

# Osteotomia di Medializzazione del Calcagno nel Piede Piatto: evoluzione della tecnica chirurgica

## **Introduzione**

L'osteotomia di medializzazione della tuberosità posteriore di calcagno (Medial Displacement Calcaneal Osteotomy : MDCO) rappresenta una opzione nel trattamento del piede pronato dell'adulto in assenza di artropatia, isolatamente o, più frequentemente, in associazione ad altri tempi chirurgici.

L'indicazione prevalente è rappresentata dal piede pronato con insufficienza del Tibiale Posteriore stadio IIa e IIb (1).

Anche se la prima descrizione di una osteotomia di medializzazione del calcagno è da ascrivere a Gleich nel 1893 (2), in epoca più moderna è stato Koutsogiannis (3) ad applicare questa osteotomia nel trattamento del piede piatto dell'adolescente ; successivamente standardizzata da Myerson e Coll. nel trattamento del piede piatto dell'adulto con insufficienza del Tibiale Posteriore (TP) (4).

## **Presupposti biomeccanici ed indicazioni generali**

Il razionale della MDCO è duplice , strutturale e dinamico.

L'effetto principale della MDCO è quello di migliorare o correggere l'asse di carico allineando la tuberosità posteriore del calcagno con l'asse meccanico della gamba. Va ricordato che fisiologicamente la tuberosità posteriore non è esattamente allineata con l'asse anatomico della tibia ma lateralizzata di circa 15 mm in rapporto alla morfologia del calcagno e dei suoi rapporti con l'astragalo. Nel piede piatto per effetto della pronazione sull'asse astragalo-calcaneoscafoideo la tuberosità posteriore risulta deviata in valgismo e di conseguenza più o meno lateralizzata rispetto agli assi anatomico e meccanico dell'arto.

Il secondo effetto è dinamico ed è in rapporto alla medializzazione della inserzione del tendine di Achille. Nel piede piatto per effetto della pronazione l'inserzione del tendine di Achille si trova più vicina all'asse della articolazione astragalo-calcaneoscafoidea ed anzi in molti casi addirittura laterale ad esso ; quanto più l'inserzione del tendine di Achille è vicina all'asse della articolazione astragalo-calcaneoscafoidea tanto meno è efficace la forza di inversione del tricipite che diventa addirittura un eversore quando l'inserzione risulta laterale.

Un ulteriore effetto è quello che implica una detensione delle strutture medialì in particolare della fascia plantare e dei muscoli della loggia mediale che vengono messi in condizione di lavorare in

maniera più fisiologica con eventuale riduzione della sintomatologia dolorosa secondaria alla sovradistensione.

Le indicazioni possono essere riassunte in situazioni di piede pronato dell'adolescente o dell'adulto in assenza di alterazioni artrosiche della articolazione astragalo-calcaneoscafoidea quindi nello stadio IIa e IIb di Johnson e Strom.

Tuttavia alcune precisazioni sono opportune.

- a) Assenza di alterazioni degenerative articolari: è un presupposto essenziale per la buona riuscita dell'intervento. L'articolazione astragalo-calcaneoscafoidea deve avere una articolarietà libera e con assenza di dolore a tutti i gradi di movimento ; alterazioni cartilaginee delle superfici articolari della astragalo-calcaneale e della astragalo-scafoidea dovrebbero essere escluse con esame radiografico o meglio con esame RMN.
- b) Funzionalità del TP : l'intervento può essere eseguito senza problemi in caso di insufficienza del TP per sinovite , rotture longitudinali o rotture trasversali parziali o anche totali ma deve essere possibile una riparazione adeguata del tendine o una sua sostituzione con il Flessore Comune delle Dita.
- c) Lesioni dello "spring ligament" e della glenoide astragalo-scafoidea qualora presenti devono ovviamente essere riparate adeguatamente con sutura diretta , quando possibile , o con legamentoplastica ; lesioni molto ampie della glenoide e dello "spring ligament" con tessuti ampiamente degenerati e con importante instabilità articolare possono rappresentare una controindicazione alla MDCO
- d) Valgismo di retro piede: la dislocazione della tuberosità posteriore che si può ottenere con la MDCO è normalmente intorno ai 10 mm ; dislocazioni superiori sono notevolmente ostacolate dalla tensione delle parti molli e comportano un maggior rischio di problemi ischemici per la cute laterale. La MDCO non è pertanto in grado di correggere deformità importanti in valgismo in particolare superiori ai 20° ; in questi casi è più indicato utilizzare una doppia osteotomia o orientarsi su interventi artrodesizzanti
- e) Deformità in pronazione con estrinsecazione prevalente sul piano trasverso: la MDCO è molto valida nella correzione di deformità sul piano frontale ma ovviamente perde di efficacia quando la deformità si estrinseca prevalentemente sul piano trasverso; in questo caso risultano più efficaci osteotomie di allungamento della colonna laterale (osteotomia di Evans e sue varianti)
- f) Età: nell'adolescenza e nel giovane adulto la MDCO può entrare in competizione con interventi di artroresi con endotarsi eso- o endo-senotarsiche ; non esistono invece limiti superiori di età purchè vengano rispettate le indicazioni usuali e quelle relative a condizioni generali , condizioni di trofismo osseo , possibilità di un adeguato recupero funzionale.

Rappresentano **controindicazioni** all'intervento di MDCO , oltre alle condizioni precedentemente esaminate , le forme di piede piatto secondarie a grave lassità legamentosa costituzionale e/o secondarie ad ipotonia muscolare ed alcune situazioni di piede piatto neurologico.

### **Tecnica chirurgica**

La MDCO può essere eseguita con tradizionali tecniche a cielo aperto: queste presuppongono l'impiego di incisione chirurgica più o meno estesa e l'esecuzione della osteotomia con sega oscillante ; l'entità della dislocazione viene controllata a vista. Nel corso degli anni è stata ridotta la lunghezza dell'incisione cutanea al fine di ridurre potenziali complicanze ; la tipologia dell'intervento è comunque analoga alla tecnica tradizionale.

Nell'ultimo decennio si sono diffuse tecniche di MDCO eseguita con tecnica percutanea ; questa consente di eseguire l'intervento con un accesso minimo ("portal") utilizzando specifiche frese motorizzate; l'osteotomia viene eseguita non sotto il controllo della vista ma con l'aiuto di un fluoroscopio.

### **MDCO con tecnica a cielo aperto**

Il Paziente è posizionato in decubito controlaterale con opportuni sostegni al bacino per garantire la stabilità ; usualmente viene utilizzata una anestesia spinale con blocco popliteo per il controllo del dolore nel post-operatorio.

L'incisione cutanea è obliqua di circa 45° con una lunghezza di 3.5/4 cm. Si localizza idealmente subito posteriormente al decorso del nervo surale che decorre ad una distanza di poco superiore ai 13 mm posteriormente e plantarmente all'apice del malleolo peroneale (5) ; in molti casi il nervo può essere palpato in sede sottocutanea o localizzato per la presenza della vena satellite.

Incisa la cute è opportuno localizzare il nervo surale che deve trovarsi nel lembo anterodorsale ; non è indispensabile , anzi sconsigliato, un suo isolamento completo.

Individuato il nervo surale si incide a tutto spessore fino al piano osseo e si scheletrizza con scollaperiostio una superficie di circa 5 mm di larghezza corrispondente al decorso della osteotomia che deve avere una obliquità di circa 45° rispetto al piano di appoggio e localizzarsi posteriormente alla inserzione calcaneale del leg. peroneo-calcaneale.

Per visualizzare al meglio la sede dell'osteotomia è opportuno posizionare due leve di Hohmann agli estremi dorsale e plantare ed un divaricatore autostatico nella porzione centrale.

Prima di procedere all'esecuzione dell'osteotomia può essere opportuno tracciarne il decorso con bisturi elettrico e segnare con un tratto ortogonale la posizione dei due segmenti per trovare una esatta corrispondenza una volta completata l'osteotomia.

L'osteotomia viene eseguita con una sega oscillante di 15 mm di larghezza e di lunghezza opportuna , in genere 50 mm ; è importante in questa fase mantenere il piede in equinismo al fine di detendere le strutture mediali ed ovviamente superare appena la corticale mediale senza sconfinare nei tessuti molli.

Una volta completata l'osteotomia risulta piuttosto agevole dislocare manualmente in senso mediale il frammento posteriore mantenendo il piede in plantarflessione per detendere il tricipite ; in qualche caso può essere utile aiutarsi con scollaperiostio o con scalpello.

Ottenuta la correzione adeguata questa viene stabilizzata con 2 fili di Kirschner paralleli infissi dalla tuberosità posteriore ; la sintesi definitiva può essere eseguita con viti , eventualmente cannulate sfruttando i fili di Kirschner già posizionati , infisse da posteriore ad anteriore; in genere si utilizza una vite del diametro da 4.5 a 6.5 mm o due viti di analogo diametro ; è inoltre possibile effettuare la sintesi con placche angolate dedicate (6) (7).

Va tenuto presente come , in virtù della stabilità intrinseca dell'osteotomia e della frequente necessità di eseguire tempi chirurgici associati che richiedono una adeguata immobilizzazione , in molti casi la sintesi definitiva può essere affidata a due fili di Kirschner di 2.5 mm riservando la stabilizzazione con mezzi di sintesi interni ai casi in cui è possibile una mobilizzazione precoce.

Lo spigolo del moncone anteriore può essere smussato con ossivora o appiattito con un battitore anche se in generale non comporta particolari problematiche.

Nel caso di tempi chirurgici associati come riparazione delle strutture mediali o allungamento del tricipite viene confezionata una doccia posteriore in assetto neutro mantenuta per 6 settimane senza carico ; nei casi di MDCO isolata con sintesi interna viene iniziato precocemente un programma di mobilizzazione in scarico per 5-6 settimane.

Nel tempo la lunghezza dell'incisione è stata progressivamente ridotta arrivando a 15-20 mm ; l'intervento è peraltro analogo a quanto precedentemente descritto.

Sono state descritte alcune varianti nel decorso dell'osteotomia in particolare osteotomie con bracci angolati a "V" con angolo aperto anteriormente o posteriormente con lo scopo di aumentarne la stabilità e la superficie di contatto ; personalmente non ritengo particolarmente vantaggiose queste modifiche in quanto l'osteotomia è comunque piuttosto stabile mentre al contrario l'esecuzione di due superfici di taglio può rendere difficoltosa la dislocazione se non perfettamente ortogonali.

Alcuni AA. consigliano la contemporanea esecuzione di una neurolisi del tibiale posteriore per prevenire eventuali sindrome compressive ; questo rischio sembra tuttavia essere piuttosto remoto almeno nelle osteotomie di medializzazione in cui in volume del canale osteofibroso mediale non viene significativamente ridotto (8) (9).

Può invece essere utile in alcune situazioni , in particolare di valgismo molto accentuato o di associata deformità sul piano trasverso , l'associazione con una osteotomia tipo Evans che viene eseguita con una incisione cutanea in corrispondenza del processo anteriore del calcagno.

Le complicanze con la tecnica open non sono di regola frequenti ; tuttavia in alcune casistiche viene riportato un tasso di complicanze non indifferente (5%-28%) con particolare riferimento a ritardi di cicatrizzazione , necrosi dei lembi ed altri problemi cicatriziali (10) (11) (12), lesioni del nervo surale (13) (14) (15) (16) (17), infezioni, pseudoaneurisma arterioso (18). Queste complicanze aumentano in caso di associazione di altri tempi ossei o in pazienti con comorbidità in particolare diabete ed artrite reumatoide.

### **MDCO con tecnica percutanea**

Le prime esperienze in merito risalgono a Dull e DiDomenico (19) ; l'osteotomia era eseguita tramite 4 piccoli accessi cutanei e con l'impiego di una sega di Gigli. La tecnica è stata successivamente perfezionata nell'ultimo lustro da Kheir (20) , Lui (21) e Guyton (22).

Anche in questo caso l'intervento è generalmente condotto in anestesia spinale selettiva con aggiunta di blocco popliteo per il controllo del dolore post-operatorio. Salvo controindicazioni specifiche viene posizionato il laccio emostatico alla coscia ed effettuata spremitura con fascia di Esmach.

Il paziente è posizionato in decubito controlaterale con bacino bloccato da appositi sostegni ; occorre predisporre la possibilità di effettuare controlli fluoroscopici durante l'intervento e di potere modificare la posizione per eseguire eventuali tempi chirurgici in sede mediale.

Il primo passo è localizzare la sede dell'osteotomia ; idealmente questa si situa circa 1 cm anteriormente alla linea che collega il punto più superiore della tuberosità con il punto plantare corrispondente alla inserzione della fascia con un decorso ad essa parallelo; questa sede è considerata sicura dal punto di vista vascolonervoso come dimostrato dagli studi di Talusan e Coll. (23).

L'osteotomia può essere eseguita con la guida di un filo di Kirschner posizionato in sede paraostale al calcagno (24) o con l'impiego di una guida specifica.

Nel primo caso un filo di Kirschner del diametro di 1.8 mm viene posizionato in sede paraostale sul decorso previsto della osteotomia ; la sede è verificata con un controllo fluoroscopico .

In corrispondenza del punto centrale dell'osteotomia viene eseguita una incisione puntiforme; il sottocutaneo viene scollato fino a reperire il filo di Kirschner e la parete laterale del calcagno.

Si utilizza una fresa tipo Shannon del diametro di 2mm di idonea lunghezza a bassa velocità ed alto torque. La fresa viene inserita verticalmente perforando anche la corticale mediale; successivamente viene retratta e con movimenti oscillatori ("a tergicristallo") seguendo il decorso del filo di Kirschner viene eseguita l'osteotomia. Normalmente le estremità dorsale e plantare dell'osteotomia vengono completate separatamente; in ogni caso occorre prestare attenzione a non superare eccessivamente la corticale mediale per evitare possibili lesioni vascolonervose ; il piede viene mantenuto in equinismo per tutta la procedura.

Una volta completata l'osteotomia diventa agevole mobilizzare il frammento posteriore in direzione mediale; la manovra risulta facilitata se il piede viene posizionato in equinismo per detendere il tricipite e la fascia plantare ed appoggiato ad un sostegno con la tuberosità posteriore lasciata libera. L'entità della dislocazione mediale, che deve essere di circa 10 mm., viene controllata palpatariamente con l'uso di uno strumento smusso mentre con il fluoroscopio si verifica che non vi siano dislocazioni plantari o dorsali.

Normalmente non ci sono particolari problemi nella dislocazione dell'osteotomia; tuttavia in caso di difficoltà può essere utile mobilizzare i frammenti con uno scalpello sottile e/o con l'impiego di un filo di Steinmann infisso nel moncone tuberositario.

La fissazione può essere eseguita con due fili di Kirschner paralleli del diametro di 2.5 mm o con una o due viti cannulate ; normalmente utilizziamo la sintesi con fili di Kirschner nel caso frequente in cui il piede, nel post operatorio, debba essere immobilizzato per l'associazione di altri gesti

chirurgici, in particolare riparazione del TP mentre nei casi in cui si può iniziare precocemente la mobilizzazione utilizziamo le viti.

Riteniamo che mezzi di sintesi più voluminosi come placca o lama-placca (22) siano eccessivi e mal si prestino all'abbinamento con tecniche percutanee.

Nel caso in cui invece venga utilizzata la guida di taglio la tecnica è lievemente differente.

Una volta localizzato il punto centrale dell'osteotomia ed eseguita l'incisione puntiforme si inserisce la fresa nel modo usuale superando la corticale mediale. La fresa viene lasciata inserita e su di essa viene posizionata la guida che viene solidarizzata al calcagno; la fresa risulta a questo punto posizionata nella scanalatura di taglio e si procede nel modo usuale ad eseguire l'osteotomia guidata.

Sono attualmente disponibili due sistemi di taglio guidati. Il primo consiste in una guida con fulcro fisso che ha anche la finalità di proteggere i tessuti molli (Tornier Inc., Bloomington, MN) (24) ; la seconda (TiMEDIKA , Monza, IT) è un dispositivo più articolato che prevede una guida scanalata per effettuare il taglio ed un sistema di traslazione del moncone tuberostario che permette di regolare esattamente l'entità della dislocazione e di attuare , prima di posizionare i mezzi di sintesi, una compressione dei segmenti.

Il carico è proscritto per 5-6 settimane; in caso di tempi associati sulle parti molli (riparazione o sostituzione del tendine TP, riparazione dello spring ligament, allungamento del tricipite, ...) viene mantenuta una doccia posteriore per 6 settimane.

Anche per la tecnica percutanea sono descritte osteotomie con disegno tipo "chevron" ad apice anteriore (20) o posteriore (25); il vantaggio ipotizzato è quello di ottenere una maggiore stabilità ed una più ampia superficie di contatto.

Riteniamo tuttavia che il disegno tipo "chevron" comporti maggiore difficoltà di esecuzione con potenziali superiori rischi per le strutture vascolonervose e soprattutto una maggiore difficoltà nella dislocazione se i due piani osteotomici non sono esattamente angolati.

La tecnica percutanea riduce verosimilmente il tasso di complicanze; nelle casistiche più numerose (20) non vengono riferite complicanze maggiori come problemi cutanei , infezioni , lesioni vascolonervose e pseudoartrosi.

## **Discussione**

La MDCO è un intervento ben collaudato (26) (27) (28) nella chirurgia del piede pronato dell'adulto utilizzato in genere in associazione con altre procedure sulle parti molli. L'indicazione ideale è rappresentata da piede pronato sintomatico dell'adulto con prevalente deformità sul piano frontale, assenza di alterazioni degenerative articolari, anche in presenza di lesioni del tendine tibiale posteriore e/o dell'apparato capsulolegamentoso della "coxa pedis" purchè riparabili.

I vantaggi della tecnica percutanea sono noti e consistono nella riduzione del trauma chirurgico sulla cute e sui tessuti molli , delle complicanze (29) in particolare deiscenze cutanee, infezioni, alterazioni cicatriziali, pseudoartrosi e ritardi di consolidazione, dei tempi di guarigione e di ospedalizzazione e del dolore postoperatorio.

Le condizioni per avere un risultato ottimale sono quelle di poter eseguire con tecnica percutanea un intervento altrettanto efficace di quanto viene fatto con la tecnica tradizionale, di non mettere a rischio eventuali strutture anatomiche adiacenti e di poter utilizzare mezzi di sintesi posizionabili con accessi altrettanto minimali.

La MDCO risponde bene a questi requisiti e ben si presta ad essere eseguita con tecnica percutanea; l'esecuzione è di norma agevole ed anche la dislocazione non presenta particolari problemi. Nella nostra esperienza , iniziata a fine 2016 e basata su una casistica di una quarantina di casi , non abbiamo mai avuto necessità di convertire l'intervento in tecnica open ed anche la letteratura sull'argomento è piuttosto concorde (20).

Per evitare lesioni del nervo surale e del fascio vascolonervoso mediale è ovviamente indispensabile localizzare esattamente il punto di ingresso della fresa e la direzione dell'osteotomia come

evidenziato dai lavori anatomici di Talusan e Coll. (23) ed Durston e Coll. (25). Analoghe accortezza vanno ovviamente utilizzate con la tecnica open.

Abbiamo utilizzato come mezzi di sintesi fili di Kirschner del diametro 2.5 , generalmente 2 , posizionati ortogonalmente all'osteotomia e possibilmente con direzioni lievemente divergenti , che a nostro parere assicurano una adeguata stabilizzazione nei casi in cui, per l'associazione di altri tempi chirurgici, debba essere mantenuta una immobilizzazione nel post-operatorio. I fili di Kirschner si sono dimostrati adeguati alla sintesi in tutti i casi trattati, senza riscontro di infezioni, mobilizzazioni o intolleranza; inoltre sono un mezzo di fissazione di facile e rapido posizionamento e di basso costo. Sono stati costantemente rimossi ambulatoriamente senza problemi particolari alle 5-6 settimane dall'intervento.

Utilizziamo invece la sintesi con viti (in genere 2 viti cannulate diametro 4.5 mm) nei casi di osteotomia isolata in cui è preferibile una mobilizzazione precoce.

La maggior parte delle osteotomie percutanee sono state eseguite a mano libera sulla guida di un filo di Kirschner paraostale; è una tecnica semplice , poco costosa e di facile esecuzione. Tuttavia in qualche caso il taglio che ne risulta non è perfettamente localizzato su un unico piano e questo può rendere più difficoltosa la dislocazione.

I tempi di esecuzione dell'intervento utilizzando la guida del filo di Kirschner paraostale sono sostanzialmente sovrapponibili a quelli della tecnica a cielo aperto in quanto il maggior tempo necessario all'esecuzione dell'osteotomia è compensato dal minor tempo richiesto nell'accesso e nella sutura; la tecnica con guida richiede tempi un poco superiori (circa 20 min in più) per i passaggi necessari.

Non abbiamo riscontrato differenze nel periodo di ospedalizzazione in quanto, sia per la tecnica open che con quella percutanea, la dimissione è avvenuta il giorno successivo all'intervento.

Per quanto riguarda i tempi di consolidazione abbiamo ritenuto di mantenere un periodo di scarico analogo a quello utilizzato nelle osteotomie a cielo aperto cioè di 6 settimane anche se probabilmente potrebbe essere in qualche misura ridotto.

Non è possibile inoltre esprimere giudizi certi sul dolore post-operatorio per la frequentissima concomitanza di gesti chirurgici associati che andrebbero ad inficiare la valutazione.

La tecnica è inoltre interessante nei casi in cui vengano associati altri tempi ossei (osteotomia di Evans , osteotomia sovramalleolare, interventi sulla colonna mediale, correzione avampiede,..).

In conclusione la MDCO eseguita con tecnica percutanea è un intervento altrettanto efficace rispetto alla tecnica open con verosimilmente minor frequenza di complicanze e minor dolore postoperatorio. E' particolarmente raccomandata in soggetti con comorbidità (diabete , artrite reumatoide) e in caso di associazione di altri tempi ossei specie al tarso ed alla caviglia.

I problemi che abbiamo riscontrato sono correlati alla possibile difficoltà di ottenere dislocazioni importanti , in particolare superiori al centimetro , e soprattutto alla difficoltà di verificare esattamente l'entità della dislocazione attraverso l'incisione minimale. Queste difficoltà potrebbero essere superate dall'evoluzione degli strumentari dedicati.

Attualmente pertanto consigliamo l'impiego della tecnica percutanea in caso di dislocazioni contenute (inferiori al centimetro) , in caso di comorbidità e in caso di gesti ossei associati.

Utilizziamo invece la tecnica open in caso di dislocazioni più importanti in particolare oltre il centimetro.

## **Conclusioni**

- La MDCO è una tecnica affidabile ed efficace nella correzione delle deformità in valgismo del retropiede con estrinsecazione prevalente sul piano frontale
- Le indicazioni possono essere riassunte in situazioni di piede pronato dell'adolescente o dell'adulto in assenza di alterazioni artrosiche della articolazione astragalo-calcaneoscafoidea quindi nello stadio IIa e IIb di Johnson e Strom
- I risultati migliori si ottengono con deviazioni in valgismo non superiori a 20°

- L'osteotomia può essere eseguita con tecnica tradizionale open , con miniincisione o con tecnica percutanea ; quest'ultima riduce probabilmente le complicanze ma ha verosimilmente un minore effetto correttivo

## BIBLIOGRAFIA

- 1 - Johnson KA, Strom DE. Tibialis posterior tendon dysfunction. Clin Orthop Relat Res 1989;239:196–206. [L]  
[SEP]
- 2 - Gleich A. Beitrag zur operative plattfussbehandlung. Arch f. klin Chir 1893;46: 358–62. [L]  
[SEP]
- 3 - Koutsogiannis E. Treatment of mobile flat foot by displacement osteotomy of the calcaneus. J Bone Joint Surg Br 1971;53:96–100. [L]  
[SEP]
- 4 - Myerson MS, Corrigan J, Thompson F, et al. Tendon transfer combined with calcaneal osteotomy for the treatment of posterior tibial tendon insufficiency: a radiological investigation. Foot Ankle Int 1995;16:712–8. [L]  
[SEP]
- 5 - Gonzalez-Martin D., Herrera-Pérez M., Ojeda-Jiménez J., Redon-Díaz D., Valderrabano V., Pais-Brito J-L.: “Safe incision” in calcaneal sliding osteotomies reduces the incidence of sural nerve injury Int. Orthop., 2021 , Sep.; 45 (9) 2245-50
- 6 - Saxena A., Patel R.: Medial displacement calcaneal osteotomy: a comparison of screw versus locking plate fixation ; J.Foot Ankle Surg. Nov-Dec 2016 , 55(6) : 1164-68
- 7 - Haggerty E., Chen S., Thordarson DB.: Review of calcaneal osteotomies fixed with a calcaneal slide plate ; Foot Ankle Int., 2020 Feb; 41 (2) ; 183-6
- 8 - Cafruni VM. , Bilbao F., Galich F., Cardone G., Carrasco NM.: Tarsal Tunnel Syndrome Following Medializing Calcaneal Osteotomy Foot Ankle Orthop. 2022 Jan; 7(1)
- 9 - Bruce BG., Bariteau JT., Evangelista PE., Arcuri D., Sandusky M., DiGiovanni CW.: The effect of medial and lateral calcaneal osteotomies on tarsal tunnel ; Foot Ankle Int., 2014, apr. 35(4), 383-8
- 10 - Greene DL, Thompson MC, Gesink DS, Graves SC. Anatomic study of the medial neurovascular structures in relation to calcaneal osteotomy. Foot Ankle Int 22:569–571, 2001. [L]  
[SEP]
- 11 - Knupp M, Horisberger M, Hintermann B. A new Z-shaped calcaneal osteotomy for 3-plane correction of severe deformity of the hindfoot. Tech Foot Ankle Surg 7:90– 95, 2008. [L]  
[SEP]
- 12 - Guyton GP, Jeng C, Krieger LE, Mann RA. Flexor digitorum longus transfer and medial

displacement calcaneal osteotomy for posterior tibial tendon dysfunction: a middle-term clinical follow-up. *Foot Ankle Int* 22:627–632, 2001. <sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub>

13 - Abbrasion A., Zaidi R., Guha A et Al.: Comparison of three different fixation methods of calcaneal osteotomies ; *Foot Ankle Int.* 2013, 24 (3) , 420-25.

14 - Eastwood A. Lateral approaches to the heel. A comparison of two incisions for the fixation of calcaneal fractures. *Foot.* 1992;2:143-147. <sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub>

15 - Kendal AR, Khalid A, Ball T, et al. Complications of minimally invasive calcaneal osteotomy versus open osteotomy. *Foot Ankle Int* 2015;36:685–90. <sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub>

16 - Niki H, Hirano T, Okada H, Beppu M. Outcome of medial displacement calcaneal osteotomy for correction of adult-acquired flatfoot. *Foot Ankle Int* 33:940–946, 2012. <sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub>

17 - Ray R, Jameson S, Kumar S. Complications of calcaneal osteotomy. *Orthop Proc* 92-B:590, 2010.

18 - Ptaszek AJ, Aminian A, Schneider JR, Milos S. Lateral plantar artery pseudoaneurysm after calcaneal osteotomy: a case report. *Foot Ankle Int* 27:141–143, 2006.

19 - Dull JM, DiDomenico LA. Percutaneous displacement calcaneal osteotomy. *J Foot Ankle Surg.* 2004;43:336-337 <sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub>

20 - Kheir E, Borse V, Sharpe J, et al. : Medial displacement calcaneal osteotomy using minimally invasive technique. *Foot Ankle Int* 2015 ;36:248–52

21 - Lui TH.: Percutaneous Posterior Calcaneal Osteotomy ; *The Journal of Foot & Ankle Surgery* 2015 , 54 , 1188-1192

22 - Guyton P.: Minimally Invasive Osteotomies of the Calcaneus ; *Foot Ankle Clin N Am* 21 , 2016 ; 551–566

23 - Talusan PG, Cata E, Tan EW, et al. Safe zone for neural structures in medial displacement calcaneal osteotomy: a cadaveric and radiographic investigation. *Foot Ankle Int* 2015;36:1493–8. <sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub>

24 - Lee M., Guyton GP, Zahoor T, Shon LC: Minimally Invasive Calcaneal Displacement Osteotomy Site Using a Reference Kirschner Wire: A Technique Tip; *The Journal of Foot Ankle Surg* 55 (2016) 1121–1126

25 - Durston A, Bahoo R, Kadambande S, Hariharan K, Mason L. Minimally invasive calcaneal osteotomy: does the Shannon burr endanger the neurovascular structures? A cadaveric study. *J Foot Ankle Surg* 54:1062–1066, 2015.

26 - Myerson M. :Correction of flatfoot deformity in the adult. in: *Reconstructive Foot and Ankle Surgery: Management of Complications.* ed. 2. Elsevier, Philadelphia2010

27 - Wacker JT., Hennessy MS., Saxby TS.: Calcaneal osteotomy and transfer of the tendon of flexor digitorum longus for stage II dysfunction of tibialis posterior. Three- to five-years results. *J.Bone Joint Surg Br.* 2002 ; 84 (1): 54-58.

28 - Niki H., Hirano T., Hokada H., Beppu M.: Outcome of medial displacement calcaneal osteotomy for correction of adult-acquired flatfoot ; Foot Ankle Int., 2012 Nov; 33 (11) ; 940-6

29 - Coleman MM., Abousayed MM., Thompson JM., Bean BA., Guyton GP.: Risk Factors for Complications Associated With Minimally Invasive Medial Displacement Calcaneal Osteotomy; Foot Ankle Int., 2021, Feb. 42 (2) 121-31