



## **RAZLIKE U MIŠIĆNOJ AKTIVNOSTI JEDNU GODINU NAKON REKONSTRUKCIJE PREDNJE UKRIŽENE SVEZE KOLJENA**

DIFFERENCES IN MUSCLE ACTIVITY ONE YEAR AFTER ACL RECONSTRUCTION

Mario Kasović<sup>1</sup>, Zrinka Potočanac<sup>2</sup>, Mario Cifrek<sup>2</sup>, Anton Tudor<sup>3</sup>, Mladen Mejovšek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska

<sup>2</sup>Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska

<sup>3</sup>Klinika za ortopediju Lovran, Medicinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska

### SAŽETAK

U radu su promatrane danas dvije najčešće korištene tehnike rekonstrukcije koje za transplantat koriste polutetivasti ili vitki mišić (m. gracillis i m. semitendinosus) ili središnju trećinu patelarne tetive. Cilj istraživanja bio je utvrditi postoje li kvalitativne neuromuskularne promjene i odstupanja od zdravog obrasca pokreta izražene u površinskom elektromiografskom signalu te u kojoj se mjeri one razlikuju ovisno o korištenoj operativnoj tehnici jednu godinu nakon rekonstrukcije ACL-a. Ispitanici su bili raspoređeni u tri homogene skupine. Prvu eksperimentalnu skupinu (n=5) činili su ozlijeđeni sportaši nogometaši koji su bili tretirani tehnikom rekonstrukcije ACL-a patelarnim transplantatom (PAT). Drugu eksperimentalnu skupinu (n=5) činili su ozlijeđeni sportaši nogometaši koji su bili tretirani tehnikom rekonstrukcije ACL-a tetivnim transplantatom mišića gracillisa i semitendinosusa (STG). Treću, kontrolnu skupinu činili su potpuno zdravi nogometaši (MODEL). Prag mišićne aktivacije određen je kao 30% maksimalne amplitude srednje anvelope elektromiografskog signala pojedinog mišića u kontrolnoj skupini.

Rezultati godinu dana nakon rekonstrukcije pokazuju statistički značajno kraće vrijeme aktivnosti mišića vastus lateralis u fazi leta grupe PAT (.0249, p=.05 i .005051, p=.05, uz primjenu Bonferroni korekcije) u odnosu na Model, kasniji kraj aktivnosti mišića vastus medialis grupe STG u fazi odraza (.0179, p=.05 i .005051, p=.05, uz primjenu Bonferroni korekcije) u odnosu na Model te kraće vrijeme aktivnosti mišića vastus lateralis u prvoj fazi doskoka grupe PAT (.0132, p=.05 i .015873, p=.05, uz primjenu Bonferroni korekcije) u odnosu na grupu STG. Rezultati pokazuju neuromuskularne promjene kod eksperimentalnih skupina nakon rekonstrukcija i potpune rehabilitacije. Na temelju rezultata ovog istraživanja nismo u mogućnost ustvrditi koja je od prezentiranih tehnika rekonstrukcije ACL-a primjerenija.

*Cljučne riječi:* koljeno, elektromiografija, sportaši, ACL

### SUMMARY

This study aimed at comparing two most commonly used ACL reconstruction techniques in Croatia. Subjects were chosen amongst patients who were all active soccer players operated on by the same physician and rehabilitated in the same clinic, by the same therapist. They were divided into two groups according to ACL reconstruction technique used: PAT group (n = 5) was treated by ACL reconstruction using patellar tendon graft and STG group (n = 5) was treated by ACL reconstruction technique using gracillis and semitendinosus tendon graft. Control group (MODEL) comprised of completely healthy active soccer players. One year after the reconstruction our subjects performed one legged vertical jump using their injured leg and surface electromyographic signals of muscles rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis and biceps femoris were recorded. Vertical jump cycle was divided into five phases based on vertical force platform measurements. Muscle activity threshold was defined at 30% of maximum amplitude of mean envelope of individual muscles in MODEL group and several variables describing muscle activity were defined. Nonparametric statistical methods (Kruskal Wallis test and consecutive Mann Whitney tests with Bonferroni correction) showed some statistically significant differences: shorter activity period of the muscle vastus lateralis in the flight phase for the PAT group (.0249, p=.05 and .005051, p=.05, with Bonferroni correction), delayed end of vastus medialis muscle activity in the take off phase for the STG group (.0179, p=.05 and .005051, p=.05, with Bonferroni correction) when compared to MODEL group and longer activity of the muscle vastus lateralis in the STG group (.0132, p=.05 and .015873, p=.05, with Bonferroni correction) with respect to the PAT group in the landing I phase.

Based on this we are unable to conclude which of these two surgery techniques should be preferred.

*Key words:* knee, electromyography, athletes, ACL

## UVOD

Ruptura prednje križne sveze postala je jedan od najozbiljnijih zdravstvenih problema u sportu. Ovakva ozljeda se u sportaša liječi uglavnom kirurški, tako da je danas jedna od najčešćih operacija ortopedskih kirurga koji liječe sportske ozljede upravo rekonstrukcija prednje križne sveze (1, 2). Cilj rekonstrukcije prednje križne sveze je uspostava prijašnje i kompletne stabilnosti koljena uz urednu mišićnu funkciju i punu pokretljivost koljena. Da bi to postigli, kirurzi rekonstruiraju prekinutu prednju križnu svezu uglavnom koristeći dvije vrste autotransplantata: kost-patelarna tetiva-kost (bone-patellar tendon-bone - PAT) i tetive hamstringsa (STG). Evaluacija stvarne vrijednosti obje metode provodi se raznim testovima, koji su najčešće kombinacija objektivnih mjerenja i subjektivnog stanja pacijenta. Najčešće korišteni testovi su Single Assessment Numeric Evaluation score, Lysholm score, International Knee Documentation Committee score i Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score. Prema najnovijoj studiji koja se bavi usporedbom vrijednosti najčešćih dviju metoda rekonstrukcije prednje križne sveze ni jedna od tih metoda ne daje bitnu razliku u pogledu subjektivnog, objektivnog i funkcionalnog ishoda operiranog koljena (6, 8, 15, 27). Sajović M. et al u svojoj studiji zaključuju da nema nikakve značajne razlike u testiranju operiranih koljena (usporedba navedenih dviju metoda), ali se nakon pet godina razvijaju artrotične promjene u skupini PAT, što se nakon najmanje dvije godina praćenja u prethodno navedenom istraživanju nije dokazalo (23).

Sljedeća studija (22), u kojoj praćenje traje 7 godina, također pokazuje značajno veću artrozu u skupini PAT metode, dok je sve ostalo isto. Zaključno autori preporučuju hamstringsa autotransplantat, iako je tendencija rupture veća prilikom upotrebe hamstringsa autotransplantata (ne statistički značajno) (21, 22).

Ipak, mnogo je više studija u kojima se naglašava da se - usprkos činjenici da se objektivnim mjerenjima ne nalaze razlike u vrijednosti obje metode (prednja i rotatorna stabilnost) - patelfemoralna bolnost javlja kao česti hendikep pacijenta operiranih autotransplantatom srednje trećine ligamenta patele (7, 24, 28).

Tako u sljedećoj studiji autori preporučuju PAT za sportaše, ali zbog postoperativne femoropatelarne bolnost ne preporučuju taj postupak za pacijente koji imaju klečeći posao, one koji otprije imaju femoropatelarne smetnje ili starije osobe (20). Katabi et al. 2002 godine u opsežnoj studiji naglašavaju značajno veću femoropatelarnu bolnost u PAT skupini, ali kako je u istoj skupini pacijenata stabilnost koljena značajno veća, metoda PAT preporuča se kao zlatni standard za rekonstrukciju prednje križne sveze u sportaša, pogotovo onih koji prakticiraju pivotirajuće sportove (14).

Ipak, neki autori smatraju da ocjena vrijednosti rekonstrukcije prednje križne sveze na do sada uvriježeni način, uz pomoć navedenih testova, nije dovoljno dobra jer ne može oponašati situacije u današnjim sportovima koji su izuzetno zahtjevni za koljeno. Za stvarnu ocjenu vrijednosti metoda rekonstrukcije prednje križne sveze treba uvesti testove dinamične funkcionalne stabilnosti. Chouliaras V. et al. u svojoj biomehantičko - kinematičkoj

studiji opisuje jedan takav test na platformi; dokazuje se da koljeno rekonstruirano STG metodom ne može spriječiti preveliku unutarnju rotaciju potkoljenice prilikom doskoka i snažne rotacije gornjeg dijela tijela. Da koljeno stabilizirano PAT metodom također nedovoljno stabilizira koljeno u sličnim situacijama dokazano je već ranije. Autori zaključuju da niti jedna od ovih metoda ne može dovoljno stabilizirati rotaciju tibije te da su potrebna daljnja poboljšanja metoda rekonstrukcije prednje križne sveze u cilju postizanja bolje anatomske pozicije i funkcije prednje križne sveze (4).

Cilj istraživanja bio je utvrditi postoje li kvalitativne neuromuskularne promjene i odstupanja od zdravog obrasca pokreta izražene u površinskom elektromiografskom signalu te u kojoj se mjeri one razlikuju ovisno o korištenoj operativnoj tehnici jednu godinu nakon rekonstrukcije ACL-a. U radu su promatrane danas dvije najčešće korištene tehnike rekonstrukcije koje za transplantat koriste polutetivasti ili vitki mišić (m. gracillis i m. semitendinosus) ili središnju trećinu patelarne tetive. Kako u Hrvatskoj ne postoji jedinstveno mišljenje, odnosno postoje oprečna mišljenja o tome koja je od navedenih tehnika primjerenija kod osoba izloženim velikim naporima ili sportaša, rezultati ove studije mogli bi se koristiti za unaprjeđenje programa rehabilitacije i pri odabiru tipa rekonstrukcije tj. definiranju kriterija odabira, što bi zasigurno osiguralo brži i kvalitetniji povratak profesionalnim sportskim aktivnostima (12, 18).

## ISPITANICI I METODE

Mjerenje je provedeno jednu godinu nakon rekonstrukcije ACL-a, kada su ispitanici bili u potpunosti rehabilitirani. Tehnike rekonstrukcije ACL-a izvedene su pod istim uvjetima, u istoj bolnici i izveo ih je isti liječnik, a tip rekonstrukcije za pojednog ispitanika odabrao je liječnik. Rehabilitacijski program je također proveden pod istim uvjetima, u istoj poliklinici i pod nadzorom istog fizioterapeuta (11). Ispitanici su bili raspoređeni u tri homogene skupine. Prvu eksperimentalnu skupinu činili su ozlijeđeni sportaši nogometaši koji su bili tretirani tehnikom rekonstrukcije ACL-a patelarnim transplantatom (PAT). Drugu eksperimentalnu skupinu činili su ozlijeđeni sportaši nogometaši koji su bili tretirani tehnikom rekonstrukcije ACL-a tetivnim transplantatom mišića gracillisa i semitendinosusa (STG). Treću, kontrolnu skupinu činili su potpuno zdravi nogometaši (MODEL). Ispitanici su bili približno istih antropometrijskih karakteristika i godina starosti. Skupine ispitanika izvorno su sadržavale po 10 ispitanika, no zbog prisutnosti raznih artefakata neki su EMG signali bili isključeni iz daljnje analize, pa je broj analiziranih ispitanika po skupinama u konačnici bio: skupina PAT n=5, skupina STG n=5, skupina MODEL n = 7. Uzorak signala predstavljaju izmjereni izvorni površinski elektromiografski signali četiri dominantna mišića koljena (m. rectus femoris, m. vastus medialis, m. vastus lateralis i m. biceps femoris) mjereni pri izvođenju motoričkog zadatka vertikalnog jednonožnog skoka u vis. Jednonožni skok u vis izabran je jer povezuje veliki broj specifičnih pokreta i tehnika koje se pojavljuju u brojnim sportovima ili aktivnostima. Osim navedenog, izolira rad i

aktivnost mišićne aktivnosti pojedinog koljenog zgloba bez mogućnosti utjecaja druge noge (11, 13).

Ispitanici su zadatak izvodili tri puta pojedinom nogom, no u daljnju analizu je uzimano po jedno mjerenje svakog ispitanika. Motorički zadatak bio je podijeljen u pet karakterističnih faza koje su utvrđene praćenjem vertikalne komponente sile reakcije podloge na Kistlerovoj platformi (19). Najvažniji, istovremeno i

središnji dio signala definiran je trenutkom uspostave ponovnog kontakta s podlogom nakon faze leta. U vremenskoj domeni definirane su sljedeće faze jednonožnog vertikalnog skoka i njihovo trajanje kao postotak trajanja ciklusa skoka: mirovanje, odraz, let, doskok 1 i doskok 2. (Slika 1.)

Skok je analiziran u cijelom svom trajanju, a potom je provedena i analiza po pojedinim fazama skoka. Obrada

Slika 1. Prikaz faza vertikalnog skoka definiranih vertikalnom komponentom sile reakcije podloge i njihovog trajanja izraženog kao postotak ukupnog trajanja ciklusa skoka od 4 s. Faze su: mirovanje od 0 - 16% (a), odraz od 16-45% (b), let od 45-51% (c), doskok 1 od 51-61% (d) i doskok 2 od 61-100% (e).

Figure 1. Review of vertical jump phases defined by the vertical component of the ground reaction force and the duration of these phases expressed as the percentage of the overall cycle duration of 4 sec. The phases include: pre-jump phase from 0 - 16% (a), take-off from 16-45% (b), flight from 45-51% (c), landing 1 from 51-61% (d) and landing 2 from 61-100% (e).



signala provedena je korištenjem programskog paketa MATLAB (16, 17). Za prikupljanje površinskih elektromiografskih signala korišten je višekanalni elektromiografski uređaj (TELEMG, BTS) te elektrode postavljene na ispitanika u skladu sa SENIAM protokolom (9, 10). Vrijeme mjerenja pojedinog skoka iznosilo je 4 sekunde (2 s prije i 2 s nakon prvog kontakta s podlogom pri doskoku) s frekvencijom uzorkovanja 1000 Hz. Signali su najprije visokopropusno filtrirani Butterworthovim filtrom 5. reda, s frekvencijom od 15 Hz, da bi se uklonili artefakti pomaka. Nakon uklanjanja artefakata pomaka vizualnom inspekcijom snimljenih signala iz uzorka su isključeni oni signali kod kojih su dominirali razni artefakti i ponovljena mjerenja istih ispitanika, a preostali signali su punovalno ispravljani i niskopropusno filtrirani Butterworthovim filtrom 5. reda, frekvencije 5 Hz da bi se dobile anvelope signala. Provedena je vremenska normalizacija signala tj. trajanje skoka prikazano je u rasponu 0-100%. Prag mišićne aktivacije određen je na temelju iskustva kao 30% maksimalne amplitude srednje anvelope elektromiografskog signala pojedinog mišića u kontrolnoj skupini. Dijelovi elektromiografskog signala amplitude veće od određenog praga smatrani su periodima aktivnosti mišića i dalje analizirani. Za opis dobivenih anvelopa signala definirane su sljedeće varijable: trenutak početka

mišićne aktivacije -  $t_{start}$ , trenutak završetka mišićne aktivacije -  $t_{end}$ , trenutak postizanja maksimalne amplitude elektromiografskog signala -  $t_{max}$  te trajanje aktivacije izraženo u postotku trajanja promatranog dijela skoka -  $t_{dur}$ . Zbog specifičnosti populacije te složenosti i longitudinalnosti studije, što za posljedicu ima mali broj uzoraka u pojedinoj skupini, korištene su neparametrijske statističke metode analize podataka (3). Za otkrivanje razlika među grupama korišten je Kruskal-Wallis test ( $\alpha=.05$ ). U slučaju pronalaženja statistički značajnih razlika pristupilo se daljnjem testiranju korištenjem uzastopnih Mann-Whitney testova uz primjenu Bonferroni (2, 5) korekcije ( $\alpha=.05/3=.0167$ ). Statistička analiza provedena je korištenjem programskog paketa StatSoft Statistica (25, 26).

## REZULTATI I DISKUSIJA

U analizi po fazama skoka neparametrijskim statističkim metodama analize utvrđene su određene razlike između skupina ispitanika. Dobivene vrijednosti pokazuju funkcionalno-mišićnu razliku između skupina u određenom vremenskom periodu. U fazi mirovanje (prva faza) i doskok 2 (zadnja faza) nisu zabilježene statistički značajne razlike.

Tablica 1. Prikaz statistički značajnih razlika između grupa ispitanika, jednu godinu nakon rekonstrukcije ACL-a, prema pojedinoj fazi skoka, varijabli i mišiću. Varijabla  $t_{end}$  označava trenutak završetka mišićne aktivnosti, dok  $t_{dur}$  označava trajanje aktivnosti izraženo u postotku trajanja promatrane faze skoka. Mišići su označeni na sljedeći način: VAM - m. vastus medialis i VAL - m. vastus lateralis.

Table 1. Review of statistically significant differences between subject groups one year after ACL reconstruction, according to individual jump phases, variables and muscle. The variable  $t_{end}$  indicates the moment of the end of muscle activity, while  $t_{dur}$  indicates the duration of the activity expressed as percentage of the duration of the observed jump phase. The muscles are indicated as follows: VAM - m. vastus medialis; VAL - m. vastus lateralis.

| 1. godina nakon rekonstrukcije ACL-a |           |       |  |                |              |
|--------------------------------------|-----------|-------|--|----------------|--------------|
| Faza                                 | Var.      | Mišić | Razlika  | Kruskal-Wallis | Mann-Whitney |
| <b>Odraz</b>                         | $t_{end}$ | VAM   | MODEL ranije završava s mišićnom aktivnošću no STG | .0179*         | .005051**    |
| <b>Let</b>                           | $t_{dur}$ | VAL   | PAT ima kraće aktivan mišić od MODEL               | .0249*         | .005051**    |
| <b>Doskok 1</b>                      | $t_{dur}$ | VAL   | PAT ima kraće aktivan mišić od STG                 | .0132*         | .015873**    |

\* Statistički značajno  $p < .05$ , \*\* Statistički značajno  $p < .05$  uz primjenu Bonferroni korekcije

Godinu dana nakon rekonstrukcije registrirane su promjene obrasca aktivacije na prednjoj strani natkoljenice, mišića vastus medialis i vastus lateralis. Osobito je značajno uočeno odstupanje trajanja aktivacije u fazi leta i doskoka 1 kod mišića vastus lateralis, koji je najznačajniji ekstenzor potkoljenice.

Skupina PAT, vjerojatno zbog lokacije s koje je uzet materijal za autotransplantat i nastalog oštećenja koje tijelo još uvijek nije u potpunosti percipiralo, podsvjesno smanjuje napetost i šteti ligament patele kraćom mišićnom aktivnosti vastus lateralis u fazi leta. Kruskal-Wallis test (.0249,  $p = .05$ ) kao i Mann-Whitney test uz primjenu Bonferronijeve korekcije (.005051,  $p = .05$ ), pokazuju statistički značajno kraće vrijeme aktivnosti mišića grupe PAT u odnosu na Model, što bi moglo ići u prilog ovoj tvrdnji (Tablica 1).

Kraće vrijeme aktivnosti istog mišića nastavlja se i u fazi doskoka 1, ali samo u odnosu na STG grupu, što ima određeno značenje. I Kruskal-Wallis test (.0132,  $p = .05$ ) kao i Mann-Whitney test uz primjenu Bonferronijeve korekcije (.015873,  $p = .05$ ) pokazuju statistički značajno kraće vrijeme aktivnosti mišića vastus lateralis grupe PAT u odnosu na grupu STG (Tablica 1).

Kod skupine STG registrirano je statistički značajno duže trajanje aktivnosti mišića vastus medialis nego kod Modela i to u fazi odraza. Kruskal-Wallis test (.0179,  $p = .05$ ) i Mann-Whitney test uz primjenu Bonferronijeve korekcije (.005051,  $p = .05$ ) pokazuju statistički značajno duže vrijeme aktivacije mišića. Iako su im funkcije različite (mišić vastus medialis je ekstenzor potkoljenice, dok su gracilis i semitendinosus fleksori i unutrašnji rotatori), sličnost vidimo u blizini polazišta i smještenosti koja je dominantno na unutrašnjoj strani natkoljenice. Prema prethodno navedenom mišljenju smo da je kod skupine STG zbog nedostatka funkcije mišića semitendinosus i gracilis mišić vastus medialis preuzeo njihovu ulogu stabilizacije koljenog zgloba pri odrazu, što se manifestira upravo njegovom dužom aktivacijom (Tablica 1).

Uspoređivanjem statistički značajnih razlika zamjećuje se nekoliko činjenica koje bi mogle biti vezane uz tehniku rekonstrukcije ACL-a.

Godinu dana nakon rekonstrukcije neuromuskularne razlike su uočene na prednjoj strani natkoljenice i pri tome se najčešće spominje mišić vastus lateralis kod PAT skupine. Od varijabli koje razlikuju skupine najčešće se spominje trajanje aktivacije izraženo u postotku trajanja ciklusa skoka ( $t_{dur}$ ).

Naši nalazi o skupini STG, koji se odnose na mjerenje jednu godinu nakon rekonstrukcije, nisu u suglasnosti s ocjenama stručnih osoba i njihovim mišljenjem koje proizlazi iz prakse. U praksi je primijećen porast ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice kod sportaša tretiranih transplantatom od polutetivastog ili vitkog mišića (m. gracilis i m. semitendinosus). Ozljede se najčešće odnose na mišić biceps femoris i nastala istegnuća. Stoga je mišljenje iz prakse da se taj mišić nije dovoljno brzo adaptirao na novonastale okolnosti u koljenu godinu dana nakon rekonstrukcije, odnosno da novonastale promjene uslijed nedostatka dijela stabilizatora zgloba stvaraju preopterećenost, što za posljedicu može imati pojavu ozljede. Uz ovakav neuromuskularni disbalans rizik od ozljeđivanja potencira i činjenica da su se svi ispitanici vratili trenažnim opterećenjima kojima su bili izloženi prije nastanka ozljede, što bi moglo dodatno opteretiti mišić biceps femoris. U prilog ovoj tvrdnji govori i registrirana ponovljena ruptura ACL-a kod jednog ispitanika STG skupine jednu godinu nakon rekonstrukcije. No, moguće je da zbog malog broja ispitanika i strogog kriterija statističke značajnosti koji nameću odabrane metode statističke analize mi nismo pronašli dokaze u prilog ovim tvrdnjama, što ne znači da oni ne postoje.

Činjenice vezane uz skupinu PAT u istom vremenskom intervalu logične su i objašnjive. Ispitanici podsvjesno kraćom aktivacijom mišića vastus lateralis u fazi leta i doskoka 1 prividno rasterećuju ozljeđeni



patelarni ligament, što govori o određenoj nesigurnosti i povećanom riziku od ozljeđivanja kod ove skupine.

Ovo je istraživanje utvrdilo postojanje statistički značajnih razlika između skupina ispitanika. Nažalost, složenost studije i posljedično mali broj ispitanika nametnuli su korištenje statističkih metoda s vrlo strogim kriterijima značajnosti. Tim više su razlike koje zadovoljavaju takve kriterije vrlo značajne. Dakako, moguće je da bismo, da je broj ispitanika bio veći, našli više statistički značajnih razlika te bi bilo korisno ponoviti studiju na većem broju ispitanika. Također, postavlja se pitanje definiranja praga aktivnosti. Možda bi odabir nekog drugog praga rezultirao jasnije izraženim rezultatima.

## ZAKLJUČAK

Naši nalazi nisu potvrdili mišljenja stručnjaka iz prakse da se mišić biceps femoris kod rekonstrukcije ACL-a tetivnim transplantatom mišića gracillisa i semitendinosusa ne adaptira dovoljno brzo na novonastale okolnosti u koljenu godinu dana nakon

rekonstrukcije, odnosno da novonastale promjene uslijed nedostatka dijela stabilizatora zgloba stvaraju preopterećenost, što za posljedicu može imati pojavu ozljede. Na temelju rezultata ovog istraživanja nismo u mogućnosti utvrditi koja je od prezentiranih tehnika rekonstrukcije ACL-a primjerenija. Moguće je da je to posljedica malog broja ispitanika i strogosti primijenjenih kriterija statističke značajnosti. U tom smislu bilo bi korisno provesti studiju na većem broju ispitanika podvrgnutih tom tipu rekonstrukcije ACL-a, u tom vremenskom intervalu. Rezultati pokazuju neuromuskularne promjene kod eksperimentalnih skupina nakon rekonstrukcija ACL-a, završene rehabilitacije te povratka sportaša punom trenažnom opterećenju. To može imati za posljedicu povećani rizik nastanka ponovne ozljede koljena i mogućih trajnih posljedica po sportaša. Ova studija najprije bi mogla koristiti sportašima i njihovim trenerima, kako bi mogli planirati, programirati i korigirati trenažni proces, a time i unaprijediti funkciju koljena na najbolji mogući način, što bi očuvalo i produžilo njihovu sportsku karijeru.

## Literatura

- Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17(7),705-29.
- Bland JM, Altman DG. Multiple significance tests: the Bonferroni method. *BMJ* 1995; from <http://www.bmj.com/cgi/content/full/310/6973/170>
- Bluman AG. *Elementary Statistics: a step by step approach*. New York: McGraw-Hill, 2004.
- Chouliaras V, Ristanis S, Moraiti C, Tzimas V, Stergiou N, Georgoulis AD. Anterior cruciate ligament reconstruction with a quadrupled hamstrings tendon autograft does not restore tibial rotation to normative levels during landing from a jump and subsequent pivoting. *Sports Med Phys Fitness* 2009; 49(1), 64-70.
- Columb MO, Sagadai S. Multiple comparisons. *Current Anaesthesia & Critical Care* 2006; 17, 233-236.
- Dauty M, Tortellier L, Rochcongar P. Isokinetic and anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings or patella tendon graft: analysis of literature. *Int J Sports Med* 2005; 26(7), 599-606.
- Ejerhed L, Kartus J, Sernert N, Köhler K, Karlsson J. Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction? A prospective randomized study with a two-year follow-up. *Am J Sports Med* 2003; 31(1), 19-25.
- Gobbi A, Mahajan S, Zanazzo M, Tuy B. Patellar tendon versus quadrupled bone-semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective clinical investigation in athletes. *Arthroscopy* 2003; 19(6), 592-601.
- Hermens HJ, Merletti R, Rix H, Freriks B. (Ed.). *The state of the art on signal processing methods for surface electromyography*, Enschede, The Netherlands: Roessingh Research and Development 1999.
- Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, et al. (Ed.). *European recommendations for surface electromyography*, Enschede, The Netherlands: Roessingh Research and Development 1999.
- Kasović M, Medved V, Mejovšek M, Ergović V. Biomechanical diagnostics of knee joint condition in sport, U Milanović D, Prot F. ur. *Proceedings Book of 5<sup>th</sup> International Scientific Conference in Kinesiology Zagreb*, University of Zagreb, Faculty of Kinesiology. 2008; 242-245.
- Kasović M, Potočanac Z, Mejovšek M. Differences in ACL reconstruction techniques: EMG study. *Proceedings of XXII Congress of the International Society of Biomechanics*, Cape Town, South Africa 2009; on CD-ROM
- Kasović M, Pribanić T, Medved V. Take-off and landing properties in top-level football players: a ground reaction force study. *Kinesiology* 2002; 34(2), 182-189.
- Katabi M, Djian P, Christel P. Anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon autograft versus four-strand hamstring tendon autografts. A comparative study at one year follow-up. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur* 2002; 88(2), 139-48.

15. Kwak SD, Ahmad CS, Gardner TR, Grelsamer RP, Henry JH, Blankevoort L, et al. Hamstrings and iliotibial band forces affect knee kinematics and contact pattern. *J Orthop Res* 2000; 18(1), 101-8.
16. MATLAB (version 7.5.0.342 R2007b) [computer software]. Natick, MA: MathWorks 2007.
17. MATLAB (version 7.5.0.342 R2007b) [computer software manual]. Natick, MA: MathWorks 2007.
18. Mejovšek M, Kasović M, Sporiš G. Knee biomechanics in soccer players after ACL reconstruction: two years study. *Proceedings of XXII Congress of the International Society of Biomechanics*, Cape Town, South Africa 2009; on CD-ROM
19. Mejovšek M, Kasović M, Lončar V. New laboratory test for dynamic stability in ACL deficient knee joint. Program and Abstracts of the XXI<sup>th</sup> ISB Congress, Taipei, Taiwan, *Biomech*, 40 (Suppl. 2), 588.
20. Musil D, Sadvský P, Filip L, Vodicka Z, Stehlík J. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: comparison of patellar bone-tendon-bone and hamstring tendon graft methods. Part 1. Evaluation of patients treated by the patellar bone-tendon-bone graft technique *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2007; 72(4), 235-8.
21. Musil D, Sadvský P, Filip L, Vodicka Z, Stehlík J. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: comparison of patellar bone-tendon-bone and hamstring tendon graft methods. Part 2. Short-term evaluation of the hamstring tendon graft technique with use of the Rigidfix system. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2005; 72(4), 239-45.
22. Roe J, Pinczewski LA, Russell VJ, Salmon LJ, Kawamata T, Chew M. A 7-year follow-up of patellar tendon and hamstring tendon grafts for arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: differences and similarities. *Am J Sports Med* 2005; 33(9), 1337-45.
23. Sajovic M, Vengust V, Komadina R, Tavcar R, Skaza K. A prospective, randomized comparison of semitendinosus and gracilis tendon versus patellar tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: five-year follow-up. *Am J Sports Med* 2006; 34(12), 1933-40.
24. Spindler KP, Kuhn JE, Freedman KB, Matthews CE, Dittus RS, Harrell FE Jr. Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review. *Am J Sports Med* 2004; 32(8), 1986-95.
25. STATISTICA (version 8.0) [data analysis software system]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc. 2008.
26. STATISTICA (version 8.0) [data analysis software system manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc. 2008.
27. Taylor DC, Deberardino TM, Nelson BJ, Duffey M, Tenuta J, Stoneman PD, Sturdivant RX, Mountcastle S. Patellar Tendon Versus Hamstring Tendon Autografts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial Using Similar Femoral and Tibial Fixation Methods. *Am J Sports Med* 2009.
28. Tow BP, Chang PC, Mitra AK, Tay BK, Wong MC. Comparing 2-year outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction using either patella-tendon or semitendinosus-tendon autografts: a non-randomised prospective study. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2005; 13(2), 139-46.