

Udružena rekonstrukcija prednjeg križnog i anterolateralnog ligamenta koljena: korak naprijed ili samo trend u ortopediji?

Combined reconstruction of anterior cruciate and anterolateral knee ligaments – a review: Step forward or just a trend in orthopaedic surgery?

Goran Vrgoč*, Filip Vuletić, Alan Ivković, Saša Janković

Zavod za ortopediju, Klinička bolnica „Sv. Duh“, Zagreb

Sažetak. Izolirana rekonstrukcija prednjeg križnog ligamenta (ACL) predstavlja *zlatni standard* u kirurškom liječenju rupture prednjeg križnog ligamenta. No, neuspjeh cijeljenja presatka i ostatna rotacijska nestabilnost koljena i dalje su česte postoperativne komplikacije. Anterolateralni ligament (ALL) i njegova uloga u kontroli rotacijske stabilnosti dobila je značajan interes 2013. nakon objave njegova „ponovnog otkrića“. Ta ligamentarna struktura, opisana još davne 1879., potječe od proksimalnog i stražnjeg dijela lateralnog epikondila bedrene kosti i hvata se na goljeničnoj kosti, na sredini između Gerdyjeva tuberkla i glavice fibule. Biomehanička ispitivanja pokazala su da anterolateralni ligament djeluje kao pasivni stabilizator koljena tijekom unutarnje rotacije koljena, i kod rupture ACL-a i lateralnih struktura koljena odgovoran je za nastanak *pivot-shift* fenomena. Pokazalo se da izolirana rekonstrukcija ACL-a u pacijenata s ozljedom ACL-a i ALL-a ne može vratiti normalnu kinematiku koljena, za razliku od njihove kombinirane rekonstrukcije. Uz to, dosadašnja literatura nudi brojne dokaze u smislu poboljšanja stabilnosti koljena nakon kombiniranog postupka rekonstrukcije ACL-a i ALL-a. Štoviše, nedavne kliničke studije pokazale su da ALL ima zaštitni učinak na očuvanje presatka ACL-a, kao i na brži ponovni povratak u sport i opće zadovoljstvo pacijenata s operativnim zahvatom. Ovaj pregledni rad ima za cilj dati pregled dosadašnjeg znanja anatomije, funkcije i učinka rekonstrukcije ACL-a i ALL-a u pacijenata s puknućem ACL-a.

Ključne riječi: lateralna ekstraartikularna tenodeza; koljeno; rotacijska nestabilnost; unutarnja rotacija

Abstract. Isolated anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction is the gold standard in surgical treatment of anterior cruciate ligament rupture. However, graft failure rates and residual rotational instability of the knee are still common post-operative complications. The anterolateral ligament (ALL) and its role in controlling rotational stability gained considerable interest in 2013 following the announcement of its "rediscovery". This ligamentous structure, described back in 1879, originates just proximal and posterior of the lateral epicondyle of the femur and it ends on the tibia, midway between Gerdy's tubercle and the head of the fibula. Biomechanical studies have shown that the anterolateral ligament acts as a passive knee stabilizer during internal knee rotation and in the rupture of the ACL and lateral knee structures is responsible for the presence of a pivot-shift knee phenomenon. It has been shown that isolated ACL reconstruction in patients with ACL and ALL injury cannot restore normal knee kinematics unlike their combined reconstruction. In addition, recent literature shows evidence in terms of improving knee stability after a combined ACL and ALL reconstruction procedure. Moreover, recent clinical studies have shown that ALL has a protective effect on the preservation of ACL graft as well as on the faster return to sport and overall patient satisfaction. This review aims to give an overview of our current knowledge of the anatomy, function, and effect of combined ACL and ALL reconstruction in patients with ACL rupture.

Key words: lateral extra-articular tenodesis; internal rotation; knee; rotation instability

***Dopisni autor:**
Goran Vrgoč, dr. med.
Vrtilarska 43, 10 000 Zagreb
E-mail: gvrhoc@gmail.com

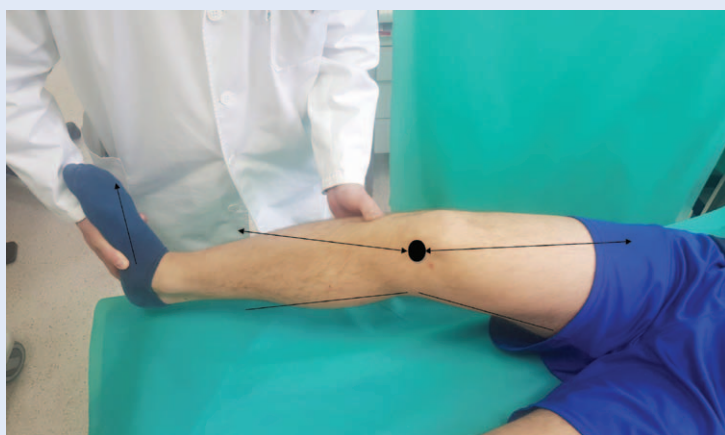
<http://hrcak.srce.hr/medicina>

UVOD

Ozljeđe prednjeg križnog ligamenta (engl. *anterior cruciate ligament*, ACL) spadaju među najčešće ozljede koljena. Posljedično tome, broj rekonstrukcija ACL-a posljednjih se nekoliko desetljeća značajno povećao, dosežući brojku od oko 130 000 postupaka godišnje u Sjedinjenim Američkim Državama¹. Kao rezultat tako velikog broja operativnih zahvata, paralelno su se razvijale i tehnike rekonstrukcije ACL-a. Iako je napredak u kirurškim tehnikama donio zadovoljavajuće i pouzdane rezultate, još uvijek su prisutne relativno visoke stope neuspjeha (20 % do 40 %), kao i česta poslijeoperacijska rotacijska nestabilnost^{2,3}.

Povijesno gledano, prva spoznaja o postojanju ALL-a pripisuje se francuskom anatomu Paulu Segondu koji je 1897. izvijestio o postojanju „biserno-vlaknastih traka“ kod kojih se javlja velika količina napetosti prilikom prekomjerne unutarnje rotacije koljena.

Nadalje, nekoliko studija pokazalo je da izolirana rekonstrukcija ACL-a nije uvijek dostatna za potpuni povratak normalne kinematike koljena te posljedično zaostaje rotacijska nestabilnost. Smatra se da udružena rekonstrukcija ACL-a i ALL-a sprječava pojavu rotacijske nestabilnosti i pridonosi ukupno boljoj stabilnosti koljena.



Slika 1. Izvođenje *pivot-shift* testa (valgus koljena, fleksija 20 – 30st i vanjska rotacija potkoljenice) u spinalnoj anesteziji. Linije s dvije strjelice – valgus položaj, linije bez strjelice – fleksija, linija s jednom strjelicom – vanjska rotacija

Rotacijska nestabilnost koja zaostane nakon operacijskog zahvata rekonstrukcije ACL-a manifestira se osjećajem nestabilnosti, što posljedično dovodi do nezadovoljstva i veće mogućnosti razvoja ranog osteoartrisa (OA) kod pacijenata. Razni uređaji, aplikacije i roboti pokušali su se koristiti za objektiviziranje *pivot-shift* testa, ali ništa od toga nije globalno zaživjelo. Rotacijska nestabilnost se može objektivizirati *pivot-shift* testom (izvodi se pokret iz potpune ekstenzije do 90st fleksije u koljenu s valgusom i vanjskom rotacijom potkoljenice), najpreciznije pod anestezijom kada je miškulatura inaktivna⁴ (slika 1). *Pivot-shift* test je pozitivan kod puknuća ACL-a, a stupanj 2 i 3 ukazuju na moguće puknuće anterolateralnog kompleksa⁴. U cilju poboljšanja ishoda liječenja, osobito kod mlade i aktivne populacije, razvijena je posebna operacijska tehnika koja uključuje udruženu anatomsku rekonstrukciju ACL-a jednim snopom (engl. *single bundle*) i lateralnu izvanzglobnu tenodezu (engl. *lateral extra-articular tenodesis*, LET). LET je djelomično napušten 1990-ih godina zbog potencijalno povećanja pritiska na lateralni odjeljak koljena, razvoja OA-a lateralnog odjeljka koljena, smanjenja opsega pokreta te posljedično velikog broja lošijih kliničkih rezultata⁵. Nakon što je Steven Claes 2013. napisao rad o „ponovnom otkrivanju“ anterolateralnog ligamenta koljena (engl. *anterolateral ligament*, ALL), ta „nova“ anatomska struktura došla je u središte pozornosti⁶. Usprkos opsežnom istraživačkom naporu, do danas ne postoji konsenzus o tome postoji li ALL i koje su mu funkcije. Za pojedine autore ta anatomska struktura ili ne postoji ili nema funkciju u stabilnosti koljena, dok ostali autori smatraju neupitnim njegovo makroskopsko postojanje u svim koljenima, a njegov histološki izgled odgovara strukturi ligamenta⁷⁻⁹. Iako ih mnogi autori osporavaju u literaturi, biomehaničke studije anterolateralnog ligamenta i kliničke studije o rekonstrukciji ALL-a, koje će kasnije biti opisane, pokazuju obećavajuće rezultate.

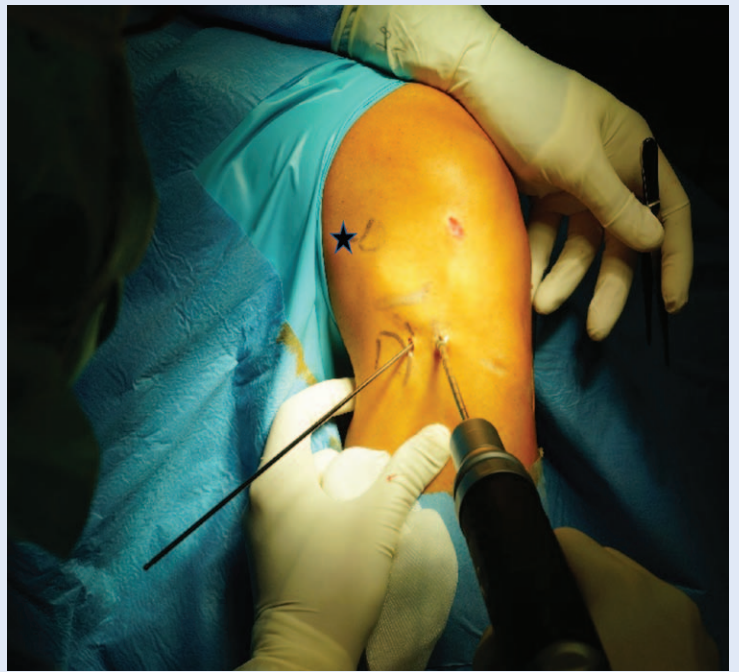
ANATOMIJA ALL-A

Povijesno gledano, prva spoznaja o postojanju ALL-a pripisuje se francuskom anatomu Paulu Segondu koji je 1897. godine izvijestio o postojanju

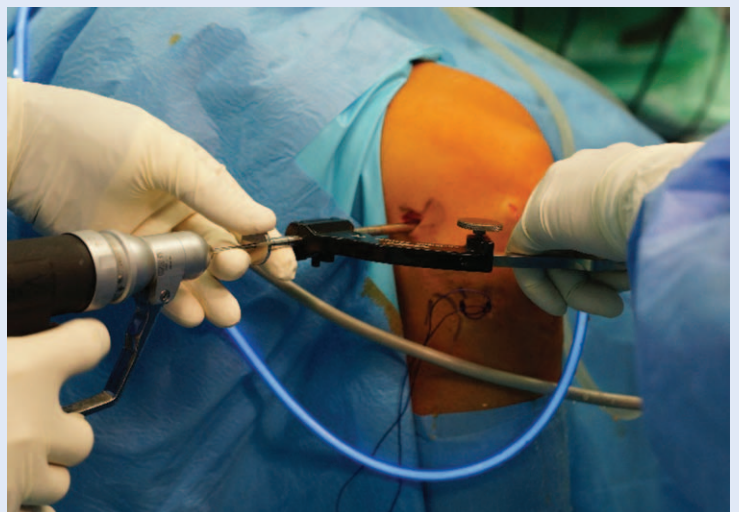
„biserno-vlaknastih traka“ kod kojih se javlja velika količina napetosti prilikom prekomjerne unutarnje rotacije koljena¹⁰. Izraz „anterolateralni ligament“ prvi put u literaturi su upotrijebili Terry i suradnici 1986. godine¹¹. Unatoč brojnim studijama u povijesti, njegovo postojanje popularizirano je tek kada su Claes i suradnici 2013. godine pružili detaljan anatomske opis navedene strukture⁶. Daljnje analize anatomije ALL-a učinjene na brojnim anatomske uzorcima, otkrile su određenu varijabilnost te strukture. Primjerice, u odnosu na distalno (tibijalno) hvatište, koje je u pravilu konstantno, dokazano je da proksimalno (femoralno) hvatište ALL-a varira. Usprkos tome obično ga je moguće pronaći neposredno straga i proksimalno od lateralnog epikondila bedrene kosti¹² (slika 2). Prema odnosu sa zglobnom pukotinom, neka vlakna ligamenta su pričvršćena na lateralni menisk i anterolateralnu zglobnu čahuru, dok je veći dio vlakana usmjeren prema distalno do hvatišta na proksimalnom dijelu goljenične kosti, odmah iza Gerdyjeva tuberkla¹³. U odnosu na navedene raznolikosti, distalno podrijetlo ALL-a dosljedno je opisano u literaturi na pola puta između prednje granice glavice fibule i stražnje granice Gerdyjeva tuberkla¹⁴. Prema studiji Claes i suradnika upravo ta lokacija odgovara Segondovu prijelomu, radiografskom nalazu vidljivom kod pojedinih pacijenata s rupturom ACL-a⁶. Histološki gledano, ALL je struktura sastavljena od gustih, organiziranih, kolagenskih vlakana odvojena od lateralne kapsule zgloba koljena¹⁵. Duljina ALL-a od polazišta na bedrenoj kosti do hvatišta na proksimalnom dijelu goljenične kosti iznosi od 34 mm do 59 mm, širine 7 mm, a debljina ligamenta varira od 2,09 mm u muškaraca do 1,09 mm u žena¹⁶⁻¹⁸. U muškaraca je ALL 2x deblji nego u žena¹⁸.

BIOMEHANIKA

ALL spada u pasivne stabilizatore koljena. Dok su rezultati biomehaničkih studija koje su proučavale funkciju ALL-a kod zdravog koljena u literaturi kontroverzni, postoje čvrsti dokazi za njegovu ulogu u ograničavanju prekomjerne unutarnje rotacije koljena s dokazanom rupturom ACL-a¹⁹. Nadalje, nekoliko studija pokazalo je da izolirana rekonstrukcija ACL-a nije uvijek dostatna za pot-



Slika 2. Bušenje konvergentnih tunela na tibiji za postavljanje anterolateralnog ligamenta. Oznaka zvijezdice (★) je na položaju femoralnog ALL tunela, proksimalno i straga od lateralnog epikondila.



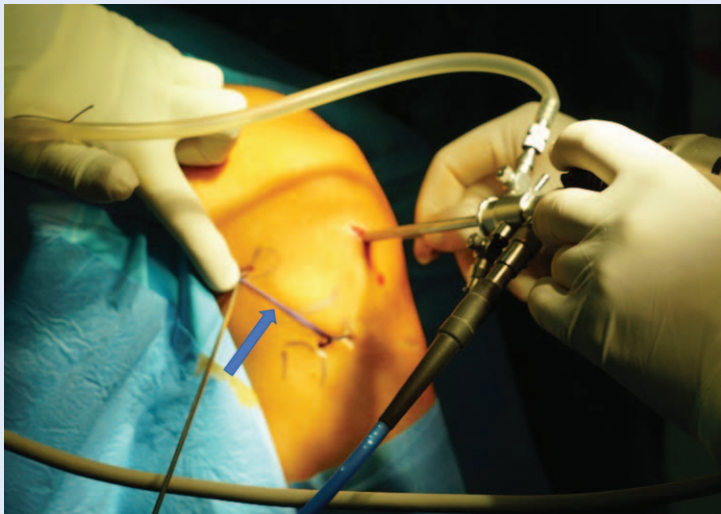
Slika 3. „Outside-in“ bušenje tunela na bedrenoj kosti.

puni povratak normalne kinematike koljena te posljedično zaostaje rotacijska nestabilnost. Smatra se da udružena rekonstrukcija ACL-a i ALL-a sprječava pojavu rotacijske nestabilnosti i pridonosi ukupno boljoj stabilnosti koljena^{20,21}. Iako su u studiji rađenoj na kadaverima Schon i suradnici upozorili na mogući rizik od prekomjernog ograničenja unutarnje rotacije koljena nakon rekonstrukcije ALL-a, takve su tvrdnje nedavno osporene

dokazom da rekonstrukcija ALL-a ne dovodi do prekomjernog opterećenja zgloba koljena^{20,22,23}. Značajna razlika u odnosu na tehnike koje su se upotrebljavale 1990-ih godina u današnjoj tehnici rekonstrukcije ACL-a i ALL-a je u pozicioniranju ALL-ova tunela na bedrenoj kosti (slika 3) i fiksaciji ALL-presatka u punoj ekstenziji koljena i neutralnoj rotaciji potkoljenice, što smanjuje mogućnost razvoja komplikacija i neželjenih ishoda⁵.

KLINIČKA SLIKA

Mehanizam udružene ozljede ACL-a i ALL-a sličan je onom kao za izoliranu ozljedu ACL-a, a uključuje fleksiju, dinamički valgus i unutarnju rotaciju koljena²⁴. Prema rezultatima nedavno objavljene



Slika 4. Provjera napetosti anterolateralnog ligamenta u fleksiji i ekstenziji.



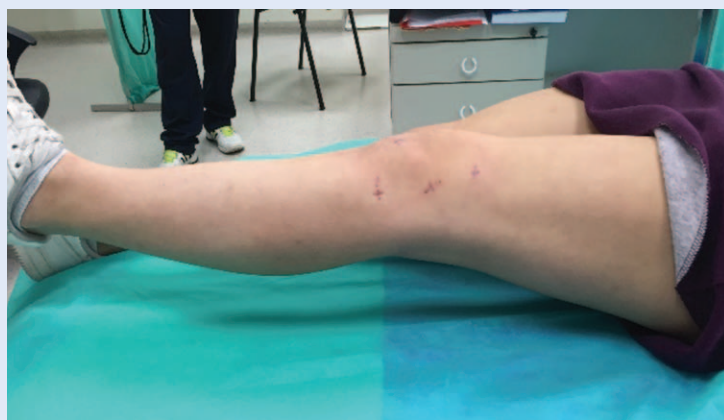
Slika 5. Postavljanje interferentnog vijka u femoralni tunel, položaju potkoljenice u 20st fleksije.

studije, ozljede ALL-a prisutne su u 90 % pacijenata s naizgled izoliranom akutnom ozljedom ACL-a. Ovi su rezultati potvrđeni operativnim prikazivanjem ALL-a i zglobne kapsule nakon akutne ozljede ACL-a³. S obzirom na to da je u težim slučajevima ozljede ALL-a prisutna i ozljeda njegovog hvatišta, poznatija kao Segondov prijelom, jasno je da u akutnoj fazi ozljede ALL-a mogu biti prisutni i simptomi vezani uz Segondov prijelom⁶. Klinički pregled ukazuje na bolove kod palpacije lateralnog platoa goljenične kosti te povećanu nestabilnost koljena pri varus stres testu. Iako precizna dijagnoza ozljede ALL-a i dalje predstavlja klinički izazov, smatra se da je tzv. *pivot-shift* test najbolji klinički test koji nam može dati dobar uvid u procjenu rotacijske stabilnosti koljena ako se pravilno izvede⁴. *In vitro* studija proučavala je kinematiku koljena s prerezanim ACL-om uz očuvani i presječeni lateralni kapsularni ligament²⁵. Pokazala je da je pozitivan *pivot-shift* test III. stupnja prisutan samo u udruženom nedostatku cjelovitosti ACL-a i ALL-a. Pri nedostatku ALL-a dolazi do povećanja unutarnje rotacije goljenične kosti te može biti odgovoran za pozitivan *pivot-shift* test²⁵. Kirurškom eksploracijom kod pacijenata s akutnim ozljedama ACL-a u 70 % slučajeva se pronašao zdrav iliotibijalni traktus (ITT), a ozlijeđen ALL, što dovodi u pitanje tvrdnju da je iliotibijalni traktus glavna anatomska struktura u ograničavanju unutarnje rotacije koljena²⁶. Magnetska rezonancija (MR) je visoko osjetljiva, specifična i točna metoda u prikazivanju ozljede ALL-a, dok je u prikazivanju ozljeda ITT-a značajno manje precizna²⁶. Pri ozljedi ALL-a zbog djelovanja snažne *pivot-shift* traume (pokret fleksije koljena, valgus koljena i vanjska rotacija potkoljenice) vidimo na MR presjecima koštani edem lateralnog kondila bedrene kosti i stražnjeg dijela platoa goljenične kosti²⁷. Za prikazivanje ozljede ALL-a MR-om važnu ulogu igra iskustvo liječnika specijaliste radiologije koji očitava nalaze i debljina samog presjeka (engl. *slice*) koju dobijemo obavljenom dijagnostičkom pretragom²⁶.

UDRUŽENA REKONSTRUKCIJA ACL-A I ALL-A I KLINIČKI ISHODI

Klinički rezultati dugogodišnjih praćenja najbolji su odgovor na pitanja opravdanosti primarne re-

konstrukcije ALL-a u sklopu artroskopske rekonstrukcije ACL-a. Kao što je poznato da se istodobna ozljeda anterolateralnih struktura koljena događa u čak 90 % akutnih ozljeda ACL-a, vidljivo je iz biomehaničkih studija da izolirana rekonstrukcija ACL-a ne može optimalno obnoviti i anteroposteriornu i rotacijsku stabilnost³. Međunarodna ekspertna skupina (engl. *Anterolateral Ligament Expert Group*) jasno je definirala indikacije za obavljanje operativnog zahvata udružene rekonstrukcije ACL-a i ALL-a, a one uključuju: pozitivan *pivot-shift* test, bavljenje pivotirajućim ili sportskim aktivnostima na visokoj razini, revizije ACL-a, Segondov prijelom, prisutnost znaka lateralnog usjeka (engl. *lateral notch sign*) pacijenti mlađi od 25 godina i kronična ACL ozljeda²⁴. U 2017. godini istraživačka skupina Scientific ACL Network International (SANTI) pokazala je da je udružena rekonstrukcija ACL-a i ALL-a povezana sa smanjenjem učestalosti puknuća presatka 2,5 do 3 puta u usporedbi s izoliranom rekonstrukcijom ACL-a. Rekonstrukcija ACL-a i ALL-a je izvedena s presadcima tetiva mišića semitendinozusa (ST) i gracilisa (GR) dok su kod izoliranih rekonstrukcija ACL-a upotrebljavani učetverostručeni presadci ST-a i GR-a ili presadak ligamenta patele (engl. *bone-tendon-bone*, BTB)²⁸. Tehnika rekonstrukcije ACL-a i ALL-a koristi istu količinu tkiva presatka kao i učetverostručena tehnika rekonstrukcije ACL-a (tetive ST i GR), samo je razlika u postavljanju dodatnog koštanog tunela za ALL na proksimalnom dijelu goljenične kosti²⁴. Također je pokazano i da je udružena rekonstrukcija ACL-a i ALL-a povezana sa znatno većom vjerojatnošću povratka na istu razinu sportske aktivnosti kao i prije ozljede²⁴. Prevelika napetost presatka ALL-a i dalje predstavlja izvor rasprava, ali se pokazalo da rekonstrukcija ALL-a, s položajem fiksacije neposredno proksimalno i straga u odnosu na lateralni epikondil bedrene kosti i zatezanjem u punoj ekstenziji koljena, može vratiti normalnu kinematiku koljena bez dodatnog opterećenja na lateralni odjeljak koljena²³. Važno je napomenuti da udružena rekonstrukcija ALL-a uz rekonstrukciju ACL-a ne povećava rizik od postoperativnih komplikacija. U velikoj seriji od 548 pacijenata Thauant i suradnici izvijestili su da je stopa komplikacija kod udružene rekonstrukcije ACL-a i ALL-a koljena usporediva sa stopom komplikacija nakon izolirane



Slika 6a. Ekstenzija nakon 4 tjedna od operativnog zahvata.



Slika 6b. Fleksija nakon 4 tjedna od operativnog zahvata.

rekonstrukcije ACL-a²⁸. Komplikacije koje se mogu javiti pri operativnom zahvatu udružene rekonstrukcije ACL-a i ALL-a su prijelom anterolateralnog dijela goljenične kosti, spajanje koštanih tunela za ALL, ako se ne postave pravilno, nadražaj ITT-a vijkom koji se ne postavi u potpunosti u tunel na bedrenoj kosti te mogućnost da presadak tetive gracilisa bude prekratak za rekonstrukciju ALL-a²⁸. Zaključno, sve prihvaćenija uloga ALL-a u biomehaničkoj podjeli opterećenja i poboljšanju rotacijske kontrole koljena dovela je do razvoja različitih tehnika udružene rekonstrukcije ACL-a i ALL-a. Zajednički im je cilj postizanje što bolje kinematike koljena i smanjenje mogućnosti puknuća presatka u općoj populaciji dok kod profesionalnih sportaša omogućavanje povratka bavljenju sportom na isti ili viši nivo uz minimalne rizike od ponovne ozljede.

ZAKLJUČAK

ALL predstavlja važnu strukturu u stabilizaciji zgloba koljena. Djeluje na ograničavanje prekomjerne unutarnje rotacije tibije i smanjuje fenomen *pivot-shifta* kod koljena s afunkcionalnim prednjim križnim ligamentom. Njegova je anatomija precizno opisana i ligament se nalazi neposredno proksimalno i straga uz lateralni epikondil bedrene kosti te se hvata na goljeničnoj kosti na pola puta između glavice fibule i Gerdyjeva tuberkla, s udaljeno-

Međunarodna ekspertna skupina (*Anterolateral Ligament Expert Group*) jasno je definirala indikacije za obavljanje operativnog zahvata istovremene rekonstrukcije ACL-a i ALL-a, a one uključuju: pozitivan *pivot-shift* test, bavljenje pivotirajućim ili sportskim aktivnostima na visokoj razini, revizije ACL-a, Segondov prijelom, prisutnost znaka lateralnog usjeka (engl. *lateral notch sign*), pacijente mlađe od 25 godina i kronične ozljede ACL-a.

Biomehanička i klinička ispitivanja pokazala su da udružena rekonstrukcija ALL-a i ACL-a poboljšava kinematiku koljena omogućujući anteroposteriornu i rotacijsku stabilnost koljena, smanjuje učestalost rupture presatka ACL-a te ima pozitivan utjecaj na ponovni povratak sportu na istoj razini kao i prije ozljede.

šću od oko 10 mm ispod zglobne linije. Biomehanička i klinička ispitivanja pokazala su da udružena rekonstrukcija ALL-a i ACL-a poboljšava kinematiku koljena omogućujući anteroposteriornu i rotacijsku stabilnost koljena, smanjuje učestalost puknuća presatka ACL-a te ima pozitivan utjecaj na povratak sportskoj aktivnosti na istu razini kao i prije ozljede. Unatoč obećavajućim kliničkim rezultatima, indikacije za rekonstrukciju ALL-a i dalje su predmet rasprave u literaturi. Potrebne su dugoročne prospektivne kliničke studije kako bi se u budućnosti utvrdile objektivne indikacije i opravdanost za udruženu rekonstrukciju ACL-a i ALL-a nakon puknuća ACL-a zgloba koljena.

Izjava o sukobu interesa: Autori izjavljuju da ne postoji sukob interesa.

LITERATURA

- Mall NA, Chalmers PN, Moric M, Tanaka MJ, Cole BJ, Bach BR et al. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med* 2014;42:2363-70.
- Webster KE, Feller JA. Exploring the high reinjury rate in younger patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2016;44:2827-32.
- Ferretti A, Monaco E, Fabbri M, Maestri B, De Carli A. Prevalence and classification of injuries of anterolateral complex in acute anterior cruciate ligament tears. *Arthroscopy* 2017;33:147-54.
- Vaudreuil NJ, Rothrauff BB, de SA D, Musahl V. The pivot-shift : current experimental methodology and clinical utility for anterior cruciate ligament rupture and associated injury. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2019;12:41-9.
- Sonnery-Cottet B, Barbosa NC, Vieira TD, Saithna A. Clinical outcomes of extra-articular tenodesis/anterolateral reconstruction in the ACL injured knee. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc* 2018;26:596-604.
- Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat* 2013;223:321-8.
- Kittl C, El-Daou H, Athwal KK, Gupte CM, Weiler A, Williams A et al. The role of the anterolateral structures and the acl in controlling laxity of the intact and acl-deficient knee. *Am J Sports Med* 2016;44:345-54.
- Helito CP, Demange MK, Bonadio MB, Tírico LEP, Gobbi RG, Pécora JR et al. Anatomy and histology of the knee anterolateral ligament. *Orthop J Sport Med* 2013;1:2325967113513546.
- Caterine S, Litchfield R, Johnson M, Chronik B, Getgood A. A cadaveric study of the anterolateral ligament: re-introducing the lateral capsular ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23:3186-95.
- Segond PF. Recherches cliniques et experimentales sur les epanchements sanguins du genou par entorse. *Prog Med* 1879;7:297-9.
- Terry GC, Hughston JC, Norwood LA. The anatomy of the iliopatellar band and iliotibial tract. *Am J Sports Med* 1986;14:39-45.
- Daggett M, Ockuly AC, Cullen M, Busch K, Lutz C, Imbert P et al. Femoral origin of the anterolateral ligament: an anatomic analysis. *Arthroscopy* 2016;32:835-41.
- Lutz C, Sonnery-Cottet B, Niglis L, Freychet B, Clavert P, Imbert P. Behavior of the anterolateral structures of the knee during internal rotation. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015;101:523-8.
- Kennedy MI, Claes S, Fuso FAF, Williams BT, Goldsmith MT, Turnbull TL et al. The anterolateral ligament: An anatomic, radiographic, and biomechanical analysis. *Am J Sports Med* 2015;43:1606-15.
- Kraeutler MJ, Welton KL, Chahla J, LaPrade RF, McCarty EC. Current concepts of the anterolateral ligament of the knee: anatomy, biomechanics, and reconstruction. *Am J Sports Med* 2018;46:1235-42.
- Vincent JP, Magnussen RA, Gezmez F, Uguen A, Jacobi M, Weppe F et al. The anterolateral ligament of the human knee: an anatomic and histologic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20:147-52.
- Dodds AL, Halewood C, Gupte CM, Williams A, Amis AA. The anterolateral ligament: Anatomy, length changes

- and association with the Segond fracture. *Bone Joint J* 2014;96-B:325-31.
18. Daggett M, Busch K, Sonnery-Cottet B. Surgical dissection of the anterolateral ligament. *Arthrosc Tech* 2016; 22;5:e185-8.
 19. Sonnery-Cottet B, Lutz C, Daggett M, Dalmay F, Freychet B, Niglis L et al. The involvement of the anterolateral ligament in rotational control of the knee. *Am J Sports Med* 2016;44:1209-14.
 20. Inderhaug E, Stephen JM, Williams A, Amis AA. Anterolateral tenodesis or anterolateral ligament complex reconstruction: effect of flexion angle at graft fixation when combined with acl reconstruction. *Am J Sports Med* 2017;45:3089-97.
 21. Geeslin AG, Moatshe G, Chahla J, Kruckeberg BM, Muckenhirn KJ, Dornan GJ et al. Anterolateral knee extra-articular stabilizers: a robotic study comparing anterolateral ligament reconstruction and modified lemaire lateral extra-articular tenodesis. *Am J Sports Med* 2018;46:607-16.
 22. Schon JM, Moatshe G, Brady AW, Serra Cruz R, Chahla J, Dornan GJ et al. Anatomic anterolateral ligament reconstruction of the knee leads to overconstraint at any fixation angle. *Am J Sports Med* 2016;44:2546-56.
 23. Nielsen ET, Stentz-Olesen K, de Raedt S, Jørgensen PB, Sørensen OG, Kaptein B et al. Influence of the anterolateral ligament on knee laxity: a biomechanical cadaveric study measuring knee kinematics in 6 degrees of freedom using dynamic radiostereometric analysis. *Orthop J Sports Med* 2018;6:2325967118789699.
 24. Sonnery-Cottet B, Daggett M, Fayard JM, Ferretti A, Helito CP, Lind M et al. Anterolateral Ligament Expert Group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament – deficient knee. *J Orthop Traumatol* 2017;18:91-106.
 25. Monaco E, Ferretti A, Labianca L, Maestri B, Speranza A, Kelly MJ et al. Navigated knee kinematics after cutting of the ACL and its secondary restraint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20:870-7.
 26. Monaco E, Helito CP, Redler A, Argento G, De Carli A, Saithna A et al. Correlation between magnetic resonance imaging and surgical exploration of the anterolateral structures of the acute anterior cruciate ligament-injured knee. *Am J Sports Med* 2019;47:1186-93.
 27. De Maeseneer M, Boulet C, Willekens I, Lenchik L, De Mey J, Cattrysse E et al. Segond fracture: involvement of the iliotibial band, anterolateral ligament, and anterior arm of the biceps femoris in knee trauma. *Skeletal Radiol* 2015;44:413-21.
 28. Thauinat M, Clowez G, Saithna A, Cavalier M, Choudja E, Vieira TD et al. Reoperation rates after combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction: a series of 548 patients from the SANTI Study Group with a minimum follow-up of 2 years. *Am J Sports Med.* 2017;45:2569-77.