

IL PERCHE' DEGLI INSUCCESSI NEL TRATTAMENTO CHIRURGICO DELLE
METATARSALGIE

ERNESTO PINTORE M.D.

ISTITUTO CLINICO MEDITERRANEO
AGROPOLI (SALERNO)

TOKUDA HOSPITAL SOFIA (BULGARIA)

Introduzione

Per metatarsalgia, si intende una sindrome dolorosa, in corrispondenza della porzione plantare delle teste metatarsali.

Le cause possono essere schematizzate in:

- Locali
- Biomeccaniche
- Conseguenti a patologie sistemiche (1)

Nelle donne sembra essere presente una maggiore incidenza di metatarsalgia, probabilmente in relazione all'uso di tacchi alti e di scarpe più strette anteriormente.

Diversi autori preferiscono distinguere le metatarsalgie in

- primitive
- secondarie
alle quali si aggiungerebbe una terza categoria:
- metatarsalgie post-chirurgiche, o, talvolta, iatrogene (2, 3, 4, 5)

Nel primo gruppo rientrano patologie congenite: primo raggio lungo o breve (o secondo relativamente lungo), piede torto congenito, piede cavo, instabilità del primo metatarso, retrazione del gastrocnemio o del tendine d'Achille (6, 7).

Nel secondo gruppo rientrano sequele traumatiche, patologie infiammatorie (artrite reumatoide), osteonecrosi (Freiberg), sequele di trattamento chirurgico di patologie dell'avampiede, hallux rigidus, patologie neuropatiche (metatarsalgia di Morton) (8, 9, 10).

Trattamento chirurgico

Su questa base, è necessario che il trattamento chirurgico delle metatarsalgie, laddove il trattamento conservativo non abbia condotto ad un risultato accettabile, sia fondato su una esatta comprensione dell'etiologia e della patogenesi, su un adeguato studio clinico e strumentale.

Scopo della chirurgia è il restauro di una normale pressione di carico dell'avampiede, minimizzando le complicanze.

Il trattamento sarà esterno all'avampiede, nel caso di patologia da contrattura del gastrocnemio o del tendine d'Achille (11, 12).

In presenza di un primo metatarso breve o di instabilità dell'articolazione tarso metatarsale, un procedimento, rispettivamente di osteotomia o del tipo Lapidus, può essere preso in considerazione, isolatamente o in combinazione con gesti sui metatarsi (13, 14, 15, 16).

Storicamente, fin dal 1916 sono state proposte diverse osteotomie correttive: Meisenbach (17), Billig (18), Giannestras (19), Thomas (20), Wolf (21), Helal (22), Weil (23) Berkun (24) ma essenzialmente possiamo schematizzarle in:

- osteotomie prossimali
- osteotomie distali

Osteotomie prossimali

Le osteotomie prossimali hanno il pregio, in ragione del più ampio braccio di leva, di un potenziale di correzione maggiore, con un innegabile vantaggio, nel caso sia richiesta una importante correzione. Inoltre, trattandosi di una regione riccamente vascolarizzata, il rischio di nonunion o di necrosi avascolare, è estremamente ridotto, rispetto alle osteotomie distali.

D'altro canto, le osteotomie prossimali sono tecnicamente più impegnative, con una difficoltà maggiore per ottenere un corretto posizionamento che eviti soprattutto l'elevatus (dato l'ampio braccio di leva), richiedono sempre un'osteosintesi e sono quindi meno tolleranti rispetto ad un errore di procedura.

Osteotomie distali

Sono tecnicamente più semplici e perdonano di più l'imperfezione tecnica.

Nell'ultimo secolo ne sono state descritte diverse, in funzione del sito anatomico di osteotomia, della direzione della rima osteotomica, della presenza o meno di fissazione interna o che fossero eseguite a cielo aperto o con tecnica percutanea.

Possiamo focalizzare l'attenzione sulle più comuni:

- Osteotomia di Helal
- Osteotomia di Weil (e sue varianti)
- DMMO (distal mini-metatarsal osteotomy)

Sull'altro piatto della bilancia, rispetto alle prossimali, pesano la maggiore incidenza di necrosi avascolare, di ritardi di consolidazione e di nonunion, la possibile rigidità M.F. (25, 26, 27, 28, 29).

La tecnica di **Helal** (22) prevede un'osteotomia extra-articolare, metafisaria con direzione a 45° dall'alto in basso e da distale a prossimale, senza fissazione interna, vantaggio che si unisce alla minore incidenza di necrosi avascolare, in quanto extra-articolare. Il potenziale di correzione è più alto e permette un sollevamento, oltre che un accorciamento metatarsale ma presenta l'inconveniente di una sporgenza ossea sottocutanea e un maggiore rischio di non-union, rispetto alla Weil, essendo molto più prossimale.

L'osteotomia di **Weil**, descritta nel 1985 ed introdotta in Europa da Barouk (1992) è una osteotomia intra-articolare, il cui scopo è di ottenere una decompressione dell'appoggio metatarsale, mediante uno scivolamento del segmento distale, in senso longitudinale.

La **DMMO** potrebbe essere considerata una Helal "inversa", ma più distale. L'osteotomia è extra-articolare, al collo del metatarso, in posizione extra-capsulare e si dirige a 45° dall'alto verso il basso ed in senso distale-prossimale. Determina un efficace accorciamento e un moderato sollevamento, inferiore a quello ottenuto con la procedura di Helal.

La letteratura è piuttosto controversa e ognuna delle tecniche menzionate, riporta buoni risultati, nelle mani degli autori che le utilizzano, con ottimi risultati, relativamente alla procedura di Weil in diverse serie (31, 32, 33, 34) e altrettanto soddisfacenti, nei lavori di De Prado et al. (35), Bauer e Maffulli (36) e Conesa (37), per il quale la DMMO è risultato essere l'intervento elettivo in caso di insuccesso di Weil.

Nello studio di J. Henry, J.L. Besse e M.H. Fessy (38), i risultati del trattamento delle metatarsalgie,

con tecnica di Weil e DMMO, risultano essere sovrapponibili, senza differenze significative tra le due serie.

Nello studio di Highlander et al. (39), è riportato un elevato tasso di complicazioni dopo osteotomia di Weil con 36% di floating toe, 15% di recidive. 7% di metatarsalgia da trasferimento, ritardi di consolidazione, nonunion e malunion nel 3% in una serie di 233 casi.

In definitiva, è evidente che non vi è accordo sul tipo di osteotomia metatarsale, in quanto ogni tecnica proposta ha i suoi pregi e i suoi difetti e i risultati sono variabili, nelle mani dei differenti autori.

Cause di insuccesso

Nella presente esposizione, faremo riferimento particolarmente alle osteotomie distali, odiernamente maggiormente in vigore e, in particolare, alla procedura di **Weil** e alla **DMMO**.

Esistono:

- complicanze generali, legati all'atto chirurgico: trombosi venosa, infezione, embolia, sindrome dolorosa locoregionale complessa (C.R.P.S) ecc. e
- insuccessi relativi alla procedura eseguita, che possono essere conseguenti a:
 - **Errore di indicazione**
 - **Errore di tecnica**
 - **Cause legate allo strumentario**

Le conseguenze potranno essere diverse:

- **Recidiva**
- **Metatarsalgia da trasferimento**
- **Necrosi avascolare**
- **Ritardo di consolidazione**
- **Nonunion**
- **Malunion**
- **Rigidità metatarso-falangea**
- **Sinostosi inter-metatarsale**
- **Floating toe**
- **Turbe neurologiche: parestesie, disestesie, anestesi**
- **Lesioni tendinee**
- **Lesioni cutanee**

Recidiva

E', generalmente, dovuta ad un errore di indicazione o ad un errore di tecnica.

Lo scopo di un'osteotomia metatarsale è, a seconda dei casi, di ottenere un accorciamento, un sollevamento o entrambi. Non esiste quindi un'osteotomia "universale" che conduca alla soluzione di tutti i problemi e solo l'analisi e la comprensione dell'etiopatogenesi della metatarsalgia può aiutare nella giusta scelta della procedura da seguire. L'osteotomia di Weil è una procedura efficace nelle mani di coloro che la praticano, con buoni ed eccellenti risultati che arrivano all'88%, nella serie di S. G. Hofstaetter et al. (40), laddove occorra un arretramento del metatarso, senza sollevamento. Peraltro, esiste comunque l'8% di re-dislocamento dorsale della MF ad un anno, che

arriva al 12% dopo 7 anni, malgrado dei criteri di indicazione rigorosi. A ciò vanno aggiunte le complicanze classiche della Weil, di rigidità e di “floating toe”.

L'esecuzione di una Weil, senza osteosintesi, sembrerebbe determinare un minore accorciamento e quindi un rischio inferiore di metatarsalgia da trasferimento e un minore rischio di complicanze legate alla presenza del materiale di sintesi, secondo D. García-Fernández et al. (41). Anche rispetto all'osteotomia di Helal, la Weil sembra ottenere minore incidenza di complicazioni nella serie di Trnka et al. (42).

In tutti i lavori succitati, gli autori fanno sempre riferimento a situazioni in cui esiste una dislocazione metatarso-falangea ed è su questo punto che occorre focalizzare l'attenzione nella scelta del tipo di osteotomia da realizzare. In tal senso, va anche l'osservazione rispetto ai risultati di Tsz-Cheung et al. (43), per i quali la procedura DMMO conduce ad eccellenti risultati, con minor rischio di complicanze legate a recidiva, infezioni e rigidità. Questi autori però fanno riferimento ad una serie in cui non esiste dislocazione M.F, nella quale quindi la placca plantare è integra. Si tratta quindi di indicazioni diverse.

L'indicazione, relativamente alla presenza o meno di dislocazione, dell'esigenza di accorciamento isolato o di sollevamento, all'importanza di riparazione della placca plantare, non trova ancora accordo ed è oggetto di discussione, come si è potuto comprendere dal Congresso di Barcellona (luglio 2015).

In seguito a DMMO, è possibile una recidiva del dolore metatarsale, molto spesso relativa al secondo raggio e facilmente legata ad un ritardato carico sull'avampiede (a causa del dolore post-operatorio o in seguito all'uso di una calzatura che preveda il carico solo sul retro piede) (Fig. 1a, 1b). In tal caso il re-intervento, con la stessa procedura, risolve senza difficoltà il problema (Fig. 1c, 1d)

La recidiva di metatarsalgia conseguente alla procedura di Weil è, generalmente dovuta ad una plantarizzazione della testa metatarsale, nella quale l'accorciamento ottenuto, non è sufficiente a decomprimere la pressione anomala del carico. Per questa ragione sono state proposte modifiche alla tecnica nelle quali, una seconda rima di osteotomia-resezione, parallela alla prima, preverrebbe l'effetto indesiderato di uno spostamento plantare. In caso di recidiva dopo Weil, sembra legittimo proporre una osteotomia del tipo DMMO (Fig. 2a, 2b, 2c).

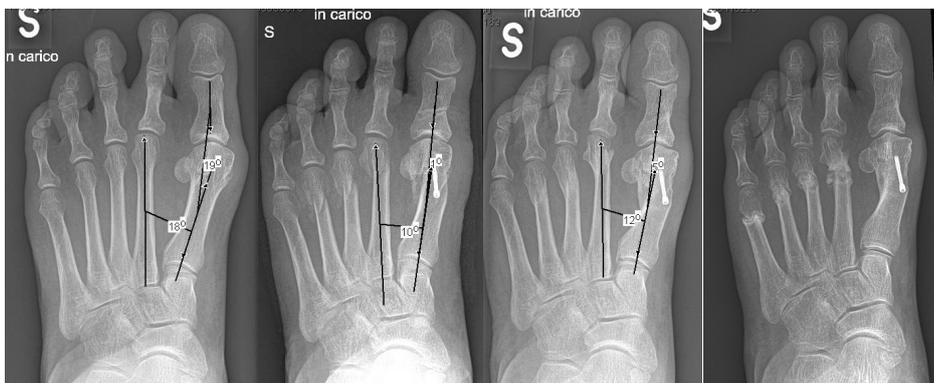


Fig. 1a

Fig. 1b

Fig. 1c

Fig. 1d



Fig.2a

Fig.2b

Fig. 2c

Ritardo di consolidazione, nonunion e necrosi avascolare.

Possono essere conseguenti sia ad un errore di tecnica operatoria che legate ad uno strumentario non idoneo o adoperato in maniera non corretta: una via d'accesso esageratamente aggressiva, nel caso di chirurgia aperta, uno strumentario motorizzato, adoperato a velocità elevata (rpm > 6000-7000), responsabile di surriscaldamento e danno delle parti molli e dell'osso, nel caso di chirurgia percutanea (Fig. 14). Nel caso di chirurgia percutanea, le osteotomie finiscono quasi sempre per consolidare (Fig. 3a, 3b, 3c, 3d), anche in un arco di 18 mesi. Quelle che evolvono in pseudartrosi definitiva, restano quasi sempre asintomatiche (Fig. 4a, 4b), come già segnalato nel lavoro di Helal (22), piuttosto raramente possono restare dolorose (Fig. 4c). L'irrigazione continua può essere un'efficace misura preventiva di queste complicanze.

La necrosi avascolare, fortunatamente rara, è teoricamente più frequente nelle procedure a cielo aperto, ma non è del tutto impossibile anche in caso di DMMO (Fig. 4d).



Fig.3a

Fig. 3b

Fig. 3c

Fig.3d



Fig.4a

Fig.4b

Fig.4c

Fig.4d

Può essere conseguente ad un errore di indicazione, nel caso non sia stato deciso se associare un gesto sui metatarsi, oppure su quanti e quali metatarsi agire o ad un errore tecnico, nel caso che lo spostamento metatarsale non sia stato adeguato all'effetto correttivo desiderato.

Più comune nel caso di accorciamento del I metatarso (Fig.5a) o di insuccesso di altro tipo della chirurgia del primo raggio (5b), è possibile anche nella chirurgia metatarsale isolata o in presenza di un primo metatarso correttamente operato.



Fig.5a

Fig.5b

Malunion

Un mal posizionamento è conseguenza di una cattiva fissazione, di un fallimento di questa o, al contrario, dell'assenza di osteosintesi, laddove necessaria. Si verifica sia nelle procedure open che in quelle mini-invasive e percutanee. In quest'ultimo caso, la direzione della rima di osteotomia, se eccessivamente trasversale, può determinare un inadeguato effetto di accorciamento e/o un indesiderato spostamento ad latus (Fig. 6a, 6b).



Fig.6a

Fig.6b

Rigidità metatarso-falangea

Descritta in alcune tecniche di osteotomia, è riconducibile essenzialmente all'indicazione. È frequente come sequela delle osteotomie tipo Weil, come risultato dell'artrotomia e conseguente fibrosi cicatriziale ed in relazione al fatto che, in linea di massima, l'indicazione per questa procedura è posta in caso di iperpressione con dislocazione M.F. che, per definizione, presuppone una lesione della placca plantare. E' la ragione per la quale in molti preferiscono eseguire un DMMO, trascurando completamente la dislocazione.

Sinostosi

Sono più proprie delle tecniche percutanee e sono conseguenza di un errore di tecnica (Fig. 7a, 7b, 7c). Il lavaggio abbondante dei residui ossei può prevenire il verificarsi di ponti sinostotici. Una costante attenzione all'anatomia locale, il restare costantemente a contatto dell'osso e i controlli in scopia, possono limitare enormemente il danno a tessuti nobili. La resezione della sinostosi non presenta difficoltà e può essere eseguita sia a cielo aperto che con tecnica percutanea (Fig. 7d, 7e).



Fig.7a

Fig.7b

Fig. 7c



Fig.7d

Fig. 7e

Turbe neurologiche, lesioni tendinee

Le prime, rare nella chirurgia open, sono più frequenti con tecnica percutanea, data anche la variabilità anatomica dell'innervazione. Possono essere fortemente limitate con un uso accurato dello strumento motorizzato e restando costantemente in prossimità dell'osso. La lesione tendinea, fortunatamente non frequente in tecnica percutanea, riconosce le stesse cause e richiede le medesime precauzioni che nella prevenzione delle lesioni nervose.

Lesioni cutanee

Si verificano essenzialmente in conseguenza di un uso non corretto dello strumentario, per ustione della cute, non protetta adeguatamente, tramite irrigazione (Fig. 8). Questa complicanza, che richiede lungo tempo di guarigione, vanifica tutti i vantaggi della mini-invasività.



Fig.8

Conclusioni

Da queste riflessioni, si evince che non esiste una tecnica perfetta e che nessuna procedura è esente da rischi e complicanze.

Ogni tecnica presenta vantaggi innegabili, nelle mani di coloro che la praticano rigorosamente e nelle giuste indicazioni. La mini-invasività non è sostitutiva della chirurgia tradizionale e non è la soluzione a tutti i problemi. Presenta indubbi vantaggi ma richiede una corretta curva di apprendimento, strumenti adeguati e rigore nelle indicazioni. Quelli che sono considerati vantaggi per coloro che la praticano sono spesso considerati difetti per coloro che sono contro e viceversa.

Appena trent'anni fa i chirurghi tradizionali guardavano con orrore alle tecniche artroscopiche. Oggi è il contrario: è l'epoca del "cielo chiuso" a tutti i costi.

Nella visione globale della chirurgia ortopedica, come in ogni altro campo dello scibile, occorre equilibrio ed occorre discernimento, sapendo che si può contare su strumenti e tecnologia che partono dall'astensione chirurgica, passando per il trattamento ortopedico, per terminare con chirurgia tradizionale, mini-invasiva, percutanea, con o senza osteosintesi ecc.

Ovviamente, le osteotomie tradizionali conservano in pieno il loro valore e la loro attualità e, allo stesso modo, le tecniche mini-invasive e percutanee danno eccellenti risultati, nelle mani di coloro che ne hanno ampia esperienza e che pongono indicazioni corrette.

I cattivi risultati che, nella visione dei detrattori di queste ultime, conferiscono cattiva reputazione alle tecniche percutanee, sono dovuti troppo frequentemente ad un uso indiscriminato e scorretto, talvolta per ignoranza, altre volte per un uso esclusivamente propagandistico e "commerciale", che non tiene conto dello studio del caso in questione e che non analizza in nessun modo la situazione anatomica e patogenetica del paziente. Allo stesso modo, le osteotomie tradizionali non sono esenti da complicanze, spesso assenti nelle tecniche a cielo chiuso.

La conclusione è che, quale che sia la tecnica scelta, essa richiede rigore di preparazione, di studio del paziente e di indicazione. Non esiste "la" tecnica ideale ma una varietà di scelte a disposizione, variabili da caso a caso e da chirurgo a chirurgo. Resta comunque sempre valido il vecchio aforisma che recita: "La tecnica ideale è sempre quella che il chirurgo domina con sicurezza".

Bibliografia

- 1) Coughlin MJ. *Common causes of pain in the forefoot in adults.*
Journal of Bone Joint Surgery British 2000;82(6):781–90.
- 2) Viladot A. *Metatarsalgia due to biomechanic alteration of the forefoot*
Orthopaedic Clinics North America 4:165, 1973
- 3) Espinosa N, Brodsky JW, Maceira E. *Metatarsalgia.*
Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons 2010; 18(8):474–85.
- 4) Espinosa N, Maceira E, Myerson MS. *Current concept review: metatarsalgia.*
Foot and Ankle Int 2008;29(8):871–9.
- 5) Scranton PE, Jr. *Metatarsalgia: a clinical review of diagnosis and management.*
Foot and Ankle. 1981;1(4):229–34.
- 6) Maestro M, Besse JL, Ragusa M, Berthonnaud E. *Forefoot morphotype study and planning method for forefoot osteotomy.*
Foot and Ankle Clinics 2003;8(4):695–710.
- 7) DiGiovanni CW, Kuo R, Tejwani N, et al. *Isolated gastrocnemius tightness.*
Journal of Bone and Joint Surgery American 2002;84–A(6):962–70.
- 8) Bauer Th, Gaumetou E., Klouche Sh., Hardy Ph, MD, Maffulli N., *Metatarsalgia and Morton's Disease: Comparison of Outcomes Between Open Procedure and Neurectomy Versus Percutaneous Metatarsal Osteotomies and Ligament Release With a Minimum of 2 Years of Follow-Up*
Journal of foot and ankle surgery, 2015, May-Jun. 54 (3):373-7
- 9) Rodgers MM, Cavanagh PR. *Pressure distribution in Morton's foot structure.*
Medicine and Science in Sports and Exercises 1989;21(1):23–28
- 10) Hassouna H, Singh D. *Morton's metatarsalgia: pathogenesis, aetiology and current management.*
Acta Orthopaedica Belgica 2005;71(6):646–55.
- 11) Maskill JD, Bohay DR, Anderson JG. *Gastrocnemius recession to treat isolated foot pain.*
Foot and Ankle International 2010;31(1):19–23.
- 12) Chimera NJ, Castro M, Manal K. *Function and strength following gastrocnemius recession for isolated gastrocnemius contracture.*
Foot and Ankle International 2010;31(5):377–84
- 13) Galluch DB, Bohay DR, Anderson JG. *Midshaft metatarsal segmental osteotomy with open reduction and internal fixation.*
Foot and Ankle International 2007;28(2):169–74.
- 14) Lee KB, Park JK, Park YH, et al. *Prognosis of painful plantar callosity after hallux valgus correction without lesser metatarsal osteotomy.*
Foot and Ankle International 2009;30(11): 1048–52.
- 15) Coughlin MJ, Jones CP. *Hallux valgus and first ray mobility. A prospective study.*
Journal of Bone and Joint Surgery American 2007;89(9):1887–98.
- 16) Coughlin MJ, Jones CP, Viladot R, et al. *Hallux valgus and first ray mobility: a cadaveric study.*
Foot and Ankle International 2004;25(8):537–44.
- 17) Meisenbach RO. *Painful anterior arch of the foot and operation for its relief by means of raising the arch.*
The American Journal of Orthopaedic Surgeons 14:206, 1916
- 18) Billig HE. *Condylectomy for metatarsalgia: Indications and results.*
Journal of International College Surgeons 25:220, 1956.
- 19) Giannestras NJ. *Shortening of the metatarsal shaft for the correction of plantar keratosis.*
Clinical Orthopaedics 4:225 1956

- 20) Thomas WH. *Metatarsal osteotomy*.
Surgical Clinics 49:879, 1969
- 21) Wolf M. *Metatarsal osteotomy for relief of painful metatarsal*.
Journal of Bone and Joint Surgery 55:1750, 1973
- 22) Helal B. *Metatarsal osteotomy for metatarsalgia*.
Journal of Bone and joint Surgery 57:1.87, 1975.
- 23) Kuwada GT, Dockery GL, Schuberth JM. *The resistant painful plantar lesion; a surgical approach*.
Journal of Foot Surgery 22:29, 1983
- 24) Berkun RN, Devincendis A, Goller WL. *The tilt -up osteotomy for correction of intractable plantar keratosis*.
Journal of Foot Surgery 23:52, 1984
- 25) Jones KJ, Feiwell LA, Freedman EL, Cracchiolo A. *The effect of chevron osteotomy with lateral capsular release on the blood supply to the first metatarsal head*.
Journal of Bone and Joint Surgery American 1995;77(2):197–204.
- 26) Bayliss NC, Klenerman L. *Avascular necrosis of lesser metatarsal heads following forefoot surgery*.
Foot and Ankle 1989;10(3):124–8.
- 27) Bellacosa RA, Pollak RA. *Complications of lesser metatarsal surgery*.
Clinics in Podiatric Medicine and Surgery 1991;8(2):383–97.
- 28) Petersen WJ, Lankes JM, Paulsen F, Hassenpflug J. *The arterial supply of the lesser metatarsal heads: a vascular injection study in human cadavers*.
Foot and Ankle International 2002; 23(6):491–5.
- 29) Green MA, Dorris MF, Baessler TP, et al. *Avascular necrosis following distal Chevron osteotomy of the first metatarsal*.
Journal of Foot and Ankle Surgery 1993;32(6):617–22.
- 30) Hofstaetter SG, Hofstaetter JG, Petroutsas JA, et al. *The Weil osteotomy: a seven year follow-up*.
Journal of Bone and Joint Surgery British 2005;87:1507–11
- 31) Pierre Barouk, MD *Recurrent Metatarsalgia*
Foot and Ankle Clinics North America 19 (2014) 407–424
- 32) Novotný M.1, Klimecký P.1, Pochop J. *Wolf and Helal metatarsal osteotomies in metatarsalgia treatment*
Scripta medica / Volume 82 / No. 2 / 2009
- 33) M.A. Ruiz Ibán, M. de Antonio Fernández, A. Galeote Rivas and M. de Frías González. *Weil osteotomy in the treatment of central metatarsalgia*
- 34) A.Dalla Pria, D. Mashaddi. *Il trattamento chirurgico delle metatarsalgie con tecnica di osteotomia in arretramento sec. Weil. Nostra esperienza*
Acta orthopædica italica Volume n° 29 - Anno 2002
- 35) Mariano De Prado, MD, Manuel Cuervas-Mons, MD, Pau Golano and Javier Vaquero, MD, *Distal Metatarsal Minimal Invasive Osteotomy (DMMO) for the Treatment of Metatarsalgia*
Techniques in Foot & Ankle Surgery, Volume 00, Number 00 2015
- 36) T. Bauer, N. Maffulli and M. Easley (eds.) *Minimally Invasive Surgery of the Foot and Ankle*,
1DOI: 10.1007/978-1-84996-417-3_11, Springer-Verlag London Limited 2010
- 37) Conesa X*, Ustes X, Parals F, Ribau MA, Vía-Dufresne O and Novell J. *Percutaneous Salvage Surgery for Weil Metatarsal Osteotomies*
Clin Res Foot Ankle 2014, 2:1
- 38) J. Henry, J.L.Besse, M.H.Fessy. *Distal osteotomy of the lateral metatarsals: A series of 72 cases comparing the Weil osteotomy and the DMMO percutaneous osteotomy*
Orthopaedic & traumatology: Surgery and research (2011) 975, S57-S65
- 39) Highlander P¹, VonHerbulis E, Gonzalez A, Britt J, Buchman J.
Complications of the Weil osteotomy

Foot and ankle_2011 Jun; 4(3):165-70.

- 40) S. G. Hofstaetter, J. G. Hofstaetter, J. A. Petroutsas, F.Gruber, P.Ritschl, H.-J. Trnka
The Weil osteotomy A seven years follow up
Journal of bone and joint British vol. 87-B, No. 11, NOVEMBER 2005 1507
- 41) D. García-Fernández, R. Larraínzar-Garijo and L.F. Llanos-Alcázar
Comparative Study of Two Types of Weil Osteotomy: Is Fixation Always Necessary?
Rev Ortop Traumatol. 2006;50:292-7
- 42) H.J Trnka, M. Muhlbauer, R. Zetti, M. Myerson and P.Ritschl
Comparison of the results of the weil and helal osteotomies for treatment of metatarsalgia secondary to dislocation of the lesser metatarsophalangeal joints.
Foot and ankle international Vol. 20, No 2/February 1999
- 43) Wong Tsz-Cheung*, Kong Siu-Wah. *Minimally Invasive Distal Metatarsal Osteotomy in the Treatment of Primary Metatarsalgia*
Journal of Orthopaedics, Trauma and Rehabilitation 17 (2013) 17e21