

Strokovni prispevek/Professional article

OPERATIVNO ZDRAVLJENJE HALUKSA VALGUSA – VPLIV TREH VRST OSTEOTOMIJ NA INTERMETATARZALNI, HALUKS VALGUS IN DISTALNI METATARZALNI KOT

OPERATIVE TREATMENT OF HALLUX VALGUS – THE EFFECT OF THREE OSTEOTOMY TYPES ON THE FIRST METATARSAL, HALLUX VALGUS AND METATARSAL DISTAL ARTICULATION ANGLES

Andrej Prlja¹, Ivica Avberšek-Lužnik²

¹ Kirurški oddelek, Splošna bolnišnica Jesenice, Cesta maršala Tita 112, 4270 Jesenice

² Enota za laboratorijsko diagnostiko, Splošna bolnišnica Jesenice, Cesta maršala Tita 112, 4270 Jesenice

Izvleček

- Izhodišča** *Moderno zdravljenje valgusnih deformacij palca omogoča učinkovito stopenjsko obravnavo glede na velikost deformacije in objektivno ocenjevanje rezultatov kljub še vedno prisotnemu preživetemu očitku naključnosti in neuspešnosti. Zanimal nas je vpliv treh najpogostejših osteotomij na tri najpogostejše kazalce, še posebej vpliv proksimalne osteotomije na naklonski kot glavice prve metatarzalne kosti.*
- Bolniki in metode** *Oblikovali smo tri skupine bolnikov glede na velikost deformacije nožnega palca. V vsaki skupini smo pregledali rentgenske slike 15 primerov (skupno 45 korekcij stopal pri 34 ženskah in 2 moških). Vsaka skupina je bila zdravljena le z eno od treh najpogostejših vrst osteotomij: distalno osteotomijo (Ch), distalno osteotomijo chevron z medialnim klinom (ChM) in proksimalno osteotomijo (POT). Opazovali smo učinke osteotomij na tri najpogostejše uporabljane kazalce: prvi intermetatarzalni kot (IM), kot haluksa valgusa (HV) in kot naklona sklepne ploskve glavice prve metatarzalne kosti (DMAA). Primerjali smo skupine po starosti in spremembe vrednosti kazalcev pred in po zdravljenju v skupini in zunaj skupin.*
- Rezultati** *Potrdili smo korekten izbor bolnikov po stopnjah in izvedbo zdravljenja in s tem izključili lažno negativne rezultate. Izhodiščne vrednosti kotov HV in DMAA se med skupinami značilno razlikujejo ($p = 0,001$), izhodiščne vrednosti kotov IM pa ne ($p = 0,118$). Pooperativne meritve kotov HV in IM so značilno nižje ($p < 0,001$) v primerjavi s tistimi pred operacijo pri vseh treh tipih osteotomij. Pri skupini ChM se koti DMAA pred in po operaciji značilno razlikujejo ($p < 0,001$), pri skupinah Ch in POT pa ne ($p = 0,398$; $p = 0,456$). Korekcije pozitivno vplivajo na DMAA pri osteotomijah ChM ($p < 0,001$).*
- Zaključki** *Sodobno zdravljenje deformacij haluksa valgusa omogoča učinkovito stopenjsko obravnavo in objektivno vrednotenje uspešnosti, kar prikazujemo z učinki osteotomij na standardne kazalce. Hkrati pa omogoča nadaljnje raziskave dejavnikov, ki do sedaj niso bili upoštevani ali bili celo neznani, kar smo prikazali na primeru razhajanj med pričakovanimi in izmerjenimi vplivi osteotomije POT na DMAA.*
- Ključne besede** *haluks valgus; osteotomije; koti sprednjega dela stopala*

Avtor za dopisovanje / Corresponding author:

Andrej Prlja, dr. med., Splošna bolnišnica Jesenice, Cesta maršala Tita 112, 4270 Jesenice, tel.: +386/4/5868 000, e-mail: andrej.prlja@siol.net

Abstract

Background	<i>Modern approach to hallux valgus deformations enables not only the stage treatment considering the magnitude of the deformity but also the objective evaluation of the results. We investigated the influence of the three most commonly used osteotomies on three most common demonstrative factors, especially proximal osteotomy on the distal metatarsal articulation angle.</i>
Methods	<i>Three groups were created regarding the magnitude of the deformation. X rays of 15 corrections in each group were reviewed (45 cases, 34 women, 2 men). Each group was treated with only one of the three osteotomies: distal chevron osteotomy (Ch), distal chevron osteotomy with medial edge (ChM) and proximal osteotomy (POT). The effect on the three most commonly used demonstrative factors were noted: first intermetatarsal angle (IM), hallux valgus angle (HV), distal metatarsal articulation angle (DMAA). The age and the demonstrative factors were compared pre- and postoperative, in and between the groups.</i>
Results	<i>The correct, graded selection of the patients for the treatment was confirmed and false negative results excluded. Preoperative values of HV and DMAA are significantly different between three groups ($p < 0.001$) while IM are not ($p = 0.118$). Postoperative values of the HV and IM are significantly lower in all three groups ($p < 0.001$). DMAA is statistically different (positive) postoperatively in the ChM group ($p < 0.001$) but not in the Ch and POT groups ($P = 0.398$; $p = 0.456$).</i>
Conclusions	<i>Modern approach on hallux valgus deformations enables stage treatment and objective evaluation of the results what is demonstrated by the effect of the osteotomies on the demonstrative factors. Further investigations of the factors not yet considered or even unknown are also possible as shown on the example of the difference between the expected and measured effect of POT on DMAA.</i>
Key words	<i>hallux valgus; osteotomies; metatarsal distal articulation angles</i>

Uvod

Zdravljenje valgusne deformacije palca stopala je še vedno povezano z zastarelimi predsodki obrobnosti in neuspešnosti, čeprav bi morali biti že zdavnaj pozabljeni. Sistematično delo predvsem ameriškega (AO-FAS), pa tudi evropskega (EFAS) združenja za stopalno kirurgijo je dalo jasne kazalce in smernice, ki nam omogočajo stopenjsko izbiro zdravljenja dinamičnih okvar sprednjega dela stopala glede na stopnjo okvare in objektivno oceno uspešnosti.^{1,2}

Prispevek predstavlja zdravljenje treh stopenj deformacij haluks valgus s pomočjo treh najpogostejših vrst osteotomij prve metatarzalne kosti: distalne osteotomije »chevron« (Ch), distalne osteotomije »chevron« z medialnim klinom (ChM) ter proksimalne osteotomije (POT). Zanima nas učinek teh osteotomij na tri najpogostejše kazalce: prvi intermetatarzalni kot (IM), kot haluks valgus (HV) ter kot nagiba sklepne površine glavice prve metatarzalne kosti (DMAA). Posebej nas zanimajo spremembe DMAA, kazalca, ki se ne uporablja v originalnih Mannovih smernicah pri odločitvi o izbiri POT. Na ta kot se pričakuje negativen vpliv POT, izrazito pozitiven vpliv ChM ter nikakršen vpliv Ch. Razpravljamo o možnih posledicah teh sprememb ter o potencialnih vzrokih za razhajanje rezultatov s pričakovani.

Metode

Oblikovali smo tri skupine glede na stopnjo deformacije v skladu s smernicami R. Manna,¹ vsaka vsebuje 15 primerov korekcij stopala. Skupine smo poimenovali glede na izbrano osteotomijo (Ch, ChM, POT). V skupini Ch je bil izmerjen kot IM manjši od 15 stopinj, HV manjši od 28 in DMAA manjši od 10 stopinj. V to skupino smo vključili 10 žensk (starost: 27 do 62 let).

V skupini ChM je bil kot DMAA večji od 10 stopinj, IM večji od 15 stopinj in kot HV med 28 in 40 stopinjami. V tej skupini je bilo 13 žensk in 1 moški (starost: 23 do 82 let).

Največje deformacije so bile v tretji skupini POT, IM koti so bili nad 20 stopinjami in HV koti nad 40 stopinjami. V skupini je bilo 11 žensk in 1 moški (starost: 42 do 77 let).

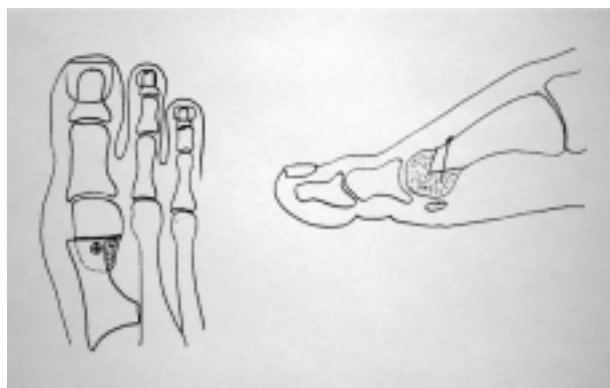
Analizirali smo rentgenske slike po petnajst naključno izbranih korekcij haluksa valgusa pri vsaki od treh skupin operativnih metod med leti 1998 in 2004. Primerjali smo kote IM, HV in DMAA pred operacijo in dve leti po njej. Vse, razen ene bolnice iz skupine POT, je operiral prvi avtor.

Rezultate smo podali kot povprečno vrednost s standardno deviacijo ($X \pm SD$) in kot mediano z razponom. Za celovito statistično analizo smo uporabili statistični program SPSS 12.1 za Windows okolje. Meja statistične značilnosti je bila $< 0,05$.

Operativne tehnike

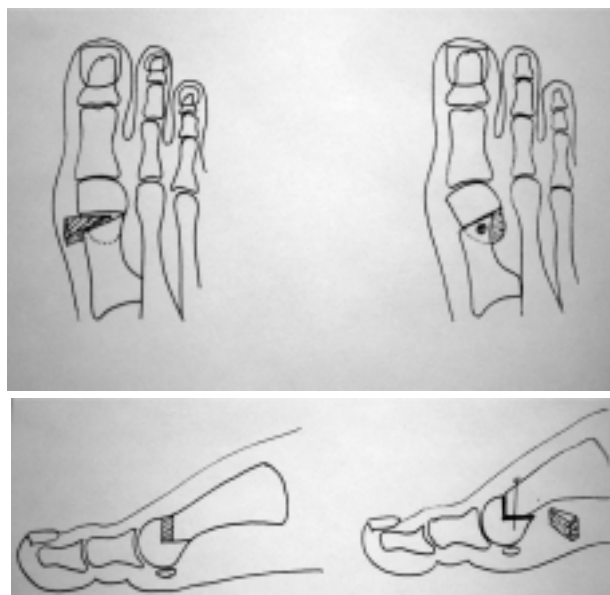
Pri vseh treh osteotomijah je standardno izvedena ablacija medialnega roba glavice MTI do praviloma medialnega roba sklepne ploskve ter kapsulorafija medialne kapsule prvega metatarzofalangealnega sklepa (MTPI).

Pri bolnicah v skupini Ch (Sl. 1) je bila izvedena subkapitalna osteotomija v obliki črke V (»chevron« pomeni naredniški našitek na vojaški uniformi) s podaljšanim plantarnim krakom, lateralnim pomikom glavice ter fiksacijo z enim vijakom. Pričakovani so pozitivni vplivi na HV kot s kombinacijo korekcije IM kota in kapsulorafije, DMAA pa se predvidoma ne spremeni.



Sl. 1. Distalna osteotomija chevron.

Figure 1. Distal chevron osteotomy.



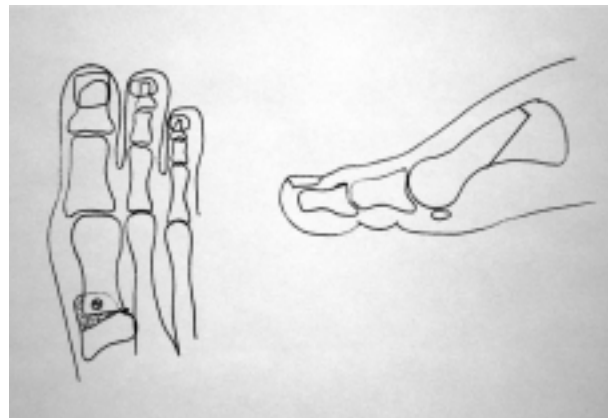
Sl. 2. Distalna osteotomija chevron z medialnim klinom.

Figure 2. Distal chevron osteotomy with medial closing wedge.

Metoda ChM (Sl. 2) je podobna, dodan je le klinast izrez kosti na medialni strani dorzalnega kraka s pomikom glavice lateralno, rotacijo glavice medialno in

fiksacijo z enim vijakom. Pričakuje se predvsem korekcija DMAA, vsebuje pa tudi pozitivne potencialne osteotomije Ch.

Pri POT (Sl. 3) gre za obrnjeno chevron osteotomijo na bazi prve metatarzale (MTI). Želena je predvsem rotacija, manj lateralni premik distalnega dela. Fiksiranje z enim ali dvema vijakoma. Sproščanje lateralnih mehkih tkiv in fiksacija s šivi med prvo in drugo metatarzalno kostjo so standardni deli postopka.



Sl. 3. Proksimalna osteotomija chevron.

Figure 3. Proximal chevron osteotomy.

Pooperativni postopek

Pooperativni postopek je pri vseh vrstah osteotomije enak. Potrebna je zaščita palca s prevezo v »osmico« – bolnike je potrebno naučiti standardnega povijanja z vmesnikom med palcem in drugim prstom, saj ga morajo sami izvajati po zaraščanju ran in odstranitvi šivov še dva meseca po operaciji kot obliko imobilizacije, ki pa omogoča razgibavanje MTPI sklepa. Že prvi pooperativni dan je dovoljeno polno obremenjevanje pete in zunanega roba stopala. Plosko polaganje celega stopala in razgibavanje palca v MTPI sklepu postopno povečujemo skladno s popuščanjem bolečin. Poln odziv preko palca je dovoljen po dveh mesecih, če so klinični in RTG znaki dobri. Rutinske pooperativne rentgenske kontrole opravijo po dveh in šestih mesecih po operaciji ter po dveh letih.

Kazalci

IM – intermetatarzalni kot je kot med osema prve in druge metatarzalne kosti.

HV – kot med osjo prve metatarzalne kosti in osjo proksimalne falange palca.

DMAA – kot naklona sklepne ploskve glavice prve metatarzale. To je kot med pravokotnico na os prve metatarzalne kosti in črto skozi točki na skrajnem medialnem in lateralnem robu sklepne površine glavice prve metatarzale. Ti točki nista vedno očitni. Po ablaciji medialnega roba glavice za medialno točko uporabljamo rob osteotomije. Koti IM, HV in DMAA so prikazani na Sliki 4.



Sl. 4. Koti IM, HV in DMAA sprednjega dela stopala.

Figure 4. IM, HV and MDAA angles of forefoot.

Rezultati

Splošne značilnosti vključenih bolnikov so podane v Razpredelnici 1. V ChM skupini so bolniki mlajši kot pri ostalih dveh. Po starosti se značilno ločita skupini ChM in POT ($p = 0,009$). Meritve kotov pri različnih skupinah pred operacijo in po njej so podane v Razpredelnici 2. Pozitiven predznak izmerjenega kota pomeni izboljšanje, negativen pa poslabšanje, to je nadaljnje povečanje le-tega. Vpliv tipa osteotomije na kote IM, HV in DMAA smo testirali znotraj in med skupinami Ch, ChM in POT. Pooperativne meritve kotov HV in IM so značilno nižje ($p < 0,001$) v primerjavi s tistimi pred operacijo. Pri skupini ChM se koti DMAA pred in po operaciji značilno razlikujejo ($p < 0,001$), pri skupinah Ch in POT pa ne ($p = 0,398$; $p = 0,456$).

Razpr. 1. Osnovne značilnosti bolnikov.

Table 1. Baseline patients characteristics.

Skupina (N) Group (N)	Starost (leta $\pm$ SD) Age (years $\pm$ SD)
Ch (N = 15)	49,6 $\pm$ 15,2
ChM (N = 15)	37,7 $\pm$ 18,1*
POT (N = 15)	53,3 $\pm$ 11,7

ChM vs. POT: * $p = 0,009$; Ch vs. ChM: $p = 0,062$; Ch vs. POT: $p = 0,466$

Korekcije pozitivno vplivajo na DMAA pri ChM osteotomiji ($p < 0,001$).

Razpravljanje

Večina se nas še spomni starih predsodkov o zdravljenju deformiranega nožnega palca v smislu »veliko možnih operacij, a nobena dobra« in trivializiranja problematike s krilatico »majhen rez, majhen kirurg«. V zadnjih desetletjih je prišlo do dramatičnega napredka, zahvaljujoč sistematičnemu delu predvsem ameriškega (AOFAS), kasneje pa tudi končno enotnega, evropskega združenja za stopalno kirurgijo (EFAS). Ti napori so nam dali tako skupne kazalce kot tudi sistematičen, enovit pristop in izbor zdravljenja, ki upošteva stopnjo deformacije. Isti kazalci omogočajo objektivno spremljanje in primerjavo rezultatov.³

⁴ Najpogostejše uporabljani kazalci so koti IM, HV in DMAA, položaj sezamoidk glede na glavico MTI, kongruenca sklepa MTPI in razmerje dolžin metatarzal. Kljub izjemnemu napredku v razumevanju vzrokov nastanka in/ali dinamike deformacije sprednjega dela stopala še vedno ne poznamo vseh dejavnikov in predvsem njihovega medsebojnega vpliva. Zato so rezultati še vedno nekoliko nepredvidljivi, a v bistveno manjši meri kot v generaciji naših učiteljev.

Prikazali smo vplive treh najpogostejših tipov osteotomij na tri najpogostejše kazalce. Rezultati so pokazali, da se skupine med seboj ločijo po stopnji deformacij, kar kaže na pravilni izbor bolnikov po priporočenih smernicah. Razlike v kazalcih znotraj skupin pred in po zdravljenju kažejo na korektno izvedene operacije. Čas igra pomembno vlogo v razvoju velikosti deformacij, kar nakazuje prevlado zunanjih dejavnikov, ki niso odvisni od primarnega vzroka.⁵

Vsaka od operativnih tehnik ima pričakovan potencial korekcije, ki narašča od Ch preko ChM do POT. Osteotomija Ch korigira z zmanjšanjem kota IM in medialno kapsulorafijo in tako bolje centrira bazo proksimalne falange na glavico MTI ter zmanjša ročice patoloških navorov. Stopnja korekcije je omejena s širino metatarzale, saj potrebujemo vsaj tretjinski stik med osteotomiranimi deloma, da ne pride do nekontroliranih rotacij glavice.

ChM korigira DMAA kot večinoma z medialno rotacijo glavice, manj z lateralnim pomikom, vsebuje pa tudi vse potenciale osteotomije Ch.

POT korigira z rotacijo prve metatarzale na bazi proti lateralno, kar ji daje praktično neomejeno možnost korekcije kotov IM in HV. Sproščanje kontrahiranih

Razpr. 2. Naklonski koti in vpliv osteotomije nanje pri skupinah Ch, ChM in POT.

Table 2. Articular angles and effect of osteotomies in Ch, ChM and POT groups.

Vrste osteotomij Osteotomy type	Naklonski koti Articular angles	Pred operacijo Preoperative status	Po operaciji Postoperative status	Po korekciji After correction	Razlika pred operacijo (p) in po njej Pre- and postoperative difference (p)
CH	IM	12,87 $\pm$ 3,20	8,60 $\pm$ 2,53	4,27 $\pm$ 3,10	< 0,001
	HV	30,8 $\pm$ 8,95	13,0 $\pm$ 6,5	17,80 $\pm$ 12,11	< 0,001
	MDAA	8 (2-20)	8 (2-18)	2 (-4-4)	0,398
ChM	IM	13,87 $\pm$ 2,87	7,73 $\pm$ 2,37	6,13 $\pm$ 4,19	< 0,001
	HV	31,47 $\pm$ 5,48	15,60 $\pm$ 7,77	15,40 $\pm$ 9,2	< 0,001
	MDAA	16 (8-30)	6 (-4-17)	11 (0-24)	< 0,001
POT	IM	15,07 $\pm$ 2,04	9,13 $\pm$ 3,85	7,07 $\pm$ 3,88	< 0,001
	HV	43,13 $\pm$ 12,73	21,60 $\pm$ 10,77	19,6 $\pm$ 20,55	< 0,001
	MDAA	15 (4-22)	14 (6-20)	2 (-7-10)	0,465

lateralnih mehkih struktur (adduktor palca, lateralna kapsula transversalnega ligamenta) zmanjša patološki vlek baze proksimalne falange palca lateralno, medialna kapsulorafija in držalni šivi med glavicama prve in druge metatarzale pa povečajo upor tem silam z medialne strani. Pričakovano je očiten negativen vpliv POT na DMAA, kar bi lahko tudi negativno vplivalo na končni rezultat korekcije (zlasti s časom), vendar naši rezultati tega niso jasno pokazali. Zelo verjetno je to posledica majhnega števila primerov. Zanimivo je, da Mann ta dejavnik ne upošteva posebej, temveč v okviru kongruentnosti sklepa MTPI.¹ Njegov učenec M. J. Coughlin je opazoval vpliv DMAA na zdravljenje haluksa valgusa⁶ in je leta 1995 opozoril, da ta dva dejavnika nista nujno povezana.⁷ Ugotovitev ni sprožila obsežnejših raziskav, morda prav zaradi ugodnega kliničnega rezultata, pri čemer igrajo veliko vlogo tudi subjektivni dejavniki, kot so izboljšana oblika in manjša bolečnost.^{8,9} Glede kliničnega učinka je možno, da posegi na mehkih tkivih kompenzirajo ali pa za nekaj časa zakrijejo vpliv povečanega DMAA in inkongruence sklepa MTPI. Klinično se torej odpirajo nova vprašanja:

1. Ali in v kolikšnem času se pokaže vpliv povečanega DMAA na ponovitev deformacije?
2. Kje je meja še sprejemljivega kota DMAA po korekciji: kot do 12 stopinj kot priporočilo brez operacije ali večji?
3. Kakšen pomen ima inkongruenca sklepa na razvoj artroze, gibljivost in funkcijo sklepa MTPI?
4. V kolikšni meri je DMAA vzrok/posledica deformacije? Podoben problem je tudi pri kotu IM.^{10,11}
5. Odprto ostaja tudi vprašanje vpliva POT in DMAA. Pričakovali smo jasen negativen učinek, premočren izboljšanje kota IM. V našem pregledu obstaja sicer jasna tendenca, ne pa tudi značilna korelacija. Seveda je skupina premajhna za dokončne zaključke. Pomaga primerjava bolnic z izboljšanim in poslabšanim DMAA znotraj skupine POT, ki potrdi vtis negativnega vpliva izboljšanja IM na kot DMAA, kljub temu pa ostaja kontradikcija večkrat celo izboljšava DMAA. Za nesorazmerje med našimi pričakovanji in rezultati je možnih več vzrokov:
 - Merske napake: Orientacijski točki, ki označujeta skrajne meje sklepne površine glavnice MTI, včasih težko natančno določimo.^{12,13} Ob preveliki ablaciji se medialna točka/rob seveda tudi spremeni. Obstaja problem realne osi MTI - »korigirana« upošteva že nov položaj glavnice glede na bazo, »staro« pa bi lahko določili le približno glede na usmeritev proksimalnega dela. Star je tudi problem standardizacije posnetkov, v našem primeru tako naklona kot centriranja RTG-žarkov glede na stopalo. Merski problem je tudi vpliv (hiper)mobilitnosti v kuneiformno-MTI sklepu, vključno z aksialno rotacijo MTI.^{14,15}
 - Jasen vzrok je seveda slaba izvedba korekcije: namesto rotacije v lateralno izvedemo le lateralni premik ali pa ob premiku namesto lateralne dosežemo celo medialno rotacijo (»kontrarotacija«) - pri-

mer tudi v naši seriji (LI, 45 let, ženska, obe stopali!). Podoben učinek ima tudi porušenje fiksacije, česar pa v tej seriji nismo imeli.

Potrebne bodo nadaljnje, usmerjene in predvsem obsežnejše študije za razjasnitev postavljenih vprašanj.

Zaključki

Haluks valgus je kompleksna deformacija sprednjega dela stopala. Sodobno zdravljenje je stopenjsko in upošteva obsežnost deformacije. Prikazali smo nekatere možne vzroke za razhajanja med pričakovanimi in izmerjenimi vplivi POT na DMAA. Vedenje o vzrokih, dinamiki in zdravljenju teh deformacij je veliko, odpirajo pa se nova in nova vprašanja, ki zahtevajo nadaljnje raziskave, odgovore in rešitve.

Literatura

1. Mann RA. Decision making in hallux valgus surgery. In: Wulker N, ed. Surgical skills course-Surgical treatment of foot & ankle disorders. Frankfurt: International institute of foot and ankle surgeons; 1998.
2. Prlja A. Stopenjsko operativno zdravljenje haluks valgusa. In: Čad G, ed. 1. kongres ortopedov Slovenije z mednarodno udeležbo; 2000 Jun 10; Portorož, Slovenija, Ljubljana: Cankarjev dom, kulturni in kongresni center, 2000
3. Pinney S, Song K, Chou L. Surgical treatment of mild hallux valgus deformity: the state of practice among academic foot and ankle surgeons. *Foot Ankle Int* 2006; 27: 970-3.
4. Pinney SJ, Song KR, Chou LB. Surgical treatment of severe hallux valgus: the state of practice among academic foot and ankle surgeons. *Foot Ankle Int* 2006; 27: 1024-28.
5. Dereymaeker G. Anatomy and biomechanics of hallux valgus. In: Trnka HJ, ed. First instructional course of the European foot and ankle society; 1999 Okt 1-2; Vienna, Austria. Vienna: European Foot and Ankle Society; 1999.
6. Coughlin MJ. Hallux valgus in men: effect of the distal metatarsal articular angle on hallux valgus correction. *Foot Ankle Int* 1997; 18: 463-70.
7. Coughlin MJ, Carlson RE. Treatment of hallux valgus with an increased distal metatarsal articulation angle: evaluation of double and triple first ray osteotomies. *Foot Ankle Int* 1999; 20: 762-70.
8. Monga P, Kumar A, Simons A. Outcome following surgery for hallux valgus: the patients' perspective. *Foot Ankle Surgery* 2006; 12: 95-8.
9. Thordarson DB, Rudicel SA, Ebrahimzadeh E, Gill LH. Outcome study of hallux valgus surgery-an AOFAS multi-center study. *Foot Ankle Int* 2001; 22: 956-9.
10. Tanaka Y, Takakura Y, Sugimoto K, Kumai T, Sakamoto T, Kado-no K. Precise anatomic configuration changes in the first ray of the hallux valgus foot. *Foot Ankle Int* 2000 21: 651-6.
11. Munuera PV, Dominguez G, Polo J, Rebollo J. Medial deviation of the first metatarsal in incipient hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int* 2006; 27: 1030-5.
12. Coughlin MJ, Freund E. The reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int* 2001; 22: 369-79.
13. Schneider W, Csepan R, Knahr K. Reproducibility of the radiographic metatarsophalangeal angle in hallux surgery. *J Bone Joint Surg* 2003; 85: 494-9.
14. Faber FWM, Kleinrensink GJ, Mulder PGH, Verhaar JAN. Mobility of the first tarsometatarsal joint in hallux valgus patients: a radiographic analysis. *Foot Ankle Int* 2001; 22: 965-9.
15. Robinson AHN, Cullen NP, Chhaya NC, Sri-Ram K, Lynch A. Variation of the distal metatarsal articular angle with axial rotation and inclination of the first metatarsal. *Foot Ankle Int* 2006; 27: 1036-40.