

**LIETUVOS KŪNO KULTŪROS AKADEMIJA  
SPORTO BIOMEDICINOS FAKULTETAS  
TAIKOMOSIOS FIZIOLOGIJOS IR KINEZITERAPIJOS KATEDRA  
  
KINEZITERAPIJOS STUDIJŲ PROGRAMA**

**EGIDIJUS ŽILINSKAS**

**BLAUZDĄ LENKIANČIŲ, TIESIANČIŲ RAUMENŲ  
TARPUSAVIO JĖGOS MOMENTO SANTYKIS BEI  
IZOKINETINĖS IR IZOMETRINĖS JĖGOS MOMENTO  
POKYTIS PRIEŠ OPERACIJĄ IR PO REABILITACIJOS  
ESANT PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO PLYŠIMUI**

**MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS**

Darbo vadovas: dr. N. Masiulis

KAUNAS 2010

## PATVIRTINIMAS APIE ATLIKTO DARBO SAVARANKIŠKUMĄ

Patvirtinu, kad įteikiamas magistro baigiamasis darbas (*pavadinimas*).....

1. Yra atliktas mano paties/pačios;
2. Nebuvo naudotas kitame universitete Lietuvoje ir užsienyje;
3. Nenaudojau šaltinių, kurie nėra nurodyti darbe, ir pateikiu visą panaudotos literatūros sąrašą.

.....  
(*data*)

.....  
(*autorius vardas pavardė*)

.....  
(*parašas*)

### PATVIRTINIMAS APIE ATSAKOMYBĘ UŽ LIETUVIŲ KALBOS TAISYKLINGUMĄ ATLIKTAME DARBE

Patvirtinu lietuvių kalbos taisyklingumą atliktame darbe.

.....  
(*data*)

.....  
(*autorius vardas pavardė*)

.....  
(*parašas*)

### MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO VADOVO IŠVADOS DĖL DARBO GYNIMO

.....  
(*data*)

.....  
(*vadovo vardas pavardė*)

.....  
(*parašas*)

**Magistro baigiamasis darbas aprobuotas profilinėje katedroje:**

.....  
(*aprobacijos data*)

.....  
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus vardas, pavardė*)

.....  
(*parašas*)

**Magistro baigiamasis darbas yra patalpintas į ETD IS**

.....  
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus parašas*)

**Magistro baigiamojo darbo recenzentas:**

.....  
(*vardas, pavardė*)

.....  
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus parašas*)

**Magistro baigiamųjų darbų gynimo komisijos įvertinimas:**

.....  
(*data*)

.....  
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus vardas, pavardė*)

.....  
(*parašas*)

# TURINYS

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SANTRUMPOS .....                                                                                                                                       | 4  |
| SANTRAUKA .....                                                                                                                                        | 5  |
| SUMMARY .....                                                                                                                                          | 7  |
| ĮVADAS .....                                                                                                                                           | 8  |
| 1. LITERATŪROS APŽVALGA .....                                                                                                                          | 10 |
| 1.1. Kelio sąnario priekinio kryžminio raiščio anatomija, svarba, funkcija .....                                                                       | 10 |
| 1.2. Priekinio kryžminio raiščio pažeidimai .....                                                                                                      | 11 |
| 1.3. Gretutiniai pažeidimai, pakitimai esant priekinio kryžminio raiščio pažeidimui .....                                                              | 12 |
| 1.3.1. Meniskų pažeidimai .....                                                                                                                        | 13 |
| 1.3.2. Kelio sąnario kremzlės sužalojimai .....                                                                                                        | 14 |
| 1.4. Priekinio kryžminio raiščio ištyrimas ir vertinimas .....                                                                                         | 15 |
| 1.4.1. Lachmano testas .....                                                                                                                           | 15 |
| 1.4.2. Priekinio stalčiaus testas .....                                                                                                                | 16 |
| 1.4.3. Magnetinė branduolių rezonanso tomografija .....                                                                                                | 17 |
| 1.5. Priekinio kryžminio raiščio operacinis gydymas .....                                                                                              | 18 |
| 1.6. Reabilitacija ir kineziterapija po priekinio kryžminio raiščio operacijos .....                                                                   | 19 |
| 1.7. Jėgos momentas, sąvoka ir apibrėžimas .....                                                                                                       | 21 |
| 2. TYRIMO METODIKA IR ORGANIZAVIMAS .....                                                                                                              | 24 |
| 2.1. Tiriamieji .....                                                                                                                                  | 24 |
| 2.2. Tyrimo metodai .....                                                                                                                              | 24 |
| 2.3. Tyrimo organizavimas .....                                                                                                                        | 25 |
| 2.4. Taikyta reabilitacinė programa .....                                                                                                              | 30 |
| 3. TYRIMO REZULTATAI .....                                                                                                                             | 33 |
| 3.1. Blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų izometrinės ir izokinetinės tarpusavio jėgos momento santykis prieš operaciją ir po reabilitacijos ..... | 33 |
| 3.2. Izometrinės jėgos momento rezultatai prieš operaciją ir po reabilitacijos .....                                                                   | 34 |
| 3.3. Izokinetinės jėgos momento rezultatai prieš operaciją ir po reabilitacijos .....                                                                  | 36 |
| 4. REZULTATŲ APTARIMAS .....                                                                                                                           | 40 |
| IŠVADOS .....                                                                                                                                          | 43 |
| LITERATŪRA .....                                                                                                                                       | 44 |
| PRIEDAI .....                                                                                                                                          | 49 |

## **SANTRUMPOS**

PKR – priekinis kryžminis raištis

DPPKR – dviejų pluoštų priekinė kryžminė rekonstrukcija

VPPKR – vieno pluošto priekinė kryžminė rekonstrukcija

# BLAUZDĄ LENKIANČIŲ, TIESIANČIŲ RAUMENŲ TARPUSAVIO JĖGOS MOMENTO SANTYKIS BEI IZOKINETINĖS IR IZOMETRINĖS JĖGOS MOMENTO POKYTIS PRIEŠ OPERACIJĄ IR PO REABILITACIJOS ESANT PRIEKINIO KRYŽMINIO RAIŠČIO PLYŠIMUI

## SANTRAUKA

**Raktiniai žodžiai:** priekinis kryžminis raištis, rehabilitacija, jėgos momentas.

**Tyrimo objektas:** blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykis bei jėgos momentas prieš operaciją ir po rehabilitacijos asmenų patyrusių kelio sąnario priekinio kryžminio raiščio plyšimą.

**Tyrimo problema.** Tai dažniausiai pasitaikanti kelio sąnario trauma, turinti neigiamos įtakos sąnario struktūrai, gretutinių audinių ir struktūrų pokyčiams. Ištikus tokiai traumai dažniausiai netinkamai parenkama po-operacinė rehabilitacija. Dėl jos sklandumo ar kokybės trūkumo žmogus pilnai nepasveiksta, tai padidina riziką vėl pasikartoti šiai traumai. Yra pakankamai sudėtinga parinkti rehabilitacijos programą, tad atliekami tyrimai ir jų duomenų analizavimas vienas iš būdų sprendžiant šią problemą.

**Darbo tikslas:** nustatyti blauzdą lenkiančių, tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykį bei izometrinės ir izokinetinės jėgos momento pokytį prieš operaciją ir po rehabilitacijos esant priekinio kryžminio raiščio plyšimui.

### Uždaviniai:

1) nustatyti ir palyginti izometrinį ir izokinetinį blauzdą tiesiančių, lenkiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykį prieš operaciją ir po rehabilitacijos esant priekinio kryžminio raiščio plyšimui.

2) nustatyti ir palyginti blauzdą tiesiančių, lenkiančių raumenų izometrinės ir izokinetinės jėgos momentą prieš operaciją ir po rehabilitacijos esant priekinio kryžminio raiščio plyšimui.

**Tyrimo metodika:** tyrimas buvo atliekamas Lietuvos Kūno Kultūros Akademijoje, žmogaus motorikos laboratorijoje, nuo 2009 metų sausio mėnesio iki 2009 metų birželio mėnesio. Vieną kartą per savaitę buvo testuojamas vienas tiriamasis, užsiėmimas truko nuo 1 iki 1,5 valandos.

Tyrimo dalyvavo 10 fiziškai aktyvių vyrų po kelio sąnario priekinio kryžminio raiščio plyšimo. Tiriamųjų amžiaus vidurkis  $30,1 \pm 9,7$  metų, svoris –  $94,4 \pm 11,8$  kg, ūgis –  $183,9 \pm 8,8$  cm. Buvo pažeista dešinė visų tiriamųjų koja.

Tolimesni tyrimai raumenų jėgai ir jos momentui vertinti buvo atliekami naudojant izokinetinį dinamometrą – „Biodex“.

**Išvados:**

1. Blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų izometrinės jėgos momento tarpusavio santykis prieš operaciją ir po reabilitacijos nepakito, tačiau izokinetinės jėgos momento blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų tarpusavio santykis pažeistos kojos po reabilitacijos reikšmingai padidėjo prie mažo greičio.

2. Izometrinės ir izokinetinės jėgos momentai blauzdą tiesiančių, lenkiančių raumenų buvo nustatyti mažesni po reabilitacijos nei prieš operaciją.

# **RATIO BETWEEN MUSCLES' PEAK TORQUE AND ALTERATION OF ISOMETRIC AND ISOKINETIC PEAK TORQUE OF KNEE FLEXORS AND EXTENSORS AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT TEAR BEFORE SURGERY AND AFTER REHABILITATION**

## **SUMMARY**

**Keywords:** anterior cruciate ligament, rehabilitation, peak torque.

**Research object:** Ratio between muscles' peak torque and peak torque of knee flexors and extensors in persons after anterior cruciate ligament tear.

**Research problem:** It is the most common injury in the knee joint having a negative impact on the joint structure, changes of the related tissues and structures. Post-operative rehabilitation after such injury is mostly applied poorly. Human does not recover completely because of lack of facility or quality in rehabilitation – this increases the risk of recurrence for this injury. It is difficult to choose a special rehabilitation program, so performing researches in this study and analysis of researches is the best way to solve this problem

**The aim of research:** To determine the ratio between muscles' peak torque and alteration of isometric and isokinetic peak torque of knee flexors and extensors after anterior cruciate ligament tear before surgery and after rehabilitation.

**Goals of research:** 1. To determine and compare isometric and isokinetic peak torque ratio between knee flexors and extensors before surgery and after rehabilitation after anterior cruciate ligament tear. 2. To determine and compare isometric and isokinetic peak torque of knee flexors and extensors before surgery and after rehabilitation after anterior cruciate ligament tear.

**Methods:** The study was carried out in Lithuanian Academy of Physical Education, Human Motorics Laboratory from 2009 January to June 2009. One person was tested once a week; session length was 1 to 1.5 hours.

The study involved 10 physically active non-trained men after anterior cruciate ligament tear. The mean age was  $30.1 \pm 9.7$  years, weight -  $94.4 \pm 11.8$  kg, height -  $183.9 \pm 8.8$  cm. All subjects had lesion in their right leg. Further investigations of muscle power and torque were carried out using the isokinetic dynamometer – Biodex.

### **Conclusions:**

1. Isometric peak torque ratio of knee flexors and extensors did not change before surgery and after rehabilitation but isokinetic peak torque ratio of injured knee flexors and extensors significantly increased after rehabilitation at low speed. 2. Isometric and isokinetic peak torques of knee flexors and extensors were established lesser after rehabilitation than before surgery.

## IVADAS

Kelio sąnario raiščių pažeidimai dažni tarp jaunų žmonių, ypač sportininkų: krepšininkų, futbolininkų, slidininkų. Pažeidimas riboja darbingumą, normalią kelio sąnario funkciją: pacientą vargina skausmas, sąnario patinimas, sunkesniais atvejais vystosi kelio sąnario nestabilumas, todėl didėja artrozės išsivystymo rizika. Gydymas priklauso nuo to, koks raiščio pažeidimas: izoliuotas ar kombinuotas. Izoliuoti pažeidimai dažniausiai gydomi konservatyviai, kombinuotus pažeidimus rekomenduojama gydyti chirurginiu būdu. Po chirurginio gydymo labai svarbi ankstyva ir taisyklinga kineziterapija, kurios pagrindiniai tikslai: visiškas ir saugus operuoto kelio sąnario paslankumo, raumenų jėgos, sutrikusių biosocialinių funkcijų atkūrimas, taisyklinga judėjimo biomechanika (Lenčiauskienė, 2008).

Kelio sąnario kryžminių raiščių pažeidimai patiriami varžybų ar treniruočių metu beveik visda užkerta kelią sėkmingai sportininko karjerai. Žymiausi pasaulio mokslininkai bei sporto traumatologijos specialistai ieško būdų, kaip kuo efektyviau ir greičiau grąžinti sportininką į aktyvų sportinį gyvenimą ir sportinę karjerą.

Priekinis kryžminis raištis (toliau – PKR) pažeidžiamas 30 kartų dažniau nei užpakalinis. Kasmet JAV įvyksta daugiau kaip 95 tūkst. PKR traumų. Kiekvienais metais padaroma apie 50–65 tūkst. PKR rekonstravimo operacijų (Griffin, 2000).

Kryžminiai raiščiai pažeidžiami tiesioginio sąlyčio metu, tačiau dažnai šie raiščiai pažeidžiami staiga sustojus, keičiant bėgimo kryptį, kai dangos paviršius nelygus nušokant ant vienos kojos arba staiga pasukus koją per kelio sąnarį, kai čiurnos sąnarys fiksuotas (Yu & Garrett, 2007).

Moterys tokias traumas patiria 2,4–9,7 karto dažniau nei vyrai. PKR traumų rizika moterims ovuliacijos metu padidėja tris kartus. Tai siejama su padidėjusiu estrogeno išsiskyrimu ir su tuo susijusiu sąnario elastingumu bei sumažėjusiu aplink kelio sąnarį esančių šlaunies raumenų elastingumu (Arendt & Dick, 1995).

Tad yra labai svarbu ankstyvos reabilitacijos metu po kelio sąnario kryžminių raiščių pažeidimų nustatyti blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykį, nes tai turi didelės įtakos reabilitacijos sklandumui (Gudas ir kt., 2002).

**Tyrimo svarba:** neaptikome duomenų apie izokinetinės ir izometrinės jėgos momentų palyginimus prieš operaciją, o taip pat nėra duomenų apie izokinetinės ir izometrinės blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykių palyginimus, esant priekinio kryžminio raiščio nuplyšimui prieš operaciją ir po reabilitacijos.



**Tyrimo objektas:** blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykis bei blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų jėgos momentas prieš operaciją ir po reabilitacijos asmenų, patyrusių kelio sąnario priekinio kryžminio raiščio plyšimą.

**Tyrimo problema.** Tai dažniausiai pasitaikanti kelio sąnario trauma, turinti neigiamos įtakos sąnario struktūrai, gretutinių audinių ir struktūrų pokyčiams. Ištikus tokiai traumai dažniausiai netinkamai parenkama po-operacinė reabilitacija. Dėl jos sklandumo ar kokybės trūkumo žmogus pilnai nepasveiksta, tai padidina riziką vėl pasikartoti šiai traumai. Yra pakankamai sudėtinga parinkti reabilitacijos programą, tad tyrimų gausa ir duomenų analizavimas vienas iš būdų sprendžiant šią problemą.

**Darbo tikslas:** nustatyti blauzdą lenkiančių, tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykį bei izometrinės ir izokinetinės jėgos momento pokytį prieš operaciją ir po reabilitacijos esant priekinio kryžminio raiščio plyšimui.

**Uždaviniai:**

1) nustatyti ir palyginti izometrinį ir izokinetinį blauzdą tiesiančių, lenkiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykį prieš operaciją ir po reabilitacijos esant priekinio kryžminio raiščio plyšimui.

2) nustatyti ir palyginti blauzdą tiesiančių, lenkiančių raumenų izometrinės ir izokinetinės jėgos momentą prieš operaciją ir po reabilitacijos esant priekinio kryžminio raiščio plyšimui.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1. Kelio sąnario priekinio kryžminio raiščio anatomija, svarba, funkcija

Kelio sąnarys – didžiausias žmogaus kūne pagal kapsulės dydį ir sąnarių paviršių plotą. Jis skirtas atraminei kojos funkcijai ir didelei judesių amplitudei (Petrulis ir kt., 1997). Šį sąnarį sutvirtina pagrindiniai raiščiai – kryžminiai ir šalutiniai bei girnelės raištis.

Sąnarinė ertmė dalijama į kelis, tarpusavyje susisiekiančius skyrius: vidinį ir išorinį blauzdikaulinį šlaunikaulio bei girdelinį šlaunikaulio. Juos skiria sagitalinė pertvara – pogirdelinė klostė ir kryžminiai raiščiai, ir horizontalinė – abu meniskai.

Kelio sąnarį sustiprina gausūs raiščiai, kurie svarbūs sąnario statikai ir dinamikai. Priekiniai raiščiai yra keturgalvio šlaunies raumens sausgyslės tęsinys. Girnelės raištis eina nuo girnelės prie blauzdikaulio šiurkštumos ir perduoda raumens jėgą į blauzdikaulį. Šalutiniai raiščiai stabilizuoja sąnarį frontaliajoje plokštumoje ir neleidžia keliui lankstytis į šalis. Dėl jų įtempimo, ištiesus keli, negalima blauzdos rotacija – ji įmanoma tik sulenkus keli, kai šie raiščiai atsipalaiduoja. Kryžminiai raiščiai persikryžiuodami jungia šlaunikaulį su blauzdikauliu. Abu raiščiai yra maždaug išilginėje kojos ašyje ir dėl to vienodai įsitempę. Esant įvairioms kelio sąnario padėtimis, jie neleidžia išsiskirti šlaunikauliui su blauzdikauliu, bet netrukdo atlikti sukamųjų judesių (Pavilonis ir kt., 1984).

Kelio sąnario mechanika. Šis krumplinis sąnarys leidžia daryti judesius per vertikalią ir skersinę ašis. Vertikali ašis eina išilgai kojos. Blauzdos sukimasis apie ašį galimas tik sulenkus koją per kelio sąnarį, kada suartėja šalutinių raiščių prisitvirtinimo taškai (raiščiai atsipalaiduoja). Sulenkus keli 90°, sukimosi amplitudė pasiekia 50°; sulenkus 120°–60°, iš jų posūkiui į vidų tenka 5-10°, į išorę - 50°. Kryžminiai raiščiai stabdo kelio sukimąsi į vidų (Petrulis ir kt., 1997).

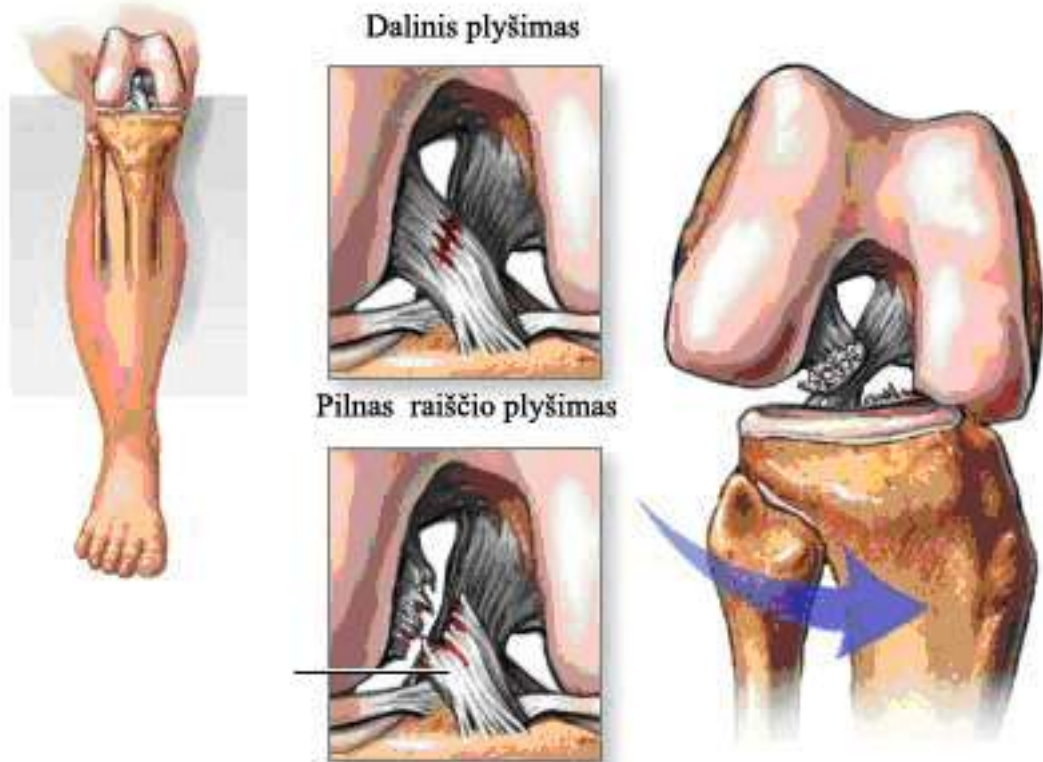
Skersinė ašis eina per šlaunikaulio krumplius, statmenai į išilginę kojos ašį. Lenkimo pradžioje blauzdikaulis slysta per šlaunikaulio krumplius. Sulenkus keli 20° kampu, kryžminiai raiščiai sustabdo slydimą, prasideda riedėjimas. Lenkimo judesio amplitudė yra apie 130°. Tačiau jauni žmonės, sportininkai toliau dar gali pasyviai (pavyzdžiui, rankomis) prispausti blauzdą prie šlaunies. Tada lenkimas pasiekia 160°. Tiesimas baigiasi koją ištiesus. Jį sustabdo kapsulės ir raiščių įtempimas. Kai kurių žmonių kelio sąnariai yra hipermobilūs (padidėjusi hiperekstenzija), tada sąnarys sudaro atvirą kampą į priekį (iki 60°). Tai išriestas kelio sąnarys į kitą pusę (Pavilonis ir kt., 1984).

Priekinis kryžminis raištis (toliau – PRK) – tai vienas iš svarbiausių kelio sąnario raiščių. Pagrindinė jo funkcija – stabilizuoti kelio sąnarį. Po menisko plyšimo, pagal traumos dažnumą, PKR plyšimas yra antroje vietoje (Kurt et al., 2008).

Šio raiščio svarba yra labai aktuali, nes plyšęs ir negydomas kelio raištis vėliau gali sukelti kitų kelio sąnario struktūrų degeneracinius pakitimus ir traumas, tokių kaip kelio menisko, kremzlės pažeidimus, taip pat padidina kelio artrozės riziką. Fiziškai aktyviems pacientams, kuomet konservatyvus gydymas yra neefektyvus, rekomenduojama atlikti PKR rekonstrukcijos operaciją (Kurt et al., 2008).

## 1.2. Priekinio kryžminio raiščio pažeidimai

Kelio sąnario kryžminių raiščių plyšimas turi esminės įtakos sąnario būklei ir stabilumui (Clancy & Sutherland, 1994). Šiuo požiūriu ypač reikšmingas PKR. Šio raiščio plyšimai yra dažniausi kelio sąnario raiščių pažeidimai (1 pav.). JAV kiekvienais metais diagnozuojama 95 tūkstančiai naujų PKR plyšimo atvejų (Vitkus ir kt., 2002). Daugeliu atvejų trauma įvyksta sportuojant.



**1 pav.** Dalinis ir pilnas priekinio kryžminio raiščio plyšimas

PKR traumos mechanizmas yra nekontaktinis sukimosi judesys, susijęs su krypties pasikeitimu bei neteisingu nusileidimu (Ginty et al., 2000). Raištis taip pat pažeidžiamas sporto traumų metu. PKR trauma dažnai įvyksta pažeidžiant kartu ir kitas kelio sąnario struktūras, tokias kaip šalutiniai raiščiai bei vidinis meniskas.

Neoperuotame kelio sąnaryje PKR pasyviai priešinasi 85 proc. priekiniam blauzdos slinkimui. Kai PKR pažeidžiamas, jis būna apie 8 mm labiau atsipalaidavęs nei sveiko kelio sąnario PKR. Kartu su sulenktu, „užrakintu“ kelio sąnariu užpakalinė kapsulė, šalutiniai raiščiai nebesugeba pasipriešinti priekiniam blauzdos slinkimui (Neumann et al., 2002).

Taip pat PKR trauma gali įvykti, kai pėda remiasi į žemę, o kelio sąnaryje įvyksta hiperekstenzija. Didelės keturgalvio šlaunies raumens jėgos šiuo atveju gali tik padidinti traumą. Tokia hiperekstenzija kartu su PKR trauma dažnai pažeidžia šalutinius raiščius bei užpakalinę kapsulę. Dažniausiai PKR vidurinė dalis (75 proc.), rečiau plyšta nuo šlaunikaulio (20 proc.), o dar rečiau – nuo blauzdikaulio (5 proc.) (Wojtys & Huston, 2000).

#### **Būdingi PKR plyšimo požymiai (ūmi stadija):**

1. stiprus skausmas;
2. pokštelėjimas traumos metu;
3. ūmus kelio sąnario tinimas;
4. negalima atrama;
5. laisvumas testuojant (priekinio „stalčiaus“ testas, Lachmano testas).

#### **Būdingi plyšimo požymiai (lėtinė stadija):**

1. ankstesnė ūmi stadija;
2. funkcinis nestabilumas;
3. laisvumas testuojant;
4. kelio sąnario judesių apribojimas.

Taigi PKR pažeidimai sukelia priekinį–šoninį nestabilumą, skausmą, dėl kurio sumažėja fizinis aktyvumas, pablogėja gyvenimo kokybė. Sumažėjus krūviui, silpsta ir pamažu atrofuoja šlaunies raumenys, o tai turi reikšmės simptomų išryškėjimui (Šaikus ir Jauniškis, 2001).

### **1.3. Gretutiniai pažeidimai, pakitimai esant priekinio kryžminio raiščio pažeidimui**

Mažiau kaip 10 proc. visų PKR plyšimų įvyksta be papildomų kelio sąnario pažeidimų. Kartu su PKR plyšimu 60–75 proc. atvejų įvyksta meniskų pažeidimai; sąnarinės kremzlės sužalojimai įvyksta iki 46 proc. atvejų (Noyes et al., 1980; Piasecki et al., 2003; Bowers et al., 2005), sąnario kaulinių struktūrų sužalojimai įvyksta iki 80 proc. atvejų (Vallet et al., 1991; Kaeding et al., 2005) ir kitų kelio sąnario raiščių plyšimai (vidinio ir šoninio) įvyksta nuo 5 iki 24 proc. atvejų (Vallet et al., 1991; Bowers et al., 2005; Benjaminse et al., 2006).

Be to, kaip teigia, P. Kurt ir kiti (2008), PKR plyšimai žymiai padidina ankstyvą kelio sąnario osteoartritą. Apskaičiuota, jog osteoartritas išsivysto 50 proc. asmenų, turėjusių PKR plyšimus, po pažeidimo praėjus 10–20 metų (DeHaven, 1980; Beynnon et al., 2005; Lohmander et al., 2007).

### 1.3.1. Meniskų pažeidimai

Jau įrodyta, kad normaliai kelio sąnario funkcijai meniskai yra vieni pagrindinių anatominių struktūrų (Gillquist & Messner, 1993; Cannon & Morgan, 1994). Aprašyta daug meniskų funkcijų, dauguma patvirtintos eksperimentais, dalis remiasi tik teoriniais samprotavimais. Žinoma, kad meniskai užpildo sąnarinius paviršius ir taip kompensuoja kongruentiškumo trūkumus tarp šlaunikaulio ir blauzdikaulio krumplių. Be to, sąnario lenkimo metu meniskai neleidžia sąnarinei kapsulei įlįsti į sąnarinį tarpą. Taigi meniskai yra vieni svarbiausių kelio sąnario stabilizatorių, ypač sukamųjų judesių metu (Gillquist & Messner, 1993; Mooney & Rosenberg, 1993; Cannon & Morgan, 1994). Jie taip pat dalyvauja sąnarinės kremzlės mitybos procesuose judesių metu. Sąnario apkrovos metu meniskai padidina kontaktinius paviršius ir taip sumažina apkrovą, tenkančią sąnarinės kremzlės chondrocitams. Kartais pažeisto menisko dalį ar net visą meniską reikia šalinti (2 pav).



**2 pav.** Menisko pažeidimas, kurį reikėtų siūti arba apkarpyti atliekant artroskopinę operaciją

Daugelio studijų duomenimis, pašalinus meniskus, tiriant rentgenologiškai po dvejų metų randami sąnarinio tarpo susiaurėjimai, krumplių suplokštėjimai ir susiformavę osteofitai (Morgan et al., 1989). Tai paaiškinama tuo, kad sumažėja atraminius krūvius sugeriančio sąnarinio paviršiaus plotas ir sąnarinė kremzlė neatlaiko jai tenkančių neįprastų krūvių, dėl to vyksta sąnario degeneracija (O'Donnell et al., 1993; Rangger et al., 1995).

### 1.3.2. Kelio sąnario kremzlės sužalojimai

Sąnarinė kremzlė yra plona, lygi ir aukšto elastingumo slenksčio medžiaga. Kremzlė pasižymi ypač geromis atsparumo spaudimui charakteristikomis. Fiziologinė ir mechaninė kremzlės struktūrinių komponentų sąveika užtikrina normalų jos funkcionavimą ir apsaugo nuo ankstyvo susidėvėjimo. Tačiau ir nedideli sąnarių paviršių pažeidimai suardo fiziologinę ir biocheminę kremzlinio audinio vientisumą, dėl to prasideda degeneraciniai procesai (Sack, 1995).

Sąnarinės kremzlės funkcijos:

- 1) atsparumas smūgio jėgai bei tolygus paskirstymas;
- 2) švelnaus sąnarių paviršių kongruentiškumo užtikrinimas;
- 3) sąnarių paviršių sutepimas.

Kremzlės lygumas ir storis skirtingose sąnario vietose yra nevienodas ir priklauso nuo svorio jėgų veikimo charakteristikų tose vietose. Nebūdingi tam sąnariui patologiniai judesiai turi tiesioginę įtaką kremzlinių paviršių pažeidimui. Kremzliniai defektai gali sukelti įvairaus intensyvumo skausmą, nestabilumo jausmą, sąnarių sustingimą ir apriboti funkciją. Šie pažeidimai iš pradžių dažniausiai būna besimptomiai. Šiuo metu žinoma, kad pažeista kremzlė visiškai neregeneruoja. Tą nulemia ribotas subrendusių chondrocitų gebėjimas sintezuoti tarpląstelinę medžiagą ir nervinio saviregulavimo stygius (Gudas ir kt., 2002).

Regeneracija yra naujo audinio formavimasis sąveikaujant su aplinkinėmis struktūromis.

Pažeidimo metu visos organizmo struktūros panašiai atsako į pataloginį procesą, nors atskiri organai turi specifinių skirtumų. Į pažeidimo vietą patenkančios ląstelės yra atsakingos ne tik už nekrozinę medžiagų pašalinimą, bet ir už naujų, t.y. specifinių ląstelių komponentų gamybą. Šios ląstelės į pažeidimo vietą patenka dauginantis ir transformuojantis toje pačioje vietoje esančioms ląstelėms, migruojant defekto vietos ląsteliniams komponentams arba ląstelės patenka su krauju. Į pažeidimo vietą su krauju patenka pagrindinės bioaktyviosios molekulės, užtikrinančios gijimui reikiamą biocheminę ir fiziologinę aplinką. Išskirtos trys reakcijos fazės į pažeidimą: 1) nekrozė; 2) uždegiminė; 3) gijimo (Gudas ir kt., 2002).

Kremzlės reakcija į uždegimą skiriasi nuo standartinio modelio. Ji turi ribotas gijimo ir regeneracijos galimybes. Tą nulemia bloga kremzlės kraujotaka, inervacijos stygius ir nedidelis chondrocitų kiekis, išsidėstęs tankioje tarpląstelinėje medžiagoje. Kremzlinis audinys neturi įprastinio uždegiminio atsako į kraujosruvą, todėl ląsteliniai komponentai sunkiai patenka į pažeidimo vietą. Šį patekimą riboja tvirta tarpląstelinės medžiagos struktūra. Chondrocitai taip pat išsidėstę tarpląstelinėje medžiagoje, o tai gerokai riboja jų patekimą į pažeidimo vietą (Gudas ir kt., 2002).

## 1.4. Priekinio kryžminio raiščio ištyrimas ir vertinimas

PKR pažeidžiami 30 kartų dažniau nei užpakaliniai (Wimmer, 2004). Kryžminiai raiščiai pažeidžiami tiesioginio sąlyčio metu, tačiau dažnai šie raiščiai pažeidžiami staiga sustojus, keičiant bėgimo kryptį, kai dangos paviršius nelygus nušokant ant vienos kojos arba staiga pasukus koją per kelio sąnarį, kai čiurnos sąnarys fiksuotas (Yu & Garrett 2007). Plyšus PKR, jaučiamas stiprus skausmas, pokštelėjimas traumos metu, ūmus ir didelio laipsnio kelio tinimas, žmogus negali remtis koja. Todėl, norint tinkamai įvertinti traumos padarinius, reikia atlikti testus priekiniam kryžminiam raiščiui ištirti ir įvertinti – tam dažniausiai naudojami:

- Lachmano testas,
- priekinio „stalčiaus“ testas ir
- magnetinė branduolio rezonanso tomografija (Gudas ir kt., 2002).

### 1.4.1. Lachmano testas

Tyrėjas vieną ranką deda ant tiriamojo tolimojo šlaunikaulio galo virš kelio, stabilizuodamas šlaunikaulio išorinį sukimą, ir šiek tiek pakelia koją, kad kelio sąnarys būtų sulenktas 20°–30° kampu. Kita ranka uždedama ant artimojo blauzdikaulio galo, nykštys dedamas ant blauzdikaulio kaulo krašto (šiurkštumos). Artimasis blauzdikaulio galas švelniai pajudinamas pirmyn. Tyrėjas vertina kelio sąnario paslankumą aukštyn ir žemyn. Taip pat vertina kelio stabilumą švelniai sukinėję (3 pav.) (Floyd et al., 2008).



**3 pav.** Lachmano testas priekinio kryžminio raiščio plyšimui įvertinti

Lachmano testas laikomas jautriausiu ir patikimiausiu nustatant PKR pažeidimą (Hurley & McGuire, 2003).

#### 1.4.2. Priekinio stalčiaus testas

Sulenkus keli per sąnarį maždaug  $80^\circ$  kampu, yra vertinama pakinklinė sausgyslė ją palpuojant (4 pav.).



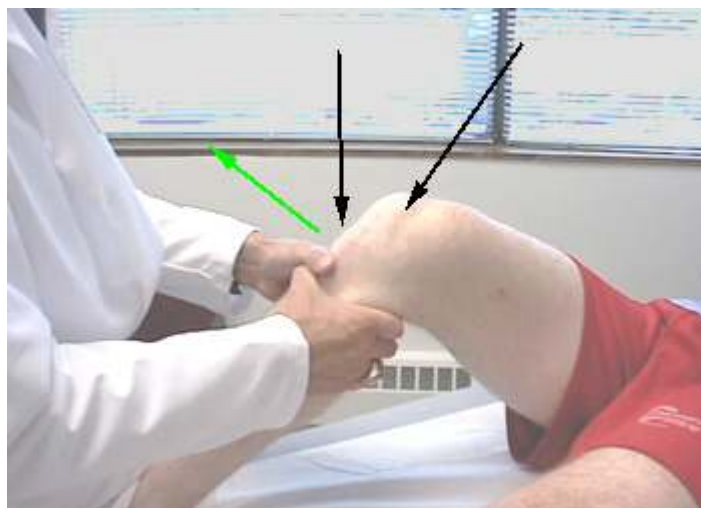
*4 pav. Priekinio „stalčiaus“ testas*

Koją stabilizavus neutralioje rotacijos padėtyje, yra suimamas tvirtai, bet švelniai blauzdikaulio artimasis galas (5 pav.). Taip suimtas blauzdikaulis yra pajudinamas pirmyn ir atgal. Akcentuojamas judesys į priekį. Norint įvertinti traumauto kelio stabilumą, toks pat testavimas atliekamas su sveikąja koja, kad būtų galima tinkamai įvertinti traumutos kojos pažeidimo lygį (6 pav.) (Maguire & Cross, 2009).



*5 pav. Priekinio „stalčiaus“ testas*





*6 pav. Priekinio „stalčiaus“ testas*

### **1.4.3. Magnetinė branduolių rezonanso tomografija**

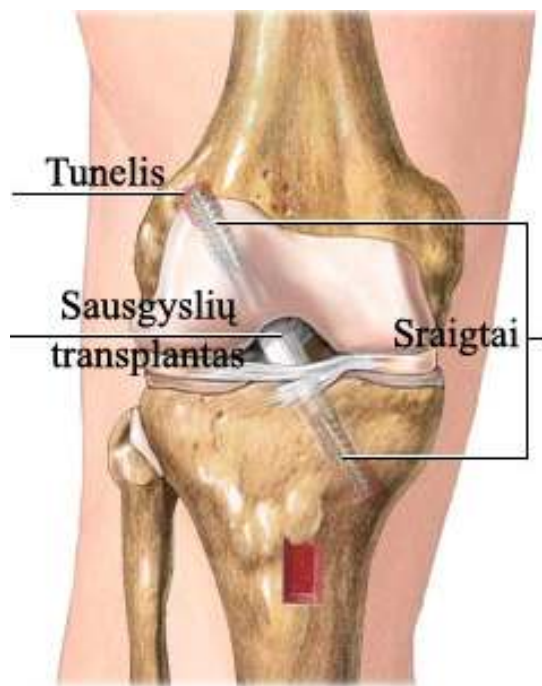
Magnetinio rezonanso tyrimas paremtas tam tikrų atomų branduolių, turinčių magnetinį momentą (t.y. neporinį protonų skaičių), savybė rezonuoti veikiant atitinkamo dažnio elektromagnetinėms bangoms. Medicininėje diagnostikoje vaizdams gauti naudojamas vandenilio branduolio magnetinio rezonanso signalas, nes jis įeina į vandens ir daugelio organinių molekulių sudėtį. Vandenilio branduolį sudaro vienas protonas, kuris sukasi apie savo ašį. Šis sukimasis (angl. spin) sukuria magnetinį lauką, kurį apibūdina vektorius (magnetinis momentas). Veikiant stipriam išoriniam magnetiniam laukui (širdies tyrimams šiuo metu naudojami 1,5 arba 3 teslų magnetinio lauko stiprumo aparatai), protonai yra orientuojami išilgai jo veikimo krypties ir jų magnetiniai momentai įgauna tam tikro dažnio precesiją (vadinamą Larmoro dažniu). Esant šiam statiniam elektromagnetiniam laukui, vandenilio branduoliai paveikiami aukšto dažnio elektromagnetinių bangų impulsais, kurių kryptis nesutampa su statinio elektromagnetinio lauko kryptimi. Šių elektromagnetinių impulsų dažnis turi būti toks pats, kaip ir vandenilio branduolių Larmoro dažnis. Tuomet jų magnetiniai momentai nukreipiami nuo nusistovėjusios magnetizacijos krypties. Nustojus veikti aukšto dažnio elektromagnetiniais impulsais, vandenilio branduolių magnetiniai momentai vėl orientuojami išilgai statinio elektromagnetinio lauko. Jiems grįžtant į ankstesniąją būseną (relaksacijos reiškinys), suteikta energija išspinduliuojama elektromagnetinių bangų pavidalu (Noll, 2001).

Šios bangos, atsirandančios protonų atsipalaidavimo metu, yra registruojamos ir panaudojamos vaizdams atkurti. Vandenilio branduoliai – priklauso nuo to, kiek jų ir kokiuose audiniuose jie yra (pvz., riebaliniame audinyje ar tekančiame kraujyje) ir koku būdu jie buvo

sužadinti, – išskiria skirtingą kiekį energijos. Be to, signalo pobūdis priklauso ir nuo jo registravimo momento. Šie skirtumai atkurtuose vaizduose pateikiami skirtingu pilkumo kontrastu (Noll, 2001).

### 1.5. Priekinio kryžminio raiščio operacinis gydymas

Stengiantis sumažinti didelio rando tikimybę vis dažniau PKR rekonstrukcijos operacijos sportininkams atliekamos naudojant šlaunies lenkiamųjų raumenų sausgyslių transplantatus, kurie pritvirtinami tirpiaisiais sraigtais viename arba dviejuose kaulo kanaluose (7 pav.) (Esser, 1993; Gaertner et al. 1993; Gillquist & Messner, 1993; Cannon et al., 1994). Kryžminio raiščio transplantą fiksuojant viename kanale, atliekama vieno pluošto (toliau – VPPKR), o fiksuojant dviejuose kanaluose – dviejų pluoštų (toliau – DPPKR) rekonstrukcija. DPPKR rekonstrukcija anatomiškai tiksliau atkuria plyšusį kryžminį raištį, tačiau dėl metodikos sudėtingumo klinikinėje praktikoje taikoma labai retai. Atliekant VPPKR rekonstrukciją, labai svarbu transplantą įsodinti į anatomiškai bei funkciškai labai tikslią kelio sąnario vietą. To nepadarius, PKR rekonstrukcija neatkurs stabilaus kelio sąnario anatomijos, nors pacientui po tokios operacijos bus šiek tiek geriau, bet aktyvios fizinės ir kontaktinės veiklos sportininkas tęsti negalės. Todėl pasaulinėje praktikoje vis dažniau atliekama DPPKR rekonstrukcija, kuri teoriškai turėtų būti pranašesnė už standartinę VPPKR rekonstrukciją. Tačiau nėra klinikinių tyrimų, įrodančių vieno ar kito PKR rekonstrukcijos metodo pranašumą.



**7 pav.** Priekinio kryžminio raiščio vieno pluošto rekonstrukcinė operacija

Iki šiol mažai tyrinėtas fiziškai aktyvių sportininkų grįžimas į buvusį fizinio aktyvumo lygį po atliktos PKR rekonstrukcijos. Šio tyrimo duomenimis, 97 ir 85 proc. atvejų pacientams po DPPKR rekonstrukcijų nustatytas normalus arba beveik normalus IKDC įvertinimo balas. Naudojant abu PKR rekonstrukcijos metodus, pasiekta vienodų kelio sąnario funkcijos pagerėjimo ir stabilumo rezultatų. Nors tyrimo rezultatai neparodė statistiškai reikšmingo klinikinių rezultatų skirtumo po vienerių metų, tačiau DPPKR rekonstrukcija užtikrina stabilesnę kelio sąnario būklę po PKR rekonstrukcijos. T. Muneta su kolegomis (1998) nenustatė statistiškai reikšmingo skirtumo tarp VPPKR ir DPPKR rekonstrukcijos, nors jie PKR transplantą fiksavo kitokiu būdu nei R. Gudas ir kolegos (2002). Tačiau tyrėjai nustatė, kad po DPPKR rekonstrukcijos kelio sąnario rotacija yra stabilesnė nei po VPPKR rekonstrukcijos (Ikeuchi, 1993). Kiti tyrėjai taip pat nerado statistiškai reikšmingų skirtumų tarp šių dviejų PKR rekonstrukcijos metodikų (Morgan et al., 1989; Gaertner et al., 1993; Mooney & Rosenberg, 1993; O'Donnell et al., 1993; Rangger et al., 1995).

Pagal R. Gudo ir kt. (2002) reabilitacijos protokolą, pacientams buvo leista atnaujinti neribojamą fizinį aktyvumą praėjus 6 ir 10 mėn. po operacijos. 29 iš 33 (88 proc.) DPPKR grupės pacientų ir 26 iš 32 (81 proc.) VPPKR grupės pacientų sėkmingai sugrįžo į buvusį sportinės veiklos aktyvumo lygį po 6,8 mėn. ir po 8,1 mėn., atitinkamai.

Buvo pastebėta tendencija, kad anksčiau į buvusią sportinę veiklą sugrįžo DPPKR grupės pacientai, todėl manoma, kad taip galėjo būti dėl geresnio rotacinio kelio sąnario stabilumo. Tačiau tikros priežastys vis dar neaiškios. Biomechaniniai tyrimai parodo, kad DPPKR rekonstrukcija užtikrina didesnę rotacinį stabilumą nei VPPKR rekonstrukcija, nors visi palyginimai atlikti taikant vieno priekinio vidinio pluošto PKR rekonstrukciją, kuri nėra anatomicinė, todėl tyrimo duomenų palyginti neįmanoma (Esser, 1993; Gaertner et al., 1993; Ikeuchi, 1993; Mooney & Rosenberg, 1993).

## **1.6. Reabilitacija ir kineziterapija po priekinio kryžminio raiščio operacijos**

Po kryžminių raiščių plastikos yra taikomos kineziterapijos procedūros. Kineziterapija – tai gydymas judesiu. Judesys yra fizinių veiksnių visumos dalis, svarbus kompleksinės fizinės medicinos ir reabilitacijos elementas. Judesiais galima pagerinti ir išlaikyti kaulų ir raumenų, širdies ir kraujagyslių, kvėpavimo ir kitų sistemų funkcinę būklę bei atgauti pažeistų organų funkciją.

Po kelio sąnario kryžminių raiščių plastikos yra taikomi tiek pasyvūs, tiek aktyvūs kineziterapijos metodai (Shelbourne & Nitz, 1990). Kineziterapijos priemonės skiriamos palaipsniui, kai pagerėja ligonio savijauta. Skiriami 4 ligos periodai (Kelly, 1996):

1. imobilizacijos periodas ( 1–2 savaitės );

2. po imobilizacijos ( 2–4 savaitės );
3. praėjus 4–6 savaitėms po traumos;
4. praėjus 6–7 savaitėms.

2005 metais Australijoje Adelaidos Universitete buvo tiriamas pratimų keturgalviui šlaunies raumeniui efektyvumas po PKR plastikos. Per pirmąsias dvi savaites po operacijos I grupėje pacientai atliko pratimus, stiprinančius šlaunies keturgalvį raumenį: tiesios kojos kėlimas ir izometrinis šlaunies keturgalvio raumens susitraukimas. II grupėje šie pratimai nebuvo daromi. Tiriamieji buvo vertinami pagal daugelį kriterijų, praėjus vienai dienai, dviem savaitėms ir vienam, trimis bei šešioms mėnesiams po operacijos. Tyrimus pradėjo 103 pacientai (iš kurių pratimus šlaunies keturgalviui raumeniui dariusių skaičius  $n=48$ , nedariusių  $n=55$ ), o tyrimą baigė 91 pacientas (iš kurių pratimus šlaunies keturgalviui raumeniui dariusių skaičius  $n=47$ , nedariusių  $n=44$ ). Pratimų, skirtų šlaunies keturgalviui raumeniui, atlikimas žymiai padidino kelio sąnario lenkimų skaičių ir padidino kelio sąnario judesių amplitudę ( $p= 0,01 - 0,04$ ). Tiriamiems pacientams, atliekantiems pratimus šlaunies keturgalviui raumeniui, buvo užfiksuotas žymiai didesnis skausmo lygis, atliekant pratimus pirmąją dieną po operacijos ( $p=0,02$ ). Praėjus šešioms mėnesiams po operacijos, pacientai, atlikę pratimus šlaunies keturgalviui raumeniui, buvo stipresni.

Izometriniai pratimai, skirti šlaunies keturgalviui raumeniui ir ištiestų kojų pakėlimai gali būti saugiai skiriami per pirmąsias dvi savaites po operacijos ir leidžia greičiau atgauti kelio sąnario judesių amplitudę ir stabilumą.

Reabilitacija yra svarbi gydymo dalis. Žinios apie sveikimo procesą ir kelio sąnario biomechaniką po traumos ir plastikos, taip pat fiziologiniai treniruočių poveikio aspektai labai svarbūs, sudarant reabilitacijos programas (Kvist, 2004). Dabartinėse reabilitacijos programose pirmiausiai taikomas kelio sąnario judesių amplitudės didinimas. Darbą su svoriais raginama pradėti jau pirmąją savaitę po PKR plastikos. Paprastai pacientams leidžiama grįžti prie lengvos sportinės veiklos, pavyzdžiui, bėgimo, praėjus 2-3 mėnesiams po operacijos, o užsiimti kontaktiniu sportu po 6 mėnesių. Daugeliu atvejų sprendimai pagrindžiami empiriniu būdu, ir reabilitacijos programos pritaikomos, atsižvelgiant į laiką, per kurį reikia grįžti į sportą (Kelly, 1996). Chirurginė invazija kartu su reabilitacija ir atitinkamai sporto šakai pritaikytais pratimais turi garantuoti kelio sąnario funkcinį stabilumą. Be to, atitinkamas raumenų stiprumas ir jėga turi būti laikomi lemiamais kriterijais. Kiti faktoriai, pavyzdžiui, kitos traumos ir socialinės bei psichologinės kliūtys taip pat gali turėti įtakos grįžimui į sportą ir į juos turi būti atsižvelgta tiek reabilitacijos metu, tiek įvertinant gydymą (Kvist, 2004).

## 1.7. Jėgos momentas, sąvoka ir apibrėžimas

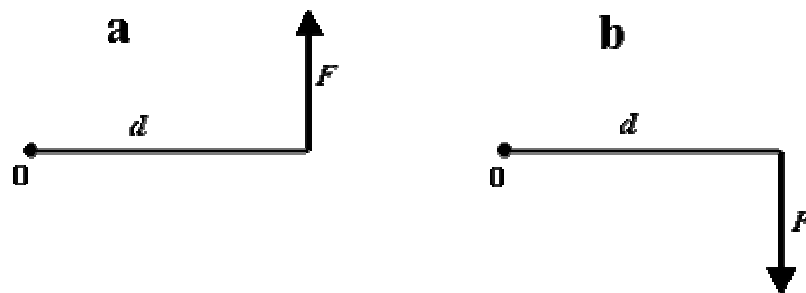
Mechanikos dydžiai – kūno masė ir jėga vartojami aprašant slenkamąjį judėjimą. Kūnui slenkant, visi jo taškai juda vienodai. Todėl tokį judėjimą galima laikyti vieno taško – jo masės centro – judėjimu. Kūnui sukantis, jo taškai, esantys skirtingu atstumu nuo sukimosi ašies, juda skirtingai. Kad jėga galėtų kūną įsukti, ji turi neiti per sukimosi ašį. Atstumas nuo sukimosi ašies iki jėgos veikimo linijos vadinamas *jėgos pečiu* ir žymimas raide  $d$ . Jėgos ir jėgos peties sandauga vadinama *jėgos momentu*  $M$ :

$$M = Fd$$

Jėgos momentas laikomas teigiamu, kai jėga sukelia posūkį prieš laikrodžio rodyklę (8a pav.) ir neigiamu – pagal laikrodžio rodyklę (8b pav.) (Muckus ir Danilevičius, 2004).

Jėgos momento matavimo vienetas – niutonmetras (Nm).

Žmogaus kūno dalys viena kitos atžvilgiu juda apie sąnarius sukamuoju judesiu. Kiekvieno raumens trauka sudaro jėgos momentą atitinkamo sąnario atžvilgiu. Išorės jėgos, veikiančios kūną, jei neina per sukimosi ašį, taip pat sukuria jėgos momentą (Muckus ir Danilevičius, 2004).



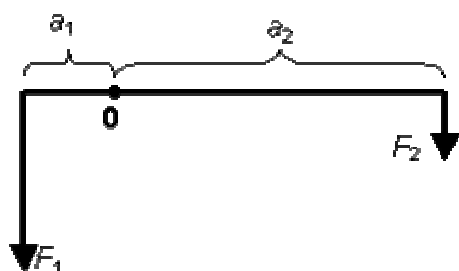
**8 pav.** Jėgos momentas: *a* — teigiamas, *b* — neigiamas (pagal K. Muckų ir J. Danilevičių, 2004, 36 p.)

**Svertai.** Kai kūną veikia keli jėgos momentai, toks mechanizmas vadinamas *svertu*. Vadinasi, žmogaus kaulai, sujungti sąnariais ir veikiami raumenų ir išorės jėgų, sudaro svertų sistemą (Muckus ir Danilevičius, 2004).

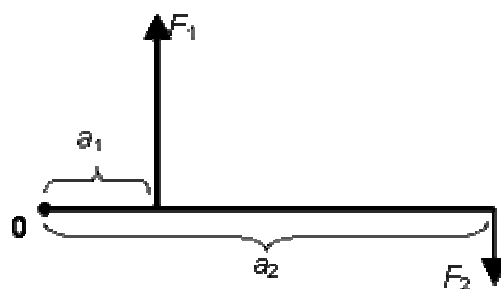
Pagal K. Muckų ir J. Danilevičių (2004), kiekvienas svertas turi tokius elementus (9 pav.):

1. atramos tašką arba sukimosi ašį;
2. jėgų veikimo taškus;
3. svertų pečius (atstumas tarp atramos taško ir jėgų veikimo taško);
4. jėgos pečius (atstumas tarp atramos taško ir jėgų veikimo linijos, t. y. statmens, nuleisto iš atramos taško į jėgos veikimo liniją, ilgis).

I rūšies svertas

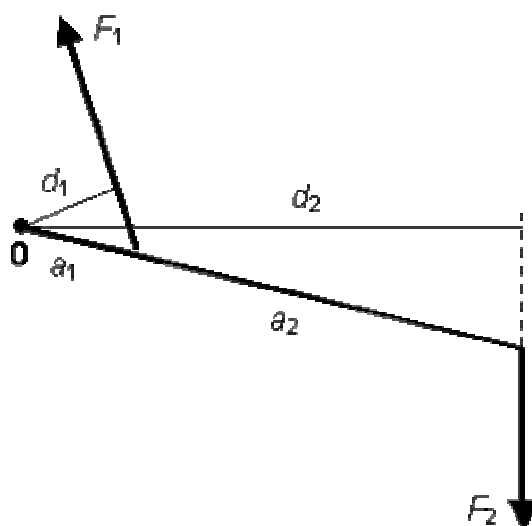


II rūšies svertas



9 pav. I ir II rūšies svertai (pagal K. Muckų ir J. Danilevičių, 2004, 36 p.)

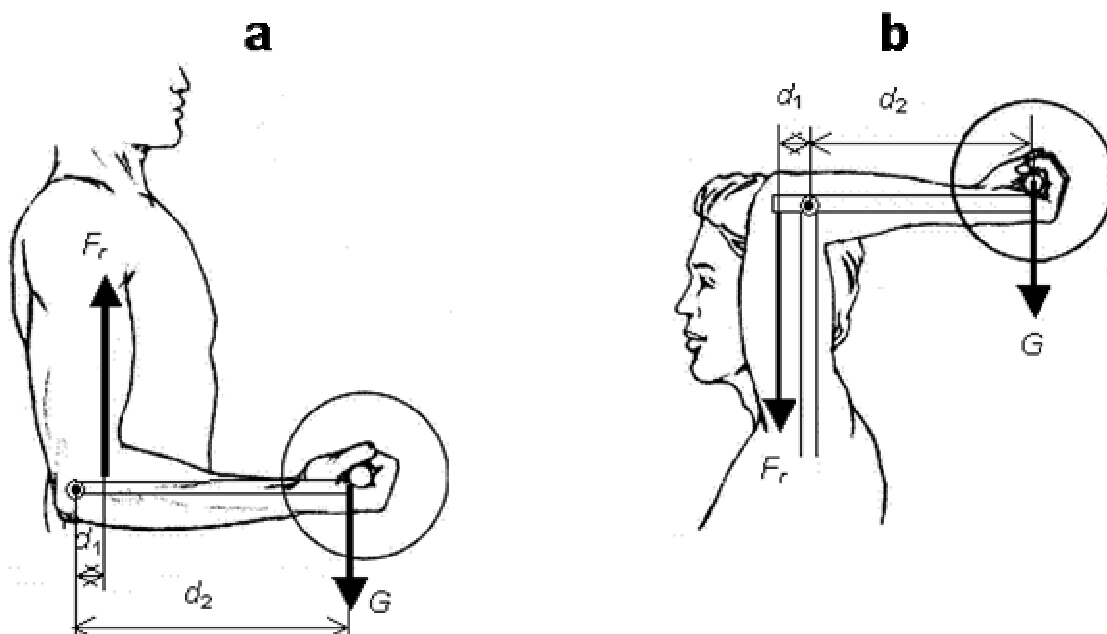
Jėgų kryptys yra statmenos sverto pečiams, todėl sverto pečiai ir jėgos pečiai sutampa. Tačiau dažnai jėgos kryptis sudaro kampą su sverto pečiu (10 pav.). Tokiu atveju jėgos petys ir sverto petys nesutampa (Muckus ir Danilevičius, 2004).



10 pav. Jėgos kryptis sudaro kampą su sverto pečiu (pagal K. Muckų ir J. Danilevičių, 2004, 36 p.)

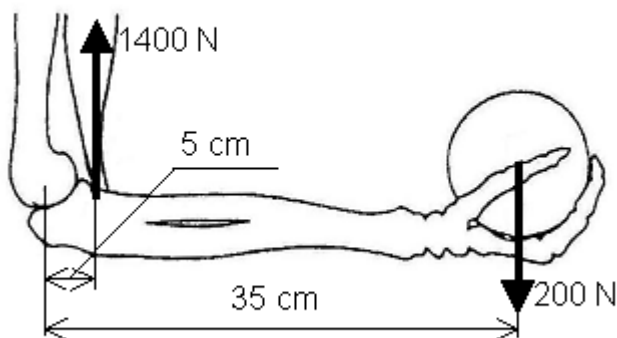
Jeigu jėgos išsidėsčiusios abiejose sverto ašies pusėse, toks svertas vadinamas dvipusiu, arba I rūšies svertu (9 pav.). Jei jėgos išsidėsčiusios vienoje sverto ašies pusėje, toks svertas vadinamas vienpusiu, arba II rūšies svertu (Muckus ir Danilevičius, 2004).

Įvairiems raumenims, pritvirtintiems skirtingose kaulo vietose, svertas gali būti skirtingų rūšių. Lenkiamųjų raumenų atžvilgiu svertas yra vienpusis, o tiesiamųjų — dvipusis (11 pav.) (Muckus ir Danilevičius, 2004).



**11 pav.** Lenkiamųjų raumenų atžvilgiu žastas yra II rūšies svertas (a), o tiesiamųjų raumenų atžvilgiu — I rūšies svertas (b) (pagal K. Muckų ir J. Danilevičių, 2004, 37 p.)

Judant biomechaniniams svertams, keičiasi jėgos veikimo peties ilgis, kartu keičiasi jėgos momento dydis. Raumenų įtempimo jėga paprastai veikia trumpąjį jėgos petį, todėl raumuo turi išvystyti didesnę jėgą už jėgą, kurią turi nugalėti raumuo. Galioja tokia svertų taisyklė: kiek laimima jėgos, tiek pralaimima kelio, ir atvirkščiai, kiek laimima kelio, tiek pralaimima jėgos. 27 pav. pateiktame pavyzdyje sverto pečių santykis yra maždaug 1:7. Vadinasi, kad išlaikytų 20 kg (200 N) svorį, raumuo turi išvystyti 1400 N jėgą (12 pav.). Tačiau kad pakeltų svorį į 7 cm aukštį, raumuo susitrauks tik 1 cm. Todėl, nepaisant didelių galūnių judėjimo amplitudžių, raumens susitraukimo amplitudė yra palyginti nedidelė (Muckus ir Danilevičius, 2004).



**12 pav.** Jėgos išvystymo mechanizmas, didėjant jėgos peties ilgiui (pagal K. Muckų ir J. Danilevičių, 2004, 37 p.)

## **2. TYRIMO METODIKA IR ORGANIZAVIMAS**

### **2.1. Tiriamieji**

Tyrimas buvo atliktas laikantis 1975 m. Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl eksperimentų su žmonėmis etikos. Pirmą kartą atvykę tiriamieji buvo supažindinami su tyrimo eiga, tikslais, metodais bei buvo prašomi užpildyti anketą (1 priedas). Tyrimo protokolas aptartas ir patvirtintas Kauno medicinos universiteto biomedicininį tyrimų etikos komiteto.

Tyrimė dalyvavo 10 fiziškai aktyvių netreniruotų vyrų, turinčių kelio sąnario priekinio kryžminio raiščio plyšimą. Tiriamųjų amžiaus vidurkis  $30,1 \pm 9,7$  metų, svoris –  $94,4 \pm 11,8$  kg, ūgis –  $183,9 \pm 8,8$  cm. Visų tiriamųjų buvo pažeista dešinė koja. Į tyrimą buvo įtraukti pacientai, kurie atitiko kriterijus:

1. Buvo atlikta izoliuota pirminė PKR rekonstrukcija (įskaitant dalinę menisko rezekciją ir menisko susiuvimą).
2. Operacijos metu nebuvo pastebėtas didesnis nei I laipsnio kremzlės pažeidimas.
3. Buvo nepažeistas priešingas kelio sąnarys.
4. Ne vyresni nei 35 metų amžiaus.
5. Ne ilgesnis nei 3 mėnesių laikotarpis nuo traumos iki operacijos.

Į tyrimą nebuvo įtraukti pacientai, kurie:

1. Ankščiau buvo patyrę bet kurio kelio traumą arba jau buvo atliktos operacijos.
2. Turėjo osteoartritą arba užpakalinio kryžminio raiščio plyšimą, lateralinio kolateralinio raiščio plyšimą, posterolateralinio komplekso plyšimą arba III<sup>o</sup> medialinio kolateralinio raiščio plyšimą.
3. Turėjo II-IV laipsnio sąnario kremzlės pažeidimą.

### **2.2. Tyrimo metodai**

Tiriamieji buvo testuojami izokinetiniu dinamometru (System 3; Biodex Medical Systems) (13 pav.).

Šį izokinetinį dinamometrą galima pavadinti ir treniruokliu ar reabilitacijos priemone, nes jo atmintyje yra užprogramuotos treniravimo bei reabilitacijos programos. Šio įrenginio funkcionalumas yra labai didelis. Šiuo įrenginiu yra dažniausiai atliekamas kojų raumenų (šlaunies) tarpusavio jėgos vertinimas tyrimas. Taip pat gali būti atliekamas blauzdos, žasto, dilbio ir dar



daugelio kitų raumenų grupių vertinimas. Visi duomenys yra užfiksuojami izokinetinio dinamometro kietajame diske. Jėga, kurią išvysto tiriamieji, yra matuojama niutonmetrais (Nm). Niutonmetrais yra matuojamas sukimo momentas. 100 g masei veikiant 1 m atstumu nuo sukimosi centro gaunamas 1 Nm.



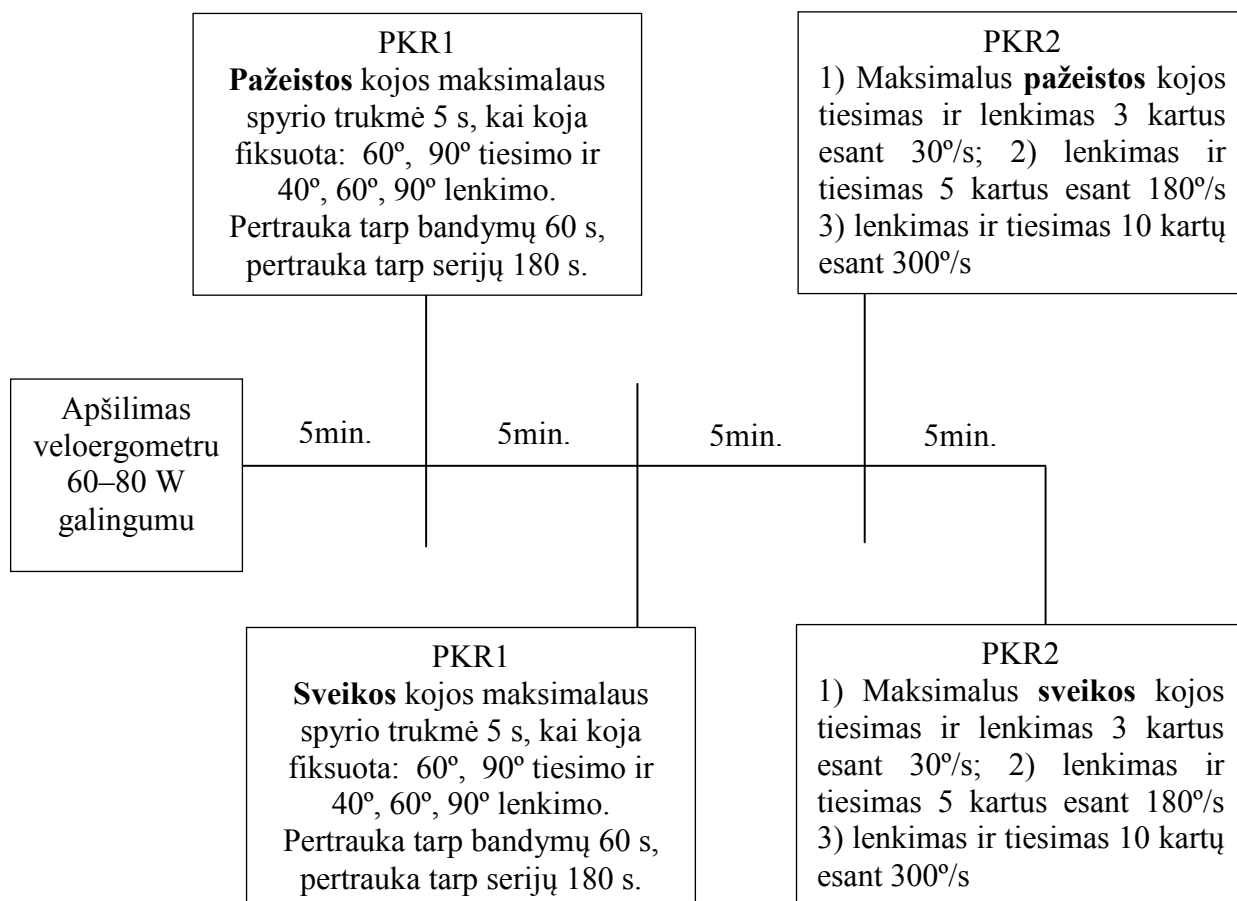
*13 pav. Izokinetinis dinamometras (System 3; Biodex Medical Systems)*

### **2.3. Tyrimo organizavimas**

Tyrimas buvo atliekamas Lietuvos Kūno Kultūros Akademijoje, žmogaus motorikos laboratorijoje nuo 2009 metų sausio mėnesio iki 2009 metų birželio mėnesio. Vieną kartą per savaitę dažniausiai buvo testuojamas vienas tiriamasis, vienas užsiėmimas truko nuo 1 iki 1,5 valandos.

Dešimt tiriamųjų buvo pakviesti dalyvauti tyrime prieš PKR operaciją. Esamas PKR pažeidimas jiems buvo nustatytas Kauno Medicinos Universitetinėse Klinikose. Gydytojas, traumatologas, ortopedas–chirurgas R.G. jiems paskyrė operacinį gydymą ir suteikė mums informacijos apie esamus pacientus, su kuriais bendradarbiauome atliekant šį tyrimą. Prieš tyrimą tiriamajam buvo pateikiama anketa, kurią jis privalėjo užpildyti. Anketiniai duomenys buvo svarbūs apdorojant rezultatus. Anketos pabaigoje buvo klausiama dalyvio, ar jis sutinka dalyvauti tyrime ir, ar sutinka, kad gauti duomenys bus panaudojami tolimesniais moksliniais tikslais. Visų tiriamieji sutiko.

Asmenys tyrime dalyvavo tik praėjus ūmiam laikotarpiui po pažeidimo. Jei koja sutinus, jaučiama krepitacija, tyrimas negali būti atliekamas, nes tai galėtų dar labiau pabloginti pažeisto kelio sąnario būklę.



*14 pav. Taikytas tyrimo protokolai*

Testavimai buvo atliekami du kartus:

1. prieš kryžminio raiščio rekonstruojamąją operaciją, vidutiniškai praėjus 3 mėnesiams po pažeidimo;
2. po 3 mėnesių reabilitacijos (14 pav.).

### **Blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų tarpusavio jėgos santykis ir jo nustatymas**

Puikus būdas trumpai nusakyti blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų būklę ir savybes – paskaičiuoti blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykį. Jis apskaičiuojamas padalinant užpakalinių šlaunies raumenų jėgą iš priekinių šlaunies raumenų jėgos. Šių raumenų didžiausios jėgos reikšmės nustatomos izokinetiniu dinamometru. Kuo blauzdos lenkėjai silpnesni, tuo jėgos santykinė reikšmė yra mažesnė. Norma, pagal didžiausias kelio sąnario apkrovas gaunančius kampus, yra nuo 0,6 iki 0,8 (Aagaard et al. 1998).

Užpakaliniai šlaunies raumenys yra beveik pagrindiniai stabilizatoriai kalbant apie kelio sąnario stabilumą. Jau daug tyrimų atlikta norint ištirti užpakalinių šlaunies raumenų įtaką tiesiant koją ir kaip jie sąlygoja jėgų pasiskirstymą blauzdikaulio pasislinkimo į priekį judesio metu. Tai

labai stipriai veikia PKR tampriąsias savybes, nes būtent PKR sustabdo blauzdikaulio artimojo galo slydimą į priekį. Esant mažam užpakalinių šlaunies raumenų santykiui su priekiniais šlaunies raumenimis, atsiranda didelė tikimybė patirti PKR traumą (Bamac, 2008).

### **Izometrinės ir izokinetinės jėgos momento nustatymas**

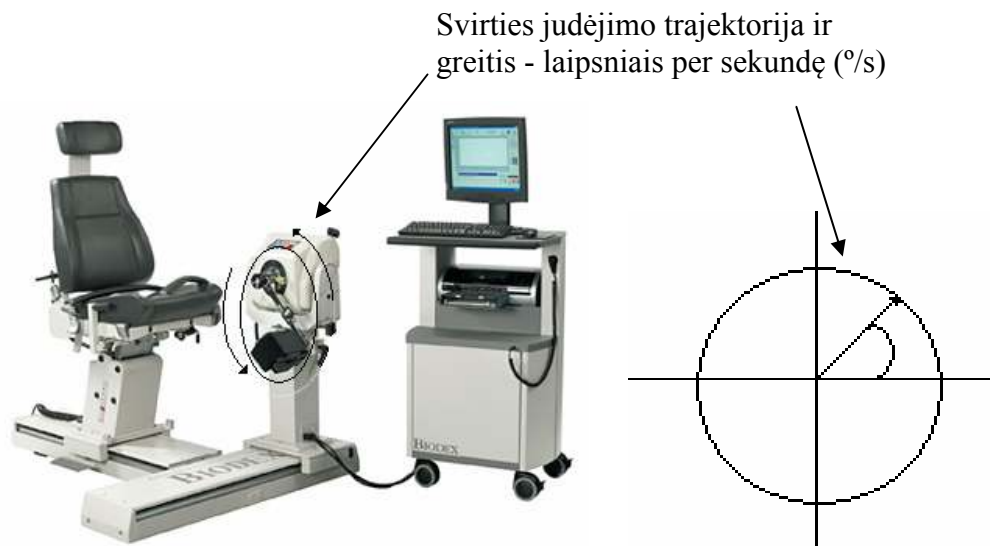
Tiriamasis buvo pasodinamas į izokinetinio dinamometro kėdę, atlošas nustatomas 90 laipsnių kampui. Prie dinamometro pritvirtinama kojos mobili svirtis – prie jos būdavo pritvirtinama tiriamojo galūnė. Nustatoma anatomicinė kelio sąnario ašis, galūnė pasverinama ir nustatoma judesių amplitudė. Tiriamasis pritvirtinamas prie kėdės diržais ties juosmeniu, krūtine, šlaunimi bei blauzda. Buvo prašoma rankas sukryžiuoti ant krūtinės, kad išvengtume papildomų judesių bei rezultatų netikslumo. Apšilimas trukdavo apie 5–6 minutes, minant veloergometrą 60–80 vatų nustatytu galingumu. Pradedant minti, visada buvo teiraujamasi, ar nėra per sunku, ar nejaučiamas diskomfortas pažeistame kelio sąnaryje. Po apšilimo tiriamasis buvo prašomas atsisėsti į izokinetinio dinamometro kėdę.

Aprašinėjant tyrime gautus duomenis buvo naudojamosi dviejų protokolų gautais duomenimis:

**PKR1** – protokolą sudarė du blauzdos tiesimo kampai (60, 90 laipsnių) ir trys blauzdos lenkimo (40, 60, 90 laipsnių) kampai. Tiesimas ir lenkimas buvo atliekami fiksavus blauzdą minėtuose kampuose. Šio protokolo metu buvo išvystomas izometrinės jėgos momentas lenkiant ir tiesiant blauzdą fiksuotoje izometrinėje padėtyje. Išvystoma jėga buvo matuojama niutonmetrais (Nm).

Atliekant tiesimą, tiriamojo buvo prašoma tiesti koją kuo stipriau ir kuo greičiau tarsi spirtų į futbolo kamuolį ir išvystytą jėgą stengtis išlaikyti apie penkias sekundes. Taip pat buvo atliekamas ir lenkimas. Buvo atliekami trys bandymai, tarp kiekvieno bandymo būdavo daroma vienos minutės pertrauka. Izokinetiniu dinamometru būdavo užfiksuojama didžiausia vieno bandymo reikšmė. Pastebėjome, kad dažniausiai didžiausią jėgos momentą tiriamasis išvystydavo antruoju bandymu. Visada pradėdavome tyrimą nuo dešinės kojos. Atlikus tiesimą, mobili izokinetinio dinamometro platforma buvo perstumiami į kitą pusę taip, kad būtų galima fiksuoti kairę koją ir atlikti tas pačias užduotis.

**PKR2** – protokolas skyrėsi nuo PKR1 protokolo tuo, kad jis buvo dinaminis. Atliekamo darbo (judesių) greitis buvo matuojamas laipsniais per sekundę (°/s) (15 pav.)



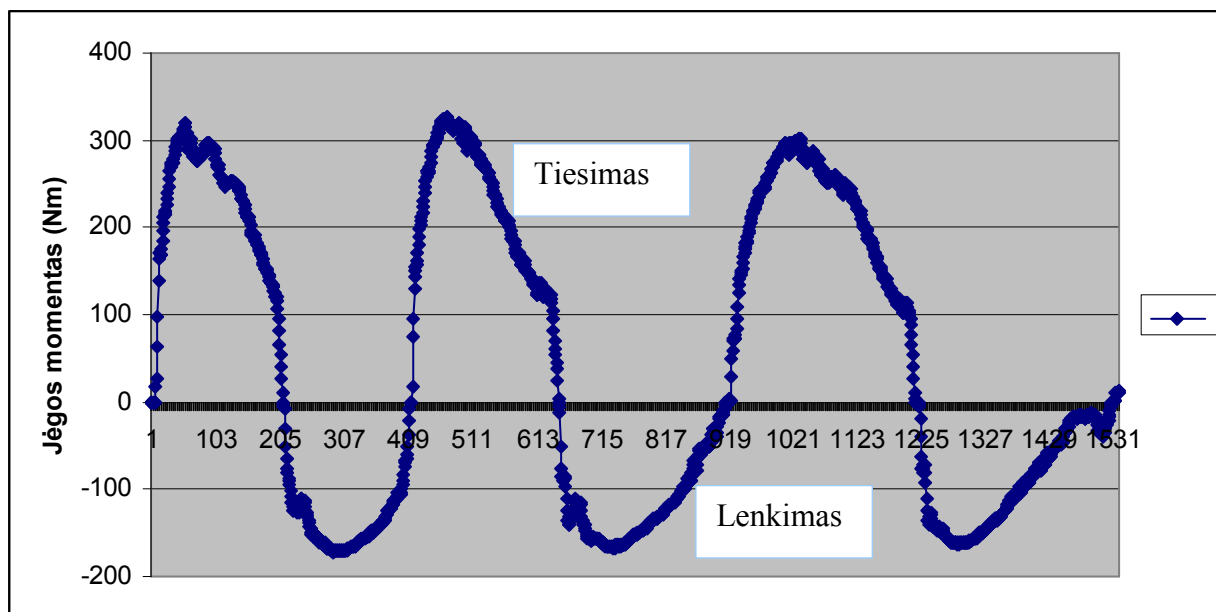
**15 pav.** Biodex'o svirtis, kurios judėjimo greitis matuojamas laipsniais per sekundę

PKR2 protokolą sudarė trys bandymai, kiekvienas bandymas buvo atliekamas skirtingu greičiu ir jėga. Pirmasis bandymas buvo pavadintas pagal jo atlikimo greitį –  $30^\circ/\text{s}$ , jo metu, atliekant tiesimą ir lenkimą, tiriamojo blauzdai Biodex'u buvo sukuriama toks pasipriešinimo lygis, kad judanti galūnė judėtų ne greičiau kaip  $30^\circ/\text{s}$  greičiu.

Šis bandymas reikalavo labai didelių pastangų, nes atliekant šią užduotį, buvo prašoma tiriamojo, kad jis maksimaliai stipriai ir greitai atliktų darbą, todėl pirmojo bandymo metu blauzdos tiesimą ir lenkimą reikėjo pakartoti tris kartus. Ši serija mum parodo apie esamą dinaminę jėgą. Gauti duomenys buvo užfiksuoti skaitine reikšme ir perkelti į *Microsoft Excel* kompiuterinę programą, siekiant nustatyti didžiausias reikšmes (16 pav.).

Antrojo bandymo tikslas buvo tas pats – kuo greičiau ir kuo stipriau ištiesti ir sulenkti blauzdą. Atliekamų judesių greitis buvo  $180^\circ/\text{s}$ . Blauzdos tiesimas ir lenkimas buvo atliekami penkis kartus, kadangi atliekamo judesio greitis didesnis net šešis kartus, o pasipriešinimas mažesnis.

Trečiojo bandymo eiga buvo tokia pati kaip ir pirmųjų dviejų, bet pasipriešinimo lygis buvo žymiai mažesnis, todėl blauzdos tiesimas ir lenkimas buvo atliekami 10 kartų. Esant  $300^\circ/\text{s}$  greičiui, tikslas buvo kuo greičiau sulenkti ir ištiesti koją.



**16 pav.** 30 %s greičiu atliekamo tiesimo ir lenkimo jėgos kreivė (vieno tiriamojo duomenų analizavimo pavyzdys)

### Skausmo vertinimas

Testuojamųjų visada buvo klausama apie skausmą, atsirandantį užduočių metu. Jie buvo prašomi įvertinti skausmą dešimties balų skausmo skalėje „Vas“. Nulis – skausmo nėra, dešimt – nepakeliamas skausmas (17 pav).

| Skaitmeninė skalė | 0            | 1 2 3            | 4 5                | 6 7 8            | 9 10                  |
|-------------------|--------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| Žodinė skalė      | Nėra skausmo | Silpnas skausmas | Vidutinis skausmas | Stiprus skausmas | Nepakeliamas skausmas |

**17 pav.** „Vas“ Skausmo skalė (pagal Gould et al., 2001)

Vertinant žodine skale, tiriamieji pasireiškiantį skausmą dažniausiai apibūdindavo kaip silpną. Pastebėjome, kad po operacijos ir atliktos reabilitacijos skausmas kai kuriems tiramiesiems būdavo didesnis nei tiriant pirmą kartą prieš operaciją.

Tiriamieji visada buvo skatinami, motyvuojami žodinėmis komandomis, tai buvo labai svarbu, nes nepakankama motyvacija labai stipriai įtakoja gaunamus tyrimo rezultatus. Motyvacijos stoka išduoda apie vis dar esantį skausmą po-operaciniu laikotarpiu.

## 2.4. Taikyta reabilitacinė programa

Reabilitacija buvo atlikta 2009 m. Kauno Medicinos Universiteto Klinikų ortopedijos traumatologijos klinikos sporto traumų ir artroskopijos sektoriuje. Visi tiriamieji buvo po PKR rekonstruojamosios operacijos.

Po operacijos pacientai pirmąsias dvi savaites praleido namuose. Operuota koja buvo imobilizuota specialiu įtvaru, kuris leido koją per kelio sąnarį sulenkti tik iki 40°.

Praėjus dviem savaitėm, buvo pradėta reabilitacija, kurią sudarė:

- kineziterapija,
- fizioterapija,
- masažas,
- baseinas,
- pratimai treniruoklių salėje.

Kineziterapija, fizioterapija, masažas, baseinas, pratimai treniruoklių salėje buvo taikomi 16 darbo dienų, tris kartus per savaitę. Po 16 kartų atlikus visas gydomąsias procedūras, gydymas toliau buvo tęsiamas pratimais treniruoklių salėje.

Kineziterapijos procedūros trukmė 45 minutės. Jos metu pacientui gydymo pradžioje buvo taikomi pasyvūs judesių amplitudės pratimai – pasyvi mechano terapija 10 min. (elektroninis treniruoklis, pasyviai sulenkiantis ir ištiesiantis koją per kelio sąnarį norima amplitudė) (18 pav.). Po mechano terapijos atliekami izometriniai pratimai. Pacientas sąmoningai įtempdavo kojos raumenis ir įtempęs laikydavo pusę minutės. Tai pakartodavo dešimt kartų kiekvienai raumenų grupei. Jėgos pratimai buvo atliekami abiem kojomis, įtraukiant ir sveikąją. Toliau pacientas po truputėlį buvo statomas ant pažeistos kojos, taip gerinant jo pusiausvyrą ir koordinaciją. Kai pagerėjo pusiausvyros rodikliai, nestabilumo būsenai ir tarpraumeninei koordinacijai lavinti buvo pradėta naudoti nestabili platforma (Airex kilimėlis). Vėliau izometriniai jėgos pratimai buvo pakeičiami dinaminiais, juos atliekant buvo naudojamos skirtingo pasipriešinimo „Thera-Band“ gumos.

Fizioterapijos užsiėmimai truko 30 minučių. Jų metu buvo atliekamos skirtingą efektą suteikiančios procedūros:

- elektros stimuliacija 15 minučių, naudojant „*Neuro Trac, Sports XL*“ aparatą, intensyvumas 20 Hz, impulso trukmė 300 μs, ramybės dažnis 3 Hz,
- keturių kamerų vonia 15 minučių (19 pav.).

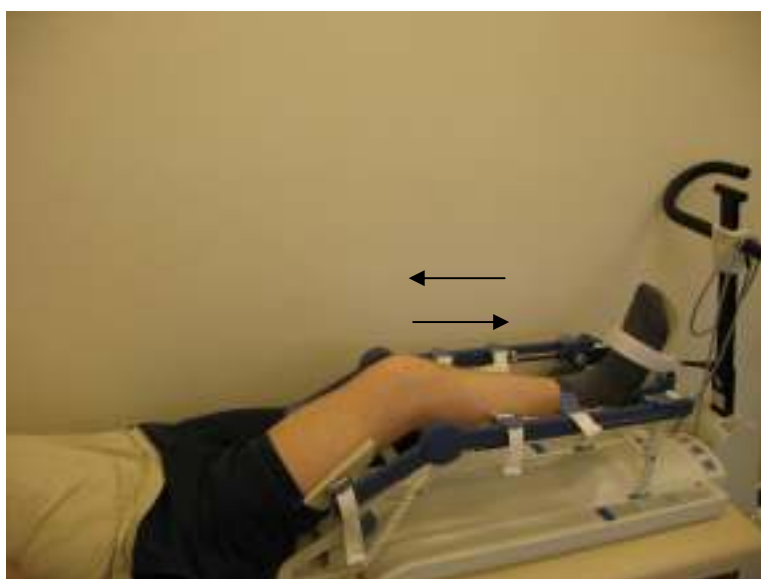
Masažo procedūrą sudarė gydymasis ir klasikinis masažas, trukmė 20 minučių. Gydomojo masažo metu buvo masažuojama periferinė zona, iš kurios aferentiniais nervais įnervuojama

pažeista kojos vieta. Klasikinio masažo metu buvo masažuojamos abi kojos, skatinant kraujotaką ir limfos nutekėjimą.

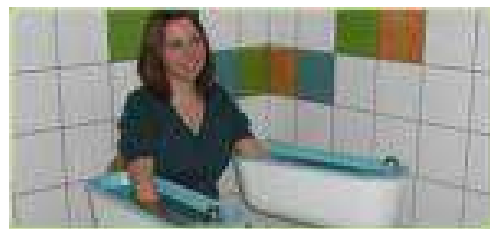
Baseine užsiėmimai trukdavo pusę valandos, vandens temperatūra buvo 27–29 laipsniai šilumos. Užsiėmimų baseine programą sudarė: plaukimas įsikibus į plūdūrinę lentelę, irimasis kojomis kaip krauliu, rankos ištiestos, bėgimas į priekį ir atgal, judėjimas pristatomu žingsniu šonu į abi puses, kojų kėlimas prieš save, kai nugara prispausta prie baseino sienelės (2 serijos po 20 kartų), pasistiebigimai ant pirštų galų, kojų mostai į priekį ir atgal. Baigiant užsiėmimą buvo leidžiamas lengvas plaukimas su plūdūrine lentele, iriantis kojomis kaip plaukiant krauliu.

Pratimai treniruoklių salėje taip pat trukdavo pusę valandos. Krūvis buvo taikomas individualiai, atsižvelgiant į kiekvieno paciento pajėgumą. Intensyvumas – 3 serijos po 8 pakartojimus. Tarp serijų buvo ilsimasi 1–2 minutes. Įtraukti pratimai sėdmenims, blauzdą lenkiantiems raumenims gulint ant pilvo, šlaunies tiesimas, atitraukimas, gulint ant šono, pasistiebigimai blauzdai su savo kūno svoriu, nugarą stiprinantys pratimai.

Praėjus numatytam gydymo laikotarpiui, tolimesnė rehabilitacija buvo atliekama treniruoklių salėje, didinant svorį, pakartojimų ir serijų skaičių pagal progresą ir pajėgumą. Po kiekvienos treniruotės profilaktiškai buvo vėsinamas sąnarys, vengiant skausmo ir jį sukeliančio uždegimo.



**18 pav.** *Pasyvi mechano terapija*



**19 pav.** *Keturių kamerų vonia*

### **Matematinė statistika**

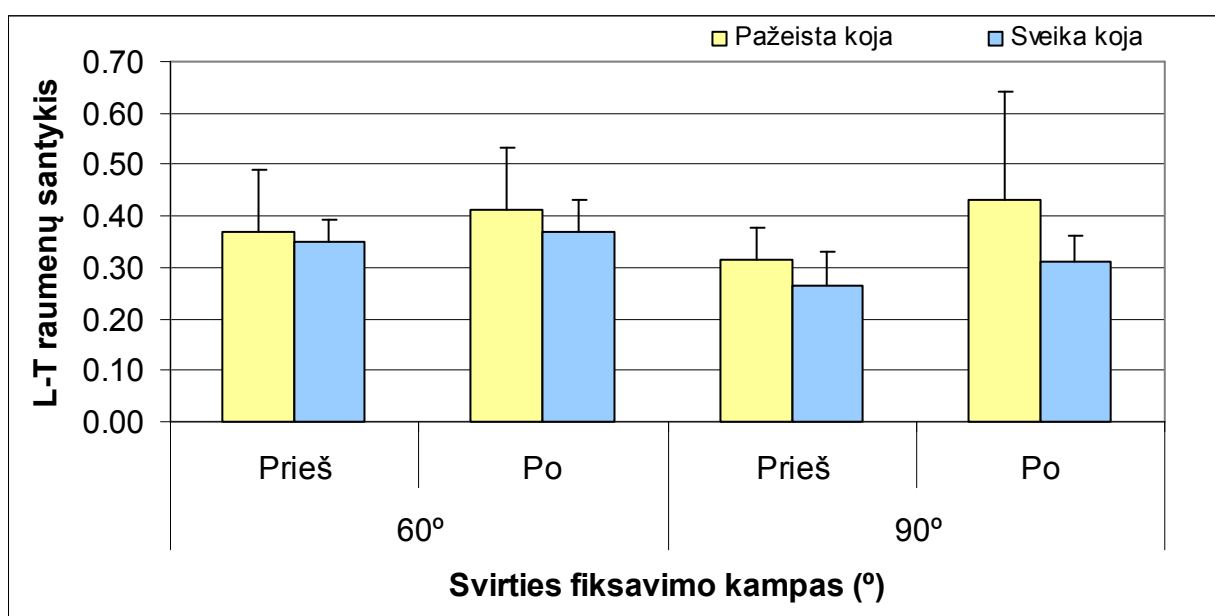
Tyrimo duomenys buvo apskaičiuojami matematinės statistikos metodais, Microsoft Excel kompiuterine programa. Buvo skaičiuojami statistiniai parametrai: aritmetinis vidurkis, standartinis nuokrypis. Tyrimų statistinėje analizėje vertinant rezultatų patikimumą pasirenkamas reikšmingumo lygmuo  $p = 0,05$  (95 proc. patikimumas), reikšmingumo lygmeniui  $p$  paskaičiuoti buvo taikomas Studento  $t$  kriterijus. Jei  $p > 0,05$ , teigiama, kad skirtumas tarp skirtingų grupių rezultatų yra statistiškai nepatikimas. Jei  $p \leq 0,05$ , skirtumas tarp skirtingų grupių rezultatų yra statistiškai patikimas.



### 3. TYRIMO REZULTATAI

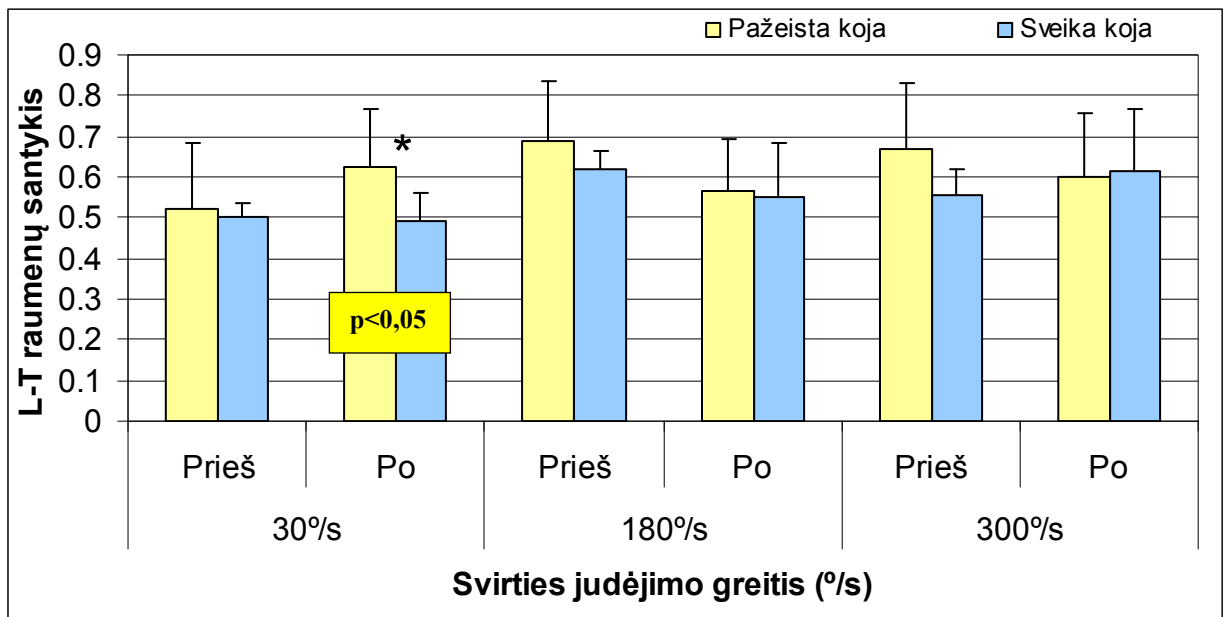
#### 3.1. Blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų izometrinės ir izokinetinės tarpusavio jėgos momento santykis prieš operaciją ir po reabilitacijos

20 pav. pavaizduota 60° ir 90° kelio sąnario kampų izometrinės jėgos blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykis. Esant 60° ir 90° kampui per kelio sąnarį, pažeistos kojos blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykis sveikos ir pažeistos kojos prieš operaciją ir po reabilitacijos statistiškai reikšmingai nepakito ( $p>0,05$ ).



**20 pav.** Blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio izometrinės jėgos momento santykis ( $L-T$  raumenų santykis) prieš operaciją ir po reabilitacijos

21 pav. pavaizduota 30°/s, 180°/s ir 300°/s greičio blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio izokinetinės jėgos momento santykis. Esant 30°/s, 180°/s ir 300°/s greičiams, pažeistos kojos blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykis sveikos ir pažeistos kojos prieš operaciją ir po reabilitacijos statistiškai reikšmingai nepakito ( $p>0,05$ ), tačiau kai greitis buvo 30°/s, blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio jėgos momento santykis tarp sveikos ir pažeistos kojos po reabilitacijos statistiškai reikšmingai skyrėsi ( $p<0,05$ ).



**21 pav.** Blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų tarpusavio izokinetinės jėgos momento santykis (L-T raumenų santykis) prieš operaciją ir po reabilitacijos (\* - yra statistiškai patikimas skirtumas tarp sveikos ir pažeistos kojos po reabilitacijos)

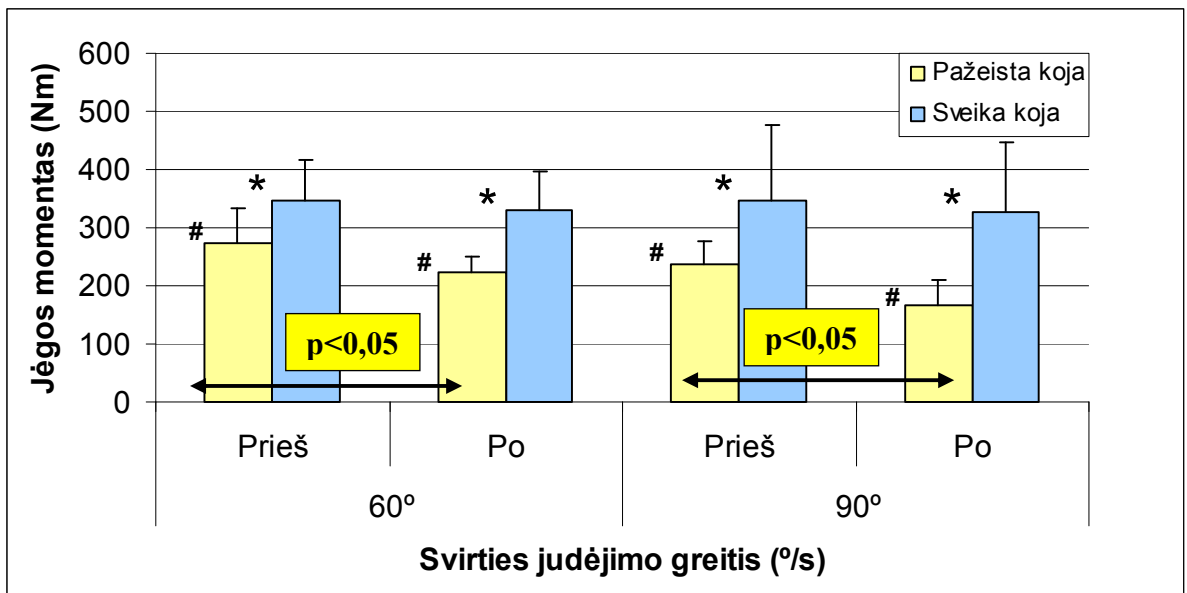
### 3.2. Izometrinės jėgos momento rezultatai prieš operaciją ir po reabilitacijos

Vertinant izometrinės tiesimo jėgos momentą (22 pav.), pastebėta, kad sveikos kojos blauzdą tiesiančių raumenų įgytas izometrinės jėgos momentas prieš operaciją reikšmingai didesnis nei pažeistos kojos ( $p < 0,05$ ). Esant  $60^\circ$  kampui per kelio sąnarį, izometrinės tiesimo jėgos momentas buvo 273,24 Nm pažeistos kojos ir 347,52 Nm sveikos kojos. Šis skirtumas statistiškai reikšmingas ( $p < 0,05$ ).

Po trijų mėnesių reabilitacijos izometrinės tiesimo jėgos momentas esant  $60^\circ$  kampui buvo 223,26 Nm pažeistos kojos ir 328,34 Nm sveikos kojos. Skirtumas po reabilitacijos tarp abiejų kojų buvo statistiškai reikšmingas ( $p < 0,05$ ). Lyginant rezultatus prieš operaciją ir po reabilitacijos, pastebėta, jog pažeistos kojos izometrinės tiesimo jėgos momentas reikšmingai sumažėjo ( $p < 0,05$ ).

Esant  $90^\circ$  kampui per kelio sąnarį, izometrinės tiesimo jėgos momentas pažeistos kojos prieš operaciją buvo 235,94 Nm, sveikos kojos 347,82 Nm. Šis skirtumas statistiškai reikšmingas ( $p < 0,05$ ). Po reabilitacijos izometrinės tiesimo jėgos momentas pažeistos kojos buvo 166,42 Nm, o sveikos kojos 328,08 Nm. Šis skirtumas taip pat statistiškai reikšmingas ( $p < 0,05$ ).

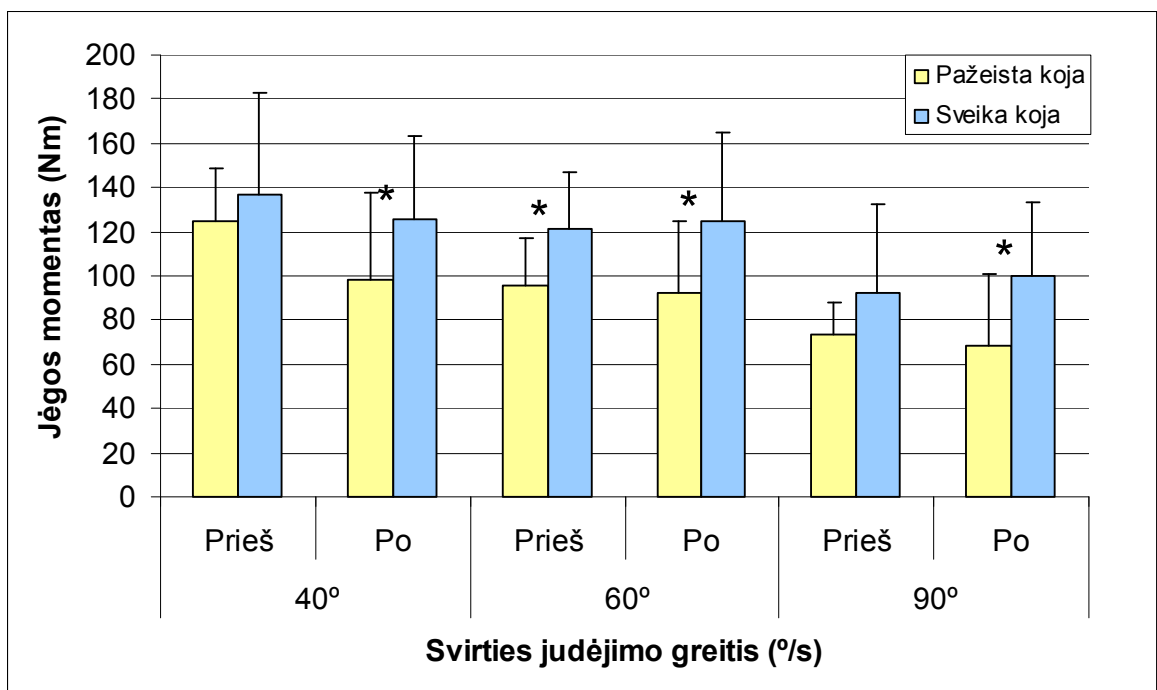
Po reabilitacijos pažeistos kojos izometrinės jėgos momentas buvo reikšmingai mažesnis ( $p < 0,05$ ) nei prieš operaciją (22 pav.).



**22 pav.** Izometrinės tiesimo jėgos momentas prieš operaciją ir po reabilitacijos

(\* - yra statistiškai patikimas skirtumas tarp sveikos ir pažeistos kojos, # - yra statistiškai patikimas skirtumas tarp pažeistos kojos jėgos prieš operaciją ir po reabilitacijos)

Analizuojant izometrinės lenkimo jėgos momentą prieš operaciją, statistiškai reikšmingas skirtumas tarp pažeistos ir sveikos kojų nenustatytas. Esant 40° kampui, izometrinės lenkimo jėgos momentas buvo 124,72 Nm pažeistos kojos ir 136, 42 Nm sveikos kojos prieš operaciją. Po reabilitacijos skirtumas buvo statistiškai reikšmingas ( $p<0,05$ ), izometrinės lenkimo jėgos momentas buvo 99,56 Nm pažeistos kojos ir 125,64 Nm sveikos kojos (23 pav.).



**23 pav.** Izometrinės lenkimo jėgos momentas prieš operaciją ir po reabilitacijos

(\* - yra statistiškai patikimas skirtumas tarp sveikos ir pažeistos kojos)

Analizuojant izometrinės lenkimo jėgos momentą prieš operaciją, esant 60° kampui, raumens jėgos momentas buvo 95,80 Nm pažeistos kojos ir 121,64 Nm sveikos kojos. Skirtumas buvo statistiškai reikšmingas ( $p < 0,05$ ). Po reabilitacijos izometrinės lenkimo jėgos momentas pažeistos kojos buvo 92,54 Nm, o sveikos kojos 124,64 Nm. Šis skirtumas taip pat statistiškai reikšmingas ( $p < 0,05$ ).

Blauzdos izometrinės lenkimo jėgos momentas, esant 90° kampui, prieš operaciją pažeistos kojos buvo 73,58 Nm, sveikos kojos 91,95 Nm. Skirtumas statistiškai nereikšmingas ( $p > 0,05$ ). Po reabilitacijos izometrinės lenkimo jėgos momentas pažeistos kojos yra 68,32 Nm, sveikos kojos 99,66 Nm. Šis skirtumas yra statistiškai reikšmingas ( $p < 0,05$ ).

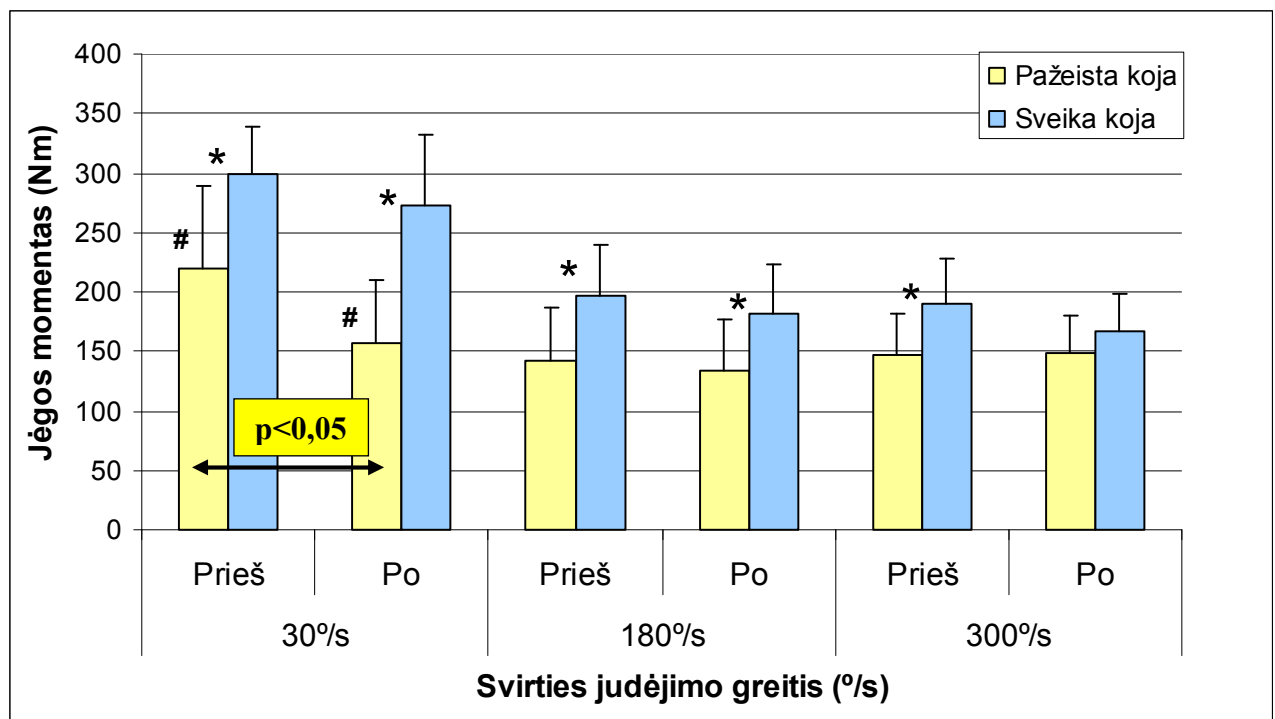
Analizuojant izometrinės lenkimo jėgos momentą, statistiškai reikšmingų skirtumų prieš operaciją ir po reabilitacijos tarp pažeistos ir sveikos kojų nenustatyta ( $p > 0,05$ ).

### **3.3. Izokinetinės jėgos momento rezultatai prieš operaciją ir po reabilitacijos**

Tiriamųjų blauzdą tiesiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas buvo vertinamas pažeistos ir sveikos kojos prieš operaciją ir praėjus reabilitacijai po rekonstrukcinės PKR operacijos. Prieš operaciją ir po reabilitacijos blauzdą tiesiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas priklausė nuo kampinio greičio, kuris buvo parenkamas pagal PKR2 protokolą (30°/s, 180°/s, 300°/s).

Taikant testą izokinetinės jėgos momentui nustatyti prieš operaciją ir po reabilitacijos, pastebėta, kad prieš operaciją sveikos kojos blauzdą tiesiantys raumenys įgijo didesnę jėgos momentą nei pažeistos kojos ( $p < 0,05$ ). Kai greitis 30°/s, šis raumens izokinetinės jėgos momentas buvo 219,44 Nm pažeistos kojos ir 298,64 Nm sveikos kojos. Taigi skirtumas tarp šių jėgos dydžių yra statistiškai reikšmingas ( $p < 0,05$ ).

Po reabilitacijos, kai greitis 30°/s, sveikos kojos blauzdą tiesiančių raumenų jėgos momentas yra didesnis nei pažeistos kojos. Šis raumens izokinetinės jėgos momentas yra 156,8 Nm pažeistos kojos ir 273,52 Nm sveikos kojos. Taigi skirtumas tarp šių jėgos dydžių yra statistiškai reikšmingas ( $p < 0,05$ ). Taip pat pastebėtas statistiškai reikšmingas skirtumas ( $p < 0,05$ ) tarp pažeistos kojos blauzdą tiesiančių raumenų jėgos momento, esant 30°/s greičiui prieš operaciją ir po reabilitacijos. Šis raumens susitraukimo izokinetinės jėgos momentas buvo 219,44 Nm prieš operaciją ir 156,8 Nm po reabilitacijos. Taikant reabilitaciją, pažeistos kojos blauzdą tiesiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas statistiškai reikšmingai sumažėjo ( $p < 0,05$ ) (24 pav.).



**24 pav.** Izokinetinės tiesimo jėgos momentas prieš operaciją ir po reabilitacijos

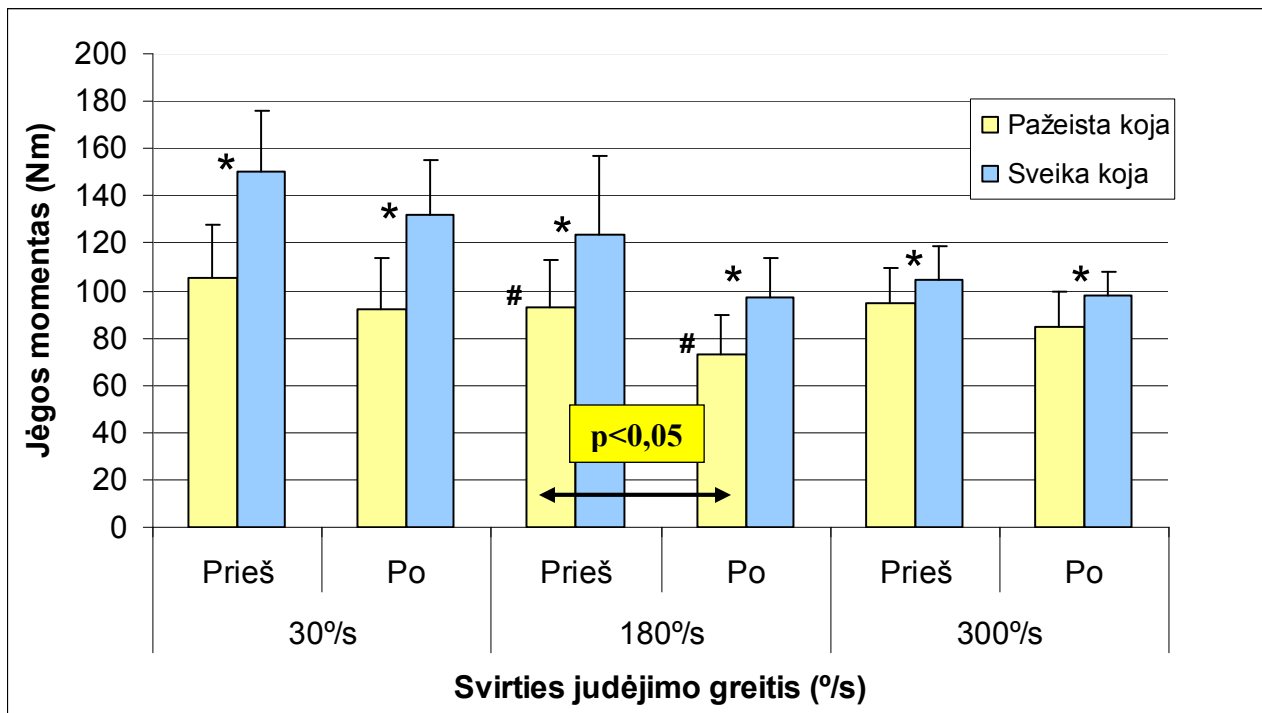
(\* - yra statistiškai patikimas skirtumas tarp sveikos ir pažeistos kojos, # - yra statistiškai patikimas skirtumas tarp pažeistos kojos jėgos prieš operaciją ir po reabilitacijos)

Kai greitis 180°/s, pažeistos kojos blauzdą tiesiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas prieš operaciją buvo 141,7 Nm, o sveikos kojos 197,36 Nm. Sveikos kojos blauzdą tiesiančių raumenų jėgos momentas statistiškai reikšmingai didesnis ( $p < 0,05$ ) nei pažeistos kojos. Kai greitis 180°/s, pažeistos kojos blauzdą tiesiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas po reabilitacijos buvo 134,48 Nm, o sveikos kojos 182,2 Nm. Sveikos blauzdą tiesiančių raumenų jėgos momentas statistiškai reikšmingai didesnis ( $p < 0,05$ ) nei pažeistos kojos. Po reabilitacijos blauzdą tiesiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas, esant 180°/s greičiui, statistiškai reikšmingai nepasikeitė.

Esant 300°/s greičiui prieš operaciją pastebėtas statistiškai didesnis ( $p < 0,05$ ) sveikos kojos blauzdą tiesiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas nei pažeistos kojos. Izokinetinės jėgos momentas prieš operaciją, kai greitis 300°/s, buvo 147,8 Nm pažeistos kojos ir 190,04 Nm sveikos kojos. Po reabilitacijos, blauzdą tiesiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas tarp sveikos ir pažeistos kojos statistiškai reikšmingai nepakito ( $p > 0,05$ ) (24 pav.).

Vertinant kojos lenkimą per kelio sąnarį, izokinetinės jėgos lenkimo momentas, esant 30°/s greičiui, pažeistos kojos prieš operaciją buvo 105,8 Nm, sveikos kojos 150,04 Nm. Izokinetinės jėgos momento skirtumas tarp sveikos ir pažeistos kojų buvo statistiškai reikšmingas ( $p < 0,05$ ). Po reabilitacijos, esant 30°/s greičiui, blauzdą lenkiančių raumenų jėgos momentas pažeistos kojos

buvo 92,02 Nm, o sveikos kojos statistiškai reikšmingai didesnis ( $p<0,05$ ) – 131,8 Nm. Blauzdą lenkiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas prieš operaciją ir po reabilitacijos, esant 30°/s greičiui, statistiškai reikšmingai nesiskyrė (25 pav.).



**25 pav.** Izokinetinės lenkimo jėgos momentas prieš operaciją ir po reabilitacijos

(\* - yra statistiškai patikimas skirtumas tarp sveikos ir pažeistos kojos, # - yra statistiškai patikimas skirtumas tarp pažeistos kojos jėgos prieš operaciją ir po reabilitacijos)

Tyrimo duomenimis, izokinetinės jėgos lenkimo momentas prieš operaciją, esant 180°/s greičiui, pažeistos kojos buvo 92,98 Nm, o sveikos kojos 123,86 Nm. Jėgos momentų skirtumas statistiškai reikšmingas ( $p<0,05$ ). Po reabilitacijos, esant 180°/s greičiui, pažeistos kojos lenkimo per kelio sąnarį izokinetinės jėgos momentas buvo 72,7 Nm, o sveikos kojos 96,86 Nm. Sveikosios kojos izokinetinės jėgos lenkimo momentas statistiškai reikšmingas didesnis nei pažeistos kojos ( $p<0,05$ ). Taip pat pastebėtas statistiškai reikšmingas skirtumas ( $p<0,05$ ) tarp pažeistos kojos blauzdą lenkiančių raumenų izokinetinės jėgos momento esant 180°/s greičiui prieš operaciją ir po reabilitacijos. Šis raumenų jėgos momento skirtumas buvo 92,98 Nm prieš operaciją ir 72,7 Nm po reabilitacijos. Pažeistos kojos blauzdą lenkiančių raumenų jėgos momentas statistiškai reikšmingai sumažėjo ( $p<0,05$ ).

Esant 300°/s greičiui, prieš operaciją pastebėtas statistiškai didesnis ( $p<0,05$ ) sveikos kojos blauzdą lenkiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas nei pažeistos kojos. Izokinetinės lenkimo jėgos momentas prieš operaciją, kai greitis 300°/s, buvo 94,62 Nm pažeistos kojos ir 104,20 Nm sveikos kojos. Po reabilitacijos, pažeistos kojos blauzdą lenkiančių raumenų izokinetinės jėgos

momentas buvo 84,94 Nm, o sveikos kojos 98,06 Nm. Izokinetinės blauzdą lenkiančių raumenų jėgos momentų skirtumas tarp sveikos ir pažeistos kojos prieš operaciją ir po reabilitacijos statistiškai reikšmingai nepakito ( $p>0,05$ ).

#### 4. REZULTATŲ APITARIMAS

Pastaraisiais metais izokinetinė dinamometrija tapo vienu populiariausių ir patikimiausių raumenų jėgos atgavimo vertinimo metodų (Keays et al., 2000; Ly & Handelsman, 2002). Naudojant šį metodą, galima įvertinti įvairius blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų jėgos momento reabilitacijos pokyčius po operacijos remiantis objektyviais parametrais ir nustatyti taikytos reabilitacijos efektyvumą (Lloyd, 2001).

Šio tyrimo metu nepastebėta statistiškai reikšmingo pagerėjimo atliekant izometrinės bei izokinetinės jėgos momento nustatymus. Mūsų nuomone, rezultatų pablogėjimas buvo nulemtas pagrindinio veiksnio – reabilitacijos, kuri buvo taikyta tik tris mėnesius. Kitų autorių darbuose dažniausiai nurodoma šešių mėnesių reabilitacinis periodas (Risberg et al., 2004). Buvo lyginama aštuonių mėnesių su šešių mėnesių reabilitacinės programos (Ekstard, 1990). Reikšmingo skirtumo tarp šių skirtingų reabilitacinių programų nenustatyta, tačiau geresnis kelio sąnario stabilumas buvo geresnis tiriamųjų, kurie atliko aštuonių mėnesių reabilitacinę programą.

Tyrimo metu, kuris buvo atliktas norint nustatyti blauzdą lenkiančių ir tiesiančių raumenų jėgos momento pokytį, nustatyta, kad vidutinis jėgos momento skirtumas tarp sveikos ir pažeistos kojų praejus 12 bei 24 savaitėms po operacijos buvo atitinkamai 38 proc. ir 14 proc. blauzdą tiesiančių raumenų bei 25 proc. ir 4,3 proc. blauzdą lenkiančių raumenų (Fabiš, 2007). Analizuodami mūsų atlikto tyrimo duomenis, pastebėjome, kad tiriamųjų blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų jėgos momentas pažeistos kojos sumažėjo apie 25 proc. po reabilitacijos, lyginant su rezultatais prieš operaciją.

Tiriamųjų grupei, kuriai po operacijos buvo taikyta reabilitacija, nustatytas statistiškai reikšmingai mažesnis operuotos kojos blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų izometrinės jėgos momentas. Blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų izometrinės jėgos momentas priklausė nuo kampo, kuriame buvo testuojama fiksuota koja.

Tiems patiems tiriamiesiems, kuriems po operacijos buvo taikyta reabilitacija, nustatytas statistiškai reikšmingai mažesnis operuotos kojos blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas. Blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų izokinetinės jėgos momentas priklausė nuo skirtingų kampinių blauzdos judėjimo greičių.

Tyrimo duomenimis, didėjant raumens susitraukimo greičiui, tiesiant koją per kelio sąnarį, santykinai sumažėja tiesiamųjų blauzdos raumenų izokinetinės jėgos momentas ir kinta nagrinėjamų judesio greičio rezultatų skirtumas.

Kalbant apie užpakalinių ir priekinių šlaunies raumenų santykį, mūsų tyrimo rezultatai rodo, kad rezultatai prieš operaciją ir po reabilitacijos nėra iš tolo neprilygsta normoms. Kuo blauzdą



lenkiantys raumenys silpnesni, tuo jėgos santykinė reikšmė yra mažesnė. Norma, pagal didžiausius kelio sąnario apkrovas gaunančius kampus, yra nuo 0,6 iki 0,8 (Aagaard et al., 1998).

Pastebėjome, kad užpakalinių ir priekinių šlaunies raumenų santykis prieš operaciją truputį geresnis nei po reabilitacijos. Remdamiesi raumenų fiziologijos ypatybėmis, galime manyti, kad santykių pablogėjimą lėmė raumenų atrofija: kuo raumuo didesnis, tuo jis greičiau nusilpsta. Priekinių šlaunies raumenų silpimas buvo greitesnis ir aplenkė užpakalinių šlaunies raumenų silpimą. Todėl rezultatų skirtumas prieš operaciją ir po reabilitacijos nežymiai skiriasi.

K. Frosch ir kt. (2001) atliko tyrimą, kuriame buvo vertinama vieno reabilitacinio užsiėmimo trukmės įtaka pacientams po PKR rekonstrukcinės operacijos. Buvo lyginama reabilitaciniai užsiėmimai, kurie trukdavo po 2,5 val., 3-5 kartus per savaitę, su standartine reabilitacine programa, kuri trukdavo 30 min., 2-3 kartus per savaitę. Po šio tyrimo ilgesnius reabilitacinius užsiėmimus lankę pacientai, parodė reikšmingai geresnius funkcinio pagerėjimo rezultatus nei įprastinės reabilitacinės programos pacientai.

Jei PKR plastikos metu buvo siūti meniskai ar taikyta kremzlės plastika – aktyvi reabilitacija atidedama 3–4 sav. D. Dejour ir kt. (2008) teigimu, atlikus gretutinių kelio sąnario audinių (šalutinių raiščių meniskų, kapsulės ir kitų struktūrų) rekonstruojamąsias operacijas, ryšys tarp PKR galimos pažeidos ir šitų struktūrų operacijos išlieka praėjus net dvejiems metams. Nors ir esant sveikam PKR, testai, skirti nustatyti PKR pažeidimui, net 60 proc. yra teigiami.

Pakartotinai atliktame tyrime, siekiant nustatyti maksimalią blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų jėgą, lyginant sveiką ir pažeistą kojas po PKR rekonstrukcijos praėjus trylikai savaičių, rastas didelis jėgos ir galios trūkumas (Stefańska et al., 2009).

Taigi pagrindinė reabilitacijos esmė – kiek galima sustiprinti šlaunies raumenis, saugiai lenkti koją per kelio sąnarį, saugant ne tik PKR, bet ir gretutines struktūras, nes jos taip pat būna nusilpusios. Kai raištis „priauga“ kauliniuose kanaluose per 6–8 sav., leidžiamas lengvas bėgimas 2,5 mėn. po operacijos, kontaktinis sportas po 6 mėn., bet šlaunies raumenys, juosiantys kelio sąnarį, turėtų būti tokios pat būklės kaip sveikos kojos. Šlaunies raumenys apsaugo raištį nuo pakartotino PKR plyšimo. Paprastai specialūs įtvarai, apsaugos, sustiprinus raumenyną, nereikalingi (Gudas ir kt., 2002).

Pagal J. Halinen ir kt. (2009), rekomenduojama atlikti ilgą reabilitaciją, taikant agresyviąją kineziterapiją. Tokios išvados pateiktos atlikus tyrimą, kurio metu buvo bandoma išsiaiškinti kineziterapijos poveikį kelio sąnario amplitudės atgavimui ir raumenų jėgos atstatymui po PKR operacijos.

Mūsų tyrime taikytą reabilitaciją būtų galima skirstyti į du etapus. Pirmojo etapo tikslai: mažinti skausmą, tinimą, stiprinti raumenis ir didinti kelio sąnario judesių amplitudę. Antrojo etapo tikslai: stiprinti raumenis, gražinti normalių judesių amplitudę ir siekti buvusio fizinio aktyvumo.

Manome, kad pirminis etapas turi didelės įtakos antrojo etapo atlikimo kokybei. Pailginus pirminio etapo reabilitacinį laikotarpį, antrasis etapas, kurio gydomąjį pagrindą sudaro užsiėmimai treniruoklių salėje, būtų žymiai efektyvesnis.

Reikalingi tolimesni tyrimai, taikant skirtingą reabilitacijos trukmę, ieškant optimaliausio varianto.

## IŠVADOS

1. Blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų izometrinės jėgos momento tarpusavio santykis prieš operaciją ir po reabilitacijos nepakito, tačiau izokinetinės jėgos momento blauzdą tiesiančių ir lenkiančių raumenų tarpusavio santykis pažeistos kojos po reabilitacijos reikšmingai padidėjo prie mažo greičio.

2. Izometrinės ir izokinetinės jėgos momentai blauzdą tiesiančių, lenkiančių raumenų buvo nustatyti mažesni po reabilitacijos nei prieš operaciją.

## LITERATŪRA

1. Aagaard, P., Erik, B., Simonsen S., et al. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle ration. *The American Journal of Sports Medicine*, 26 (2), 231–237.
2. Arendt, E., Dick, R. (1995). Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(6): 694–701.
3. Bamac, B., Belgin, B., Tuncay, E., Aydın, O., Serap, E. et al. (2008). Izokinetic performance in elite volleyball and basketball players *Kinesiology*, 2:183–189.
4. Benjaminse, A., Gokeler, A., van der Schans, C.P. (2006). Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a metaanalysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36, 267–288.
5. Beynnon, B.D., Johnson, R.J., Abate, J.A., Fleming, B.C., Nichols, C.E. (2005). Treatment of anterior cruciate ligament injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 33, 1579–1602.
6. Bowers, A.L., Spindler, K.P., McCarty, E.C., Arrigain, S. (2005). Height, weight, and BMI predict intra-articular injuries observed during ACL reconstruction: evaluation of 456 cases from a prospective ACL database. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 15, 9–13.
7. Cannon, W.D., Morgan, C.D. (1994). Meniscal Repair. Part II: Arthroscopic Repair Techniques, Instructional Course Lectures, 61st Annual Meeting, American Academy of Orthopaedic Surgeons. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 76 (A) 2, 294–311.
8. Clancy, W., Sutherland, T. (1994). Combined posterior cruciate ligament injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13, 629–647.
9. De Haven, K.E. (1980). Diagnosis of acute knee injuries with hemarthrosis. *The American Journal of Sports Medicine*, 8, 9–14.
10. Dejour, D., Potel, J.F., Gaudot, F., Panisset, J.C., Condouret, J. (2008). The ACL tear from the pre-operative analysis to a 2-year follow-up, influence of the graft choice on the subjective and objective evaluation. *Société Française d'Arthroscopie*, 94: 356–361.
11. Ekstrand, J. (1990). Six versus eighth months of rehabilitation after reconstruction of the anterior cruciate ligamnet: a prospective randomized study on soccer players. *Science and Football*, 3, 31–36.
12. Esser, R.D. (1993). Technical note: arthroscopic meniscus repair: the easy way. *Arthroscopy. Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 9(2), 231–233.

13. Fabiś, J. (2007). The impact of a isokinetic training program on the peak torque of the quadriceps and knee flexors after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Journal of Orthopaedics, Traumatology and Rehabilitation*, 9(5): 527–31.
14. Floyd, R.T., Peery, D.S., Andrews, J.R. (2008). Advantages of the prone Lachman versus the traditional Lachman. *Orthopedics*, 31(7):671–675.
15. Frosch, K. H., Habermann, F., Fuchs, M., Michel, A., Junge, R., Schmidtman, U. (2001). Is prolonged ambulatory physical therapy after anterior cruciate ligament-plasty indicated? *Comparison of costs and benefits*. *Unfallchirurg*, 104, 513–518.
16. Gaertner, R.L., Rasul, A.T., Jr, Shukri, S. (1993). Clinical evaluation of arthroscopic repair of medial meniscal repair injuries in stable knees: a 2- to 8-year follow-up. *Arthroscopy. Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 9(3), 355.
17. Gillquist, J., Messner, K. (1993). Long-term Results of Meniscal Repair. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 1 (2), 159–163.
18. Ginty, G., Irrgang, I., Pezzullo, D. (2000). Biomechanical considerations for rehabilitation of the knee. *Clinical Biomechanics*, 15, 160–166.
19. Gould, D., Kelly, D., Goldstone, L., Gammon, J. (2001). Examining the validity of pressure ulcer risk assessment scales: developing and using illustrated patient simulations to collect the data INFORMATION POINT: Visual Analogue Scale. *Journal of Clinical Nursing*, 10(5), 697–706.
20. Griffin, L.Y., Agel, J., Albohn, M.J., Arendt, E.A., Dick, R.W., Garrett, W.E. et al. (2000). Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*; 8:141–150.
21. Gudas, R., Simonaitytė, R., Riauba, L., Pocius, G., Kalesinskas, R. (2002). Sąnarių paviršių patologijos chirurginio gydymo efektyvumas naudojant Pridie tunelizaciją. *Medicina*. 38(7), 720–729.
22. Halinen, J., Lindahl, J., Hirvensalo, E. (2009). Range of motion and quadriceps muscle power after early surgical treatment of acute combined anterior cruciate and grade-III medial collateral ligament injuries. A prospective randomized study. *The Journal of bone and Joint Surgery. American Volume*, 91(6): 1305–12.
23. Hurley, L.W., McGuire, T.D. (2003). Influences of clinician technique on performance and interpretation of the Lachman test. *Journal of Athletic Training*, 38: 34–43.
24. Ikeuchi, H. (1993) Arthroscopic peripheral meniscus repair. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 1(2), 103–107.
25. Yu, B., Garrett, W.E. (2007). Mechanisms of non-contact ACL injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 47–51.

26. Kaeding, C., Farr, J., Kavanaugh, T., Pedroza, A. (2005). A prospective randomized comparison of bioabsorbable and titanium anterior cruciate ligament interference screws. *Arthroscopy*, 21, 147–151.
27. Keays, S.L., Bullock-Saxton, J., Keays, A.C. (2000). Strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 373, 174–183.
28. Kelly, A. (1996). *Handbook of orthopaedic rehabilitation*, 194–225. Mosby.
29. Kurt, P., Spindler, M. D., Rick, W., Wright, M.D. (2008). Anterior cruciate ligament tear. *The New England Journal of Medicine*, 359, 2135–2142.
30. Kvist, J. (2004). Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation. *Sports Medicine*, 34 (4), 269–280.
31. Lenčiauskienė, D. (2008). *Kineziterapija po kelio sąnario raiščių pažeidimų*. 48 p., Klaipėda: Ciklonas.
32. Ly, L.P., Handelsman, D.J. (2002). Muscle strength and ageing: methodological aspects of isokinetic dynamometry and androgen administration. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 29(1–2), 37–47.
33. Lohmander, L.S., Englund, P.M., Dahl, L.L., Roos, E.M. (2007). The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *American Journal of Sports Medicine*, 35, 1756–1769.
34. Loyd, D.G. (2001). Rationale for training programs to reduce anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31, 645–654.
35. Maguire, J., Cross, M.J. (2009). Anterior Cruciate Ligament Pathology. *The Medscape Journal of Medicine*. Prieiga per internetą: <http://emedicine.medscape.com/article/1252414-overview>.
36. Mooney, M.F., Rosenberg, T.D. (1993). Meniscus repair: zone-specific technique. *Techniques in Orthopaedics*, 8(2), 82–91.
37. Morgan, C.D., Casscells, C.D., Casscells, S.W. (1989). Arthroscopic Meniscus Repair Evaluated by Second Look Arthroscopy. Proceedings of the International Knee Society. *American Journal of Sports Medicine*, 17 (5), 724–725.
38. Muckus, K., Daniševičius, J. (2004). *Biomechanika*, 128 p. Kaunas: LKKA.
39. Muneta, T., Ogiuchi, T., Imai, S., Ishida, A. (1998). Measurements of joint moment and knee flexion angle of patients with anterior cruciate ligament deficiency during level walking and on one leg hop. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 8 (3–4), 207–218.

40. Neumann, D. (2002). *Kinesiology of the musculoskeletal system*, p. 434–476. Philadelphia: Mosby.
41. Newman, A., Daniels, A., Burks, R. (1993). Principles and decision making in meniscal surgery. *Arthroscopy*, 9, 33–51.
42. Noyes, F.R., Bassett, R.W., Grood, E.S., Butler, D.L. (1980). Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee: incidence of anterior cruciate tears and other injuries. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 62, 687–695.
43. Noll, D. (2001). A Primer on MRI and Functional MRI. Prieiga per internetą: <http://www.eecs.umich.edu/~dnoll/primer2.pdf>.
44. O'Donnell, J.B., Ruland, C.M. (1993). Technical Notes. A Modified Outside-in Meniscal Repair Technique. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 9 (4): 472–474.
45. Pavilionis, S., Burneckis, E. (1984). *Žmogaus anatomija*. Vilnius, Mokslo.
46. Petrulis, A., Prancevičius, S., Kalesinskas, R., Stanaitis, J., Misiūnienė, N., Kocius, M. (1997). *Ortopedija* (Ortopedinės kojos ligos). KMA leidykla.
47. Piasecki, D.P., Spindler, K.P., Warren, T.A., Andrich, 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. *American Journal of Sports Medicine*, 31, 601–605.
48. Rangger, C., Klestil, T., Gloetzer, W., Kemmler, G., Benedetto, K.P. (1995). Osteoarthritis after Arthroscopic Partial Meniscectomy. *The Association of Bone and Joint Surgeons*, 23 (2), 240–244.
49. Risberg, M. A., Michael, L., Snyder-Mackler, L. (2004). A systematic review of evidence for anterior cruciate ligament rehabilitation: how much and what type? *Physical therapy in sport*, 5, 125–145.
50. Sack, K.E. (1995). Osteoarthritis. A continuing challenge. *The Western journal of medicine*. 163 (6):579–586.
51. Shelbourne, K., Nitz, P. (1990). Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 18, 292–299.
52. Stefańska, M., Rafalska, M., Skrzek, A. (2009). Functional assessment of knee muscles 13 weeks after anterior cruciate ligament reconstruction - pilot study. *Journal of Orthopaedics, Traumatology and Rehabilitation*, 11(2): 145–155.
53. Šaikus, A., Jauniškis D. (2001). Kelio sąnario traumos, jų požymiai ir gydymas. *Sveikata*, 2, 25–27.

54. Vallet, A.D., Marks, P.H., Fowler, P.J., Munro, T.G. (1991). Occult posttraumatic osteochondral lesions of the knee: prevalence, classification, and short-term sequelae evaluated with MR imaging. *Radiology*, 178, 271–276.
55. Vitkus, L., Fiodorovas, M., Pocius, G. (2002). Kelio sąnario būklės vertinimas po priekinio kryžminio raiščio plastikos. 5(38), 510–514.
56. Wimmer, R. (2004). Female Athletes and ACL Reconstruction: Rehabilitation Integrating Acupuncture and Medical Herbology. *Acupuncture Today*, 5 (8): 155–164.
57. Wojtys, E., Huston, J. (2000). Longitudinal effects of anterior cruciate ligament injury and patellar tendon autograft reconstruction on neuromuscular performance. *American Journal of Sports Medicine*, 28, 336–344.



## Priedai

1. Pirmas priedas – anketa, kuri buvo pateikiama užpildyti prieš tyrimą.

Lietuvos kūno kultūros akademija

## Anketa

|                     |                                                                      |  |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|--|
| Data                |                                                                      |  |
| Tiriamąojo duomenys |                                                                      |  |
| 1.                  | Vardas Pavardė                                                       |  |
| 2.                  | Amžius                                                               |  |
| 3.                  | Ūgis                                                                 |  |
| 4.                  | Svoris                                                               |  |
| 5.                  | Lytis                                                                |  |
| 6.                  | Dominuojanti koja? (kairė, dešinė)                                   |  |
| 7.                  | Kuri koja traumuota?                                                 |  |
| 8.                  | Kada įvyko trauma?                                                   |  |
| 9.                  | Kada numatoma operacijos data?                                       |  |
| 10.                 | Kaip vertinate savo aktyvumą?                                        |  |
|                     | (fiziškai labai aktyvus, aktyvus, beveik neaktyvus, neaktyvus)       |  |
| 11.                 | Ar turėjote čiurnos pažeidimų per pastaruosius metus? Jei taip, tai: |  |
|                     | a) kuri koja?                                                        |  |
|                     | b) kokia trauma?                                                     |  |
| 12.                 | Jūsų kontaktiniai duomenys? (tel. numeris)                           |  |
| 13.                 | Sutinku, kad duomenys būtų naudojami mokymosi tikslams               |  |
| Parašas             |                                                                      |  |

2 – priedas, tyrimo protokolas, didžiausių reikšmių lentelė, Biodeks'o individualiai pagal tiriamąjį parenkamų parametrų lentelė

| Tyrimo Biodeks'u parametrai                      |                                                                                    |                |               |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|
|                                                  |                                                                                    | Dešinė<br>koja | Kairė<br>koja |
| 1.Kėdės aukštis                                  |  |                |               |
| 2.Atstumas iki ašies                             |                                                                                    |                |               |
| 3.Ašies atstumas iki sąnario                     |                                                                                    |                |               |
| 4.Sėdimos dalies padėtis                         |                                                                                    |                |               |
| Blauzdos fiksavimo aukštis                       |                                                                                    |                |               |
|                                                  |                                                                                    |                |               |
| ACL1 Maks. Jėga                                  |                                                                                    |                |               |
| tiesimas(away) 90°                               |                                                                                    |                |               |
| tiesimas(away) 60°                               |                                                                                    |                |               |
| tiesimas(away) 40°                               |                                                                                    |                |               |
| lenkimas(toward) 90°                             |                                                                                    |                |               |
| lenkimas(toward) 60°                             |                                                                                    |                |               |
| lenkimas(toward) 40°                             |                                                                                    |                |               |
| ACL2 20% maksimalios jėgos.                      |                                                                                    |                |               |
| tiesimas(away)60°                                |                                                                                    |                |               |
| tiesimas(away) 90°                               |                                                                                    |                |               |
| ACL3 20% maksimmalios jėgos.                     |                                                                                    |                |               |
| lenkimas(toward) 40°                             |                                                                                    |                |               |
| lenkimas(toward) 90°                             |                                                                                    |                |               |
| ACL4 Maksimali jėga(dinaminis režimas)           |                                                                                    |                |               |
| greičiai (30°/30°)per sekundę tiesian,lenkiant   |                                                                                    |                |               |
| greičiai (180°/180°)per sekundę tiesian,lenkiant |                                                                                    |                |               |
| greičiai (300°/300°)per sekundę tiesian,lenkiant |                                                                                    |                |               |
| Pastabos                                         |                                                                                    |                |               |
|                                                  |                                                                                    |                |               |
|                                                  |                                                                                    |                |               |