1177/0363546509360404
34. Byrd, J. T. (2005). Physical examination. In *Operative hip arthroscopy* (pp. 36–50). Springer New York.
35. Cain, E. L. Jr., Dugas, J. R., Wolf, R. S., & Andrews, J. R. (2003). Elbow injuries in throwing athletes: A current concepts review. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(4), 621–35.
36. Caine, D., DiFiori, J., & Maffulli, N. (2006). Physeal injuries in children's and youth sports: Reasons for concern? *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 749–760. doi: 10.1136/bjism.2005.017822
37. Caine, D., Maffulli, N., & Caine, C. (2008). Epidemiology of injury in child and adolescent sports: Injury rates, risk factors, and prevention. *Clinics in sports medicine*, 27(1), 19–50. doi: 10.1016/j.csm.2007.10.008
38. Callaghan, M., Selfe, J., Bagley, J., & Oldham, J. (2002). The effects of patellar taping on knee joint proprioception. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 19–24.
39. Calmbach, W. L., & Hutchens, M. (2003). Evaluation of patients presenting with knee pain: Part II. Differential diagnosis. *American Family Physician*, 68(5), 917–922.
40. Capra, N., & Ro, J. (2000). Experimental muscle pain produces central modulation of proprioceptive signals arising from jaw muscle spindles. *Pain*, 86(1–2), 151–162.
41. Carson, W. G. Jr., & Gasser, S. I. (1998). Little Leaguer's shoulder. A report of 23 cases. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(4), 575–580. doi: 10.1177/03635465980260041901
42. Cassas, K. J., & Cassettari-Wayhs, A. (2006). Childhood and adolescent sports-related overuse injuries. *American Family Physician*, 73(6), 1014–1022.
43. Centers for Disease Control and Prevention. (2009). CDC injury research agenda, 2009–2018. *Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention*. Retrieved from <http://www.cdc.gov/injury/researchagenda/>
44. Chaitow, L., & DeLany, J. (2008). *Clinical application of neuromuscular*

*techniques: The upper body* (Vol. 1). Elsevier Health Sciences.

45. Chen, A. L., Youm, T., Ong, B. C., Rafii, M., & Rokito, A. S. (2003). Imaging of the elbow in the overhead throwing athlete. *The American Journal of Sports Medicine*, *31*(3), 466–473.
46. Chen, T. C., Lin, K. Y., Chen, H. L., Lin, M. J., & Nosaka, K. (2011). Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. *European Journal of Applied Physiology*, *111*(2), 211–223. doi: 10.1007/s00421-010-1648-7
47. Chmielewski, T. L., Stackhouse, S., Axe, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2004). A prospective analysis of incidence and severity of quadriceps inhibition in a consecutive sample of 100 patients with complete acute anterior cruciate ligament rupture. *Journal of Orthopaedic Research*, *22*(5), 925–930. doi: 10.1016/j.orthres.2004.01.007
48. Christopher, N. C., & Congeni, J. (2002). Overuse injuries in the pediatric athlete: Evaluation, initial management, and strategies for prevention. *Clinical Pediatric Emergency Medicine*, *3*(2), 118–128. doi: 10.1053/epem.2002.126514
49. Cibulka, M. T., & Threlkeld-Watkins, J. (2005). Patellofemoral pain and asymmetrical hip rotation. *Physical Therapy*, *85*(11), 1201–1207.
50. Claiborne, T. L., Armstrong, C. W., Gandhi, V., & Pincivero, D. M. (2006). Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *Journal of Applied Biomechanics*, *22*(1), 41–50.
51. Collinger, J. L., Gagnon, D., Jacobson, J., Impink, B. G., & Boninger, M. L. (2009). Reliability of quantitative ultrasound measures of the biceps and supraspinatus tendons. *Academic Radiology*, *16*(11), 1424–1432. doi: 10.1016/j.acra.2009.05.001
52. Cools, A. M., Cambier, D., & Witvrouw, E. E. (2008). Screening the athlete's shoulder for impingement symptoms: A clinical reasoning algorithm for early detection of shoulder pathology. *British Journal of Sports Medicine*, *42*(8), 628–635. doi: 10.1136/bjism.2008.048074.
53. Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring / quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine*, *1*(3), 56–62.
54. Couppe, C., Kongsgaard, M., Aagaard, P., Hansen, P., Bojsen-Moller, J., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2008). Habitual loading results in tendon hypertrophy and increased stiffness of the human patellar tendon. *Journal of*

- Applied Physiology*, 105(3), 805–810. doi: 10.1152/jappphysiol.90361.2008
55. Couppé, C., Kongsgaard, M., Aagaard, P., Vinther, A., Boesen, M., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2013). Differences in tendon properties in elite badminton players with or without patellar tendinopathy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(2), e89–e95. doi: 10.1111/sms.12023
  56. Cram, J. R., Kasman, G., & Holtz, J. (1998). *Introduction to surface electromyography*. Aspen.
  57. Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469–1475. doi: 10.1177/0363546508316764
  58. Cumps, E., Verhagen, E., & Meeusen, R. (2007). Prospective epidemiological study of basketball injuries during one competitive season: Ankle sprains and overuse knee injuries. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(2), 204–211.
  59. Curtis, A. S., & Deshmukh, R. (2003). Throwing Injuries: Diagnosis and Treatment. *Arthroscopy*, 19(10), 80–85. doi: 10.1016/j.arthro.2003.09.030
  60. Daneshjoo, A., Mokhtar, A. H., Rahnama, N., & Yusof, A. (2012). The effects of injury preventive warm-up programs on knee strength ratio in young male professional soccer players. *PloS one*, 7(12), e50979. doi: 10.1371/journal.pone.0050979
  61. Darrow, C. J., Collins, C. L., Yard, E. E., & Comstock, R. D. (2009). Epidemiology of Severe injuries among United States high school athletes, 2005–2007. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(9), 1798–1805. doi: 10.1177/0363546509333015
  62. Davis, D. S., Anderson, I. B., Carson, M. G., Elkins, C. L., & Stuckey, L. B. (2008). Upper limb neural tension and seated slump tests: The false positive rate among healthy young adults without cervical or lumbar symptoms. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 16(3), 136–141. doi: 10.1179/jmt.2008.16.3.136
  63. De Flaviis, L., Nessi, R., Scaglione, P., Balconi, G., Albisetti, W., & Derchi, L. E. (1989). Ultrasonic diagnosis of Osgood-Schlatter and Sinding-Larsen-Johansson diseases of the knee. *Skeletal Radiology*, 18(3), 193–197.
  64. de Loes, M., Dahlstedt, L. J., & Thomee, R. (2000). A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(2), 90–97.

65. De Zordo, T., Chhem, R., Smekal, V., Feuchtner, G., Reindl, M., Fink, C., ... Klauser, A. S. (2010). Real-time sonoelastography: Findings in patients with symptomatic achilles tendons and comparison to healthy volunteers. *Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound*, *31*(04), 394–400. doi:10.1055/s-0028-1109809
66. De Zordo, T., Lill, S. R., Fink, C., Feuchtner, G. M., Jaschke, W., Bellmann-Weiler, R., & Klauser, A. S. (2009). Real-time sonoelastography of lateral epicondylitis: Comparison of findings between patients and healthy volunteers. *American Journal of Roentgenology*, *193*(1), 180–185. doi: 10.2214/AJR.08.2020
67. Demirag, B., Ozturk, C., Yazici, Z., & Sarisozen, B. (2004). The pathophysiology of OsgoodeSchlatter disease: A magnetic resonance investigation. *Journal of Pediatric Orthopedics, Part B*, *13*(6), 379–382.
68. Demorest, R. A., & Landry, G. L. (2004). Training issues in elite young athletes. *Current Sports Medicine Reports*, *3*(3), 167–172.
69. Diehl, J. J., Best, T. M., & Kaeding, C. C. (2006). Classification and return-to-play considerations for stress fractures. *Clinics in Sports Medicine*, *25*, 17–28. doi: 10.1016/j.csm.2005.08.012
70. Dixon, M., & Fricker, P. (1993). Injuries to elite gymnasts over 10 yr. *Medicine Science in Sports and Exercise*, *25*(12), 1322–1329.
71. Donatelli, R., Ellenbecke, T. S., Ekedahl, S. R., Wilkes, J. S., Kocher, K., & Adam, J. (2000). Assessment of shoulder strength in professional baseball pitchers. *The Journal Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *30*(9), 544–551. doi: 10.2519/jospt.2000.30.9.544
72. Drakos, M. C., Domb, B., Starkey, C., Callahan, L., & Allen, A. A. (2010). Injury in the National Basketball Association: A 17-year overview. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, *2*(4), 284–290. doi: 10.1177/1941738109357303
73. Dubravcic-Simunjak, S., Pecina, M., Kuipers, H., Moran, J., & Haspl, M. (2003). The incidence of injuries in elite junior figure skaters. *The American Journal of Sports Medicine*, *31*(4), 511–517.
74. Ducher, G., Cook, J., Lammers, G., Coombs, P., Ptaznik, R., Black, J., & Bass, S. L. (2010). The ultrasound appearance of the patellar tendon attachment to the tibia in young athletes is conditional on gender and pubertal stage. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *13*(1), 20–23. doi:

10.1016/j.jsams.2009.03.003

75. Dutton, M. (2004). *Orthopaedic examination, evaluation & intervention*. New York: McGraw Hill Professional.
76. Dye, S. F. (2005). The pathophysiology of patellofemoral pain: A tissue homeostasis perspective. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (436), 100–110.
77. Edouard, P., Degache, F., Oullion, R., Plessis, J.Y., Gleizes-Cervera, S., & Calmels, P. (2013). Shoulder strength imbalances as injury risk in handball. *International Journal of Sports Medicine*, 34(7), 654–660. doi: 10.1055/s-0032-1312587
78. Ejnisman, B., Andreoli, C. V., Pochini, A. D. C., Monteiro, G. C., Faloppa, F., Cohen, M., & Skaf, A. Y. (2007). Proximal humeral epiphysiolysis in a gymnast. *Acta Ortopedica Brasileira*, 15(5), 290–291.
79. Emery, C. A. (2005). Injury prevention and future research. *Medicine and Sports Science*, 49, 170–191. doi: 10.1159/000085396
80. Emery, C. A., Meeuwisse, W. H., & Hartmann, S. E. (2005). Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer implementation and validation of an injury surveillance system. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(12), 1882–1891. doi: 10.1177/0363546505279576
81. Emery, C. A. (2003). Risk factors for injury in child and adolescent sport: A systematic review of the literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13(4), 256–268.
82. Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Zheng, N., Barrentine, S. W., & Andrews, J. R. (2001). Kinematic comparisons of 1996 Olympic baseball pitchers. *Journal of Sports Sciences*, 19(9), 665–676. doi: 10.1080/02640410152475793
83. Escamilla, R., Fleisig, G., Barrentine, S., Andrews, J., & Moorman, C. (2002). Kinematic and kinetic comparisons between American and Korean professional baseball pitchers. *Sports Biomechanics*, 1(2), 213–228. doi: 10.1080/14763140208522798
84. Fagan, V., & Delahunt, E. (2008). Patellofemoral pain syndrome: A review on the associated neuromuscular deficits and current treatment options. *British Journal of Sports Medicine*, 42(10), 789–795. doi: 10.1136/bjism.2008.046623
85. Fahrner, H., Rentsch, H. U., Gerber, N. J., Beyeler, C., Hess, C. W., & Grunig, B. (1988). Knee effusion and reflex inhibition of the quadriceps. A bar to effective retraining. *The Journal Bone & Joint Surgery (British)*, 70(4), 635–638.

86. Faulkner, R. A., Davison, K. S., Bailey, D. A., Mirwald, R. L., & Baxter-Jones, A. D. (2006). Size-corrected BMD decreases during peak linear growth: Implications for fracture incidence during adolescence. *Journal of Bone Mineral Research*, *21*(12), 1864–1870. doi: 10.1359/jbmr.060907
87. Finch, C. F., & Cook, J. (2013). Categorising sports injuries in epidemiological studies: the subsequent injury categorisation (SIC) model to address multiple, recurrent and exacerbation of injuries. *British Journal of Sports Medicine*, *00*, 1–6. doi: 10.1136/bjsports-2012-091729
88. Flachsman, R., Broom, N. D., Hardy, A. E., & Moltschaniwskyj, G. (2000). Why is the adolescent joint particularly susceptible to osteochondral shear fracture? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *381*, 212–221.
89. Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (1996). Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. *Sports Medicine*, *21*(6), 421–437. doi: 10.2165/00007256-199621060-00004
90. Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2010). Longitudinal effects of maturation on lower extremity joint stiffness in adolescent athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, *38*(9), 1829–1837. doi: 10.1177/0363546510367425
91. Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2003). Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(10), 1745–1750. doi: 10.1249/01.MSS.0000089346.85744.D9
92. Foss, K. D. B., Myer, G. D., Magnussen, R. A., & Hewett, T. E. (2014). Diagnostic differences for anterior knee pain between sexes in adolescent basketball players. *Journal of Athletic Enhancement*, *3*(1), 1814. doi: 10.4172/2324-9080.1000139
93. Fousekis, K., Tsepis, E., Poulmedis, P., Athanasopoulos, S., & Vagenas, G. (2011). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: A prospective study of 100 professional players. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(9), 709–714. doi: 10.1136/bjsm.2010.077560.
94. Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: Profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science & Medicine*, *9*(3), 364–373.
95. Frank, J. B., Jarit, G. J., Bravman, J. T., & Rosen, J. E. (2007). Lower extremity injuries in the skeletally immature athlete. *The Journal of the American*

*Academy of Orthopaedic Surgeons*, 15(6), 356–366.

96. Fredberg, U., & Bolvig, L. (1999). Jumper's knee. Review of the literature. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9(2), 66–73.
97. Frisch, A., Croisier, J. L., Urhausen, A., Seil, R., & Theisen, D. (2009). Injuries, risk factors and prevention initiatives in youth sport. *British Medical Bulletin*, 92(1), 95–121. doi: 10.1093/bmb/ldp034
98. Frisch, A., Seil, R., Urhausen, A., Croisier, J. L., Lair, M. L., & Theisen, D. (2009). Analysis of sex-specific injury patterns and risk factors in young high-level athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(6), 834–841. doi: 10.1111/j.1600-0838.2008.00860.x
99. Fuller, C. W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Dvorak, J., ... Meeuwisse, W. H. (2006). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 40(3), 193–201. doi: 10.1136/bjsm.2005.025270
100. Fuller, C. W. (2010). Injury definitions. In E. Verhagen, W. van Mechelen (Eds.), *Sports Injury Research* (pp. 43–51). Oxford: Oxford University Press.
101. Gagnier, J. J., Morgenstern, H., & Chess, L. (2013). Interventions designed to prevent anterior cruciate ligament injuries in adolescents and adults a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(8), 1952–1962. doi: 10.1177/0363546512458227
102. Garrison, J. C., Cole, M. A., Conway, J. E., Macko, M. J., Thigpen, C., & Shanley, E. (2012). Shoulder range of motion deficits in baseball players with an ulnar collateral ligament tear. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(11), 2597–2603. doi: 10.1177/0363546512459175
103. Gill, T. J. 4th., & Micheli, L. J. (1996). The immature athlete. Common injuries and overuse syndromes of the elbow and wrist. *Clinics Sports Medicine*, 15(2), 401–423.
104. Gisslen, K., Gyulai, C., Söderman, K., & Alfredson, H. (2005). High prevalence of jumper's knee and sonographic changes in Swedish elite junior volleyball players compared to matched controls. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 298–301. doi: 10.1136/bjsm.2004.014290
105. Gomez, J. D., Ross, S. K., Calmbach, W. L., Kimmel, R. B., Schmidt, D. R., & Dhanda, R. (1998). Body fatness and increased injury rates in high school football linemen. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 8(2), 115–120.
106. Gomes, J. L., de Castro, J. V., & Becker, R. (2008). Decreased hip range of



- motion and noncontact injuries of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*, 24(9), 1034–1039. doi: 10.1016/j.arthro.2008.05.012
107. Grelsamer, R. P., Dubey, A., & Weinstein, C. H. (2005). Men and women have similar Q angles: A clinical and trigonometric evaluation. *Bone & Joint Journal*, 87(11), 1498–1501. doi: 10.1302/0301-620X.87B11.16485
108. Grygorowicz, M., Kubacki, J., Pilis, W., Gieremek, K., & Rzepka, R. (2010). Selected isokinetic test in knee injury prevention. *Biology of Sport*, 27(1), 47–51.
109. Gryzlo, S. M., Patek, R. M., Pink, M., & Perry, J. (1994). Electromyographic analysis of knee rehabilitation exercises. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20(1), 36–43 doi: 10.2519/ jospt.1994.20.1.36
110. Hadzic, V., Sattler, T., Markovic, G., Veselko, M., & Dervisevic, E. (2010). The isokinetic strength profile of quadriceps and hamstrings in elite volleyball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 18, 31–37. doi: 10.3233/IES-2010-0365
111. Hagert, E. (2010). Proprioception of the wrist joint: A review of current concepts and possible implications on the rehabilitation of the wrist. *Journal of Hand Therapy*, 23, 1–2. doi: 10.1016/j.jht.2009.09.008
112. Hansen, P., Bojsen-Moller, J., Aagaard, P., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2006). Mechanical properties of the human patellar tendon, in vivo. *Clinical Biomechanics*, 21(1), 54–58. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2005.07.008
113. Harada, M., Takahara, M., Mura, N., Sasaki, J., Ito, T., & Ogino, T. (2010). Risk factors for elbow injuries among young baseball players. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 19(4), 502–507. doi: 10.1016/j.jse.2009.10.022.
114. Harada, M., Takahara, M., Sasaki, J., Mura, N., Ito, T., & Ogino, T. (2006). Using sonography for the early detection of elbow injuries among young baseball players. *American Journal of Roentgenology*, 187(6), 1436–1441. doi: 10.2214/AJR.05.1086
115. Harbourne, R., & Stergiou, N. (2009). Movement variability and the use of nonlinear tools: Principles to guide physical therapist practice. *Physical Therapy*, 89(3), 267–282. doi: 10.2522/ptj.20080130
116. Hart, J. M., Pietrosimone, B., Hertel, J., & Ingersoll, C. D. (2010). Quadriceps activation following knee Injuries: A systematic review. *Journal of Athletic Training*, 45(1), 87–97, doi: 10.4085/1062-6050-45.1.87
117. Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N.,

- Franklin, B. A., ... Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, *116*(9), 1081–1093. doi: 10.1161/CIRCULATION.107.185649
118. Helland, C., Bojsen-Møller, J., Raastad, T., Seynnes, O. R., Moltubakk, M. M., Jakobsen, V., ... Bahr, R. (2013). Mechanical properties of the patellar tendon in elite volleyball players with and without patellar tendinopathy. *British Journal of Sports Medicine*, *47*(13), 862–868. doi: 10.1136/bjsports-2013-092275
119. Herbst, K. A., Barber-Foss, K. D. B., Fader, L., Hewett, T. E., Witvrouw, E., Stanfield, D., & Myer, G. D. (2015). Hip strength is greater in athletes who subsequently develop patellofemoral pain. *The American Journal of Sports Medicine*, *43*(11), 2747–2752. doi: 10.1177/0363546515599628
120. Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *10*(5), 361–374. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4)
121. Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., & Noyes, F. R. (1999). The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, *27*(6), 699–706.
122. Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2006). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes part 1, mechanisms and risk factors. *The American Journal of Sports Medicine*, *34*(2), 299–311. doi: 10.1177/0363546505284183
123. Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2004). Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *The Journal of Bone & Joint Surgery. American*, *86-A*(8), 1601–1608.
124. Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S. Jr., Colosimo, A. J., McLean, S. G., ... Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, *33*(4), 492–501. doi: 10.1177/0363546504269591
125. Hewett, T. E., Myer, G. D., & Zazulak, B. T. (2008). Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *11*(5),

- 452–459. doi: 10.1016/j.jsams.2007.04.009
126. Hibberd, E. E., Oyama, S., & Myers, J. B. (2014). Increase in humeral retrotorsion accounts for age-related increase in glenohumeral internal rotation deficit in youth and adolescent baseball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(4), 851–858. doi: 10.1177/0363546513519325
127. Hickey, G. J., Fricker, P. A., & McDonald, W. A. (1997). Injuries of young elite female basketball players over a six-year period. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 7(4), 252–256.
128. Hirth, C.J., & Padua, D. A. (2007) Clinical movement analysis to identify muscle imbalances and guide exercise. *Athletic therapy today*, 12(4), 10–14.
129. Hoang, Q. B., & Mortazavi, M. (2012). Pediatric overuse injuries in sports. *Advances in Pediatrics*, 59(1), 359–383. doi: 10.1016/j.yapd.2012.04.005
130. Hogan, K. A., & Gross, R. H. (2003). Overuse injuries in pediatric athletes. *The Orthopedic Clinics of North America*, 34(3), 405–415.
131. Holcomb, W. R., Rubley, M. D., Lee, H. J., & Guadagnoli, M. A. (2007). Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring: Quadriceps strength ratios. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 41–47. doi: 10.1519/R-18795.1
132. Hollman, J. H., Ginos, B. E., Kozuchowski, J., Vaughn, A. S., Krause, D. A., & Youdas, J. W. (2009). Relationships between knee valgus, hip-muscle strength, and hip-muscle recruitment during a single-limb step-down. *Journal of Sport Rehabilitation*, 18(1), 104–117.
133. Hopper, D. M., Hopper, J. .L, & Elliott, B. C. (1995). Do selected kinanthropometric and performance variables predict injuries in female netball players? *Journal of Sports Sciences*, 13(3), 213–222. doi: 10.1080/02640419508732230
134. Hosea, T. M., Carey, C. C., & Harrer, M. F. (2000). The gender issue: Epidemiology of ankle injuries in athletes who participate in basketball. *Clinic Orthopaedic and Related Research*, 372, 45–49.
135. Howe, W. B., Caine, D., Bergman, G. D., & Ross, W. (1997). Wrist pain-gymnastics. *Medicine & Science in Sports Exercise*, 29(5), 151.
136. Hrysomallis, C. (2009). Hip adductors' strength, flexibility, and injury risk. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1514–1517. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a3c6c4.
137. Hurd, W. J., Kaplan, K. M., ElAttrache, N. S., Jobe, F. W., Morrey, B. F., &

- Kaufman, K. R. (2011). A profile of glenohumeral internal and external rotation motion in the uninjured high school baseball pitcher. Part II: Strength. *Journal of Athletic Training, 46*, 289–295.
138. Hurley, M. V. (1997). The effects of joint damage on muscle function, proprioception and rehabilitation. *Manual Therapy, 2*(1), 11–17. doi: 10.1054/math.1997.0281
139. Ingram, J. G., Fields, S. K., & Yard, E. E. (2008). Epidemiology of knee injuries among boys and girls in US High School Athletes. *The American Journal of Sports Medicine, 36*(6), 1116–1122. doi: 10.1177/0363546508314400
140. Ireland, M. L. (1994). Special concerns of the female athlete. In F. M. Fu, D. A. Stone (Eds.). *Sports injuries: Mechanisms, prevention, treatment*. 2nd edition (pp. 153–187). Baltimore (MD): Williams & Wilkins.
141. Ireland, M. L. (2002). The female ACL: why is it more prone to injury? *The Orthopedic Clinics of North America, 33*(4), 637–651.
142. Ivey, F. M., Calhoun, J. H., Rusche, K. & Bierschenk, J. (1985). Isokinetic testing of shoulder strength: normal values. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 66*(6), 384–386.
143. Jacobs, C. A., Uhl, T. L., Mattacola, C. G., Shapiro, R., & Rayens, W. S. (2007). Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: Sex differences. *Journal of Athletic Training, 42*(1), 76–83.
144. Jobe, C. M., Coen, M. J., & Srenar, P. (2000). Evaluation of impingement syndrome in the overhead-throwing athlete. *Journal of Athletic Training, 35*(3), 293–299.
145. Jobe, F. W., & Pink, M. (1993). Classification and treatment of shoulder dysfunction in the overhead athlete. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 18*, 427–432. doi: 10.2519/jospt.1993.18.2.427
146. Jones, D., Louw, Q., & Grimmer, K. (2000). Recreational and sporting injury to the adolescent knee and ankle: Prevalence and causes. *Australian Journal of Physiotherapy, 46*(3), 179–188.
147. Jones, D. W., Jones, D. A., & Newham, D. J. (1987). Chronic knee effusion and aspiration – the effect on quadriceps inhibition. *Rheumatology, 26*(5), 370–374.
148. Kannus, P. (1997) Etiology and pathophysiology of chronic tendon disorders in sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 7*, 78–85. doi: 10.1111/j.1600-0838.1997.tb00123.x

149. Kaplan, L. D., McMahon, P. J., Towers, J., Irrgang, J. J., & Rodosky, M. W. (2004). Internal impingement: findings on magnetic resonance imaging and arthroscopic evaluation. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 20(7), 701–704. doi: 10.1016/j.arthro.2004.06.006
150. Karahan, M., Kocaoglu, B., Cabukoglu, C., Akgun, U., & Nuran, R. (2010). Effect of partial medial meniscectomy on the proprioceptive function of the knee. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 130(3), 427–431. doi: 10.1007/s00402-009-1018-2
151. Kaufman, K. R., Brodine, S. K., Shaffer, R. A., Johnson, C. W., & Cullison, T. R. (1999). The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 27(5), 585–593.
152. Kegerreis, S., Jenkins, W. L., & Malone, T. R. (1990). *Sports injury management: Throwing injuries*. Baltimore: Williams & Wilkins.
153. Kellis, E., & Baltzopoulos, V. (1995). Isokinetic eccentric exercise. *Sports medicine*, 19(3), 202–222. doi: 10.2165/00007256-199519030-00005
154. Kellis, E., & Baltzopoulos, V. (1996). The effects of normalization method on antagonistic activity patterns during eccentric and concentric isokinetic knee extension and flexion. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 6(4), 235–245. doi: 10.1016/S1050-6411(96)00012-0
155. Khan, K. M., Cook, J. L., Kiss, Z. S., Visentini, P. J., Fehrmann, M. W., Harcourt, P. R., ... Wark, J. D. (1997). Patellar tendon ultrasonography and jumper's knee in female basketball players: A longitudinal study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 7(3), 199–206.
156. Kibler, W. B., Kuhn, J. E., Wilk, K., Sciascia, A., Moore, S., Laudner, K., ... Uhl, T. (2013). The disabled throwing shoulder: Spectrum of pathology – 10-year update. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 29(1), 141–161. doi: 10.1016/j.arthro.2012.10.009
157. Kibler, W. B., Sciascia, A., & Moore, S. (2012 a). An acute throwing episode decreases shoulder internal rotation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 470(6), 1545–1551. doi: 10.1007/s11999-011-2217-z
158. Kibler, W. B., Sciascia, A., & Thomas, S. J. (2012 b). Glenohumeral internal rotation deficit: pathogenesis and response to acute throwing. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 20(1), 34–38. doi: 10.1097/JSA.0b013e318244853e
159. Kim, C. W., Shea, K., & Chambers, H. G. (1999) Heel Pain in Children.

- Diagnosis and Treatment. *Journal of the American Pediatric Medical Association*, 89, 67–74. doi: 10.7547/87507315-89-2-67
160. Kim, D., & Hong, J. (2011). Hamstring to quadriceps strength ratio and noncontact leg injuries: A prospective study during one season. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(1), 1–6. doi: 10.3233/IES-2011-0406
161. Kissenberth, M. J., Thigpen, C. A., Bailey, L. B., Schweppe, M. L., Geist, D. J., Wyland, D. J., ... Shanley, E. (2015). Professional pitchers display differences in ulnar collateral ligament morphology and elbow gapping following uclr compared to uninjured pitchers. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 3(Suppl. 2), doi: 10.1177/2325967115S00082.
162. Knapik, J. J., Bauman, C. L., Jones, B. H., Harris, J. M., & Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 76–81. doi: 10.1177/036354659101900113
163. Kongsgaard, M., Qvortrup, K., Larsen, J., Aagaard, P., Doessing, S., Hansen, P., ... Magnusson, S. P. (2010). Fibril morphology and tendon mechanical properties in patellar tendinopathy effects of heavy slow resistance training. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(4), 749–756. doi: 10.1177/0363546509350915
164. Kongsgaard, M., Reitelseder, S., Pedersen, T. G., Holm, L., Aagaard, P., Kjær, M., & Magnusson, S. P. (2007). Region specific patellar tendon hypertrophy in humans following resistance training. *Acta Physiologica*, 191(2), 111–121. doi: 10.1111/j.1748-1716.2007.01714.x
165. Kujala, U.M., Kvist, M., & Heinonen, O. (1985). Osgood–Schlatter’s disease in adolescent athletes. Retrospective study of incidence and duration. *The American Journal of Sports Medicine*, 13(4), 236–241.
166. Kulig, K., Landel, R., Chang, Y. J., Hannanvash, N., Reischl, S. F., Song, P., & Bashford, G. R. (2013). Patellar tendon morphology in volleyball athletes with and without patellar tendinopathy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(2), e81–e88. doi: 10.1111/sms.12021
167. Ladenhauf, H. N., Graziano, J., & Marx, R. G. (2013). Anterior cruciate ligament prevention strategies: Are they effective in young athletes-current concepts and review of literature. *Current Opinion in Pediatrics*, 25(1), 64–71. doi: 10.1097/MOP.0b013e32835ad208
168. Laor, T., Wall, E. J., & Vu, L. P. (2006). Physeal widening in the knee due to

- stress injury in child athletes. *American Journal of Roentgenology*, 186(5), 1260–1264.
169. LaPrade, R. F., & Burnett, Q. M. (1994). femoral intercondylar notch stenosis and correlation to anterior cruciate ligament injuries a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(2), 198–203. doi: 10.1177/036354659402200208
170. Laudner, K., & Sipes, R. (2009). The incidence of shoulder injury among collegiate overhead athletes. *Journal of Intercollegiate Sport*, 2(2), 260–268.
171. Le Gall, F., Carling, C., & Reilly, T. (2008). Injuries in young elite female soccer players an 8-season prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(2), 276–284. doi: 10.1177/0363546507307866
172. Lephart, S., Fu, H. (2000). *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. Champaign, IL: Human Kinetics.
173. Levine, W. N., Brandon, M. L., Stein, B. S., Gardner, T. R., Bigliani, L. U., & Ahmad, C. S. (2006). Shoulder adaptive changes in youth baseball players. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 15(5), 562–566. doi: 10.1016/j.jse.2005.11.007
174. Lian, Ø. B., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2005). Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports a cross-sectional study. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 561–567. doi: 10.1177/0363546504270454
175. Li, R. C., Maffulli, N., Hsu, Y. C., & Chan, K. M. (1996). Isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings and functional ability of anterior cruciate deficient knees in recreational athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 30(2), 161–164. doi: 10.1136/bjism.30.2.161
176. Li, X., Ma, R., Zhou, H., Thomson, M., Dawson, C., Nquyen, J., & Coleman, S. (2015). Evaluation of hip internal and external rotation range of motion as an injury risk factor for hip, abdominal and groin injuries in professional baseball players. *Orthopedic reviews*, 7(4), e6142. doi: 10.4081/or.2015.6142
177. Lohmander, L. S., Östenberg, A., Englund, M., & Roos, H. (2004). High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis & Rheumatism*, 50(10), 3145–3152. doi: 10.1002/art.20589
178. Lohrer, H. (1995). Overview: Sport orthopaedics in athletics-an analysis of the current situation. *New Studies in Athletics*, 10(4), 11–22.

179. Louw, Q. A., Manilall, J., & Grimmer, K. A. (2008). Epidemiology of knee injuries among adolescents: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 42(1), 2–10. doi: 10.1136/bjism.2007.035360
180. Ludewig, P. M., & Cook, T. M. (2002). Translations of the humerus in persons with shoulder impingement symptoms. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 32(6), 248–259. doi: 10.2519/jospt.2002.32.6.248
181. Lun, V., Meeuwisse, W. H., Stergiou, P., & Stefanyshyn, D. (2004). Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. *British Journal of Sports Medicine*, 38(5), 576–580. doi: 10.1136/bjism.2003.005488.
182. Lindner, K. J., & Caine, D. J. (1993). Physical and performance characteristics of injured and injury-free female gymnasts. *Journal of Human Movement Studies*, 25(2), 69–84.
183. Lyman, S., Fleisig, G. S., Andrews, J. R., & Osinski, E. D. (2002). Effect of pitch type, pitch count, and pitching mechanics on risk of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(4), 463–468.
184. Lyman, S., Fleisig, G. S., Waterbor, J. W., Funkhouser, E. M., Pulley, L., Andrews, J. R., ... Roseman, J. M. (2001). Longitudinal study of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1803–1810. doi: 10.1097/00005768-200111000-00002
185. Lynch, A. D., Logerstedt, D. S., Axe, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2012). Quadriceps activation failure after anterior cruciate ligament rupture is not mediated by knee joint effusion. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(6), 502–510. doi: 10.2519/jospt.2012.3793
186. Lysens, R., Steverlynck, A., van den Auweele, Y., Lefevre, J., Renson, L., Claessens, A., & Ostyn, M. (1984). The predictability of sports injuries. *Sports Medicine*, 1(1), 6–10. doi: 10.2165/00007256-198401010-00002
187. Maffulli, N., & Caine, D. (2005). The epidemiology of children's team sports injuries. *Epidemiology of Pediatric Sports Injuries*, 49, 1–8. doi: 10.1159/000085330
188. Maffulli, N., & Caine, D. (2012). The younger athlete. In P. Brukner, K. Khan (Eds.), *Clinical sports medicine* (4th ed.) (pp. 888–909). Sydney: McGraw-Hill.
189. Maffulli, N., & Magra, M. (2006). The younger athlete. In P. Brukner,



- K. Khan (Eds.), *Clinical sports medicine* (pp. 727–748). North Ryde: McGraw-Hill Australia.
190. Maffulli, N., Moller, H. D., & Evans, C. H. (2002). Tendon healing: Can it be optimised? *British Journal of Sports Medicine*, *36*(5), 315–316. doi: 10.1136/bjism.36.5.315
191. Maganaris, C. N. (2003). Tendon conditioning: artefact or property? *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *270*(Suppl. 1), S39–S42. doi: 10.1098/rsbl.2003.0004
192. Magill, R. A. (2007). *Motor learning and control: Concepts and applications*. New York: McGraw-Hill.
193. Magnusson, S. P., Langberg, H., & Kjaer, M. (2010). The pathogenesis of tendinopathy: Balancing the response to loading. *Nature Reviews Rheumatology*, *6*(5), 262–268. doi: 10.1038/nrrheum.2010.43
194. Malliaras, P., Cook, J. L., & Kent, P. (2006). Reduced ankle dorsiflexion range may increase the risk of patellar tendon injury among volleyball players. *Journal of science and medicine in sport*, *9*(4), 304–309. doi: 10.1016/j.jsams.2006.03.0315
195. Malliou, P., Gioftsidou, A., Pafis, G., Rokka, S., Kofotolis, N., Mavroustakos, S., & Godolias, G. (2012). Proprioception and functional deficits of partial meniscectomized knees. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, *48*(2), 231–236.
196. Manske, R., Wilk, K. E., Davies, G., Ellenbecker, T., & Reinold, M. (2013). Glenohumeral motion deficits: Friend or foe? *International Journal of Sports Physical Therapy*, *8*, 537–553.
197. McHugh, M. P., Tyler, T. F., Tetro, D. T., Mullaney, M. J., & Nicholas, S. J. (2006). Risk factors for noncontact ankle sprains in high school athletes the role of hip strength and balance ability. *The American Journal of Sports Medicine*, *34*(3), 464–470. doi: 10.1177/0363546505280427
198. Meister, K., Day, T., Horodyski, M., Kaminski, T. W., Wasik, M. P., & Tillman, S. (2005). Rotational motion changes in the glenohumeral joint of the adolescent/Little League baseball player. *The American Journal of Sports Medicine*, *33*(5), 693–698. doi: 10.1177/0363546504269936
199. Mens, J. M., Vleeming, A., Snijders, C. J., Koes, B. W., & Stam, H. J. (2001). Reliability and validity of the active straight leg raise test in posterior pelvic pain since pregnancy. *Spine*, *26*(10), 1167–1171.

200. Messina, D. F., Farney, W. C., & DeLee, J. C. (1999). The incidence of injury in Texas high school basketball: a prospective study among male and female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 27(3), 294–299.
201. Mickevičius, M., Rutkauskas, S., Sipavičienė, S., Skurvydas, A., Jürimäe, J., Degens, H., & Kamandulis, S. (2016). Absence of bilateral differences in child baseball players with throwing-related pain. *International Journal of Sports Medicine*, 37, 1–6. doi: 10.1055/s-0042-106297
202. Mizner, R. L., Petterson, S. C., Stevens, J. E., Vandenborne, K., & Snyder-Mackler, L. (2005). Early quadriceps strength loss after total knee arthroplasty. *The Journal of Bone & Joint Surgery American*, 87(5), 1047–1053. doi: 10.2106/JBJS.D.01992
203. Mizuno, Y., Kumagai, M., Mattessich, S. M., Elias, J. J., Ramrattan, N., Cosgarea, A. J., & Chao, E. (2001). Q-angle influences tibiofemoral and patellofemoral kinematics. *Journal of Orthopaedic Research*, 19(5), 834–840. doi: 10.1016/S0736-0266(01)00008-0
204. Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., Nick, T. G., & Hewett, T. E. (2008). The effects of generalized joint laxity on risk of anterior cruciate ligament injury in young female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(6), 1073–1080. doi: 10.1177/0363546507313572
205. Myers, J. B., Laudner, K. G., Pasquale, M. R., Bradley, J. P., & Lephart, S. M. (2006). Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 385–391. doi: 10.1177/0363546505281804
206. Myklebust, G., Hasslan, L., Bahr, R., & Steffen, K. (2013). High prevalence of shoulder pain among elite Norwegian female handball players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(3), 288–294. doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01398.x
207. Nanni, M., Butt, S., Mansour, R., Muthukumar, T., Cassar-Pullicino, V. N., & Roberts, A. (2005). Stress-induced Salter-Harris I growth plate injury of the proximal tibia: First report. *Skeletal radiology*, 34(7), 405–410. doi: 10.1007/s00256-004-0892-5
208. Neto, T., Jacobsohn, L., Carita, A. I., & Oliveira, R. (2014). Reliability of the active-knee-extension and straight-leg-raise tests in subjects with flexibility deficits. *Journal of Sport Rehabilitation*, 17, 2014–0220. doi: 10.1123/jsr.2014-0220

209. Ng, L. R., & Kramer, J. S. (1991). Shoulder rotator torques in female tennis and nontennis players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 13(1), 40–46. doi: 10.2519/jospt.1991.13.1.40
210. Noffal, G. J. (2003). Isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of the shoulder rotator muscles in throwers and nonthrowers. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(4), 537–541.
211. Ogden, J. A., Ganey, T. M., Hill, J. D., & Jaakkola, J. I. (2004). Sever's injury: A stress fracture of the immature calcaneal metaphysis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 24(5), 488–492.
212. Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2006a). Injury pattern in youth team handball: A comparison of two prospective registration methods. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16(6), 426–432. doi: 10.1111/j.1600-0838.2005.00484.x
213. Olsen, S. J., Fleisig, G. S., Dun, S., Loftice, J., & Andrews, J. R. (2006b). Risk factors for shoulder and elbow injuries in adolescent baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(6), 905–912. doi: 10.1177/0363546505284188
214. Ooi, C. C., Richards, P. J., Maffulli, N., Ede, D., Schneider, M. E., Connell, D., ... Malliaras, P. (2016). A soft patellar tendon on ultrasound elastography is associated with pain and functional deficit in volleyball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(5), 373–378. doi:10.1016/j.jsams.2015.06.003
215. Orchard, J., Marsden, J., Lord, S., & Garlick, D. (1997). Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(1), 81–85. doi: 10.1177/036354659702500116
216. Orchard, J. W. (2001). Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football neither the author nor the related institution has received any financial benefit from research in this study. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(3), 300–303.
217. Östenberg, A., & Roos, H. (2000). Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(5), 279–285. doi: 10.1034/j.1600-0838.2000.010005279.x
218. Oyama, S. (2012). Baseball pitching kinematics, joint loads, and injury

- prevention. *Journal of Sport and Health Science*, 1(2), 80–91. doi: 10.1016/j.jshs.2012.06.004
219. Pánics, G., Tallay, A., Pavlik, A., & Berkes, I. (2008). Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *British Journal of Sports Medicine*, 42(6), 472–476. doi: 10.1136/bjsm.2008.046516
220. Panni, A. S., Tartarone, M., & Maffulli, N. (2000). Patellar tendinopathy in athletes outcome of nonoperative and operative management. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(3), 392–397.
221. Patel, D. R., & Nelson, T. L. (2000). Sports injuries in adolescents. *Medical Clinics of North America*, 84(4), 983–1007. doi: 10.1016/S0025-7125(05)70270-4
222. Paterno, M. V., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Rauh, M. J., Myer, G. D., Huang, B., & Hewett, T. E. (2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(10), 1968–1978. doi: 10.1177/0363546510376053
223. Piasecki, D. P., Spindler, K. P., Warren, T. A., Andrish, J. T., & Parker, R. D. (2003). Intraarticular injuries associated with anterior cruciate ligament tear: findings at ligament reconstruction in high school and recreational athletes. An analysis of sex-based differences. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(4), 601–605.
224. Pink, M. M., & Perry, J. (1996). Biomechanics of the shoulder. *Operative Techniques in Upper Extremity Sports Injuries (St. Louis: Mosby)*, 100–124.
225. Piva, S. R., Goodnite, E. A., & Childs, J. D. (2005). Strength around the hip an flexibility of soft tissues in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 35(12), 793–801. doi: 10.2519/jospt.2005.35.12.793
226. Powell, J. W., & Barber-Foss, K. D. (2000). Sex-related injury patterns among selected high school sports. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(3), 385–391.
227. Powers, C. M. (2010). The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: A biomechanical perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(2), 42–51. doi: 10.2519/jospt.2010.3337.
228. Pradhan, R. L., Itoi, E., Hatakeyama, Y., Urayama, M., & Sato, K. (2001).

- Superior labral strain during the throwing motion a cadaveric study. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(4), 488–492.
229. Price, R. J., Hawkins, R. D., Hulse, M. A., & Hodson, A. (2004). The Football Association medical research programme: An audit of injuries in academy youth football. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 466–471. doi: 10.1136/bjism.2003.005165
230. Quatman, C. E., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2006). Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance a longitudinal study. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(5), 806–813. doi: 10.1177/0363546505281916
231. Quatman-Yates, C. C., Quatman, C. E., Meszaros, A. J., Paterno, M. V., & Hewett, T. E. (2012). A systematic review of sensorimotor function during adolescence: A developmental stage of increased motor awkwardness? *British Journal of Sports Medicine*, 46(9), 649–655. doi: 10.1136/bjism.2010.079616
232. Rahnama, N., Lees, A., & Bambaecichi, E. (2005). A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48(11–14), 1568–1575. doi: 10.1080/00140130500101585
233. Rauh, M. J., Koepsell, T. D., Rivara, F. P., Margherita, A. J., & Rice, S. G. (2006). Epidemiology of musculoskeletal injuries among high school cross-country runners. *American Journal of Epidemiology*, 163(2), 151–159. doi: 10.1093/aje/kwj022
234. Rauh, M. J., Margherita, A. J., Rice, S. G., Koepsell, T. D., & Rivara, F. P. (2000). High school cross country running injuries: a longitudinal study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(2), 110–116.
235. Reeser, J. C., Joy, E. A., Porucznik, C. A., Berg, R. L., Colliver, E. B., & Willick, S. E. (2010). Risk factors for volleyball-related shoulder pain and dysfunction. *Pm&r*, 2(1), 27–36. doi: 10.1016/j.pmrj.2009.11.010
236. Reeves, N. D., & Maffulli, N. (2008). A case highlighting the influence of knee joint effusion on muscle inhibition and size. *Nature Clinical Practice Rheumatology*, 4(3), 153–158. doi: 10.1038/ncprheum0709
237. Reeves, N. D., Maganaris, C. N., & Narici, M. V. (2003). Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals. *The Journal of Physiology*, 548(3), 971–981. doi: 10.1111/j.2003.t01-1-00971.x

238. Reiman, M. P., Bolgla, L. A., & Lorenz, D. (2009). Hip function's influence on knee dysfunction: A proximal link to a distal problem. *Journal of Sport Rehabilitation, 18*(1), 33–46.
239. Reinold, M. M., Macrina, L. C., Wilk, K. E., Fleisig, G.S., Dun, S., Barrentine, S. W., ... Andrews, J. R. (2007). Electromyographic analysis of the supraspinatus and deltoid muscles during 3 common rehabilitation exercises. *Journal of Athletic Training, 42*(4), 464–469.
240. Reinold, M. M., Wilk, K. E., Macrina, L. C., Sheheane, C., Dun, S., Fleisig, G. S., ... Andrews, J. R. (2008). Changes in shoulder and elbow passive range of motion after pitching in professional baseball players. *The American Journal of Sports Medicine, 36*(3), 523–527. doi: 10.1177/0363546507308935
241. Rice, D. A., & McNair, P. J. (2010). Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: Neural mechanisms and treatment perspectives. *Seminars in Arthritis and Rheumatism, 40*(3), 250–266. doi: 10.1016/j.semarthrit.2009.10.001
242. Richards, C. L. (1985). EMG activity level comparisons in quadriceps and hamstrings in five dynamic activities. In *Biomechanics IX-A*. (pp. 313–317). Champaign, IL: Human Kinetics.
243. Roos, E. M., & Lohmander, L. S. (2003). The knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): From joint injury to osteoarthritis. *Health and Quality of Life Outcomes, 1*(1), 64–71. doi: 10.1186/1477-7525-1-64
244. Rosager, S., Aagaard, P., Dyhre-Poulsen, P., Neergaard, K., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2002). Load-displacement properties of the human triceps surae aponeurosis and tendon in runners and non-runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 12*(2), 90–98. doi: 10.1034/j.1600-0838.2002.120205.x
245. Ruotolo, C., Price, E., & Panchal, A. (2006). Loss of total arc of motion in collegiate baseball players. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 15*(1), 67–71. doi: 10.1016/j.jse.2005.05.006
246. Russell, N. T., & Bandy, W. D. (2004). Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *Journal of Athletic Training, 39*(3), 254–258.
247. Sabick, M. B., Torry, M. R., Lawton, R. L., & Hawkins, R. J. (2004). Valgus torque in youth baseball pitchers: A biomechanical study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 13*, 349–355. doi: 10.1016/S1058274604000308

248. Sato, T., Shinozaki, T., Fukuda, T., Watanabe, H., Aoki, J., Yanagawa, T., & Takagishi, K. (2002). Atypical growth plate closure: A possible chronic Salter and Harris Type V injury. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, *11*(2), 155–158.
249. Sauer, J. L., Potter, J. J., Weisshaar, C. L., Ploeg, H. L., & Thelen, D. G. (2007). Influence of gender, power, and hand position on pelvic motion during seated cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(12), 2204–2211. doi: 10.1249/mss.0b013e3181568b66
250. Scharfbillig, R. W., Jones, S., & Scutter, S. (2011). Sever's disease: A prospective study of risk factors. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, *101*(2), 133–145. doi: <http://dx.doi.org/10.7547/1010133>
251. Scharfbillig, R. W., Jones, S., & Scutter, S. D. (2008). Sever's disease: What does the literature really tell us? *Journal of the American Podiatric Medical Association*, *98*(3), 212–223. doi: <http://dx.doi.org/10.7547/0980212>
252. Scattone Silva, R., & Serrão, F. V. (2014). Sex differences in trunk, pelvis, hip and knee kinematics and eccentric hip torque in adolescents. *Clinical Biomechanics*, *29*(9), 1063–1069. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2014.08.004.
253. Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2005). *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
254. Schuch, T., Hanson, C., Goodwin, B. J., Romanick, M., & Caine, D. J. (2012). A hospital-based study of pediatric sport and recreational injuries. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *44*, S629.
255. Schulz, M. R., Marshall, S. W., Yang, J., Mueller, F. O., Weaver, N. L., & Bowling, J. M. (2004). A prospective cohort study of injury incidence and risk factors in North Carolina high school competitive cheerleaders. *The American Journal of Sports Medicine*, *32*(2), 396–405. doi: 10.1177/0363546503261715
256. Scoville, C. R., Arciero, R. A., Taylor, D. C., & Stoneman, P. D. (1997). End range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios: A new perspective in shoulder strength assessment. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *25*(3), 203–207. doi: 10.2519/jospt.1997.25.3.203
257. Seynnes, O. R., Erskine, R. M., Maganaris, C. N., Longo, S., Simoneau, E. M., Grosset, J. F., & Narici, M. V. (2009). Training-induced changes in structural and mechanical properties of the patellar tendon are related to muscle hypertrophy but not to strength gains. *Journal of Applied Physiology*, *107*(2), 523–530. doi: 10.1152/jappphysiol.00213.2009.

258. Shanley, E., Rauh, M. J., Michener, L. A., Ellenbecker, T. S., Garrison, J. C., & Thigpen, C. A. (2011). Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and baseball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(9), 1997–2006. doi: 10.1177/0363546511408876
259. Shelbourne, K. D., Liotta, F. J., & Goodloe, S. L. (1998). Preemptive pain management program for anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Knee Surgery*, 11(2), 116–119.
260. Shybut, T. B., Rose, D. J., & Strongwater, A. M. (2008). Second metatarsal physeal arrest in an adolescent flamenco dancer: A case report. *Foot & Ankle International*, 29(8), 859–862. doi: 10.3113/FAI.2008.0859
261. Siskosky, M. J., & ElAttrache, N. S. (2007). Management of internal impingement and partial rotator cuff tears in the throwing athlete. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 15(3), 132–143. doi: 10.1053/j.otsm.2007.05.008
262. Skurvydas, A., Masiulis, N., Gudas, R., Dargevičiūtė, G., Parulytė, D., Trumpickas, V., & Kalesinskas, J. R. (2011). Extension and flexion torque variability in ACL deficiency. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(8), 1307–1313. doi: 10.1007/s00167-011-1425-0
263. Śliwowski, R., Jadczyk, Ł., Hejna, R., & Wieczorek, A. (2015). The effects of individualized resistance strength programs on knee muscular imbalances in junior elite soccer players. *PLoS One*, 10(12), e0144021. doi: 10.1371/journal.pone.0144021
264. Snyder, S. J., Karzel, R. P., Del Pizzo, W., Ferkel, R. D., & Friedman, M. J. (1990). SLAP lesions of the shoulder. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 6(4), 274–279. doi: 10.1016/0749-8063(90)90056-J
265. Söderman, K., Adolphson, J., Lorentzon, R., & Alfredson, H. (2001). Injuries in adolescent female players in European football: A prospective study over one outdoor soccer season. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(5), 299–304. doi: 10.1034/j.1600-0838.2001.110508.x
266. Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., ... Andersen, T. E. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: Cluster randomised controlled trial. *BMJ*, 337, a2469. doi: 10.1136/bmj.a2469



267. Stillman, B. C. (2002). Making sense of proprioception: The meaning of proprioception, kinaesthesia and related terms. *Physiotherapy*, 88(11), 667–676. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9406\(05\)60109-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9406(05)60109-5)
268. Stuart, M. J., Morrey, M. A., Smith, A. M., Meis, J. K., & Ortiguera, C. J. (2002). Injuries in youth football: A prospective observational cohort analysis among players aged 9 to 13 years. *Mayo Clinic Proceedings*, 77(4), 317–322. doi: 10.1016/S0025-6196(11)61783-7
269. Suzue, N., Matsuura, T., Iwame, T., Hamada, D., Goto, T., Takata, Y., ... Sairyo, K. (2014). Prevalence of childhood and adolescent soccer-related overuse injuries. *The Journal of Medical Investigation*, 61(3, 4), 369–373. doi: <http://doi.org.10.2152/jmi.61.369>
270. Swanik, C. B., Covassin, T., Stearne, D. J., & Schatz, P. (2007). The relationship between neurocognitive function and noncontact anterior cruciate ligament injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(6), 943–948. doi: 10.1177/0363546507299532
271. Swanik, C. B., Lephart, S. M., Swanik, K. A., Stone, D. A., & Fu, F. H. (2004). Neuromuscular dynamic restraint in women with anterior cruciate ligament injuries. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 425, 189–199.
272. Tyler, T. F., McHugh, M. P., Mirabella, M. R., Mullaney, M. J., & Nicholas, S. J. (2006a). Risk factors for noncontact ankle sprains in high school football players the role of previous ankle sprains and body mass index. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 471–475. doi: 10.1177/0363546505280429
273. Tyler, T. F., Mullaney, M. J., Mirabella, M. R., Nicholas, S. J., & McHugh, M. P. (2014). Risk factors for shoulder and elbow injuries in high school baseball pitchers the role of preseason strength and range of motion. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(8), 1993–1999. doi: 10.1177/0363546514535070
274. Tyler, T. F., Nicholas, S. J., Lee, S. J., Mullaney, M., & McHugh, M. P. (2010). Correction of posterior shoulder tightness is associated with symptom resolution in patients with internal impingement. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(1), 114–119. doi: 10.1177/0363546509346050
275. Tyler, T. F., Nicholas, S. J., Mullaney, M. J., & McHugh, M. P. (2006b). The role of hip muscle function in the treatment of patellofemoral pain syndrome. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(4), 630–636. doi: 10.1177/0363546505281808

276. Timpka, T., Alonso, J. M., Jacobsson, J., Junge, A., Branco, P., Clarsen, B., ... Renström, P. (2014). Injury and illness definitions and data collection procedures for use in epidemiological studies in Athletics (track and field): consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, *48*(7), 483–490. doi: 10.1136/bjsports-2013-093241
277. Timpka, T., Jacobsson, J., Bickenbach, J., Finch, C. F., Ekberg, J., & Nordenfelt, L. (2014 b). What is a sports injury? *Sports Medicine*, *44*(4), 423–428. doi: 10.1007/s40279-014-0143-4
278. Toprak, U., Üstüner, E., Uyanik, S., Aktas, G., Kinikli, G. I., Baltaci, G., & Karademir, M. A. (2012). Comparison of ultrasonographic patellar tendon evaluation methods in elite junior female volleyball players: Thickness versus cross-sectional area. *Diagnostic and Interventional Radiology*, *18*(2), 200–207. doi: 10.4261/1305-3825.DIR.4339-11.2
279. Tourny-Chollet, C., Leroy, D., & Beuret-Blanquart, F. (2000). Isokinetic knee muscle strength of soccer players according to their position. *Isokinetics and Exercise Science*, *8*(4), 187–193.
280. Trakis, J. E., McHugh, M. P., Caracciolo, P. A., Busciacco, L., Mullaney, M., & Nicholas, S. J. (2008). Muscle strength and range of motion in adolescent pitchers with throwing-related pain implications for injury prevention. *The American Journal of Sports Medicine*, *36*(11), 2173–2178. doi: 10.1177/0363546508319049
281. Turbeville, S. D., Cowan, L. D., Owen, W. L., Asal, N. R., & Anderson, M. A. (2003). Risk factors for injury in high school football players. *The American Journal of Sports Medicine*, *31*(6), 974–980.
282. Turner, M., Fuller, C. W., Egan, D., Le Masson, B., McGoldrick, A., Spence, A., ... Gadot, P. M. (2012). European consensus on epidemiological studies of injuries in the thoroughbred horse racing industry. *British Journal of Sports Medicine*, *46*(10), 704–708. doi: 10.1136/bjsports-2011-090312
283. Urbach, D., & Awiszus, F. (2002). Impaired ability of voluntary quadriceps activation bilaterally interferes with function testing after knee injuries. A twitch interpolation study. *International Journal of Sports Medicine*, *23*(04), 231–236. doi: 10.1055/s-2002-29074
284. Urbach, D., Nebelung, W., Weiler, H. T., & Awiszus, F. (1999). Bilateral deficit of voluntary quadriceps muscle activation after unilateral ACL tear. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *31*(12), 1691–1696. doi:

- 10.1097/00005768-199912000-00001
285. van der Worp, H., van Ark, M., Roerink, S., Pepping, G. J., van den Akker-Scheek, I., & Zwerver, J. (2011). Risk factors for patellar tendinopathy: A systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(5), 446–452. doi: 10.1136/bjism.2011.084079
286. Van Wilgen, C. P., & Verhagen, E. A. L. M. (2012). A qualitative study on overuse injuries: The beliefs of athletes and coaches. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *15*(2), 116–121. doi: 10.1016/j.jsams.2011.11.253
287. Visser, J. J., Hoogkamer, J. E., Bobbert, M. F., & Huijting, P. A. (1990). Length and moment arm of human leg muscles as a function of knee and hip-joint angles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *61*(5–6), 453–460. doi:10.1007/BF00236067
288. Warden, S. J., Burr, D. B., & Brukner, P. D. (2006). Stress fractures: Pathophysiology, epidemiology, and risk factors. *Current Osteoporosis Reports*, *4*(3), 103–109. doi:10.1007/s11914-996-0029-y
289. Waryasz, G. R., & McDermott, A. Y. (2008). Patellofemoral pain syndrome (PFPS): A systematic review of anatomy and potential risk factors. *Dynamic Medicine*, *7*(1), 9. doi: 10.1186/1476-5918-7-9
290. White, L. C., Dolphin, P., & Dixon, J. (2009). Hamstring length in patellofemoral pain syndrome. *Physiotherapy*, *95*(1), 24–28. doi: 10.1016/j.physio.2008.05.009
291. Whiteside, J. A., Andrews, J. R., Fleisig, G. S., Galloway, M. T., & Goldberg, B. (1999). Elbow injuries in young baseball players. *The Physician and Sportsmedicine*, *27*(6), 87–102. doi: 10.3810/psm.1999.06.886.
292. Wiesler, E. R., Hunter, D. M., Martin, D. F., Curl, W. W., & Hoen, H. (1996). Ankle flexibility and injury patterns in dancers. *The American Journal of Sports Medicine*, *24*(6), 754–757. doi: 10.1177/036354659602400609
293. Wild, C. Y., Steele, J. R., & Munro, B. J. (2013). Musculoskeletal and estrogen changes during the adolescent growth spurt in girls. *Medicine and Science in Sports Exercise*, *45*(1), 138–145. doi: 10.1249/MSS.0b013e31826a507e
294. Wilk, K. E., Macrina, L. C., Fleisig, G. S., Aune, K. T., Porterfield, R. A., Harker, P., ... Andrews, J. R. (2014). Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of elbow injury in professional baseball pitchers a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, *42*(9), 2075–2081. doi: 10.1177/0363546514538391

295. Wilk, K. E., Macrina, L. C., Fleisig, G. S., Porterfield, R., Simpson, C. D., Harker, P., ... Andrews, J. R. (2011). Correlation of glenohumeral internal rotation deficit and total rotational motion to shoulder injuries in professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, *39*(2), 329–335. doi: 10.1177/0363546510384223
296. Wilk, K. E., Meister, K., & Andrews, J. R. (2002). Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *The American Journal of Sports Medicine*, *30*(1), 136–151.
297. Wilk, K. E., Obma, P., Simpson, C. D., Cain, E. L., Dugas, J., & Andrews, J. R. (2009). Shoulder injuries in the overhead athlete. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *39*(2), 38–54. doi: 10.2519/jospt.2009.2929.
298. Witvrouw, E., Lysens, R., Bellemans, J., Cambier, D., & Vanderstraeten, G. (2000). Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population a two-year prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, *28*(4), 480–489.
299. Wright, K. J., & Crée, C. D. (1998). The influence of somatotype, strength and flexibility on injury occurrence among female competitive olympic style gymnasts. A pilot study. *Journal of Physical Therapy Science*, *10*(2), 87–92. doi: 10.1589/jpts.10.87
300. Zanca, G. G., Oliveira, A. B., Saccol, M. F., & Mattiello-Rosa, S. M. (2011). Isokinetic dynamometry applied to shoulder rotators. Velocity limitations in eccentric evaluations. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *14*(6), 541–546. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2011.05.002>
301. Zhang, Z. J., Ng, G. Y. F., Lee, W. C., & Fu, S. N. (2014). Changes in morphological and elastic properties of patellar tendon in athletes with unilateral patellar tendinopathy and their relationships with pain and functional disability. *PloS one*, *9*(10), e108337. doi: 10.1371/journal.pone.0108337.
302. Zimmermann, C. L., Cook, T. M., Bravard, M. S., Hansen, M. M., Honomichl, R. T., Karns, S. T., ... Zebrowski, R. M. (1994). Effects of stair-stepping exercise direction and cadence on EMG activity of selected lower extremity muscle groups. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *19*(3), 173–180. doi: 10.2519/jospt.1994.19.3.173

## PUBLIKACIJOS

### Moksliniai straipsniai disertacinio darbo tema:

1. Mickevičius, M., Rutkauskas, S., Sipavičienė, S., Skurvydas, A., Jürimäe, J., Degens, H., & Kamandulis, S. (2016). Absence of Bilateral Differences in Child Baseball Players with Throwing-related Pain. *International Journal of Sports Medicine*, 37(12), 952–957. doi: 10.1055/s-0042-106297
2. Satkunskienė, D., Mickevičius, M., Snieckus, A., Kamandulis, S. (2017). Leg Stiffness, Valgus Knee Motion, and Q-Angle Are Associated with Hypertrophic Soft Patella Tendon and Idiopathic Knee Pain in Adolescent Basketball Players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(7–8), 1003–1013. doi: 10.23736/S0022-4707.17.06911-0
3. Mickevičius, M., Rutkauskas, S., Skurvydas, S., Kamandulis, S. (2017). Paauglių krepšininkų su anksti diagnozuotu kelio sąnario skausmu patologiniai ir morfologiniai ypatumai. *Sporto mokslas*, 2(88), 62–67. doi: 10.15823/sm.2017.20

### Kiti moksliniai straipsniai:

1. Rutkauskas, Saulius; Čekanauskas, Emilis; Valaikaitė, Raimonda; Kamandulis, Sigitas; Mickevičius, Mantas; Skurvydas, Albertas. The Ultrasonographic measurements of shoulder and elbow joint cartilage thickness in young baseball players // 2nd Baltic Paediatric Congress and 20th Estonian Paediatric Congress : 30 May-1 June 2013, Pärnu, Estonia / Keynote speakers: Jochen H. H. Ehrich, Valdis Folkmanis, Tari Haahtela, et al.; Estonian Paediatric Society. Pärnu: Estonian Paediatric Society, 2013, p. 84.
2. Rutkauskas, Saulius; Basevičius, Algirdas; Kamandulis, Sigitas; Mickevičius, Mantas; Streckis, Vytautas. Elbow muscle strength and ultrasonographic findings in young baseball pitchers: preliminary results // Pediatric Radiology : 50th Annual Meeting and 36th Postgraduate Course of the European Society of Paediatric Radiology, Budapest, Hungary, June 3–7 2013. ISSN 0301-0449. 2013, vol. 43, supplement 3, p. S635.
3. Paleckis, V., Mickevičius, M., Snieckus, A., Streckis, V., Pääsuke, M., Rutkauskas, S., Steponavičiūtė, R., Skurvydas, A., Kamandulis, S. (2015). Changes in Indirect Markers of Muscle Damage and Tendons After Daily Drop Jumping Exercise with Rapid Load Increase. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(4), 825–833.
4. Indriulionis, Tomas; Raistenskis, Juozas; Saniukas, Kęstutis; Garšvienė, Rūta;

- Zacharenko, Viktorija; Vaičiškuskas, Viktoras; Kamandulis, Sigitas; Sniečkus, Audrius; Česnaitienė, Vida Janina; Kielė, Dovilė; Baranauskienė, Neringa; Eimantas, Nerijus; Solianik, Rima; Mickevičius, Mantas; Skurvydas, Albertas; Streckis, Vytautas; Žumbakytė-Šermukšnienė, Renata. (2015). Efficiency of orthopaedic brace with laser on knee joint function, pain and swelling. *Baltic Journal of Sport & Health Sciences*, 3(98), 13–21.
5. Paleckis, Vidas; Sniečkus, Audrius; Rutkauskas, Saulius; Satkunsienė, Danguolė; Baranauskienė, Neringa; Brazaitis, Marius; Mickevičius, Mantas; Eimantas, Nerijus; Kamandulis, Sigitas; Skurvydas, Albertas. Acute changes in tendon morphology and indirect markers of muscle damage after 200 drop-jumps // 8th Conference of Baltic Society of Sport Sciences "Sport Science for Sports Practice and Teacher's Training": Abstracts, April 22–24, 2015, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Lietuvos edukologijos universitetas, 2015, ISBN 9789955209881. p. 52–53.
  6. Mickevičius, Mantas; Rutkauskas, Saulius; Kamandulis, Sigitas; Skurvydas, Albertas. Ultrasonographic findings in young baseball pitchers // Skeletal radiology : 23rd Annual Scientific Meeting of the European Society of Musculoskeletal Radiology (ESSR): Zurich, Switzerland, June 9–11, 2016 : abstracts Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. ISSN 0364-2348. 2016, vol. 45, no. 6, p. 1–1.
  7. Muanjai, Pornpimol; Jones, David A.; Mickevičius, Mantas; Satkunsienė, Danguolė; Sniečkus, Audrius; Rutkauskaitė, Renata; Kamandulis, Sigitas. Benefits and possible risks of stretching to the point of pain: a 4 week training study / P. Muanjai, D. A. Jones, M. Mickevicius, D. Satkunskiene, A. Snieckus, R. Rutkauskaite, S. Kamandulis // Multiplicity of sports science in practice : abstracts of the 10th conference of the Baltic Sport Science Society, Riga, Latvia, 26-28 April 2017. Riga: Latvian academy of sport education, 2017, ISBN 9789934520334. p. 56–56.
  8. Pornpimol, M., Jones, D. A., Mickevičius, M., Satkunsienė, D., Sniečkus, A., Skurvydas, A., Kamandulis, S. (2017). The acute benefits and risks of passive stretching to the point of pain. *European journal of applied physiology*, 117(6), 1217–1226. doi: 10.1007/s00421-017-3608-y
  9. Pornpimol, M., Jones, D. A., Mickevičius, M., Satkunsienė, D., Sniečkus, A., Rutkauskaitė, R., Mickevičienė, D., Kamandulis, S. (2017). The effects of 4 weeks stretching training to the point of pain on flexibility and muscle tendon unit properties. *European journal of applied physiology*, (00), 1–13. doi: 10.1007/s00421-017-3666-1