



Fratture trimalleolari: è giunta l'ora di sintetizzare sempre il terzo malleolo?

Trimalleolar Fractures: is it the time to always synthesize the posterior malleolus?

Stefano Mortera¹ (foto), Walter Daghino², Alessandro Massè³

¹ Ortopedia e Traumatologia AOU San Luigi Gonzaga Orbassano; ² Struttura Complessa Ortopedia e Traumatologia Ospedale degli Infermi Biella; ³ Clinica Ortopedica e Traumatologica Ospedale CTO Città della Salute e della Scienza Torino

Riassunto

Introduzione. I traumatismi di caviglia sono una patologia diffusa e che impatta negativamente sullo stile di vita del paziente che li subisce.

Materiali e metodi. È stata eseguita una valutazione retrospettiva da parte di un unico chirurgo ortopedico di 183 pazienti sottoposti ad intervento di osteosintesi di fratture trimalleolari occorse dal 2014 al 2017 presso l'Ospedale CTO di Torino con un follow-up minimo di 12 mesi quantificando, sia dal punto di vista clinico (*American Orthopaedic Foot and Ankle Society* e *Short Form Survey*) che radiografico (classificazione di Kellgren-Lawrence), il tasso di artrosi di caviglia sviluppatosi a distanza; i risultati sono stati stratificati a seconda della bontà e stabilità della eventuale sintesi del terzo malleolo.

Risultati. Dei 183 pazienti presi in esame, ne sono stati arruolati 84. La sintesi del terzo malleolo è stata effettuata su 21 di questi.

Discussione. Lo studio ha mostrato assenza di vantaggio clinico in termini di performance articolare a breve termine nei due gruppi a confronto; è apparso evidente, invece, un vantaggio radiologico, seppur non statisticamente significativo, per i pazienti sottoposti a trattamento chirurgico del terzo malleolo. Tale vantaggio ha sfiorato la significatività quando i gruppi sono stati omogeneizzati per dimensioni del frammento da trattare.

Conclusioni. La sintesi del terzo malleolo, analizzata in un campione moderatamente esiguo di pazienti, indipendentemente dalle sue dimensioni, non evidenzia a breve-medio termine differenze significative del quadro clinico in termini di soggettivo benessere e performance ma sembrerebbe comportare all'imaging un minor consumo articolare. È necessario, comunque, un più lungo follow-up per poter definire il miglior iter terapeutico.

Parole chiave: fratture trimalleolari, terzo malleolo, AOFAS score

Summary

Introduction. Ankle traumas are a common pathology that negatively impacts on the lifestyle of the injured patients.

Materials and methods. A retrospective evaluation of 183 patients who underwent osteosynthesis of trimalleolar fractures occurring from 2014 to 2017 at the CTO Hospital in Turin with a minimum follow-up of 12 months was performed by a single orthopedic surgeon. The rate of ankle osteoarthritis remotely developed has been quantified both from a clinical (*American Orthopaedic Foot and Ankle Society* and *Short Form Survey*) and radiographic (Kellgren-Lawrence classification) point of view; the results were stratified according to the accuracy and stability of the possible synthesis of the posterior malleolus.

Ricevuto: 29 settembre 2020

Accettato: 20 luglio 2022

Corrispondenza

Stefano Mortera

AOU San Luigi Gonzaga Orbassano
Regione Gonzole 10, 10043 Orbassano (TO)
E-mail: stefano.mortera@gmail.com

Conflitto di interessi

Gli Autori dichiarano di non avere alcun conflitto di interesse con l'argomento trattato nell'articolo.

Come citare questo articolo:

Mortera S, Daghino W, Massè A. Fratture trimalleolari: è giunta l'ora di sintetizzare sempre il terzo malleolo? *Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia* 2022;48:149-154; <https://doi.org/10.32050/0390-0134-N398>

© Copyright by Pacini Editore Srl



OPEN ACCESS

L'articolo è OPEN ACCESS e divulgato sulla base della licenza CC-BY-NC-ND (Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Non opere derivate 4.0 Internazionale). L'articolo può essere usato indicando la menzione di paternità adeguata e la licenza; solo a scopi non commerciali; solo in originale. Per ulteriori informazioni: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Results. Of the 183 patients examined, 84 were re-evaluated. The synthesis of the posterior malleolus was performed on 21 of these.

Discussion. The study showed no clinical advantage in terms of short-term joint performance in the two compared groups; on the other hand, patients who underwent synthesis of the posterior malleolus showed a radiological advantage, although not statistically significant. This advantage was close to significance when the groups were homogenized by size of the fragment to be treated.

Conclusions. The synthesis of the posterior malleolus, analyzed in a moderately small sample of patients, regardless of its size, does not show in the short-medium follow-up significant differences in the clinical outcome in terms of subjective well-being and performance but would seem to result in lower joint wear. However, a longer follow-up is required in order to define the best therapeutic procedure.

Key words: trimalleolar fractures, posterior malleolus, AOFAS score

Introduzione

I traumatismi di caviglia e le possibili fratture che ne conseguono sono una patologia molto diffusa e che impatta negativamente sullo stile di vita del paziente che li subisce^{1,2}. Le fratture trimalleolari, isolate o associate a lussazione articolare, richiedono nella maggior parte dei casi una sintesi interna; resta fortemente dibattuta l'indicazione al trattamento chirurgico del terzo malleolo³⁻⁶, coinvolto nel 14-44% dei casi⁷.

Se da una parte, tradizionalmente, l'indicatore essenziale per procedere alla chirurgia era la sua dimensione^{8,9}, dall'altra, studi più recenti^{10,11}, hanno mostrato come l'importanza della congruenza articolare postoperatoria possa spingere ad eseguire una sintesi anche in casi non contemplati precedentemente.

La crescente popolarità della sintesi del terzo malleolo¹¹ si scontra ancora oggi, però, con le attuali linee guida della AO (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*): trattamento chirurgico per frammenti di dimensioni superiori al 20-25% della superficie articolare o per frammenti di minori dimensioni se persistenza di sublussazione posteriore dell'astragalo dopo sintesi degli altri malleoli.

Lo scopo di questo studio è quello di fare maggiore chiarezza sull'argomento, quantificando retrospettivamente, sia dal punto di vista clinico che radiografico, il tasso di artrosi¹² di caviglia sviluppatosi a distanza nei pazienti sottoposti ad osteosintesi interna stratificando i risultati a seconda della bontà e stabilità della eventuale sintesi del terzo malleolo.

Materiali e metodi

È stata eseguita una valutazione retrospettiva da parte di un unico chirurgo ortopedico di 183 pazienti sottoposti ad intervento di osteosintesi interna di fratture trimalleolari (Fig. 1) occorse da inizio 2014 a termine 2017 presso l'Ospedale CTO Città della Salute e della Scienza di Torino con un follow-up minimo di 12 mesi.

Tutti i pazienti sono stati contattati telefonicamente ed invitati a recarsi presso l'Ospedale sede del primo interven-

to per una valutazione clinica gratuita portando in visione indagini radiografiche recenti (eseguite negli ultimi 3 mesi) della caviglia operata in 2 proiezioni (anteroposteriore e latero-laterale).

Per valutare soggettivamente e oggettivamente la condizione clinica al momento della visita di follow-up, a tutti i pazienti sono stati sottoposti 2 questionari (*American Orthopaedic Foot and Ankle Society*, AOFAS e lo *Short Form Survey*, SF-36)^{13,14}; in ciascuno il valore 100 indicava il



Figura 1. Frattura trimalleolare.

massimo grado di soddisfazione personale e di performance articolare.

È stata considerata quale discriminante per la creazione di gruppi di confronto l'avvenuta riduzione chirurgica e la tipologia di stabilizzazione del terzo malleolo.

La dimensione del terzo malleolo è stata misurata radiograficamente nel pre (cm) e postoperatorio (%) sulla proiezione latero-laterale (Fig. 2).

Il grado di artrosi sviluppatosi alle indagini radiografiche al follow-up è stato indagato mediante la classificazione di Kellgren-Lawrence (KL) ¹⁵ (1-presenza di osteofiti di dubbio significato a livello del malleolo mediale o laterale, rara sclerosi tibiale, spazio articolare preservato; 2-presenza di osteofiti a livello del malleolo mediale, spazio articolare preservato; 3-osteofiti a livello malleolo mediale e/o malleolo laterale, riduzione < 50% dello spazio articolare; 4-osteofiti a livello malleolo mediale e laterale ed articolazione tibio-astragalica, severa riduzione dello spazio articolare > 50% e sclerosi della tibio-tarsica).

Una valutazione statistica mediante test χ^2 è stata adottata per confrontare il livello di artrosi nei due gruppi in esame mentre il test t di Student è stata utilizzato per comparare il grado di performance articolare al follow-up. Sono stati considerati statisticamente significativi valori di $p < 0,05$.

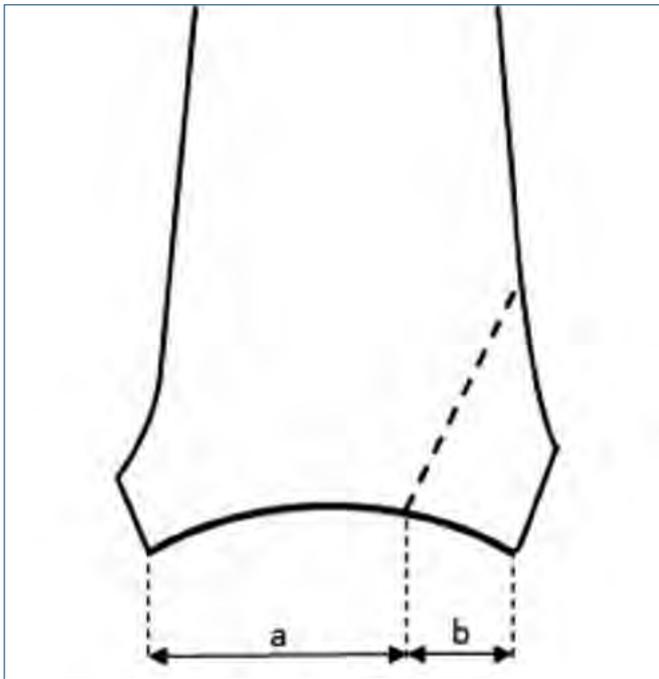


Figura 2. Misura del terzo malleolo su radiografia in proiezione latero-laterale $b/(a+b)$.

Risultati

Dei 183 pazienti presi in esame 68 hanno rifiutato la proposta di rivalutazione e 31 sono risultati irraggiungibili (deceduti, recapito telefonico non corretto, ricoverati presso altre Strutture).

Sono stati quindi rivalutati clinicamente e radiologicamente 84 pazienti (46%), 69 di sesso femminile e 15 di sesso maschile di età media pari a 61 anni. Il follow-up medio è stato di 43 mesi.

Secondo la classificazione AO sono state conteggiate 70 fratture di cavaglia AO44-B3.2 e 14 fratture AO44-C1.3. Gli interventi sono stati eseguiti da 31 operatori differenti. Il tempo medio di immobilizzazione articolare postoperatoria è stato di 22 giorni. Il carico è stato concesso ad un tempo medio di 60 giorni dall'intervento.

Al follow-up, 21 pazienti (25%) sono stati sottoposti a rimozione mezzi di sintesi mentre 1 paziente (KL-4) è stato sottoposto a plurimi interventi.

La media dei questionari sulla qualità di vita è risultata essere 73 per SF-36 e 82 per AOFAS.

Il terzo malleolo, sintetizzato in 21 pazienti (25%) (Fig. 3), presentava una misura media pre-riduzione pari a 1 cm (0,5 cm-1,6 cm) ed una misura media postoperatoria pari al 31% (16-48%). La sintesi, eseguita con viti nel 95% dei casi, è stata effettuata per via percutanea in 7 pazienti (33%) e con riduzione cruenta nei restanti 14 (67%); è risultata essere anatomica nel postoperatorio in 19 casi (90%) ed in tutti i pazienti tranne 1 (5% KL-4) è rimasta tale al follow-up.

Nel postoperatorio, 17 (20%) pazienti presentavano un terzo malleolo < 10% della superficie articolare, 45 (54%) compreso tra 10 e 25% e 22 (26%) > 25%. Non è stato sintetizzato nessun malleolo (0%) con dimensioni inferiori al 10%, sono stati sintetizzati 7 malleoli (33%) che presentavano dimensioni comprese tra 10 e 25% e 14 malleoli (67%) di misura maggiore al 25%.

I 63 pazienti (75%), 54 (86%) di sesso femminile e 19 (14%) di sesso maschile, a cui non è stato sintetizzato il terzo malleolo presentavano, al follow-up medio di 44 mesi, una età media di 60 anni; secondo la classificazione AO si conteggiavano 53 fratture 44B3.2 (84%) e 10 fratture 44C1.3 (16%). La misura media del 3° malleolo era pari a 0,5 cm (0,1 cm-1,4 cm) e l'AOFAS score medio risultava essere 82. Dal punto di vista radiografico, 39 pazienti (62%) presentavano uno score di KL pari a 1, 14 (22%) pari a 2 e 10 (16%) pari a 3.

I 21 pazienti (25%), 15 (71%) di sesso femminile e 6 (29%) di sesso maschile, a cui è stato sintetizzato il terzo malleolo presentavano, al follow-up medio di 42 mesi, una età media di 62 anni; secondo la classificazione AO si conteggiavano 17 fratture 44B3.2 (81%) e 4 fratture 44C1.3 (19%). La misura media del 3° malleolo era pari ad 1cm

(0,5cm-1,6cm) e l'AOFA score medio risultava essere 81. Dal punto di vista radiografico, 15 pazienti (72%) presentavano uno score di KL pari a 1, 3 (14%) pari a 2 e 3 (14%) pari o maggiore a 3.

Comparando la performance articolare (AOFA score) nei 2 gruppi, la differenza è risultata non statisticamente significativa (IC95%: -3,19 - 4,93, $p = 0,67$).

Non è risultata statisticamente significativa neanche la dif-

ferenza del grado di artrosi sviluppatasi nei 2 diversi gruppi a confronto al follow-up ($p = 0,17$).

Al fine di rendere più omogenei i due gruppi a confronto, sono stati eliminati dalla casistica dei non operati (63), tutti i pazienti con dimensioni del frammento posteriore inferiori o uguali alla misura più piccola sintetizzata nel gruppo di controllo (0,5cm); in questo modo è stato ottenuto un campione pari a 27 elementi che presentava, al follow-up medio di 48 mesi, una età media di 60 anni. La misura media del 3° malleolo era pari a 0,8 cm (0,6 cm-1,4 cm) e l'AOFA score medio risultava essere 83 (IC95%: -3,07 - 6,55, $p = 0,47$). Dal punto di vista radiografico, 16 pazienti (59%) presentavano uno score di KL pari a 1, 5 (18%) pari a 2 e 6 (23%) pari a 3 ($p = 0,07$).

Discussione

Il corretto trattamento delle fratture trimalleolari ed in particolare l'eventuale sintesi del terzo malleolo resta ancora oggi fonte di discussione e di ampio dibattito in campo ortopedico. La storica^{8,9} nozione di trattare chirurgicamente frammenti articolari maggiori di 1/4 o 1/3 è attualmente fortemente dibattuta così come rimane difficile comprendere le reali dimensioni del terzo malleolo eseguendo una semplice indagine radiografica^{16,17}.

Questo studio retrospettivo mostra a breve termine nei due gruppi a confronto assenza di vantaggio clinico in termini di performance articolare mentre appare evidente un vantaggio radiologico, seppur non statisticamente significativo, per i pazienti sottoposti a trattamento chirurgico del terzo malleolo. Tale vantaggio sfiora la significatività quando i gruppi sono omogeneizzati per dimensioni del frammento da trattare.

Recenti studi hanno riportato come, a discapito della sola analisi dimensionale del 3° malleolo, debbano essere presi in considerazione diversi fattori (scomposizione dei frammenti di frattura, sublussazione tibio-astragalica residua dopo riduzione, congruenza articolare con assenza di "gradini") per procedere al meglio nel trattamento di pazienti che presentino fratture trimalleolari¹⁸⁻²⁰. Per migliorare l'*outcome*, come supportato da diversi lavori^{20,5}, viene raccomandata la riduzione a cielo aperto del malleolo scomposto piuttosto che una sua sintesi per via percutanea dopo riallineamento indiretto.

Lo studio effettuato vanta un follow-up medio di discreta lunghezza se confrontato con quello di lavori analoghi^{5,21-23}, mentre l'esigua percentuale di pazienti che hanno accettato di essere rivalutati, a fronte di un importante numero di interventi eseguiti nel periodo preso in esame, ne è un suo limite.

Altro limite dello studio è rappresentato dalla modalità retrospettiva di raccolta dei dati; una ulteriore valutazione su



Figura 3. Terzo malleolo sintetizzato.

base prospettica potrebbe permettere di trarre conclusioni più valide.

Vi è inoltre una rilevante differenza della numerosità campionaria nei due gruppi a confronto poiché il totale di pazienti sottoposti a sintesi del 3° malleolo è quattro volte inferiore al gruppo di controllo. Per ovviare a questo limite si è proceduto ad un'analisi aggiuntiva di gruppi omogenei per dimensione del frammento.

Ulteriore elemento di debolezza dello studio è la sola analisi radiografica dimensionale dei frammenti di frattura in quanto non disponibili le indagini tomografiche preoperatorie di tutti i pazienti rivalutati. Diversi lavori peraltro riportano scarsa concordanza inter-osservatore nella sola valutazione radiografica delle dimensioni del terzo malleolo^{24,25}. L'esecuzione di un'indagine di secondo livello avrebbe favorito la comprensione del pattern di frattura²⁶ e la revisione da parte di un secondo chirurgo o di un terzo in mancanza di concordanza tra i primi due, avrebbe permesso di ottenere un dato più preciso.

Infine, l'elevata eterogeneità degli operatori che hanno eseguito l'intervento, con diverso livello di expertise, rappresenta un importante bias sull'evoluzione clinica e radiografica di ogni singolo caso.

In letteratura non vi è ad oggi una chiara indicazione su come procedere al trattamento del terzo malleolo e quali siano le reali dimensioni che ne suggeriscano la sintesi. Per tale motivo la scelta chirurgica è stata affidata ad ogni singolo operatore. La raccomandazione, però, che emerge dai lavori fino ad oggi pubblicati (prevalentemente studi retrospettivi) è quella di sintetizzare grandi frammenti con ampio interessamento della superficie articolare mediante una sintesi stabile e possibilmente a cielo aperto per via posterolaterale al fine di ottenere una riduzione anatomica de visu della frattura^{22,26}.

Conclusioni

La sintesi del terzo malleolo, analizzata in un campione moderatamente esiguo di pazienti, indipendentemente dalle sue dimensioni, non evidenzia a breve-medio termine differenze significative del quadro clinico in termini di soggettivo benessere e performance ma sembrerebbe comportare all'imaging un minor consumo articolare. Poiché dalla letteratura²⁷ sappiamo che l'artrosi sintomatica di caviglia si sviluppa a distanza di anni dal trauma, è verosimile pensare che tale differenza possa ampliarsi e slatentizzarsi a lungo termine. Questo lavoro non permette di trarre conclusioni definitive nella scelta chirurgica; sarà necessario un più lungo follow-up ed una prosecuzione dello studio in modalità prospettica per poter definire il miglior iter terapeutico.

Bibliografia

- 1 Strauss EJ, Egol KA. The management of ankle fractures in the elderly. *Injury*. 2007 Sep; 38 Suppl 3:S2-9.
- 2 Robertson GA, Wood AM, Aitken SA, et al. Epidemiology, management, and outcome of sport-related ankle fractures in a standard UK population. *Foot Ankle Int* 2014; 35(11):1143-1152. <https://doi.org/10.1177/1071100714546548>. Epub 2014 Aug 4.
- 3 Evers J, Barz L, Wähnert D, et al. Size matters: the influence of the posterior fragment on patient outcomes in trimalleolar ankle fractures. *Injury*. 2015; 46 Suppl 4:S109-13. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(15\)30028-0](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(15)30028-0)
- 4 Bartoníček J, Rammelt S, Tuček M, et al. Posterior malleolar fractures of the ankle. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2015; 41:587-600. <https://doi.org/10.1007/s00068-015-0560-6>. Epub 2015 Aug 8.
- 5 Bartoníček J, Rammelt S, Tuček M. Posterior malleolar fractures: changing concepts and recent developments. *Foot Ankle Clin* 2017;22:125-145. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2016.09.009>. Epub 2016 Dec 20.
- 6 Odak S, Ahluwalia R, Unnikrishnan P, et al. Management of posterior malleolar fractures: a systematic review. *J Foot Ankle Surg* 2016;55:140-145. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2015.04.001>. Epub 2015 Jun 19.
- 7 Koval KJ, Lurie J, Zhou W, et al. Ankle fractures in the elderly: what you get depends on where you live and who you see. *J Orthop Trauma* 2005;19:635-639. <https://doi.org/10.1097/01.bot.0000177105.53708.a9>
- 8 Langenhuijsen JF, Heetveld MJ, Ultee JM, et al. Results of ankle fractures with involvement of the posterior tibial margin. *J Trauma* 2002;53:55-60. <https://doi.org/10.1097/00005373-200207000-00012>
- 9 Macko VW, Matthews LS, Zwirkoski P, et al. The joint-contact area of the ankle. The contribution of the posterior malleolus. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:347-351. <https://doi.org/10.2106/00004623-199173030-00005>
- 10 Van DriifhoutHooff CC, Verhage SM, Hoogendoorn JM. Influence of fragment size and postoperative joint congruency on long-term outcome of posterior malleolar fractures. *Foot Ankle Int* 2015;36:673-678. <https://doi.org/10.1177/1071100715570895>
- 11 Shi H, Xiong J, Chen Y, et al. Comparison of the direct and indirect reduction techniques during the surgical management of posterior malleolar fractures. *BMC Musculoskelet Disord* 2017;14:109. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1475-7>
- 12 Barg A, Pagenstert GI, Hügler T, et al. Ankle osteoarthritis: etiology, diagnostics, and classification. *Foot Ankle Clin* 2013;18:411-426. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2013.06.001>. Epub 2013 Jul 24.
- 13 Madeley NJ, Wing KJ, Topliss C, et al. Responsiveness and validity of the SF-36, Ankle Osteoarthritis Scale, AOFAS Ankle Hindfoot Score, and Foot Function Index in end stage

- ankle arthritis. *Foot Ankle Int* 2012; 33:57-63. <https://doi.org/10.3113/FAI.2012.0057>
- 14 Keller SD, Majkut TC, Kosinski M, et al. Monitoring health outcomes among patients with arthritis using the SF-36 Health Survey: overview. *Med Care* 1999; 37(5 Suppl):MS1-9.
 - 15 Holzer N, Salvo D, Marijnissen ACA, et al. Radiographic evaluation of posttraumatic osteoarthritis of the ankle: the KellgrenLawrence scale is reliable and correlates with clinical symptoms. *Osteoarthritis Cartilage* 2015;23:363-369. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2014.11.010>
 - 16 Mangnus L, Meijer DT, Stufkens SA, et al. Posterior malleolar fracture patterns. *J Orthop Trauma* 2015;29:428-435. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000330>
 - 17 Meijer DT, Doornberg JN, Sierevelt IN, et al. Ankle platform study collaborative - science of variation group. Guesstimation of posterior malleolar fractures on lateral plain radiographs. *Injury* 2015;46:2024-2029. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.07.019>
 - 18 Odak S, Ahluwalia R, Unnikrishnan P, et al. Management of posterior malleolar fractures: a systematic review. *J Trauma* 2009;66:279-284. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318187eb16>
 - 19 Veltman ES, Halma JJ, de Gast A. Longterm outcome of 886 posterior malleolar fractures: A systematic review of the literature. *Foot Ankle Surg* 2016;22:73-77. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2015.05.003>. Epub 2015 May 28.
 - 20 Verhage SM, Krijnen P, Schipper IB, et al. Persistent post-operative step-off of the posterior malleolus leads to higher incidence of post-traumatic osteoarthritis in trimalleolar fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2019;139:323-329. <https://doi.org/10.1007/s00402-018-3056-0>. Epub 2018 Nov 14.
 - 21 Berkes MB, Little MT, Lazaro LE, et al. Articular congruity is associated with short-term clinical outcomes of operatively treated SER IV ankle fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2013 ;95:1769-1775. <https://doi.org/10.2106/JBJS.L.00949>
 - 22 Mingo-Robinet J, Lopez-Duran L, Galeote JE, et al. Ankle fractures with posterior malleolar fragment: management and results. *J Foot Ankle Surg Mar-Apr* 2011;50:141-145. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2010.12.013>
 - 23 Tejwani NC, Pahk B, Egol KA. Effect of posterior malleolus fracture on outcome after unstable ankle fracture. *J Trauma* 2010;69:666-669. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181e4f81e>
 - 24 Ferries JS, DeCoster TA, Firoozbakhsh KK, et al. Plain radiographic interpretation in trimalleolar ankle fractures poorly assesses posterior fragment size. *J Orthop Trauma* 1994;8:328-331. <https://doi.org/10.1097/00005131-199408000-00009>
 - 25 Verhage SM, Rhemrev SJ, Keizer SB, et al. Interobserver variation in classification of malleolar fractures. *Skeletal Radiol* 2015;44:1435-1439. <https://doi.org/10.1007/s00256-015-2179-4>. Epub 2015 Jun 9.
 - 26 Bartonicek J, Rammelt S, Kostlivy K, et al. Anatomy and classification of the posterior tibial fragment in ankle fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2015;135:505-516. <https://doi.org/10.1007/s00402-015-2171-4>. Epub 2015 Feb 24.
 - 27 Nwankwo EC Jr, Labaran LA, Athas V, et al. Pathogenesis of posttraumatic osteoarthritis of the ankle. *Orthop Clin North Am* 2019;50:529-537. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2019.05.008>