

THE IMPORTANCE OF SOFT TISSUE SURGICAL INTERVENTIONS ON THE DISTAL PART OF THE FOOT IN THE TREATMENT OF HALLUX VALGUS

ZNAČAJ MEKOTKIVNIH HIRURŠKIH INTERVENCIJA NA DISTALNOM DIJELU STOPALA U LIJEČENJU *HALLUX VALGUS*-A

Mirko Sovilj^{1,2}, Zoran Baščarević^{1,3}

¹ Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet, Beograd, Srbija

² JZU Bolnica Gradiška, Gradiška, Republika Srpska, BiH

³ Institut za ortopediju Banjica, Beograd, Srbija

Correspondence: mirkosovilj@gmail.com

Abstract

Since pathological anatomical changes in the distal soft tissues of the front part of the foot in hallux valgus deformity are degenerative in nature and more pronounced than changes in the bony structures, interventions on ligamentous, capsular and tendinous structures are an indispensable part of its surgical treatment. A consensus has not been established regarding the nature and method of performing distal soft tissue interventions. To avoid the risk of consequent aseptic necrosis of the first metatarsal bone head in case of simultaneous osteotomy at its distal level, it is necessary that the osteotomy be performed in a safe place and the plantar and dorsal segments of this capsule must remain preserved. To avoid the occurrence of iatrogenic hallux varus deformity, lateral sesamophalangeal ligament, lateral sesamoid and associated part of the plantar aponeurosis must remain preserved. Since the deep transverse metatarsal ligament keeps the sesamoid apparatus in the anatomical position, its release should be avoided. Lateral release of adductor tendons of the thumb, lateral collateral ligament and associated part of the capsule facilitate correction of the position of the thumb with a modest contribution to the overall correction of deformity and allow access to the shortened lateral metatarsosesamoid ligament, which must be completely released, making the greatest contribution to overall correction. At the same time, the mentioned interventions are safe from the aspect of risk of possible complications, especially when performed using a special dorsal intermetatarsal approach. Reconstructive interventions on the soft tissues of the medial side of the metatarsophalangeal joint of the thumb include their tightening while stabilizing the thumb in a neutral position.

Keywords:

hallux valgus,
distal soft tissue
interventions

Sažetak

Budući da su patološko-anatomske promjene na distalnim mekim tkivima prednjeg dijela stopala kod *hallux valgus* deformiteta degenerativne prirode i više izražene od promjena na koštanim strukturama, intervencije na ligamentarnim, kapsularnim i tetivnim strukturama neizostavan su dio hirurškog liječenja ovog deformiteta. Do sada nije utvrđen konsenzus u pogledu prirode i načina izvođenja distalnih mekotkivnih intervencija. U cilju izbjegavanja rizika od posljedične aseptične nekroze glave prve metatarzalne kosti u slučaju istovremene osteotomije na njenom distalnom nivou, potrebno je da se osteotomija izvodi na bezbjednom mjestu, kao i da plantarni i dorzalni segment ove kapsule moraju ostati sačuvani. Kako bi izbjegli pojavu jatrogenog *hallux varus* deformiteta, potrebno je da lateralni sesamofalangealni ligament, lateralni sesamoid, kao i pripadajući dio plantarne aponeuroze ostanu sačuvani. Budući da duboki transversalni metatarzalni ligament zadržava sesamoidni aparat u anatomskoj poziciji, njegovo oslobađanje treba izbjeci. Lateralno oslobađanje tetiva aduktora palca, lateralnog kolateralnog ligamenta i pripadajućeg dijela kapsule olakšavaju korekciju pozicije palca sa skromnim doprinosom u ukupnoj korekciji deformiteta i omogućavaju pristup skraćenom lateralnom metatarzosezamoidnom ligamentu koji se mora u potpunosti osloboditi, čime se ostvaruje najveći doprinos u ukupnoj korekciji. Navedene intervencije su potpuno bezbjedne sa aspekta rizika mogućih komplikacija, pogotovo kada se izvode primjenom posebnog dorzalnog intermetatarzalnog pristupa. Rekonstruktivni zahvati na mekim tkivima medijalne strane metatarzofalangealnog zgloba palca uključuju njihovo zatezanje, uz stabilizaciju palca u neutralnoj poziciji.

Ključne reči:

hallux valgus,
distalne
mekotkivne
intervencije

Uvod

Hallux valgus uključuje složene patološko-anatomske promjene koštanih i mekotkivnih struktura prednjeg dijela stopala, koje rezultiraju dvostrukim ugaonim deformitetom prvog niza stopala u kojem dominira valgus pomjeranje palca sa povećanjem *hallux valgus* ugla (HVU > 15°), nestabilan metatarzofalangealni (MTPH) zglob palca, varizacija prve metatarzalne (MT) kosti sa povećanjem intermetatarzalnog ugla (IMU > 9°) i nestabilnost prvog metatarzokuneiformnog zgloba (slika 1) (1-4).



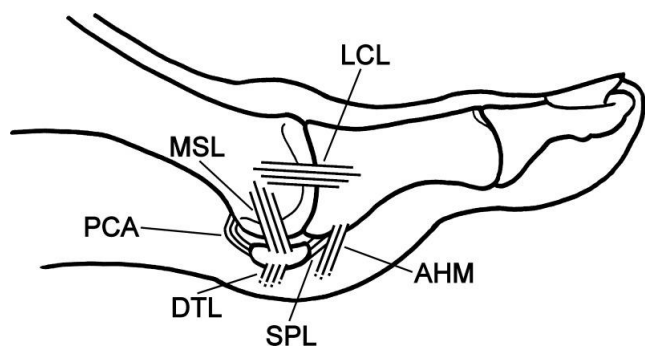
Slika 1. Rendgenski snimak stopala sa *hallux valgus* deformitetom: HVU = 27°; IMU = 11,9°.

Analiza objavljenih radova, vezanih za ovaj deformitet, pokazuje da je najveća pažnja usmjerena na iznalaženje novih hirurških rješenja koja bi omogućila korekciju deformiteta i uspostavljanje biomehanički povoljnih anatomskih odnosa koštanih i zglobnih struktura prednjeg dijela stopala. Rezultat ovakvog pristupa je činjenica da je do sada opisano preko 130 operativnih tehnika i njihovih modifikacija, od kojih nijedna nema potencijal da koriguje sve komponente deformiteta (5-8). Objavljeno je više algoritama i preporuka u pogledu izbora odgovarajuće hirurške tehnike i njihovih kombinacija (6,9). Postignuti su konsenzusi i na nacionalnom nivou, koji su rezultat usaglašenih stavova najvećih autoriteta iz ove oblasti (10). S obzirom na biomehaničke promjene koje vode ka značajnom disbalansu, degenerativne promjene na mekim tkivima prvog MTPH zgloba značajno brže napreduju u odnosu na promjene na koštanim strukturama. Budući da se radi o složenom, multiplanarnom deformitetu, uspjeh u njegovom liječenju iziskuje uključivanje više hirurških tehnika, od kojih je zahvat na mekim tkivima distalnog segmenta nezaobilazna procedura kojom se uspostavlja biodinamička ravnoteža (6,7,11,12).

Na lateralnoj strani ovog zgloba dešavaju se promjene u smislu skraćivanja kapsuloligamentnih struktura i to lateralnog segmenta kapsule i lateralnog kolateralnog ligamenta, posebno važnog lateralnog metatarzosezamoidnog ligamenta, kao i tetive aduktora palca. Duboki metatarzalni transversalni ligament povezuje plantarno masno jastuče ispod glavice druge MT kosti i lateralni sesamoid, te kao sidro zadržava sesamoidni kompleks u anatomski stabilnom odnosu prema drugoj MT kosti (slika 2) (13,14).

Anatomske strukture medijalne strane MTPH zgloba palca trpe promjene u smislu njihove elongacije

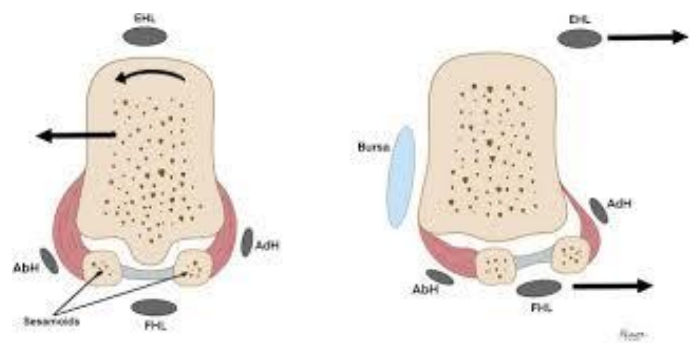
i to medijalni segment kapsule ovog zgloba i medijalni kolateralni ligament i, posebno važan, medijalni metatarzosezamoidni ligament. On se, kao jedini, najduže opire medijalnom pomjeranju glave prve MT kosti koja napušta sezamoidni aparat, stvarajući sliku pseudoluksacije sezamoidnih kostiju. Pored navedenih, značajnu elongaciju trpi tetiva abduktora palca koja migrira plantarno, čime ovaj mišić gubi funkciju abduktora i doprinosi pronaciji palca (2). Distalna insercija tetive ovog mišića je najčešća na medijalnoj strani baze proksimalne falange, ali su moguće varijacije u smislu hvatišta na medijalnu sezamoidnu kost (15).



Slika 2. Anatomske strukture lateralne strane MTPH zgloba: tetiva aduktora palca (AHM), lateralni kolateralni ligament (LCL), lateralni metatarzosezamoidni ligament (MSL), plantarni kapsularni pripoj (PCA), lateralni sezamofalangealni ligament (SPL), duboki transversalni metatarzalni ligament (DTL). Izvor: Schneider 2013.

Potrebno je naglasiti da plantarni i dorzalni segment kapsule MTPH zgloba palca imaju važnu ulogu u snabdjevanju krvlju glave prve MT kosti, a da su medijalni i lateralni sezamofalangealni ligament i plantarna aponeuroza posebno značajni za održavanje stabilnosti ovog zgloba.

Za razumijevanje i preciznije definisanje distalne mekotkivne procedure veoma je važno razjasniti odnose glave prve MT kosti i sezamoidnog kompleksa, koji nastaju razvojem deformiteta. Naime, još uvijek se često konstatuje kao stanje nastale luksacije sezamoida, posebno naglašavajući luksaciju lateralnog sezamoida u prostor između glave prve i druge MT kosti, što svakako ne odgovara stvarnom dešavanju. U stvari, sezamoidni kompleks ostaje u anatomske stabilnoj poziciji u odnosu na drugu MT kost zahvaljujući činjenici da je insercija snažnog dubokog poprečnog metatarzalnog ligamenta na lateralnom sesamoidu (13, 14). Dislokacija na nivou sezamoidnog kompleksa i glave prve MT kosti rezultat je njenog pomjeranja medijalno (varizacija), pri čemu dolazi do istezanja medijalnog metatarzosezamoidnog ligamenta, a zbog istovremene valgizacije palca odvija se istezanje medijalnog kolateralnog ligamenta i pripadajućeg dijela kapsule, uz povećanje intermetatarzalnog i *hallux valgus* ugla. Istovremeno, na lateralnoj strani dolazi do skraćivanja lateralnog metatarzosezamoidnog ligamenta a, zahvaljujući valgizaciji proksimalne falange palca, dolazi do skraćivanja lateralnog kolateralnog ligamenta i pripadajućeg dijela kapsule, kao i tetive abduktora palca (**slika 3**) (2, 16).



Slika 3. Promjene na strukturama metatarzofalangealnog zgloba palca stopala koje nastaju kao rezultat medijalnog pomjeranja glave prve metatarzalne kosti: tetiva abduktora palca (AbH), tetiva aduktora palca (AdH), tetiva dugog fleksora palca (FHL), tetiva dugog ekstenzora palca (EHL). Izvor: Mehak 2021.

Sasvim je razumljivo da je za uspostavljanje stabilnih biomehaničkih odnosa na prednjem dijelu stopala, pored primjene izabrane osteotomije na određenom nivou, potrebno izvesti hirurške procedure na mekim tkivima na nivou MTPH zgloba koje su najčešće neprecizno definisane ili se, pak, stavovi u pogledu primjene procedure značajno razlikuju. Tako Tomas (*Thomas*) i saradnici ističu potrebu oslobađanja lateralne glave kratkog fleksora palca uklanjanjem lateralnog sezamoida plantarnim pristupom, čime je oslabljen lateralni sezamofalangealni ligament (17); Reš (*Resch*) i saradnici kao prioritet navode presjecanje tetive aduktora palca (18); dok Man i Keflin (*Mann i Coughlin*) naglašavaju značaj presjecanja dubokog poprečnog metatarzalnog ligamenta uz poštudnu perforaciju lateralnog segmenta kapsule MTPH zgloba (19). Šnajder (*Schneider*) i saradnici smatraju da je potrebno potpuno otvoriti lateralni dio kapsule presjecanjem i lateralnog kolateralnog ligamenta i pod kontrolom oka presjeći skraćeni lateralni metatarzosezamoidni ligament, što predstavlja ključni segment oslobađanja skraćениh struktura i omogućava repositioniranje glave prve MT kosti na sezamoidni aparat (20). Dakle, opšte je prihvaćeno da je za uspješno operativno liječenje *hallux valgus* deformiteta neophodno primjeniti distalne mekotkivne intervencije, ali nema konsenzusa o tome na koji način treba da budu izvedene.

Cilj ovog rada je da se, analizom dostupnih objavljenih radova koji se odnose na primjenu mekotkivnih hirurških procedura na distalnom nivou prvog metatarzofalangealnog niza, ispituju potencijalni rizici njihove primjene, preciznije utvrde postupci koji na bezbjedan način najviše doprinose stabilizaciji prvog MTPH zgloba i uspostavljanju biodinamičke ravnoteže u djelovanju mišića pokretača palca.

Potencijalni rizici izvođenja distalnih mekotkivnih procedura

Nedosledno izvođenje ovih procedura može biti praćeno razočarenjem pacijenta i hirurga zbog nedovoljne korekcije deformiteta ili njegovog recidiva u kratkom vremenskom periodu. Nekritično i nedovoljno oprezno izvođenje ovih procedura može da bude praćeno

komplikacijama:

a) Aseptična nekroza glave prve MT kosti nastaje kao rezultat ugroženog snabdijevanja krvlju primjenom distalnih mekotkivnih procedura u kombinaciji sa distalnom osteotomijom prve MT kosti, od kojih je najveću ekspanziju doživjela chevron osteotomija (21-23). Malal i saradnici su pokazali da je arterijsko snabdijevanje glave prve MT kosti dominantno iz prve dorzalne metatarzalne arterije, potom prve plantarne metatarzalne arterije i medijalne plantarne arterije i da one formiraju arterijski splet na plantarnom lateralnom aspektu vrata prve MT kosti proksimalno od insercije kapsule zgloba sa različitim brojem grana koje ulaze u glavu. Samo manje vaskularne grane ulaze na dorzalnom dijelu vrata ove kosti (24).

U cilju izbjegavanja ove komplikacije, potrebno je da se osteotomija na distalnom nivou izvodi u sigurnoj zoni, dakle plantarni krak osteotomije treba da izlazi značajno iza hvatišta kapsule zgloba (25-27). Pored navedenog, za sigurno arterijsko snabdijevanje glave prve MT kosti potrebno je da plantarni i dorzalni aspekt kapsule prvog MTPH zgloba ostanu pošteđeni (6, 10, 11). Ipak, distalne hirurške intervencije na mekim tkivima mnogo je bezbjednije primjenjivati kod osteotomije na nivou dijafize i kod proksimalne korektivne osteotomije.

b) Jatrogeni *hallux varus* nastaje kao rezultat prekomjernog oslobađanja mekih tkiva na lateralnoj strani prvog MTPH zgloba u kombinaciji sa zatezanjem medijalnih struktura ovog zgloba. Kako bi izbjegli ovu komplikaciju, posebno je važno sačuvati lateralni sezamofalangealni ligament i lateralni sezamoid, koji su glavni lateralni stabilizatori, uz dodatno važnu stabilizirajuću ulogu i pripadajućeg segmenta plantarne aponeuroze (11).

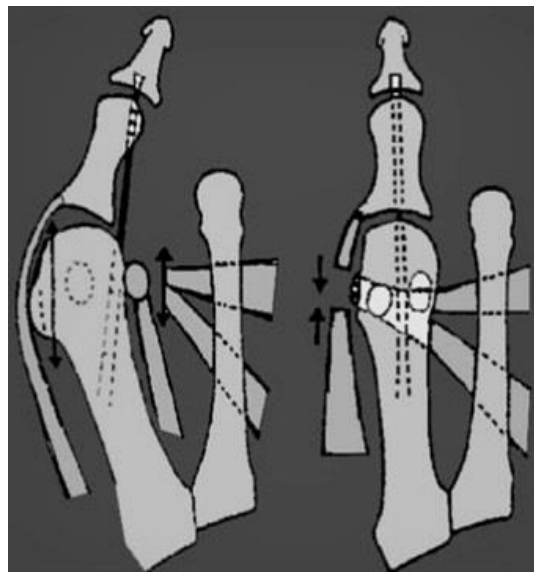
Primjena distalnih mekotkivnih procedura

Hirurške intervencije na mekim tkivima prvog MTPH zgloba sastavni su dio bilo koje odabrane osteotomije na određenom nivou koja zavisi od stepena deformiteta i morfologije koštanih i zglobnih struktura prvog tarzometatarzalnog niza, što utvrđujemo preoperativnom dopunskom dijagnostikom i konačnim mapiranjem *hallux valgus* deformiteta (28-30).

a) Bočno oslobađanje skraćenih anatomskih struktura može biti izvedeno transartikularnim pristupom nakon dorzomedijalnog kožnog reza, kod kojeg postoji rizik od lezije neurovaskularnih i tetivnih elemenata, ali i češće nepotpuno planirano presjecanje tetivnih i ligamentnih struktura. Znatno sigurnija je primjena posebnog pristupa na nivou prvog intermetatarzalnog prostora koji omogućava da se pod kontrolom oka izvedu neophodne mekotkivne procedure (11, 30, 31).

- Oslobađanje tetive kratkog aduktora palca olakšava korekciju valgusa palca; ako se izvodi samostalno nema potencijal korekcije HVU i nema uticaj na IM ugao, kao što nema uticaj na odnos glave prve MT kosti i sezamoidnog aparata, što je je potvrdila i kadaverična studija (20). Slab korektivni efekat ovog postupka je utvrđen i kliničkim praćenjem i poređenjem (14, 18, 20, 29). Originalnost

Mekbrajdovog (*Mc Bride*) zahvata sadržana je u transpoziciji tetive ovog mišića na nivo vrata prve MT kosti kroz koso pripremljen tunnel u očekivanju da će aktivnost ovog mišića stabilizovati glavu ove kosti u adukciji i plantarnoj fleksiji (slika 4).



Slika 4. Mekbrajdova intervencija, transpozicija tetive aduktora palca na nivo vrata prve metatarzalne kosti. Izvor: Galois 2018.

Iako je sa aspekta biodinamike razumljiva i veoma prihvatljiva u liječenju juvenilnog *hallux valgus*-a, rezultati primjene ove metode ipak su pokazali nedovoljno poboljšanje i visok procenat recidiva (32-35).

- Presjecanje lateralnog kolateralnog ligamenta i pripadajućeg lateralnog segmenta kapsule prvog MTPH zgloba olakšava korekciju valgusa palca i smanjenje HVU, a ne utiče na IM ugao. Ova intervencija je važna i iz razloga što omogućava dalji hirurški korak u smislu presjecanja lateralnog metatarzosezamoidnog ligamenta. Samostalno izvedena procedura nema značajan potencijal u korekciji deformiteta (14, 18, 20, 29).

- Presjecanje skraćenog lateralnog metatarzosezamoidnog ligamenta ima ključnu ulogu u postupku repositioniranja glave prve MT kosti i uspostavljanju anatomskih odnosa sa sezamoidnim kompleksom. Ovaj postupak ima najveći doprinos u korekciji HVU i IMU, što su potvrdile eksperimentalne i kliničke studije (20, 25, 29, 36). Važno je napomenuti da ovaj ligament mora biti u potpunosti presječen, a da pri tome vodimo računa da plantarni pripoj kapsule MTPH zgloba mora biti sačuvan kako bi se izbjegao poremećaj arterijske ishrane glave prve MT kosti (slika 5) (24, 37).

Budući da je *hallux valgus* deformitet u tri ravni (triplanarni), za uspostavljanje anatomskih odnosa glave prve MT kosti i sezamoidnog kompleksa posebno je važno odabrati osteotomiju koja omogućava korekciju njene pronacije (38, 39).

- Duboki transversalni metatarzalni ligament u segmentu prvog intermetatarzalnog prostora povezuje plantarno jastuče ispod glave druge MT kosti i lateralni sezamoid, pa, prema tome, njegovo oslobađanje može dovesti do medijalnog pomjeranja sezamoidnog mehanizma

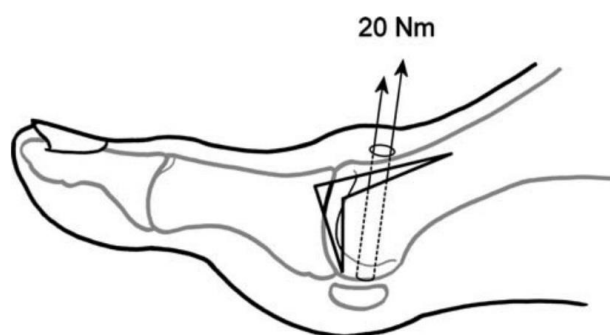
i olakšati uspostavljanje zglobnog odnosa sa glavom prve MT kosti, ali u poziciji njene varizacije i povećanog IMU. Dakle za uspostavljanje anatomskih odnosa na prednjem dijelu stopala i korekciju IMU primjenom odgovarajuće osteotomije, ovaj ligament je potrebno sačuvati (20).

- Lateralni sezamofalangealni ligament predstavlja tetivu lateralne glave kratkog fleksora palca u koju je inkorporiran lateralni sezamoid, ima veoma važnu ulogu u održavanju lateralne stabilnosti prvog MTPH zgloba i potrebno je da bude sačuvan (40).



Slika 5. Bočne ligamentarne strukture prvog metatarzofalangealnog zgloba palca. Izvor: <https://www.medscape.com>.

b) Rekonstrukcija izduženih anatomskih struktura medijalne strane prvog MTPH zgloba ima za cilj da uspostavi anatomske odnose i stabilizuje ovaj zglob. Ovaj postupak može biti izveden primjenom kapsulografije u obliku slova „L“, čiji kratki krak predstavlja vertikalni kapsularni rez proksimalno od baze proksimalne falange, čime se presjeca i medijalni kolateralni ligament, a dugi krak uzdužno dorzomedijalno, te se dobijeni kapak pomjera plantarno, a nakon egzostektomije i planirane osteotomije izvrši redukcija kapsule i postave šavovi stabilizujući palac u neutralnoj poziciji (**slika 6**).



Slika 6. Rekonstrukcija medijalnog segmenta kapsule prvog MTPH zgloba kao sastavnog dijela distalne mekotkivne procedure u liječenju *hallux valgus*-a. Formiranje flapa u obliku slova „L“ i postavljanje šava u smjeru anatomske pozicije medijalnog metatarzosezamoidnog ligamenta pod određenom tenzijom. Izvor: Schneider 2012.

Drugi način medijalne stabilizacije podrazumijeva potpuno odvajanje kapsule i medijalnog kolateralnog ligamenta na mjestu njihove metatarzalne insercije i formiranje flapa u obliku slova “U”, koji se nakon resekcije egzostoze i planirane osteotomije fiksira kroz posebno pripremljen dorzoplantarni otvor na medijalnoj strani prve MT kosti, uz stabilizaciju palca u neutralnoj poziciji. Poređenja rezultata primjene navedenih postupaka medijalne stabilizacije pokazuju nešto bolje rezultate primjenom medijalnog flapa u obliku slova “U” (41).

Zaključak

Distalne mekotkivne intervencije su sastavni dio bilo koje odabrane metode, ili više njih, u liječenju *hallux valgus* deformiteta. Budući da je imperativ u liječenju ovog deformiteta da se uspostave anatomske odnose koji su narušeni njegovim razvojem, duboki metatarzalni transversalni ligament mora biti sačuvan kako bi se zadržala anatomska pozicija sezamoidnog aparata u odnosu na drugu MT kost. Plantarni i dorzalni segment kapsule prvog MTPH zgloba moraju biti sačuvani kao garancija dobre arterijske perfuzije glave prve MT kosti, kao što i lateralni sezamofalangealni ligament, lateralni sezamoid i pripadajući segment plantarne aponeuroze također moraju biti sačuvani kako bi se izbjegao razvoj jatrogenog *hallux varus* deformiteta. Oslobođanje skraćene tetive aduktora palca, lateralnog kolateralnog ligamenta i pripadajuće kapsule MTPH zgloba olakšavaju korekciju valgus deformacije palca (HVU), a ne utiču na korekciju varusa prve MT kosti (IMU). Najveći doprinos korekciji deformiteta daje oslobođanje skraćenog lateralnog metatarzosezamoidnog ligamenta, čime se omogućava repozicioniranje glave prve MT kosti i uspostavljanje anatomskih odnosa sa sezamoidnim kompleksom. Ovim se tetive dugog fleksora i ekstenzora palca, kao njegovih glavnih pokretača, dovode u osovину prve MT kosti i uspostavljaju stabilni biodinamički odnosi.

Literatura

1. Burns PR, Mechem B. Biodynamics of hallux abductovalgus etiology and preoperative evaluation. *Clin Podiatr Med Surg*. 2014; 31(2):197-212.
2. Perera AM, Mason L, Stephens MM. The pathogenesis of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am*. 2011; 93(17):1650-61.
3. Ferreyra M, Núñez-Samper M, Viladot R, Ruiz J, Isidro A, Ibañez, L. What do we know about hallux valgus pathogenesis? Review of the different theories. *Journal of the Foot & Ankle*. 2020; 14(3):223-30.
4. Baščarević ZLJ, Vukašinić ZS, Baščarević VD, Stevanović VB, Spasovski DV, Jančić RR. Hallux valgus. *Acta Chir Jugosl*. 2011; 58(3):107-11.
5. Nyska M. Principles of first metatarsal osteotomies. *Foot Ankle Clin*. 2001; 6(3):399-408.
6. Robinson AH, Limbers JP. Modern concepts in the treatment of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br*. 2005; 87(8):1038-45.
7. Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part II: operative treatment. *Foot Ankle Int*. 2007; 28(6):748-58.
8. Galois L. History of surgical treatments for hallux valgus. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018; 28(8):1633-9.
9. Butković I. Povrede i oboljenja stopala i skočnog zgloba, Naučna KMD: Beograd; 2009.

10. Foot and ankle working committee. Chinese Association of Orthopaedic Surgeons. Consensus on Surgical Management of Hallux Valgus from China. *Orthop Surg*. 2015; 7(4):291-6.
11. Schneider W. Distal soft tissue procedure in hallux valgus surgery: biomechanical background and technique. *Int Orthop*. 2013; 37(9):1669-75.
12. Yammine K, Assi C. A meta-analysis of comparative clinical studies of isolated osteotomy versus osteotomy with lateral soft tissue release in treating hallux valgus. *Foot Ankle Surg*. 2019; 25(5):684-90.
13. Machado DG, Gondim EDS, Cohen JC, Amorim LEC. Lateral Sesamoid Position Relative to the Second Metatarsal in Feet with and without Hallux Valgus. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)*. 2019; 54(2):165-70.
14. Woo K, Yu IS, Kim JH, Sung KS. Effect of Lateral Soft Tissue Release on Sesamoid Position in Hallux Valgus Surgery. *Foot Ankle Int*. 2015; 36(12):1463-8.
15. Brenner E. Insertion of the abductor hallucis muscle in feet with and without hallux valgus. *Anat Rec*. 1999; 254(3):429-34.
16. Kakwani M, Kakwani R. Current concepts review of hallux valgus. *Journal of Arthroscopy and Joint Surgery*. 2021; 8(3):222-30.
17. Thomas RL, Espinosa FJ, Richardson EG. Radiographic changes in the first metatarsal head after distal chevron osteotomy combined with lateral release through a plantar approach. *Foot Ankle Int*. 1994; 15(6):285-92.
18. Resch S, Stenström A, Reynisson K, Jonsson K. Chevron osteotomy for hallux valgus not improved by additional adductor tenotomy. A prospective, randomized study of 84 patients. *Acta Orthop Scand*. 1994; 65(5):541-4.
19. Mann RA, Coughlin MJ, editors. *Surgery of the Foot and Ankle*. St. Louis, MO, Mosby: 1993. Vol.1, 195-202.
20. Schneider W. Influence of different anatomical structures on distal soft tissue procedure in hallux valgus surgery. *Foot Ankle Int*. 2012; 33(11):991-6.
21. Kuhn MA, Lippert FG 3rd, Phipps MJ, Williams C. Blood flow to the metatarsal head after chevron bunionectomy. *Foot Ankle Int*. 2005; 26(7):526-9.
22. Neary MT, Jones RO, Sunshin K, Van Manen W, Youngberg R. Avascular necrosis of the first metatarsal head following Austin osteotomy: a follow-up study. *J Foot Ankle Surg*. 1993; 32(5):530-5.
23. Wilkinson SV, Jones RO, Sisk LE, Sunshin KF, Van Manen JW. Austin bunionectomy: postoperative MRI evaluation for avascular necrosis. *J Foot Surg*. 1992; 31(5):469-77.
24. Malal JJ, Shaw-Dunn J, Kumar CS. Blood supply to the first metatarsal head and vessels at risk with a chevron osteotomy. *J Bone Joint Surg Am*. 2007; 89(9):2018-22.
25. Easley ME, Kelly IP. Avascular necrosis of the hallux metatarsal head. *Foot Ankle Clin*. 2000; 5(3):591-608.
26. Shariff R, Attar F, Osarumwene D, Siddique R, Attar GD. The risk of avascular necrosis following chevron osteotomy: a prospective study using bone scintigraphy. *Acta Orthop Belg*. 2009; 75(2):234-8.
27. Bai LB, Lee KB, Seo CY, Song EK, Yoon TR. Distal chevron osteotomy with distal soft tissue procedure for moderate to severe hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int*. 2010; 31(8):683-8.
28. Granberry WM, Hickey CH. Hallux valgus correction with metatarsal osteotomy: effect of a lateral distal soft tissue procedure. *Foot Ankle Int*. 1995; 16(3):132-8.
29. Augoyard R, Largey A, Munoz MA, Canovas F. Efficacy of first metatarsophalangeal joint lateral release in hallux valgus surgery. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013; 99(4):425-31.
30. Ray JJ, Friedmann AJ, Hanselman AE, Vaida J, Dayton PD, Hatch DJ, et al. Hallux Valgus. *Foot Ankle Orthop*. 2019; 4(2):2473011419838500.
31. Klos K, Lenz M, Hofmann GO, Schubert W, Knoke M, Roth KE, et al. The Correction Potential of the Lateral Release of the Hallux Valgus: A Comparative Anatomical Study of Minimally Invasive Versus Open Surgical Technique Using a Dorsal Approach. *Indian J Orthop*. 2022; 56(5):887-94.
32. Helal B. Surgery for adolescent hallux valgus. *Clin Orthop*. 1981; 157:50-63.
33. Scranton P, Zuckerman J. Bunion surgery in the adolescent: results of surgical treatment. *J Pediatr Orthop*. 1981; 1:39-43.
34. Mahan K, Jacko J. Juvenile hallux valgus with compensated metatarsus adductus: a case report. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1991; 81:525-30.
35. Schwitalle M, Karbowski A, Eckardt A. Hallux valgus in young patients: comparison of soft-tissue realignment and metatarsal osteotomy. *Eur J Pediatr Surg*. 1998; 8(1):42-6.
36. Hromádka R, Barták V, Sosna A, Popelka S. Uvolnění laterálních struktur prvního metatarzofalangeálního skloubení při operaci pro hallux valgus [Release of the lateral structures of the first metatarsophalangeal joint during hallux valgus surgery]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2012; 79(3):222-7.
37. Jones KJ, Feiwel LA, Freedman EL, Cracchiolo A 3rd. The effect of chevron osteotomy with lateral capsular release on the blood supply to the first metatarsal head. *J Bone Joint Surg Am*. 1995; 77(2):197-204.
38. Eustace S, O'Byrne J, Stack J, Stephens MM. Radiographic features that enable assessment of first metatarsal rotation: the role of pronation in hallux valgus. *Skeletal Radiol*. 1993; 22(3):153-6.
39. Dayton P, Kauwe M, Feilmeier M. Is our current paradigm for evaluation and management of the bunion deformity flawed? A discussion of procedure philosophy relative to anatomy. *J Foot Ankle Surg*. 2015; 54(1):102-11.
40. Thomas RL, Espinosa FJ, Richardson EG. Radiographic changes in the first metatarsal head after distal chevron osteotomy combined with lateral release through a plantar approach. *Foot Ankle Int*. 1994; 15(6):285-92.
41. Wei X, Liu X, Zhang P, Liu S. Comparison of modified U-shaped and inverted L-shaped medial capsulorrhaphy in hallux valgus surgery: a prospective, randomized controlled trial of 75 patients. *J Orthop Surg Res*. 2023; 18(1):313.