

DIAGNÒSTIC ECOGRÀFIC DE L'ALTERACIÓ
DE LA PLACA PLANTAR EN LA SÍNDROME
D'INSUFICIÈNCIA DEL 2n RADÍ

Alumne: Delgado i Gallardo, Èric

Tutor: Crespo Martínez, Artur

Data d'entrega: dijous, 12 de juny de 2014

Treball de Fi de Grau – Grau en Podologia

ÍNDEX

1. Resum i paraules clau	7
2. Introducció	8
3. Objectius	11
4. Material i mètodes	12
5. La placa plantar	13
5.1. Anatomia	13
5.2. Histologia	14
5.3. Funció	17
6. Síndrome d'insuficiència del 2n radi	18
6.1. Patologia	18
6.2. Anatópatogènia	19
6.3. Epidemiologia	21
6.4. Etiologia	22
6.5. Presentació clínica	24
6.6. Examen físic	26
6.7. Classificació i estadis	28
6.8. Diagnòstic – Estudis d'imatge	31
6.9. Ecografia múscul-esquelètica	36
6.9.1. Tècnica d'exploració	38
6.9.2. Alteració de la placa plantar	39
6.10. Diagnòstic diferencial	44
6.10.1. Processos inflamatoris	45
6.10.2. Tendinopaties	46
6.10.3. Tumoracions	47
6.11. Tractament	48
6.11.1. Conservador	48
6.11.2. Quirúrgic	50
7. Discussió	53
8. Conclusions	55
9. Bibliografia	56
10. Agraïments	60

INDEX D'IMATGES

- Fig. 1:** Klein EE, Weil L Jr, Weil LS Sr, Knight J. Musculoskeletal ultrasound for preoperative imaging of the plantar plate: a prospective analysis. *Foot Ankle Spec.* 2013 Jun;6(3):196-200. 14
- Fig. 2:** Gregg J, Marks P, Silberstein M, Schneider T, Kerr J. Histologic anatomy of the lesser metatarsophalangeal joint plantar plate. *Surg Radiol Anat.* 2007 Mar;29(2):141-7. 15
- Fig. 3:** Gregg J, Marks P, Silberstein M, Schneider T, Kerr J. Histologic anatomy of the lesser metatarsophalangeal joint plantar plate. *Surg Radiol Anat.* 2007 Mar;29(2):141-7. 15
- Fig. 4:** Coughlin MJ, Baumfeld DS, Nery C. Second MTP joint instability: grading of the deformity and description of surgical repair of capsular insufficiency. *Phys Sportsmed.* 2011 Sep;39(3):132-41. 25
- Fig. 5:** Yu GV, Judge MS, Hudson JR, Seidelmann FE. Predislocation syndrome. Progressive subluxation/dislocation of the lesser metatarsophalangeal joint. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002 Apr;92(4):182-99. 27
- Fig. 6:** Doty JF, Coughlin MJ. Metatarsophalangeal Joint Instability of the Lesser Toes. *J Foot Ankle Surg.* 2013 Apr 19. 27
- Fig. 7:** Coughlin MJ, Baumfeld DS, Nery C. Second MTP joint instability: grading of the deformity and description of surgical repair of capsular insufficiency. *Phys Sportsmed.* 2011 Sep;39(3):132-41. 30
- Fig. 8:** Borne J, Bordet B, Fantino O, Bousquet JC, Coillard JY, Pialat JB. [Plantar plate and second ray syndrome: Normal and pathological US imaging features and proposed US classification]. *J Radiol.* 2010 May;91(5 Pt 1):543-8. French. 30
- Fig. 9:** Borne J, Bordet B, Fantino O, Bousquet JC, Coillard JY, Pialat JB. [Plantar plate and second ray syndrome: Normal and pathological US imaging features and proposed US classification]. *J Radiol.* 2010 May;91(5 Pt 1):543-8. French. 30
- Fig. 10:** Borne J, Bordet B, Fantino O, Bousquet JC, Coillard JY, Pialat JB. [Plantar plate and second ray syndrome: Normal and pathological US imaging features and proposed US classification]. *J Radiol.* 2010 May;91(5 Pt 1):543-8. French. 31
- Fig. 11:** Borne J, Bordet B, Fantino O, Bousquet JC, Coillard JY, Pialat JB. [Plantar plate and second ray syndrome: Normal and pathological US imaging features and proposed US classification]. *J Radiol.* 2010 May;91(5 Pt 1):543-8. French. 31
- Fig. 12:** Yu GV, Judge MS, Hudson JR, Seidelmann FE. Predislocation syndrome. Progressive subluxation/dislocation of the lesser metatarsophalangeal joint. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002 Apr;92(4):182-99. 32
- Fig. 13:** Doty JF, Coughlin MJ. Metatarsophalangeal Joint Instability of the Lesser Toes. *J Foot Ankle Surg.* 2013 Apr 19. 34
- Fig. 14:** Nery C, Coughlin MJ, Baumfeld D, Mann TS. Lesser metatarsophalangeal joint instability: prospective evaluation and repair of plantar plate and capsular insufficiency. *Foot Ankle Int.* 2012 Apr;33(4):301-11. 35

Fig. 15: Klein EE, Weil L Jr, Weil LS Sr, Knight J. Musculoskeletal ultrasound for preoperative imaging of the plantar plate: a prospective analysis. <i>Foot Ankle Spec.</i> 2013 Jun;6(3):196-200.	38
Fig. 16: Klein EE, Weil L Jr, Weil LS Sr, Knight J. Musculoskeletal ultrasound for preoperative imaging of the plantar plate: a prospective analysis. <i>Foot Ankle Spec.</i> 2013 Jun;6(3):196-200.	39
Fig. 17: Borne J, Bordet B, Fantino O, Bousquet JC, Coillard JY, Pialat JB. [Plantar plate and second ray syndrome: Normal and pathological US imaging features and proposed US classification]. <i>J Radiol.</i> 2010 May;91(5 Pt 1):543-8. French.	42
Fig. 18: Borne J, Bordet B, Fantino O, Bousquet JC, Coillard JY, Pialat JB. [Plantar plate and second ray syndrome: Normal and pathological US imaging features and proposed US classification]. <i>J Radiol.</i> 2010 May;91(5 Pt 1):543-8. French.	43
Fig. 19: Klein EE, Weil L Jr, Weil LS Sr, Knight J. Musculoskeletal ultrasound for preoperative imaging of the plantar plate: a prospective analysis. <i>Foot Ankle Spec.</i> 2013 Jun;6(3):196-200.	44
Fig. 20: Klein EE, Weil L Jr, Weil LS Sr, Knight J. Musculoskeletal ultrasound for preoperative imaging of the plantar plate: a prospective analysis. <i>Foot Ankle Spec.</i> 2013 Jun;6(3):196-200.	44
Fig. 21: Gregg J, Marks P. Metatarsalgia: an ultrasound perspective. <i>Australas Radiol.</i> 2007 Dec;51(6):493-9. Review	45
Fig. 22: Gregg J, Marks P. Metatarsalgia: an ultrasound perspective. <i>Australas Radiol.</i> 2007 Dec;51(6):493-9. Review	46
Fig. 23: Gregg J, Marks P. Metatarsalgia: an ultrasound perspective. <i>Australas Radiol.</i> 2007 Dec;51(6):493-9. Review	46
Fig. 24: Gregg J, Marks P. Metatarsalgia: an ultrasound perspective. <i>Australas Radiol.</i> 2007 Dec;51(6):493-9. Review	47
Fig. 25: Doty JF, Coughlin MJ. Metatarsophalangeal Joint Instability of the Lesser Toes. <i>J Foot Ankle Surg.</i> 2013 Apr 19.	48
Fig. 26: Coughlin MJ, Baumfeld DS, Nery C. Second MTP joint instability: grading of the deformity and description of surgical repair of capsular insufficiency. <i>Phys Sportsmed.</i> 2011 Sep;39(3):132-41.	52

ÍNDIX DE TAULES

- Taula 1:** *Coughlin MJ, Baumfeld DS, Nery C. Second MTP joint instability: grading of the deformity and description of surgical repair of capsular insufficiency. Phys Sportsmed. 2011 Sep;39(3):132-41. 29*
- Taula 2:** *Coughlin MJ, Baumfeld DS, Nery C. Second MTP joint instability: grading of the deformity and description of surgical repair of capsular insufficiency. Phys Sportsmed. 2011 Sep;39(3):132-41. 30*
- Taula 3:** *Gregg J, Silberstein M, Schneider T, Marks P. Sonographic and MRI evaluation of the plantar plate: A prospective study. Eur Radiol. 2006 Dec;16(12):2661-9. 39*
- Taula 4:** *Gregg J, Silberstein M, Schneider T, Marks P. Sonographic and MRI evaluation of the plantar plate: A prospective study. Eur Radiol. 2006 Dec;16(12):2661-9. 39*
- Taula 5:** *Gregg J, Silberstein M, Schneider T, Marks P. Sonographic and MRI evaluation of the plantar plate: A prospective study. Eur Radiol. 2006 Dec;16(12):2661-9. 40*
- Taula 6:** *Gregg J, Silberstein M, Schneider T, Marks P. Sonographic and MRI evaluation of the plantar plate: A prospective study. Eur Radiol. 2006 Dec;16(12):2661-9. 40*
- Taula 7:** *Gregg J, Silberstein M, Schneider T, Marks P. Sonographic and MRI evaluation of the plantar plate: A prospective study. Eur Radiol. 2006 Dec;16(12):2661-9. 40*
- Taula 8:** *Carlson RM, Dux K, Stuck RM. Ultrasound imaging for diagnosis of plantar plate ruptures of the lesser metatarsophalangeal joints: a retrospective case series. J Foot Ankle Surg. 2013 Nov-Dec;52(6):786-8. 41*
- Taula 9:** *Klein EE, Weil L Jr, Weil LS Sr, Knight J. Musculoskeletal ultrasound for preoperative imaging of the plantar plate: a prospective analysis. Foot Ankle Spec. 2013 Jun;6(3):196-200. 41*
- Taula 10:** *Klein EE, Weil L Jr, Weil LS Sr, Knight J. Musculoskeletal ultrasound for preoperative imaging of the plantar plate: a prospective analysis. Foot Ankle Spec. 2013 Jun;6(3):196-200. 42*

1. RESUM I PARAULES CLAU

Resum

La Síndrome d'insuficiència o inestabilitat del segon radi és una alteració que ens podem trobar freqüentment a la consulta. Tot i que l'etiologia o el factor precipitant de la deformitat pugui ser molt divers, la seva anatopatogènia és casi sempre la mateixa, essent-hi sempre present una alteració càpsulo-ligamentosa. És en aquest punt on la placa plantar pren un rol molt important ja que esdevé el principal estabilitzador estàtic de l'articulació metatars-falàngica; conjuntament amb els lligaments colaterals i glenoïdals suspensoris i la musculatura intrínseca, els quals tenen més importància en l'estabilització dinàmica de l'articulació en qüestió. Tanmateix, si tenim en compte que la lesió de la placa plantar augmenta molt el risc de lesió de les altres estructures lligamentoses periarticulars, el diagnòstic de la seva lesió esdevindrà essencial per tal de tractar el més aviat possible la patologia; un camp on l'ecografia múscul-esquelètica podrà esdevenir fonamental gràcies als seus avantatges d'utilització. La Síndrome d'inestabilitat metatars-falàngica és una condició patològica que donarà lloc a un gran camp de discussió, sobretot a nivell del seu tractament.

Paraules clau: metatarsàlgia, síndrome d'inestabilitat metatars-falàngica, placa plantar i ecografia.

Abstract

The metatarsophalangeal instability syndrome of the second ray is a frequent alteration in our consultation. Although the etiology or the precipitating factors of the deformity could be diverse, its pathoanatomy is often the same, there being always present a capsule-ligamentous disruption. So it is here where the plantar plate takes an important role as it becomes the primary static stabilizer of the metatarsophalangeal joint; together with the collateral ligaments and intrinsic muscles, which are important in the dynamic stabilization of that joint. Additionally, if we consider that a injured plantar plate increases the risk of injury of the other periarticular ligamentous structures, the diagnosis of this alteration will become essential in order to treat the disease as soon as possible; a field where musculoskeletal ultrasound can become essential due to its advantages of use. The metatarsophalangeal instability syndrome is a pathological condition that will result in a large field of discussion, especially concerning the treatment.

Key words: metatarsalgia, metatarsophalangeal instability syndrome, plantar plate, ultrasonography.

2. INTRODUCCIÓ

Anatomia del segon radi

Metatarsians

El primer metatarsià divergeix lleugerament dels segon. L'angle intermetatarsià entre ambdós és de 2-8° en els adolescents i 3-9° en els adults.

La fórmula metatarsiana 2>3>1>4>5 és la més acceptada per la majoria d'anatomistes i, tot i que hi hagi altres variacions, no defensen la predominança d'un primer metatarsià més gran.

Cap del segon metatarsià: el cap és quadrilàter i aplanat transversalment. La superfície articular és més extensa plantarment que dorsalment. Als costats del cap metatarsià, una osca separa les superfícies articulars del tubercle pronunciat que dona lloc a l'origen als lligaments metatars-falàngics i metatars-glenoïdals.

Falanges

Falange proximal: la falange proximal és la més llarga de les tres falanges. La base és llarga i transversa i presenta una superfície articular oval pel cap metatarsià. Els dos tubercles plantars ofereixen la inserció als músculs interossos, el tubercle medial al primer interossi dorsal i el tubercle lateral al segon interossi dorsal.

Lligaments de l'articulació metatars-falàngica

A nivell de l'articulació metatars-falàngica dels dits menors, la falange proximal i la placa plantar fibrocartilaginosa formen una unitat anatòmica i funcional. Ambdues estructures resten suspeses des dels costats del cap metatarsià a través dels lligaments colaterals i els glenoïdals suspensoris. A més, la placa plantar està connectada a cada costat pel lligament intermetatarsià transvers profund i ofereix, a la cara plantar, una inserció a la beina fibrosa del tendó flexor, als dos septes longitudinals de l'aponeurosi plantar, al cap transvers de l'adductor de l'hallux i a les fibres verticals que s'expandeixen cap al component superficial de l'aponeurosi, diverses de les quals formen un espai tendinós pre-flexor que reté el coixí adipós pre-metatarsià. Pel que fa l'aspecte dorsal, la placa plantar ofereix una inserció al lligament colateral accessori o al metatars-

glenoïdal suspensori, a la làmina transversa de l'aponeurosi extensora i als músculs interossos corresponents.

Lligaments metatars-falàngics dels dits menors: els lligaments laterals de l'articulació metatarsofalàngica estan dividits en: lligaments colaterals metatars-falàngics i metatars-glenoïdals suspensoris. Els lligaments laterals de la cara peroneal són més gruixuts i forts que els de la cara tibial.

El lligament metatars-falàngic s'origina al tubercle lateral del cap metatarsià, es dirigeix cap a baix i anteriorment i s'insereix al tubercle lateral de la base de la falange proximal.

El lligament metatars-glenoïdal o suspensori s'origina a l'aspecte pòstero-inferior del tubercle lateral del cap metatarsià i té una estructura triangular (en ventall). Les fibres descendeixen, verticalment, cap a la part posterior i, obliquament, cap a l'anterior, i s'insereix a la vora lateral de la placa plantar. Les fibres estan sempre en continuïtat amb la vora inferior del lligament colateral metatars-falàngic.

Lligaments intermetatarsians transversos profunds: quatre lligaments intermetatarsians uneixen els cap metatarsians entre sí i permeten que aquests actuïn com una sola estructura unificada. Els lligaments es mesclen amb els lligaments plantars de les articulacions metatars-falàngiques adjacents.

Aponeurosis plantar: les fibres transcorren divergents i formen bandes digitals que entren als dits i connecten amb els ossos, els lligaments i el derma cutani.

Placa plantar (vegeu capítol 5).

Aparell extensor tri-falàngic del 2n dit

Estructura tendinofibroaponeuròtica que resulta de la confluència de diversos músculs que participen, de forma combinada, en l'extensió digital. Aquesta estructura s'estén des del cap metatarsià fins la falange distal.

Contribució extrínseca:

Tendó del múscul extensor llarg: aquest tendó es divideix en tres "slips" a nivell de la diàfisi de la falange proximal i de l'articulació interfalàngica proximal.

Contribució intrínseca:

Tendó del múscul extensor curt: el tendó forma, per si sol, l' "slip" lateral; i, freqüentment, contribueix també en la formació de l' "slip" medial.

Interossis dorsals: músculs bipenniformes que s'insereixen a la càpsula metatars-falàngica i a la base de la falange proximal.

Lumbrical: el primer lumbrical emet un tendó que, en forma de ventall, es dirigeix dorsalment formant una estructura triangular anomenada "extensor wing".

Lligaments de contenció:

"Extensor sling": segment proximal de l'estructura fibroaponeuròtica que s'estén des de l'articulació metatars-falàngica fins la interfalàngica proximal. Aquesta aponeurosi s'origina a ambdós costats del tendó del múscul extensor llarg del segon dit estenent-se cap a la zona plantar rodejant la càpsula de l'articulació metatars-falàngica per inserir-se a la placa plantar, al lligament intermetatarsià transvers profund i a la beina dels tendons dels músculs flexors. El segment distal de fibres obliqües de l'estructura aponeuròtica s'anomena "extensor wing".

Lligament triangular: estructura que ocupa l'interstici existent entre l' "slip" lateral i medial a nivell del dors de la falange intermèdia i la funció de la qual és evitar el desplaçament d'ambdues "slips" cap a la regió plantar.

Flexor llarg dels dits: el tendó creua la plantar fins arribar a la cara medial del peu, on es divideix en quatre tendons, els quals s'acaben inserint a les superfícies plantars de les bases de les falanges distals del segon, tercer, quart i cinquè dit.

Flexor curt dels dits: les fibres del múscul convergeixen a nivell anterior per formar quatre tendons que entren als quatre dits laterals. A nivell de la base de la falange proximal cada tendó es divideix per passar a nivell dorsal al voltant de cada costat del tendó del flexor llarg dels dits i inserir-se a les vores de la falange mitja.

3. OBJECTIUS

Aquest treball s'ha dut a terme en base als següents objectius:

En primer lloc, conèixer l'anatomia macroscòpica i microscòpica de la placa plantar, així com de les estructures anatòmiques que l'envolten a la segona articulació metatars-falàngica, per tal de poder comprendre les situacions patològiques de l'articulació corresponent que poden influir en la lesió d'aquesta estructura i la importància que té en el complex articular.

En segon lloc, conèixer els mecanismes de lesió de la placa plantar -específicament, en la Síndrome d'insuficiència o inestabilitat del segon radi- a fi de comprendre el procés patològic lesiu i intuir les diverses possibilitats de tractament i prevenció d'aquesta lesió.

En tercer lloc, conèixer els aspectes generals de l'ecografia i les seves aplicacions per tal de disposar d'una nova eina diagnòstica durant la pràctica sanitària, la qual es troba en auge continuat des de fa una dècada.

En quart i últim lloc, aprendre a efectuar una valoració diagnòstica ecogràfica de les possibles lesions de la placa plantar, centrant-nos a dur a terme una correcta exploració d'aquesta estructura i a interpretar les imatges obtingudes amb aquesta eina.

Doncs, amb aquests objectius es pretenc fer una aproximació detallada a la morfologia, composició i funció de la placa plantar en el complex articular metatars-falàngic i iniciar-me en la ultrasonografia múscul-esquelètica diagnòstica com a eina important en el present i futur de les consultes podològiques.

4. MATERIAL I MÈTODES

Per dur a terme aquest treball s'han utilitzat diverses fonts d'informació:

Llibres d'anatomia de l'aparell locomotor.

Llibre de traumatologia i cirurgia ortopèdica del peu.

Llibre d'ecografia múscul-esquelètica.

Articles científics:

- Base de dades: PubMed (MeSH) i Pubmed.

- Termes buscats:
 - "Metatarsophalangeal Joint/anatomy and histology" [Mesh] → 380 resultats.
 - "Metatarsophalangeal Joint/anatomy and histology" [Mesh] + <5 anys d'antiguitat → 78 resultats.
 - ("Joint Instability"[Mesh]) AND "Metatarsophalangeal Joint"[Mesh] → 81 resultats.
 - "Metatarsalgia/ultrasonography"[Mesh] → 3 resultats.

 - Plantar plate AND second metatarsophalangeal joint → 35 resultats.
 - Forefoot AND plantar plate + <10 anys → 58 resultats.
 - Crossover second toe → 18 resultats.
 - Ultrasonography AND plantar plate → 12 resultats.

- Número d'articles pre-escollits o consultats: 35

- Número d'articles escollits: 31
 - Número d'articles referenciats al treball que deriven dels anteriors: 45.

5. LA PLACA PLANTAR

Gregg J et al^[1] defineixen la placa plantar com una estructura fibrocartilaginosa que dona suport a l'avantpeu resistint forces de compressió i tensió importants.

Davies MS et al^[2] afirmen que la fàscia plantar es divideix en cinc processos longitudinals, un per cada dit, a l'alçada dels cap metatarsians i cadascun d'aquests processos es constitueix per dos estrats, un de superficial i un de profund. L'estrat superficial s'insereix al derma i l'estrat profund a la fàscia interòssia, al lligament intermetatarsià transvers profund, als lligaments plantars de les articulacions metatars-falàngiques i al periosti i la beina fibrosa de la base de la falange proximal, on forma un "slip" que acull els tendons flexors. *Johnston RB et al^[3]* determinen que la placa plantar presenta una localització central en cada articulació metatars-falàngica amb múltiples adherències com els lligaments colaterals, els lligaments intermetatarsians, els tendons interossis i les beines fibroses dels tendons dels flexors. Específicament en els radis menors, la placa plantar presenta unes dimensions d'uns 19 mm de llargada, 10 mm d'amplada i 2-5 mm de gruix.

Yu GV et al^[4] afirmen que els cinc processos de la capa profunda de la fàscia plantar formen un sistema d'amarrament longitudinal, però són inserits en el transvers. Mentre que l'estabilització estàtica de l'articulació metatars-falàngica és la funció principal de la placa plantar, l'estabilització dinàmica ve proveïda per la musculatura intrínseca i extrínseca del peu, la capacitat de les quals ve donada per la integritat de la placa plantar. Doncs, una ruptura de la placa plantar dona lloc a una posició de subluxació dorsal de la falange proximal, on els tendons extensors són incapaços d'estendre les articulacions interfalàngiques proximal i distal. Per tant, en cas de mantenir-se aquesta subluxació durant un període perllongat, es produirà una dislocació del dit.

5.1 Anatomia

Sarrafian SK et al^[5], al 1992, van ser els responsables del detallament de l'anatomia de l'articulació metatars-falàngica, però van ser *Gregg J et al^[1]* i

Deland JT et al^[6], al 1995, els que van aprofundir en la descripció anatòmica de la placa plantar i van poder observar les seccions sagitals a un augment de x1.2. *Gregg J et al*^[1] afirmen que la superfície en forma de disc de la placa plantar és entre rectangular i trapezoïdal. La superfície articular és llisa i la superfície plantar està ben definida, tot i que presenta un teixit sinovial adherit poc definit. Distalment, la superfície articular és còncava formant la meitat de la cavitat pel cap metatarsià i els marges entre el cartílag articular i la placa plantar estan ben definits, trobant, en la majoria de seccions mig-sagitals (13/14), un espai entre ambdues superfícies (aquest espai es pot veure també, tot i que menys freqüentment, a prop de les vores). La superfície plantar de la placa plantar s'obre en ventall per formar una càpsula al voltant de la base de la falange. En les seccions transversals s'observa una estructura en forma de 'tassa', lleugerament aplanada per la seva base central. Les vores estan poc definides ja que es combinen amb els lligaments colaterals. Al primer nivell transvers, just proximal a la inserció, la placa plantar és més gruixuda centralment, presentant un gruix lleuger a les seves vores. Al segon nivell, trobem cartílag hialí que s'insereix a l'os des d'una direcció dorsal i la placa plantar que s'hi insereix des d'una direcció plantar. En aquest segon nivell, la placa plantar varia i les vores passen a ser més gruixudes que la zona central.



Figura 1. Anatomia normal cadavèrica de la placa plantar.

5.2 Histologia

En el mateix estudi, *Gregg J et al*^[1] van descriure la histologia de la placa plantar. Els feixos de col·lagen (tipus 1) de la placa plantar apareixen vinculats a bandes orientades longitudinalment. Amb un augment major (x20), els feixos de col·lagen apareixen separats per septes de teixit connectiu (endotendó) amb grups intercalats de condrocits. Tanmateix, una matriu de proteoglicans envolta el col·lagen i els condrocits.

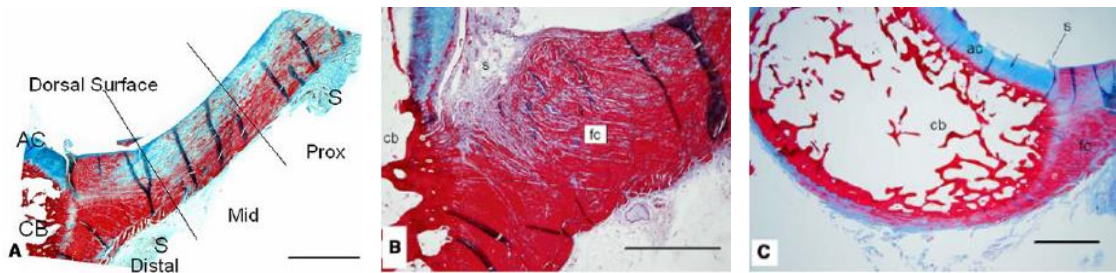


Figura 2. a) Secció histològica sagital de la segona placa plantar. Bar=200mm, tricròmic de Masson. b) Entesi dorsal amb una projecció de teixit extracel·lular a dins de l'articulació. Bar=100mm. c) Placa plantar distal. Bar=200mm.

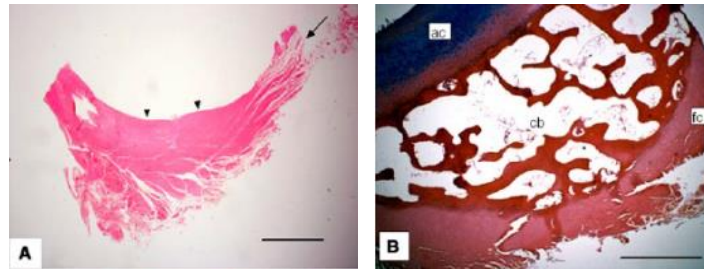


Figura 3. a) Secció transversa al nivell 1 de la placa plantar; vores mal definides (fletxes), superfície articular central aplanada (puntes de fletxa). Bar=200mm, blau de metilè. b) Secció transversa al nivell 2. Bar=100mm, blau de metilè.

A la zona proximal de la placa plantar, el gruix sencer de l'estructura està compost d'un gran nombre de condrocits i una mínima presència de fibroblasts, reflectint el fibrocartílag. L'aspecte plantar esdevé lligamentós i es va aprimant com més distal és; conté escassos condrocits i un gran nombre de fibroblasts, els quals poden servir per integrar el fibrocartílag amb les seves diverses adherències lligamentoses i tendinoses.

Le Graverand M et al^[7] i De Carvalho HF et al^[8] afirmen que la morfologia ondulada de les fibres de col·lagen indica que es tornen tenses abans d'oferir un recolzament al teixit, el qual és consistent amb les càrregues de compressió transmeses. Segons Petersen W et al^[9], i tal i com descriu la 'teoria de Pauwel' sobre l'histogènesi causal, les fibril·les de col·lagen, tot i la seva composició molecular, estan sempre orientades en la direcció de major tensió. Estudis anteriors duts a terme per Johnston RB et al^[3] i Umans HR et al^[10] mostraven que els feixos de col·lagen transcorrien longitudinals en els dos terços dorsals de la placa plantar amb feixos oblics intercalats al llarg del seu recorregut. En canvi, els feixos de col·lagen transcorrien transversalment en el terç plantar i, a nivell del lligament intermetatarsià, hi transcorren conjuntament. Gregg J et al^[11] presenten uns resultats lleugerament diferents. Segons el seus estudis, les fibres centrals de la placa plantar es diferencien cap a les vores medial i lateral. A la

superfície plantar, els feixos de col·lagen transcorren longitudinalment, especialment en el pla mig-sagital; però a prop de les vores ho fan transversalment. Als dos terços dorsals, les fibres de col·lagen presenten una obliqüitat major que al terç plantar, tot i que, distalment, aquesta proporció canvia: la meitat dorsal presenta més angulació i la plantar menys. El teixit extracel·lular resta superficial a la placa plantar i hi introdueix vasos perifèricament, sobretot plantarment, via l'endotendó. Es troba una grau de vascularització tissular variable prominent des de la inserció de la placa plantar a la cavitat de l'articulació, un fet també descrit per *Lewis AR et al*^[11].

Gregg J et al^[11] afirmen que la secció distal inclou la inserció a la falange proximal, que es caracteritza per estar compresa per una secció articular (dorsal), una central i una altra de plantar. A l'aspecte dorsal, el cartílag articular és contigu a la inserció dorsal de la placa plantar i forma un marge clarament definit en contrast amb la placa. Les fibres de col·lagen no penetren al cartílag hialí, però sembla que transcorrin entrelaçades directament cap a l'os en una direcció longitudinal. Les interdigitacions a la inserció dorsal són múltiples i la zona calcificada és molt curta.

La inserció central mostra uns feixos longitudinals de col·lagen entrelaçats entrant a l'os amb llargues i múltiples interdigitacions. Els condrocits, que es troben en grans volums, conformen una forta unió amb la falange proximal i, al fibrocartílag no calcificat, estan organitzats en files longitudinals ondulades per fibres paral·leles de col·lagen. El gruix de la zona calcificada no es troba uniformitzat ja que és prima dorsalment, extremadament gruixuda al centre i, plantarment, casi no existeix. Tanmateix, la vora entre l'os i el tendó calcificat és marcadament irregular.

A la secció plantar, els condrocits es troben contigus a l'os i formen un acoblament superficial i irregular. Superficialment, una proporció més gran de fibres contenen fibroblasts en comparació amb la secció més profunda. La placa plantar forma una inserció proximal relativament superficial amb múltiples interdigitacions. Tot i això, a nivell més plantar, aquestes interdigitacions són més curtes i menys freqüents ja que es tracta d'una regió que rep menys estrès que la interfase central. Una capa fina de l'aspecte plantar de la placa transcorre transversalment cap a la combinació amb els lligaments colaterals. El gruix dels feixos de col·lagen tant al centre com a les vores és d'uns 20 µm.

5.3 Funció

En quant a la funció de la placa plantar, s'ha de partir de la base que les cèl·lules que la conformen responen a les càrregues que s'hi produeixen. Segons *Ker RF et al*^[12], *Messner K et al*^[13] i *Vogel KG et al*^[14], per una banda, les cèl·lules que requereixin unes capacitats de compressió (teixits de càrrega) presentaran un caràcter fibrocartilaginós pur (hi haurà una predominança de condrocits desenvolupats amb una petita intercalació de fibroblasts). Per altra banda, les forces majoritàriament de tipus tensives donaran lloc a caràcters predominantment lligamentosos, contenint, sobretot, fibroblasts i una alta proporció de col·lagen. Per tant, la morfologia de la placa plantar fa pensar que les fibres insercionals plantars experimenten, majoritàriament, forces de tensió; mentre que les fibres insercionals mig-dorsals experimenten tan forces de compressió com de tensió.

Yu GV et al^[4] parlen sobre els tres principals rols de la placa plantar: en primer lloc, fan referència a la participació directa que exerceix en el mecanisme de Windlass a causa de la seva unió a la zona distal de la fàscia; en segon lloc, reafirmen les afirmacions fetes per altres autors sobre l'ajuda en l'absorció de les forces de compressió donada la seva estructura fibrocartilaginosa; i, en tercer lloc, incideixen en l'estabilització plantar de l'articulació metatars-falàngica que aporta la posició central de la placa plantar, juntament amb les seves múltiples adherències als teixits circumdants.

Chalayan O et al^[15] obtenen un resultat que confirmen la significativa contribució de la placa plantar en l'estabilitat estàtica en el pla sagital de les articulacions metatars-falàngiques menors, relacionant l'alteració sobre aquesta estructura amb el grau de tendència a la subluxació (disminució d'un 23±5%) i amb l'estabilitat en dorsiflexió (disminució d'un 34±9%) o plantarflexió (disminució d'un 26±11%) d'aquesta articulació.

6. SÍNDROME D'INSUFICIÈNCIA DEL SEGON RADI

Peck CN et al^[16] recorden que la inestabilitat del segon radi ha estat recollida a la literatura ortopèdica i podològica com una de les causes freqüents de la metatarsàlgia. Tot i que l'etiologia de la inestabilitat estigui associada a un traumatisme agut o a una inflamació artrítica crònica, és més freqüent que la causa sigui idiopàtica. Tot i això, una de les causes més comunes de la inestabilitat metatars-falàngica en el pla sagital i transvers és l'alteració de la placa plantar i dels lligaments colaterals de l'articulació afectada.

Coughlin et al^[17] van introduir el terme de 'second crossover toe' per tal de caracteritzar aquesta patologia; tot i això, la mala alineació no sempre acaba donant lloc a un subluxació digital ja que en els primers estadis només es produeix una subtil desviació. Tanmateix, tot i que el segon dit és el que més freqüentment es veu alterat, la resta de dits menors també es poden veure afectats presentant la mateixa deformitat clínica. Tot i això, l'epònim aportat és amplament acceptat i utilitzat en publicacions per referir-se a aquesta patologia.

Branch HE^[18] va dur a terme una de les primeres descripcions de la luxació patològica dels dits menors i va aportar set casos de luxació patològica crònica de la segona articulació metatars-falàngica en dones que utilitzaven talons alts, un tipus de calçat que força l'extensió dels dits durant la marxa. *Rao JP et al*^[19] van fer la primera descripció sobre la luxació irreductible metatars-falàngica dels dits menors.

Deland JT et al^[20] van descriure la patoanatomia d'una subluxació d'un segon dit, però no ha estat fins als últims anys que no s'ha avaluat ni classificat la relació de la placa plantar amb la inestabilitat de l'articulació metatars-falàngica.

6.1 Patologia

La patologia es descriu com una subluxació o luxació progressiva i dolorosa de la base de la falange proximal al cap metatarsià, com a resultat de l'alteració de les estructures periarticulars que estableixen l'articulació metatars-falàngica; en particular, la placa plantar. *Doty JF et al*^[21] determinen que, tot i que pot aparèixer en qualsevol dels radis menors, el segon radi és el més freqüentment afectat. La

velocitat en què es desenvolupa el procés fins la luxació és molt variable. Segons *Coughlin MJ et al*^[22], aquesta patologia s'acostuma a caracteritzar per una desviació medial o, menys freqüentment, lateral del dit que s'acompanya per una migració dorsal de la falange proximal. Doncs, la deformitat del dit en martell és un signe clínic relacionat amb aquest tipus de desordre patològic, tot i que acostuma a aparèixer en fases més tardanes i no representa un component indispensable pel diagnòstic de la patologia. Segons *Yu GV et al*^[4], s'han descrit múltiples causes o factors de risc que poden provocar o predisposar la persona a presentar una insuficiència de l'articulació metatars-falàngica, però les conclusions obtingudes en els estudis encara són molt recents i no són totalment objectivables. Tot i això, s'ha determinat que en les situacions cròniques, l'alteració de la placa plantar i dels lligaments colaterals tendeix a la inestabilitat de l'articulació metatars-falàngica, predisposant, específicament, el segon dit a un supraductus sobre el primer ('*crossover toe*').

Existeixen múltiples termes que poden descriure els diversos components d'aquesta patologia, com els que va descriure *Miller SJ*^[23]:

- Luxació crònica de les articulacions metatars-falàngiques menors.
- Inestabilitat de les articulacions metatars-falàngiques menors.
- Dit flotant.
- Sinovitis mono-articular no-traumàtica.
- Supraductus del segon dit sobre el primer.
- Associació amb un neuroma de Heuter, l'hallux valgus, l'hallux rigidus i el dit en martell.

6.2 Anatopatogènia

Segons *Coughlin MJ*^[24] i *Kaz AJ et al*^[25], la troballa primària patològica que dona lloc a la inestabilitat de l'articulació metatars-falàngica és l'alteració de la placa plantar, freqüentment originada per una inflamació crònica, de causa múltiple, a la zona. L'alteració dels lligaments colaterals també hi contribueix ja que també tenen un paper important en l'estabilitat en pla transvers i sagital del dit.

Coughlin MJ et al^[22] i *Yu GV et al*^[4] afirmen que durant la marxa, específicament a la fase d'enlairament, es produeix una hiperextensió de l'articulació metatars-falàngica, la qual es principalment resistida mitjançant forces excèntriques per la

placa plantar, els músculs lumbricals i els músculs interossis. Doncs, en primer lloc, l'alteració de la placa plantar, el component principal que proporciona l'estabilitat, dona lloc a la subluxació dorsal de la falange proximal. En segon lloc, en el segon radi, el tendó dels músculs interossis dorsals es desplaça dorsalment a l'eix metatars-falàngic i perd la seva capacitat flexora de l'articulació. I, en tercer lloc, el múscul lumbrical resta subjectat i limitat pel lligament intermetatarsià profund i esdevé una causa de força deformant medial, donant lloc a una deformitat en adducció del dit. Segons *Kaz AJ et al*^[25] i *Thompson FM et al*^[26], a mesura que progressa la deformitat, la falange proximal segueix hiperextenent-se i pot desviar-se en un pla coronal o sagital, fins el punt de provocar un supraductus del segon dit sobre l'hallux. Tot i això, *Thompson FM et al*^[26] determinen que l'estirament de l'aspecte volar de la càpsula de l'articulació metatars-falàngica també tendeix a la subluxació de l'articulació, especialment durant l'enlairament dels dits durant la marxa. La crònica subluxació de l'articulació pot comportar, conseqüentment, la luxació crònica. El trencament de la càpsula articular i els lligaments colaterals pot comportar també una luxació traumàtica.

Segons *Yu GV et al*^[4], per una banda, quan l'articulació metatars-falàngica es troba en una posició neutra, els extensors llarg i curt dels dits actuen com una força dors-flexora de l'articulació a través de la seva inserció a la faixa extensora. No obstant, en una posició de subluxació dorsal, els tendons són mecànicament incapaços d'estendre l'articulació interfalàngica proximal i distal; i en períodes crònics, el tendó de l'extensor llarg dels dits esdevé també, juntament amb el múscul lumbrical, un força deformant. Per altra banda, en condicions de normalitat, els flexors llarg i curt dels dits proveeixen la flexió de les articulacions interfalàngiques proximal i distal, essent relativament ineficients en la flexió metatars-falàngica. Doncs, durant el recolzament, actuen estabilitzant els dits contra el terra i provocant, fins i tot, una lleugera dors-flexió de l'articulació metatars-falàngica. Tot i això, quan es produeix la subluxació dorsal del dit, els tendons flexors són incapaços d'ajudar en l'estabilització.

Rol de la placa plantar

Com s'ha comentat anteriorment, l'estabilitat metatars-falàngica ve determinada per la placa plantar, els lligaments colaterals i la musculatura intrínseca i

extrínseca del peu. Tot i això, són la placa plantar i els lligaments colaterals els principals responsables de l'estabilització estàtica de l'articulació.

La inflamació crònica a l'articulació metatars-falàngica dóna lloc a una subluxació dorsal progressiva del segon dit com a resultat de la disfunció en l'estabilització estàtica per part de la placa plantar i dels lligaments colaterals. Doncs, com a resultat de la posició dorsal del dit, els eixos de força normals de la musculatura intrínseca es veuen afectats, essent incapaços d'oferir l'estabilitat dinàmica a l'articulació: el flexor llarg i el curt dels dits, els interossis dorsals i el lumbrical no oferiran una limitació a la luxació dorsal del dit.

La descripció del procés patològic de la luxació dorsal-medial del dit després de l'alteració de la placa plantar va ser proporcionada, a l'any 1994, per *Hatch DJ et al*^[27], els quals van efectuar una dissecció anatòmica de set cadàvers que presentaven un supraductus del segon dit sobre del primer. Curiosament, en el mateix estudi, els autors van trobar que quatre de les set mostres presentaven un "slip" medial accessori del tendó extensor curt al segon dit, el qual podia esdevenir un factor contribuent en la causa de la deformitat del dit.

6.3 Epidemiologia

En els estudis sobre la presentació i la clínica de la inestabilitat de l'articulació metatars-falàngica s'ha confirmat la primera descripció de la patologia efectuada per *Branch HE*^[18] ja que aquesta alteració es presenta amb una major incidència en les dones de mitjana edat (més de 40 anys) que duen a terme una estil de vida sedentari, tot i que també s'ha observat el mateix procés en la jove població atlètica masculina. De fet, *Coughlin MJ et al*^[22] ja havia determinat l'existència de dues poblacions de risc: per una banda, les dones sedentàries de 50-70 anys, atribuint-ho a la prevalença d'utilització d'un calçat amb un taló elevat; i els homes atlètics de 25-64 anys, per l'activitat física repetitiva que comporta la inflamació de la segona articulació metatars-falàngica i la conseqüent alteració de les estructures periarticulars que estableixen el dit. Tot i això, també va esmentar la possibilitat d'aparició de la patologia en l'absència de qualsevol d'aquests factors de risc.

Gregg J et al^[28] van obtenir, en el seu estudi, que a mesura que augmentava l'edat dels pacients hi havia un número major de ruptures de la placa plantar

(42% en <30 anys, 56% en 30-45 anys, 81% en >45 anys i 93% en >60 anys) i que la majoria de lesions es trobaven al segon radi (78%).

Nery C et al^[29], a l'any 2012, van observar en una mostra de 55 lesions de la placa plantar, de la qual 2/3 presentaven una alteració del segon dit i només 1/3 presentava una alteració del tercer i el quart. En canvi, l'estudi que van efectuar *Peck CN et al*^[16] al mateix any mostra una incidència del 98% sobre el segon dit, combinant-se, en un 34% dels casos, amb altres radis menors; i essent un procés bilateral en el 31% dels pacients. Ja anteriorment, a l'any 1988, *Cracchiolo A et al*^[30] havien determinat que les deformitats dels dits eren presents en el 75% dels casos i podien causar doloroses queratopaties a l'aspecte dorsal del dit.

6.4 Etiologia

Les causes de la subluxació i la luxació dels dits menors romanen encara poc detallades i és molt probable que no existeixi una única causa, sinó que es tracti d'una alteració multifactorial. Tot i això, segons *Coughlin MJ et al*^[31] i *Thompson FM et al*^[26], el factor clau del desenvolupament d'aquesta alteració idiopàtica és la inflamació progressiva sobre l'articulació metatars-falàngica amb la seva conseqüent alteració o inclús ruptura de la placa plantar i els lligaments colaterals. Doncs, tal i com afirmen *Yu GV et al*^[4], qualsevol patologia estructural o alteració biomecànica que augmenti les forces sobre l'avantpeu i doni lloc a aquesta inflamació pot predisposar a un debilitament de les estructures periarticulares i, conseqüentment, a la inestabilitat de l'articulació. Tanmateix, existeixen un seguit de factors de risc que poden comportar o facilitar l'aparició d'aquesta alteració:

- **Mecànics:**

- *Mann Ra et al*^[32] i *Coughlin MJ et al*^[24] descriuen la presència d'un segon metatarsià més llarg o d'un primer més curt, una troballa freqüent en els pacients que presenten aquesta inestabilitat de l'articulació metatars-falàngica. Doncs, això pot comportar una alteració dels patrons de recolzament de l'avantpeu, produint-se un trasllat de les càrregues del primer cap metatarsià cap al segon.
- *Coughlin MJ et al*^[31] afirmen que la desviació lateral de l'hallux pot causar una desviació multiplanar del segon dit que resulti en

- l'aparició d'unes forces retrògrades durant el recolzament a nivell de la segona articulació metatars-falàngica.
- *Root ML et al*^[33] determinen que la pronació excessiva del peu pot comportar una alteració de l'eix d'inserció del tendó del peroné llarg en una posició que perdi la seva capacitat d'estabilitzar el primer radi durant la fase de recolzament de la marxa. Doncs, un metatarsus primus elevatus que resulta d'una disfunció biomecànica o d'una deformitat estructural pot causar una excessiva transferència de càrregues cap a la segona articulació metatars-falàngica.
 - *Cooper PS*^[34] afirmen que la hipermobilitat de les articulacions metatars-falàngiques també pot predisposar a una alteració dels patrons de recolzament de l'avantpeu; específicament si aquesta es localitza a nivell del primer radi, ja que es produirà una transferència de càrregues directament al segon.
 - **Malalties sistèmiques:** *Cooper PS*^[34] determina que la hipermobilitat de les articulacions pot anar directament relacionada amb totes aquelles malalties (Sd. d'Ehlers-Danlos, Sd. de Marfan, Sd. de Down...) que comporten una hipermobilitat articular generalitzada que a nivell del peu es pot correspondre amb una insuficiència del primer radi.
 - **Calçat:** *Coughlin MJ et al*^[22] constaten la utilització d'un calçat amb un taló elevat que incrementi les pressions de càrrega sobre l'avantpeu i mantingui les articulacions metatars-falàngiques en una posició d'hiperextensió.
 - **Altres:**
 - Les alteracions dels patrons de recolzament derivades d'actes quirúrgics també poden esdevenir un factor clau en l'aparició de la inestabilitat de la segona articulació metatars-falàngica. Un exemple seria la subtil elevació del primer cap metatarsià després d'una intervenció d'hallux abductus valgus.
 - L'edat del pacient també pot ésser un factor important ja que amb l'envelliment es produeix també l'aparició de canvis degeneratius a nivell de la placa plantar, la qual cosa pot comportar el desplaçament dorsal i la inestabilitat de l'articulació.

- Traumatismes que alterin els components articulars i periarticulars; en especial, la placa plantar i els lligaments colaterals.

6.5 Presentació clínica

La Síndrome d'instabilitat del segon radi es caracteritza per presentar un seguit de signes i símptomes característics segons l'estat o la fase de l'alteració.

Pel que fa a l'anamnesi prèvia a l'exploració, és important recalcar la importància de preguntar específicament sobre el calçat utilitzat actualment i durant els últims anys, el nivell i tipus d'activitat física que es duu a terme, la possible presència d'algun antecedent traumàtic que hagi pogut desencadenar la simptomatologia en qüestió i el patiment d'algun tipus de patologia sistèmica que pugui influir-hi.

Tal i com descriuen *Kaz AJ et al*^[25], una fase inicial es caracteritza per:

- Dolor agut, subagut o crònic localitzat a l'aspecte plantar de l'articulació metatars-falàngica afectada. Aquest augmenta durant la marxa i disminueix durant el descans. Sensació de 'caminar sobre pedres' o de tenir una 'massa' a la planta, tot i l'absència de cap lesió evident.
- Inflamació a la base del dit, més focalitzada a la zona plantar que a la dorsal. El pacients denoten una sensació com si 'el dit intenta marxar de la seva posició'.
- Eritema moderat, tiloma o heloma a la zona dorsal de l'articulació interfalàngica proximal a causa del fregament amb el calçat.
- Freqüentment, absència de deformitats digitals. Tot i això, pot ser-hi present un dit en martell o una lleugera desviació del dit.
- Disminució del rang de moviment de l'articulació metatars-falàngica, particularment en plantar-flexió.

Algun pacients presenten símptomes prodròmics de la luxació del dit durant diverses setmanes.

Tal i com descriuen *Duvries HL*^[35], *Coughlin MJ*^[36] i *Yu GV et al*^[4], una fase més tardana es caracteritza pels següents ítems:

- Dolor sever que comporta una marxa antiàlgica, fent que el pacient compensi recolzant l'aspecte lateral del peu. *Yu GV et al*^[4] van trobar

manifestacions secundàries derivades de les compensacions de la patologia original com la sobrecàrrega de la columna lateral o la Síndrome de l'articulació calcani-cuboïda.

- El dolor es pot confondre amb un procés neurític ja que es pot irradiar a nivell de l'espai intermetatarsià. Inclús, es pot donar el cas que es produeixi una bursitis intermetatarsiana que causi una irritació nerviosa local i, doncs, apareguin símptomes neurítics reals. Tot i això, el dolor per la inflamació de la placa plantar no produeix, generalment, una sensació d'adormiment del dit ni una pèrdua de la sensibilitat digital.
- Caminar descalç es converteix en un fet intolerable a causa del dolor que comporta, especialment en superfícies dures.
- Inflamació a la base del dit, més focalitzada a la zona plantar.
- Eritema moderat, tiloma o heloma a la zona dorsal de l'articulació interfalàngica proximal a causa del fregament amb el calçat.
- Queratopatia dolorosa a nivell de l'aspecte plantar de l'articulació metatars-falàngica a causa del desplaçament cap a baix de la falange proximal contra el cap metatarsià per les forces efectuades pel calçat.
- Luxació completa de l'articulació que pot cursar amb un supraductus del segon dit sobre el primer i, en menys freqüència, infraductus del mateix dit per la debilitació progressiva de la placa plantar i dels lligaments colaterals. En la luxació del dit es pot palpar fàcilment l'aspecte dorsal de la base de la falange proximal.
- Disminució del rang de moviment de l'articulació metatars-falàngica, particularment en plantar-flexió.

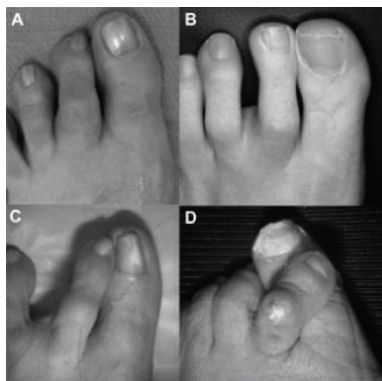


Figura 4. Progressió de la 'second crossover deformity'. **a)** Lleuger. **b)** Moderat. **c)** Sever (deformitat de dit en martell). **d)** Sever (amb luxació metatars-falàngica i deformitat fixa de dit en martell).

6.6 Examen físic

Segons *Doty JF et al*^[21], *Coughlin MJ et al*^[22] i *Yu GV et al*^[4], entre d'altres, l'exploració és determinant per tal d'avaluar les estructures afectades i obtenir una idea del grau de lesió d'aquestes. Doncs, es pot seguir el següent índex de maniobres i palpacions per tal d'efectuar aquesta valoració:

Avaluació en sedestació:

- Palpació dels caps metatarsians, específicament exercint una força plantar-dorsal, la qual donarà lloc a un dolor intens a causa de la inflamació de les estructures articulars i, en concret, de la placa plantar.
- Notar l'edema local observant la zona i, específicament, el contorn dels tendons; i apreciar l'augment de la temperatura de la zona afectada a causa de la tumefacció.
- Palpació, en forma de pinça, de l'espai intermetatarsià en busca d'una possible bursitis intermetatarsiana que, en moment donat, pugui originar una clínica neurítica per la irritació local del nervi intermetatarsià. Doncs, el signe de Mülder pot ésser positiu a causa d'aquesta afectació.
- *Coughlin MJ et al*^[24] afirmen que la sensibilitat del dit ha de ser l'adequada ja que la inflamació de la placa plantar no acostuma a cursar amb pèrdues de la sensibilitat.
- L'exploració muscular dels tendons extensors i flexors és normal o està lleugerament afectada.
- *Yu GV et al*^[4] destaquen la necessitat d'observar el rang de moviment articular, el qual pot ser dolorós i estar disminuït, especialment en plantar-flexió. A més, es pot notar una crepitació capsular durant la mobilització.
- L'any 1987, *Thompson FM et al*^[26] descriuen un test d'estrès vertical (Test de Lachman) per tal d'avaluar la tendència a la migració dorsal de la falange proximal i determinar la presència i l'estadi de la inestabilitat de l'articulació metatars-falàngica, així com el grau d'afectació de la placa plantar: mantenint el peu en la seva posició neutra, establir el segon cap metatarsià amb l'índex i el polze d'una mà, mentre que la contralateral s'utilitza per subjectar l'aspecte dorsal i plantar de la base de la falange proximal, alhora que efectua una força vertical (no dors-flexora).

El test esdevé positiu si la falange proximal es pot desplaçar 2 mil·límetres per sobre del cap metatarsià.



Figura 5. Un test d'estrès vertical positiu resulta en un desplaçament dorsal excessiu de la falange proximal.

- Avaluar la desviació en pla transvers del dit i la seva reductibilitat.
- Efectuar una pressió a la zona plantar del cap metatarsià per dorsiflexionar-lo i observar la reductibilitat, o no, del dit en martell (Test de Kelikian).
- Observar el tipus de peu:
 - Buit, neutre o pla.
 - Peu grec, egipci o quadrat.
 - Índex plus, minus o plus minus.

Avaluació en bipedestació:

- Avaluar l'alineació del dit afectat per tal d'observar si es produeix alguna desviació.
- *Bouche RT et al*^[37] descriuen el 'test del paper' per tal de valorar la capacitat del dit per exercir una força adequada contra el terra o, inclús, si aquest hi arriba a contactar adequadament: col·locar un retall de paper (1 centímetre d'amplada per 8 de llargada) sota el dit afectat i demanar al pacient que plantar-flexioni el dit. Si el pacient no és capaç d'evitar que hom retiri el paper, el test es considerarà positiu. És a dir, el dit no disposarà de la capacitat suficient d'adherència.



Figura 6. Test del paper.

- Avaluar la presència del Signe de Sullivan que dirigeixi el diagnòstic cap una patologia de caire neurític.
- Avaluar detalladament l'estructura i la funcionalitat del primer radi.
- Observar la marxa del pacient, freqüentment antiàlgica. Doncs, la plataforma de pressions no serà sempre un instrument útil ja que ens podrà proporcionar dades poc objectivables sobre la marxa real del pacient i dels llocs de major sobrecàrrega.

Tanmateix, és convenient valorar altres aspectes (mobilitats articulars, patrons torsionals, basculacions, dissimetries, potències musculars...) del peu, genoll i maluc que puguin alterar la correcta funcionalitat del peu i, en conseqüència, produeixin alteracions causants d'aquesta inestabilitat metatars-falàngica del segon radi.

6.7 Classificació i estadis

Autors com *Coughlin MJ et al*^[22] fan referència, en nombrosos articles, a l'estadificació de la patologia d'inestabilitat de la segona articulació metatars-falàngica i la lesió de la placa plantar.

Per una banda, la classificació de la patologia en un estadi determinat, basant-nos en la magnitud de la deformitat i l'associació de la inestabilitat amb els tests corresponents, ens permet definir un estadi preoperatori de la patologia. Doncs, es tracta d'un tipus d'estadificació clínica, ja que els graus que se'n deriven estan directament relacionats a l'exploració física. Per tant, es tracta d'una eina que assisteix, principalment, en determinar la magnitud del tractament quirúrgic, les tècniques d'elecció en cada cas segons el grau de correcció necessària i fer una estimació del pronòstic que se'n pot derivar.

Grau	Alineació	Examen físic
0	Articulació alineada. No deformitat.	Dolor articular. Inflamació articular. Disminució del contacte digital. <u>Test d'inestabilitat</u> : negatiu.

1	Lleu desalineació. Eixamplament de la membrana interdigital. Desviació medial.	Dolor articular. Inflamació articular. Pèrdua del contacte digital. <u>Test d'instabilitat</u> : lleuger positiu (< 50% subluxable).
2	Moderada desalineació. Deformitat medial, lateral, dorsal o dors-medial. Hiperextensió del dit.	Dolor articular. Inflamació reduïda. Absència de contacte digital. <u>Test d'instabilitat</u> : moderat positiu (> 50% subluxable).
3	Severa desalineació. Deformitat dorsal o dors-medial. Supraductus del segon dit sobre el primer. Possible 'dit en martell' flexible.	Dolor articular i digital. Lleu inflamació. Absència de contacte digital. 'Dit en martell' flexible. <u>Test d'instabilitat</u> : molt positiu (articulació luxable).
4	Severa deformitat amb luxació dorsal o dors-medial. 'Dit en martell' rígid.	Dolor articular i digital. Molt lleu/lleu inflamació. Absència de contacte digital. 'Dit en martell' rígid. Articulació luxada.

Taula 1. *Estadificació clínica de la instabilitat de la segona articulació metatars-falàngica.*

Per altra banda, la classificació de la lesió de la placa plantar en una escala gradual s'ha desenvolupat per relacionar-la amb el grau d'instabilitat de l'articulació metatars-falàngica. Es tracta d'una estadificació anatòmica duta a terme per artroscòpia en espècimens cadavèrics que presentaven una 'crossover second toe deformity'. Per tant, es tracta d'una eina per abordar la disfunció de la placa plantar i pot resultar d'ajuda en la planificació i el tractament quirúrgic de les ruptures d'aquesta. De fet, *Nery C et al*^[29] van aportar una sèrie de 55 lesions de la placa plantar avaluades artroscòpicament, el grau de lesió més comú de les quals va ser, en 1/3 dels casos, el 3.

Grau	Patró de la lesió
0	Debilitament de la placa plantar o de la càpsula articular i/o descoloració.

1	Esquinçament distal transvers (adjacent a la inserció a la falange proximal, < 50%) a l'àrea medial/central/lateral. Esquinçament mig (< 50%).
2	Esquinçament distal transvers (> 50%) a l'àrea medial/central/lateral. Esquinçament mig (< 50%).
3	Esquinçament transvers/longitudinal extens (pot incloure els lligaments colaterals). Esquinçament distal transvers (freqüentment present).
4	Esquinçament extens amb un trau (luxació). Combinació d'un esquinçament extens transversal i longitudinal. Zona petita de la placa plantar amb possibilitat de reparar-se.

Taula 2. Graduació quirúrgica de les lesions de la placa plantar.

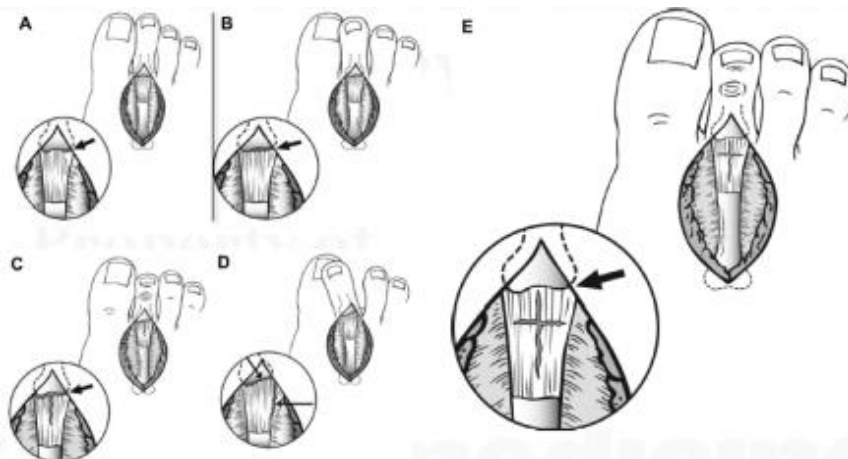


Figura 7. Estadificació anatòmica de la disfunció de la placa plantar (lesions = fletxes).
a) Grau 1. b) Grau 2. c i d) Grau 3. e) Grau 4.

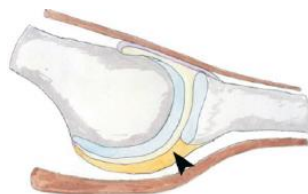


Figura 8. Esquema de l'articulació metatars-falàngica (tall longitudinal). La placa plantar està en bon estat.



Figura 9. Esquema de l'articulació metatars-falàngica (tall longitudinal). Lesió de la placa plantar – estadi 1.



Figura 10. Esquema de l'articulació metatars-falàngica (tall longitudinal). Lesió de la placa plantar – estadi 2.

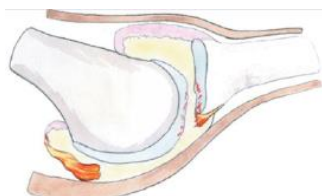


Figura 11. Esquema de l'articulació metatars-falàngica (tall longitudinal). Lesió de la placa plantar – estadi 3 i 4.

6.8 Diagnòstic - Estudis d'imatge

Yu GV et al^[4], *Coughlin MJ et al*^[22] i d'altres autors afirmen en els seus estudis que hi ha diverses modalitats d'imatge adequades pel diagnòstic de la inestabilitat de l'articulació metatars-falàngica i, específicament, de la lesió de la placa plantar; tot i això, per tal de determinar el diagnòstic no són necessàries proves excessivament extenses ni cares. De fet, l'evidència clínica resulta essencial pel diagnòstic d'aquesta patologia, tot i que necessitem de les següents proves quan ens trobem en casos menys clars o vulguem determinar la lesió d'alguna estructura en concret:

Radiografia (RX)

Yu GV et al^[4] determinen que és la prova diagnòstica més pràctica per la senzillesa de la seva valoració i perquè resulta essencial per descartar patologies locals o sistèmiques que puguin contribuir en la seva inestabilitat i disfunció.

Tipus:

- Lateral o obliqua en càrrega del peu → evidencia la subluxació dorsal de la falange proximal sobre el cap metatarsià a mesura que evoluciona la patologia. Tanmateix, permet la valoració de l'angle d'inclinació lateral dels dits menors a nivell de l'articulació metatars-falàngica (CN: 12°).
- Àntero-posterior en càrrega del peu → evidencia la desviació dorsal i transversa del dit afectat.

Es pot considerar la possibilitat d'efectuar una radiografia duent a terme el Test de Lachman per confirmar les troballes clíniques d'instabilitat en el pla sagital.

Aspectes a valorar i possibles troballes: segons *Coughlin et al.*

- Espai articular. CN: 2-3 mm.
- Congruència de les superfícies articulars.
- Deformitats angulars.
- Longitud del segon metatarsià.
- Hipertròfia de la cortical del metatarsià afectat (segons *Yu GV et al*^[4], no es tracta d'una troballa freqüent).
- Canvis artrítics intraarticulars.
- Presència d'hallux abductus valgus associat.
- Subluxació o luxació dorsal → l'espai articular és alterat en tant que es produeix una migració dorsal de la base còncava de la falange proximal sobre el cap metatarsià convex.
- Desviació en el pla transvers/sagital → incongruència de l'espai articular.

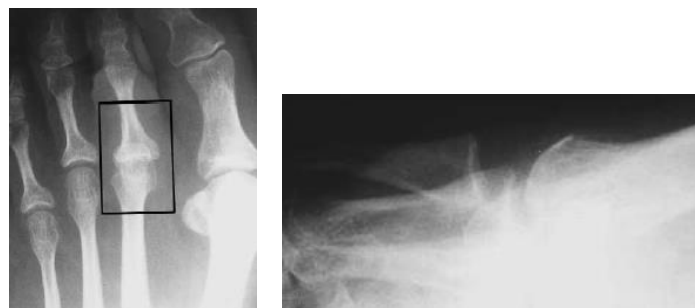


Figura 12. Radiografies àntero-posterior (a) i lateral (b) d'un pacient que ha desenvolupat una luxació espontània de la segona articulació metatars-falàngica. Presència d'un segon metatarsià més llarg i d'una deformitat d'hallux abductus valgus.

Ressonància magnètica (RM)

Prova diagnòstica no invasiva que va ser primerament descrita, en quant a l'avaluació de la lesió de la placa plantar, per *Yao L et al*^[38] a l'any 1996. Més tard, a l'any 2012, van ser *Nery C et al*^[29] i *Sung W et al*^[39] qui van descriure l'especificitat i la fiabilitat de la RM en la determinació de la presència i extensió de les característiques patològiques de la placa plantar. Tanmateix, una

característica fonamental d'aquesta prova és el grau d'ajuda que ens ofereix en el diagnòstic diferencial amb altres patologies articulars i no articulars.

Per tal d'efectuar una correcta visualització de la zona s'utilitzen diferents seqüències obtingudes en plans diversos:

- Imatges sagitals → obtingudes perpendicularment a l'eix del metatarsià.
- Imatges coronals → obtingudes paral·leles a tots els caps metatarsians (exceptuant el primer).

La combinació de les diferents seqüències proveeixen una avaluació detallada de l'articulació metatars-falàngica i dels seus complexos càpsula-l·ligamentosos, incloent la placa plantar.

Gregg JM et al^[40] van determinar, a l'any 2006, la correlació que hi havia entre l'ecografia, la RM i la histologia i van determinar les troballes normals i anormals de la placa plantar en cadascuna de les proves diagnòstiques.

Aspecte normal de la placa plantar:

- Pla sagital:
 - Estructura uniforme, triangular i hipointensa que s'insereix a la base de la falange proximal.
 - La placa plantar sosté el cap metatarsià, proveint-li una superfície articular.
 - El tendó flexor que cobreix la placa plantar es visualitza hipointens i sembla que es combini amb aquesta, de tal manera que poden resultar difícil de discernir.
 - L'origen de la placa plantar a nivell del cap metatarsià és poc delineat respecte el tendó flexor. En canvi, la inserció presenta una fibres ben delineades cap al còrtex articular de la falange proximal.
- Pla coronal:
 - Banda d'intensitat baixa en forma de 'C' centrada sota els caps metatarsians.
 - A la superfície plantar, el canal central acomoda el pas dels tendons flexors.
 - Els lligaments colaterals es combinen amb la placa plantar a la base de la falange proximal.

- Les fibres insercionals hipointenses resten adjacents al còrtex articular de la falange proximal.
- Pla axial: emprat només quan l'alineació metatarsiana dificulta la valoració en el pla coronal, i els seus objectius són:
 - Valorar la medul·la òssia.
 - Valorar l'alineació de la falange.
 - Valorar l'extensió de les masses de teixit tou i de fluids.

Aspecte anormal de la placa plantar:

- Pla sagital:
 - Un focus hiperintens reemplaça la normal inserció hipointensa.
 - Valorar la retracció de l'esquinçament.
 - Valorar el gruix de l'esquinçament:
 - Esquinçament parcial → inclou les fibres articulars superficials, però no involucra les plantars.
 - Esquinçament total → s'estén des de la superfície articular fins la superfície plantar.

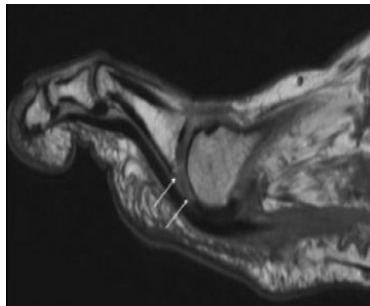


Figura 13. Ressonància magnètica que demostra una lesió de la placa plantar (flextes).

- Pla coronal:
 - Demarca la localització de l'esquinçament en relació amb els lligaments colaterals i el tendó flexor.
 - Valorar el gruix de l'esquinçament.

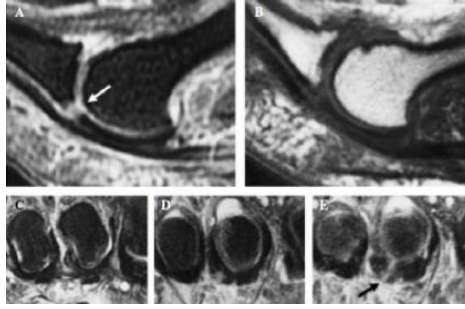


Figura 14. Troballes característiques de la RM. **a)** Imatge en el pla sagital que denota una lesió de la placa plantar (fletxa blanca) (T2-hiperintens). **b)** La mateixa lesió apareix com una àrea de baix senyal (T1). **c-e)** Imatges en el pla coronal que mostren la distensió de l'articulació i dels teixits que envolten la placa plantar. Esquinçament longitudinal de la placa plantar (fletxa negra).

Ecografia múscul-esquelètica (US) (vegeu Capítol 6.9)

Artrografia

Karpman RR et al^[41] determinen que és una prova diagnòstica no invasiva que consisteix en un procediment radiològic que s'utilitza per examinar una articulació (freqüentment mitjançant un fluoroscopi) després d'infiltrar una solució iodada (0.5-1 ml) de contrast a la zona dorsal de l'articulació metatars-falàngica. Es tracta d'una prova eficaç en el diagnòstic de ruptura de la càpsula articular, la qual ve determinada per la opacitat de la beina del tendó flexor. Tanmateix, el vessament de la solució de contrast a fora de la càpsula articular cap a la bossa intermetatarsiana és indicatiu de ruptura del lligament colateral. Pel que fa a la placa plantar, s'utilitza per determinar la presència d'una lesió a aquest nivell, tot i que no resulta eficaç per definir la mida i el patró de l'esquinçament.

Yao L et al^[38] van determinar que l'artrografia es tractava d'una mitjà pràctic pel diagnòstic de la ruptura de la placa plantar i que, alhora, podia dur-se a terme conjuntament amb una infiltració intraarticular de corticoides.

Artroscòpia

Prova diagnòstica invasiva que no s'acostuma a utilitzar en articulacions tan petites, com és l'articulació metatars-falàngica. Tot i això, tal i com descriuen *Nery C et al*^[29], consisteix en un procediment que utilitza dos vies d'accés dorsals (medial i lateral) situades a l'articulació metatars-falàngica, en què s'utilitza un artroscopi de 2.7mm i 30°. L'exploració es du a terme fent una lleugera tracció del dit i visualitzant, inspeccionant i palpant les porcions central i distal de la placa plantar amb una sonda.

Proves nuclears

Yu GV et al^[4] i *Coughlin MJ et al*^[22] afirmen que són proves diagnòstiques que no s'acostumen a utilitzar. L'increment de la captació del marcador a nivell de l'articulació metatars-falàngica tendeix a suggerir un procés inflamatori local, enlloc d'un problema ossi.

6.9 Ecografia múscul-esquelètica de la placa plantar

Bianchi S et al^[42] la defineix com una prova diagnòstica no invasiva que es basa en l'emissió i la recepció d'US, els quals s'emeten mitjançant els cristalls del transductor o la sonda.

Característiques:

- Ràpida.
- En temps real.
- Innòcua.
- Casi sense contraindicacions.
- No té efectes adversos.
- Baix cost.
- Exploració dinàmica.
- Operador-dependent.

Ultrasons: ones generades per la vibració d'un cos elàstic (cristall piezo-elèctric) propagades per un medi material (teixits) amb una freqüència que està per sobre de l'espectre auditiu humà (20000 Hz). Tal i com existeix un espectre d'ones electromagnètiques, dins del qual la llum visible ocupa una mínima porció; també existeix un espectre de vibracions acústiques, al qual la gama de freqüències audibles ocupa un mínim percentatge. En contrast, altres mitjans diagnòstics per imatges utilitzen ones que corresponen a l'espectre electromagnètic (RX convencional, gammagrafia, PET i TC).

Tipus d'ona	Ones mecàniques longitudinals
Transmissió	Medi elàstic
Generació	Estrès del medi
Velocitat	Depèn del medi a través del qual es propaga

Tècnica d'imatge basada en l'emissió i la recepció d'US: un so es propaga per un teixit fins que es troba un altre teixit diferent. Quan passa d'un teixit a un altre es produeix una reflexió o rebot d'un determinat nombre de feixos d'US. Les

imatges s'obtenen processant els ecos reflectits per les diferents estructures corporals i interfases.

Impedància acústica (Z): resistència que oposa un medi a les ones que es propaguen per aquest. A la unió entre teixits o materials amb diferents propietats físiques existeixen interfases acústiques. Està determinada per les propietats dels teixits implicats i és independent de la freqüència.

$$Z = \text{densitat} \cdot \text{velocitat}$$

Diferència de Z	Eco	Senyal	Color
Nul·la	Inexistent	Anecoica	Negre
Poca	Dèbil	Hipoecoica	Gris
Major	Forta	Normoecoica	Gris clar
Molt gran	Reflexió total	Hiperecoica	Blanc

Reflexió: es produeix a la interfase entre dos materials amb una impedància acústica diferent. Si no hi ha una impedància acústica no es produeix eco.

Refracció: fenomen que consisteix en un canvi en la direcció de propagació quan el so passa d'un teixit amb una velocitat de propagació acústica determinada a un altre amb una velocitat major o menor. És important ja que és una de les causes de registre erroni d'una estructura d'imatge ecogràfica.

Atenuació: el so perd energia conforme travessa el teixit i les ones de pressió perden amplitud conforme s'allunyen de la seva font. Determina l'eficiència amb què els ultrasons penetren en un teixit específic i varia considerablement als teixits normals. Doncs, tenen una gran importància clínica perquè influeix en la profunditat del teixit a la qual es pot obtenir informació útil. Conformada per:

- Absorció: disminució de la intensitat de senyal per la transformació de l'energia mecànica de les ones en calor.
- Pèrdua d'energia per reflexió i dispersió (disminució de la intensitat de la senyal per la desviació de la direcció e la propagació de l'energia).

$$\text{Atenuació} = \text{absorció} + \text{dispersió} + \text{reflexió}$$

6.9.1 Tècnica d'exploració

La posició ideal que adopta el pacient per dur a terme l'exploració és la següent:

- Col·locació del pacient en decúbit supí.
- Cama totalment estesa i turmell relaxat.
- Avantpeu examinat des de l'aspecte plantar.

Les característiques d'exploració ecogràfica s'han d'ajustar als següents valors:

- Profunditat de camp baixa.
- Profunditat de focus: seleccionar una franja a nivell de la placa plantar.
- Freqüència alta (11.4 MHz segons *Gregg JM et al*^[40]; o més alta, en funció del teixit subcutani) ja que es tracta d'una zona força superficial.
- Rang dinàmic elevat (60 dB segons *Gregg JM et al*^[40]).
- Variar el guany i el temps de guany compensat segons la conveniència.

La tècnica d'exploració de la placa plantar segueix sempre els mateixos passos:

- Exploració longitudinal:
 - Emprada per determinar la precisió en la detecció d'alguna lesió.
 - *Klein EE et al*^[43] afirmen que aquesta exploració respon a la pregunta: 'Està lesionada la placa plantar?'
 - Permet fer una classificació entre 'intacta' i 'ruptura'.
 - La placa plantar i el tendó flexor són examinats de medial a lateral a nivell de l'articulació metatars-falàngica.
 - La placa plantar pot ser examinada en dinàmica per tal de delinear la lesió i els marges de la placa plantar.



Figura 15. Anatomia ecogràfica longitudinal normal de la placa plantar.

- Exploració transversal:
 - Emprada per determinar la localització de la lesió.
 - *Klein EE et al*^[43] afirmen que aquesta exploració respon a la pregunta: 'On és la lesió de la placa plantar?'

- Permet fer una classificació entre 'intacta', 'ruptura parcial medial', 'ruptura parcial lateral', 'ruptura completa' o 'no localitzable'.
- La placa plantar és examinada de proximal a distal.

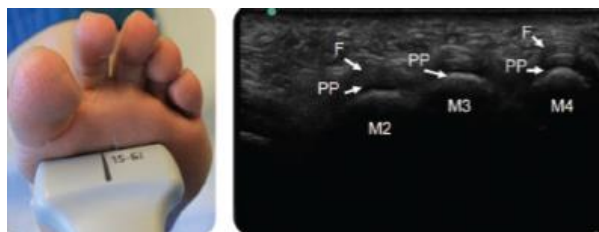


Figura 16. Anatomia ecogràfica transversa normal de la placa plantar.

6.9.2 Alteració de la placa plantar en el Sd. d'instabilitat del segon radi

Gregg JM et al^[44], a l'any 2006, ja havien demostrat l'efectivitat de l'ecografia, conjuntament amb la de la ressonància magnètica, en dos estudis diferents, obtenint els següents resultats:

	Pacients simptomàtics	Pacients asimptomàtics	Tots els pacients	Coefficient de correlació US-RM
Sensibilitat (%)	91	73	86	0.516 (P<0.01)
Especificitat (%)	44	67	64	

Taula 3. Comparació de lesions detectades per l'US respecte la RM.

	MR/US -	MR/US +	MR/US total
Quirúrgic -	0/0	2/2	2/2
Quirúrgic +	3/1	20/22	23/23
Total	3/1	22/24	25

	US	MR
Sensibilitat (%)	96	87
Especificitat	pobre	pobre

Taula 4. Correlació quirúrgica de la presència de lesions.

	US	MR	Coefficient de correlació US-RM
Llargada lesió (mm)	4.2±2.1 (rang: 1.2-14)	2.9±1.4 (rang: 1-10)	0.21 (P<0.01)
Gruix lesió (mm)	3.9±2.2 (rang: 1-14)	3.0±1.3 (rang: 1-8)	0.21 (P<0.05)

Taula 5. Dimensions de les lesions observades amb l'US i la RM.

	US	MR
CC pla longitudinal	0.52 (P<0.05)	0.48 (P<0.05)
CC pla transversal	0.7 (P<0.01)	0.01 (P<0.05)

Taula 6. Correlació quirúrgica de les dimensions de les lesions.

	US	MR	Coefficient de correlació
PP normal (%)	33	38	0.56 (P<0.01)
Ruptura 1-2 mm (%)	9	28	
Ruptura >2 mm (%)	55	32	
Exclusions (%)	3	12	

Taula 7. Estadificació de les lesions.

Borne J et al^[45], a l'any 2010, afirmen que l'ecografia és una tècnica no invasiva amb especificitats dinàmiques competent per tal d'identificar lesions de la placa plantar i definir amb precisió l'estadi lesiu.

Carlson RM et al^[46], a l'any 2013, afirmen que l'ecografia és una bona tècnica diagnòstica de l'alteració de la placa plantar en els radis menors i que els seus resultats són comparables als de la RM en termes de sensibilitat, a part del molt menor cost econòmic de l'exploració.

	Lesió present (intraquirúrgic)	Lesió absent (intraquirúrgic)
Test +	3	2
Test -	0	3

	US
Sensibilitat (%)	100
Especificitat (%)	60
VPP (%)	60
VPN (%)	100
Precisió total (%)	75

Taula 8. Troballes ecogràfiques amb la seva correlació quirúrgica en el diagnòstic de la lesió de la placa plantar.

Klein EE et al^[43], a l'any 2013, afirmen que l'ecografia és una tècnica diagnòstica alternativa potent en la detecció de patologies de la placa plantar, tot i que no hauria de reemplaçar la utilització de la RM en tots els casos. Per una banda, destaquen la rapidesa i la senzilles de la prova i la comoditat pel pacient; però, per altra banda, reconeixen que es tracta d'una prova altament dependent de l'explorador, el qual necessita unes bones habilitats en quant a la comprensió de l'anatomia i les patologies de la regió en qüestió. En aquest estudi es van obtenir el següents resultats:

	Intraquirúrgic (ruptura)	Intraquirúrgic (intacte)
US (ruptura)	41	4
US (intacte)	4	1

	US longitudinal
Sensibilitat (%)	25
Especificitat (%)	91.1
VPP (%)	91.1
VPN (%)	25
Precisió total (%)	90

Taula 9. Precisió en el diagnòstic de la ruptura de la placa plantar.

	US	Intraquirúrgic
Intacta	14/50	1/50
Ruptura parcial medial	7/50	4/50
Ruptura parcial lateral	19/50	11/50

Ruptura completa	3/50	3/50
No localitzable	7/50	-
Descartats	-	31

Precisió de l'ecografia	38%
--------------------------------	-----

Taula 10. Localització de la ruptura de la placa plantar.

Borne J et al^[45] i *Klein EE et al*^[43] han estat, fins ara, els que han descrit millor les característiques ecogràfiques de la placa plantar normal-lesionada:

Aspecte normal de la placa plantar

Pla longitudinal:

- Moderadament ecogènica, homogènia i presenta una estructura discretament motejada.
- Morfologia triangular, amb la base localitzada a la falange distal.
- Normalment, les lesions degeneratives i les ruptures succeeixen a nivell de la base de la falange proximal.
- Artefacte d'anisotropia freqüent a nivell distal (fàcilment comprovable mitjançant una exploració dinàmica per tal de descartar qualsevol tipus d'alteració).
- A vegades es visualitza una fina banda hipoecogènica a nivell de la inserció de la placa plantar. Aquest efecte s'atribueix, segons *Deland JT et al*^[47] i *Gregg JM et al*^[44], a l'augment del número de condrocits a nivell d'aquesta regió. Es tracta d'un aspecte difícil de distingir de lesions degeneratives inicials que es troben a la mateixa lloc.
- La placa plantar és fàcil de distingir de la fina línia hipoecogènica de cartílag hialí del cap metatarsià.



Figura 17. Tall ecogràfic longitudinal de l'articulació metatars-falàngica del segon radi (visió plantar). La placa plantar (fletxa blanca) està en bon estat, així com el tendó (fletxa negra) i el cartílag articular (cap de fletxa blanca).

Pla axial:

- Morfologia discoide bicòncava o ovalada situada entre el cartílag hialí hipoecogènic del cap metatarsià i els tendons flexors discretament hiperecogènics i motejats.
- A la zona central, pot existir una zona hipoecogènica que està relacionada amb la composició cartilaginosa de la inserció.

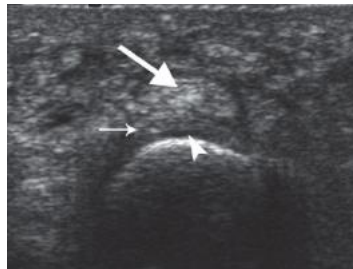


Figura 18. Tall ecogràfic transversal a nivell del cap metatarsià del segon radi (visió plantar). La placa plantar (fletxa blanca petita) presenta una morfologia discoide i és menys ecogènica que el tendó flexor (fletxa blanca gran). El cartílag articular (cap de fletxa blanca) és hipoecogènic i recobreix el cap metatarsià.

Aspecte anormal de la placa plantar

Previ a la ruptura: es pot visualitzar un petit osteòfit de tracció a la vora inferior de la base de la falange proximal.

A l'inici:

- Pèrdua d'homogeneïtat amb petites zones hipoecogèniques, tot i que es conserva la morfologia i el gruix normal.
- Es pot visualitzar una hidrartrosi metatars-falàngica.
- Els signes d'artro-sinovitis reaccionaris visibles en Doppler confirmen la presència de dolor articular.
- Es poden visualitzar petits osteòfits hiperecogènics a nivell de la base de la falange proximal.
- El teixit adipós de sota el cap metatarsià pot ser el focus d'aparició d'una bursitis reaccionària, la qual es localitza a la mateixa zona que les hiperqueratosis plantars.
- Aprimament de la zona distal de la placa plantar, conjuntament amb la pèrdua de la seva morfologia triangular. Alguns autors anglosaxons qualifiquen aquest aprimament com una ruptura parcial ja que encara es conserva la superfície plantar.

- És important dur a terme les maniobres dinàmiques per tal d'evitar l'aparició d'anisotropies a la zona que volem observar i, alhora, poder valorar correctament la inestabilitat metatars-falàngica dorsal que apareix abans de la ruptura completa de la placa plantar.

Estadi de ruptura:

- Solució de continuïtat hipocogènica fluïda més o menys llarga que s'estén des de la cara articular fins la cara plantar de la placa.
- Pla longitudinal: mostren la mida de la ruptura des d'una visió global de la placa.
- Pla axial: mostren la localització medial, central o lateral de la ruptura, així com la seva posició en relació amb el cap metatarsià.
- Les maniobres dinàmiques permeten confirmar la ruptura i precisar el grau d'inestabilitat de l'articulació.

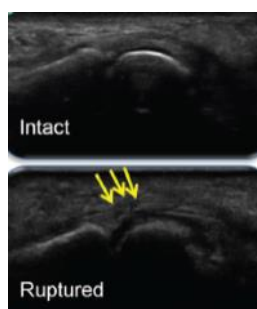


Figura 19. Anatomia ecogràfica longitudinal normal i anormal de la placa plantar.

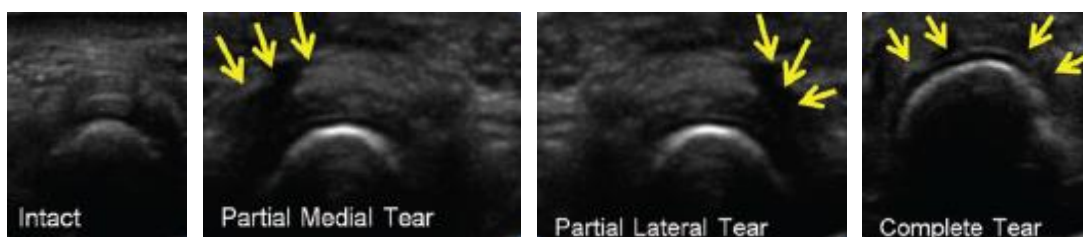


Figura 20. Anatomia ecogràfica transversal normal i anormal de la placa plantar.

6.10 Diagnòstic diferencial

La metatarsàlgia és un problema freqüent en l'actualitat i la complexitat de l'anatomia de la regió metatars-falàngica comporta que siguin diverses les estructures que poden causar dolor. És per això que diversos investigadors han determinat les patologies més freqüents que cal que siguin descartades quan ens trobem davant d'una metatarsàlgia aguda.

Yu GV et al^[4] van determinar que les patologies més freqüents que contribueixen en l'aparició de dolor a l'articulació metatars-falàngica són:

- Degeneració articular.
- Fractura d'estrès.
- Necrosis avasculars.
- Disfuncions neuromusculars.
- Artritis reumàtica.
- Neuomes.
- Atròfia teixit adipós plantar.
- Deformitats digitals.

Coughlin MJ et al^[22] van determinar que les patologies més freqüents que contribueixen en l'aparició de dolor a l'articulació metatars-falàngica són:

- Sinovitis.
- Artritis degenerativa.
- Degeneració capsular.
- Artritis sistèmica.
- Malaltia de Freiberg.
- Quist sinovial.
- Fractura d'estrès.
- Neuroma.

J Gregg et al van determinar un protocol ecogràfic de les patologies més freqüents que contribueixen en l'aparició de dolor a aquella regió:

6.10.1 Processos inflamatoris

Bursitis adventícia:

- Brown RR et al^[48] afirmen que resulta d'una fricció excessiva entre el teixit tou i les protuberàncies òssies. No associada a artropaties inflamatòries.
- Àrees focals o àmplies de zones anecoïques mal definides.

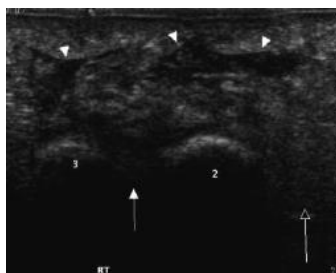


Figura 21. Tall ecogràfic transvers de la superfície plantar a nivell dels caps metatarsians. La imatge mostra zones anecoïques superficials al segon i tercer cap metatarsià representant una bursitis adventícia (caps de fletxa blanca).

Bursitis intermetatarsiana:

- Associada a l'artritis reumàtica, les infeccions, els traumatismes i la gota.
- Iagnocco A et al^[49] descriuen una àrea anecoïca comprimible entre els caps metatarsians. En cas que les parets de la bossa esdevinguin més gruixudes, serà més difícil de diferenciar del neuroma.

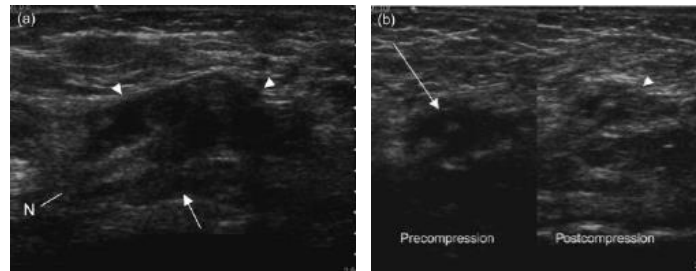


Figura 22. Tall ecogràfic longitudinal del segon espai intermetatarsià (visió dorsal). **a)** Mostra una regió hipoeicoica superficial corresponent a una bursitis intermetatarsiana (caps de fletxa blanca) i una altra més profunda corresponent al paquet neuro-vascular adjacent amb evidències de fibrosi (fletxa blanca). **b)** Imatge dividida en dos situacions: pre-compressió i post-compressió. Durant la pre-compressió es visualitza una àrea hipoeicoica mal definida, la qual disminueix en mida i esdevé més heterogènia durant la compressió. Correspon a una bossa.

Vessament articular: contingut hipoeicoic i augment de la distància entre la capsular articular i l'os. Segons Pettersson H^[50] pot contenir ecos de reverberació de les bombolles de nitrogen. En vessaments complexos, poden aparèixer reflexes ecogènics de detritus a dins del fluid.

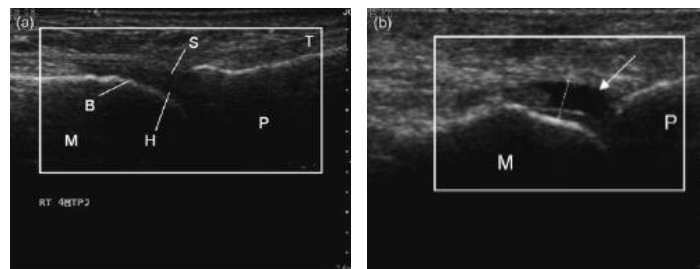


Figura 23. Tall ecogràfic longitudinal de la càpsula articular metatars-falàngica. **a)** Mostra una càpsula articular normal, tant el cartílag articular (H) com la membrana sinovial (S) es visualitzen adjacents al perfil ossi. M, cap metatarsià; P, falange proximal; T, tendó extensor. **b)** Articulació metatars-falàngica alterada. La imatge mostra una zona hipoeicoica (fletxa blanca) que representa un vessament articular.

Sinovitis: Grassi W et al^[51] descriuen un marcat increment de la perfusió articular que pot ser representada utilitzant el Power Doppler. Segons Koski JM et al^[52] i Marcelis S et al^[53], les erosions òssies poden ser-hi presents amb pèrdua de la definició dels marges externs, pèrdua de claredat de la capa cartilaginosa, aprimament del cartílag i irregularitats del perfil subcondral ossi.

6.10.2 Tendinopaties

Tendinosi aguda o crònica: Grassi W et al^[51] descriuen un engruiximent de la beina del tendó, pèrdua de l'ecotextura fibril·lar normal i pèrdua de la definició dels marges del tendó.

Tenosinovitis aguda i crònica: *Fornage BD et al*^[54] descriuen una zona anecoica que envolta l'ecogènec tendó, representant el fluid o l'edema de la beina sinovial. L'engruïment de la beina tendinosa pot ser homogènia o complexa, segons la severitat de la inflamació. En la tenosinovitis crònica, la beina és més gruixuda i complexa. Si es produeix un esquinçament total de la placa plantar, el tendó flexor pot aparèixer subluxat, freqüentment cap a medial.

6.10.3 Tumoracions

Ganglió:

- A l'avantpeu, freqüentment associat amb la beina del tendó flexor, superficial a la placa plantar; tot i que també es poden estendre des de l'articulació.
- *Pham H et al*^[55] descriuen una forma oval i ben definida amb parets de gruix variable. Acostumen a aparèixer completament anecoics o hipoeoics amb septes interns. *Erikson SJ*^[56] afirmen que és freqüent visualitzar el 'signe de la larva', que representa l'estretament del quist a prop del lloc d'origen.

Fibrosi intermetatarsiana / neuroma:

- Associat, freqüentment, al tercer espai intermetatarsià i, seguidament, al segon. Segons *Rockett MS*^[57] i *Lin J et al*^[58], la massa s'acostuma a orientar paral·lela a l'eix longitudinal dels metatarsians, profund als músculs interossis i distal al lligament intermetatarsià.
- *Shapiro PP et al*^[59] descriuen unes lesions arrodonides hipoeoiques que no són comprimibles i que, en alguns casos, es pot identificar el nervi seguidament a la lesió. *Read JW et al*^[60] afirma que qualsevol teixit anormal a l'espai intermetatarsià que mesura igual o més de 3mm de gruix dors-plantar és diagnòstic de neuroma.

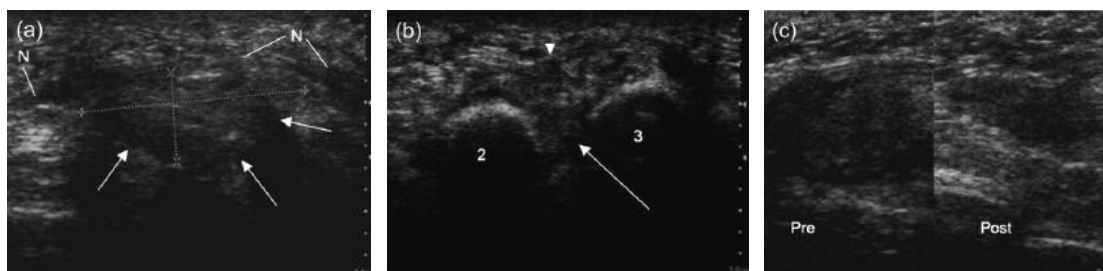


Figura 24. N, nerve. **a)** Imatge ecogràfica longitudinal del segon espai intermetatarsià (visió plantar). Observem una llarga massa heterogènia, elongada i no comprimible (fletxa blanca) adjacent al nervi digital que correspon a un neuroma de Morton moderat. **b)** Imatge ecogràfica transversal de la mateixa regió que mostra canvis més subtils, amb una regió no comprimible moderadament hipoeoica respecte a la resta d'estructures normals i que se situa entre els caps metatarsians (fletxa blanca). Observem també una regió fibrosa (cap de fletxa blanca) que roman superficial a l'anterior. **c)** Imatge ecogràfica longitudinal del tercer espai intermetatarsià (visió plantar). Observem una massa ovalada heterogènia durant la pre-compresió i la post-compresió (a la qual es veu reduït el seu volum, a causa de la presència d'una bursitis intermetatarsiana situada dorsalment a la fibrosi).

6.11 Tractament

6.11.1 Tractament conservador

Yu GV et al^[4] afirmen que l'objectiu del tractament conservador és prevenir la progressió de la deformitat i disminuir la simptomatologia del pacient i que, per fer-ho, és molt recomanable la utilització combinada de diverses modalitats de tractament.



Figura 25. Mètodes de tractament conservador.

Coughlin MJ et al^[31], Mann RA et al^[32], Mizel MS et al^[61] i Postema K et al^[62] han descrit una gran diversitat de tractaments conservadors per tractar la inestabilitat de la segona articulació metatars-falàngica, tot i que la mostra utilitzada en tots els estudis no era científicament significativa:

'Taping': l'objectiu de l'embenat és assegurar el dit en una posició neutra i proveir-li estabilitat, la qual permet una reducció de la inflamació i, doncs, de la simptomatologia, sobretot en els estadis inicials. Tot i això, segons Coughlin MJ^[31], els embenats perllongats no corregeixen la deformitat digital i poden provocar un edema crònic o una ulceració al dit.

Coughlin MJ et al^[17] descriu set casos de tractament amb embenat i modificació de l'activitat diària, la majoria dels quals van presentar una disminució en la progressió de la deformitat, tot i que continuaven presentant símptomes de dolor.

Ferulització digital: *Yu GV et al*^[4] afirmen que l'objectiu d'aquest tractament és mantenir l'alineació anatòmica digital. Es tracta d'un tipus de tractament que s'utilitza durant molt mesos, però l'abandonament precoç d'aquest acostuma a donar lloc a una subluxació progressiva i una luxació de l'articulació metatars-falàngica. Això dona lloc a que es produeixi una contractura secundària de l'extensor llarg dels dits amb una contractura dorsal de la càpsula articular. Doncs, un cop s'ha perdut la flexibilitat i la reductibilitat de la deformitat, la correcció quirúrgica esdevé l'únic tractament.

Medicació antiinflamatòria: l'objectiu dels AINE's i dels corticoides és disminuir el desconfort provocat per la inflamació de l'articulació metatars-falàngica simptomàtica.

Mann RA et al^[32] van tractar 7 pacients amb AINE's, conjuntament amb una modificació del calçat afegint un gruix extra a la sola. Només 1 pacient va respondre positivament al tractament, la resta van progressar a la correcció quirúrgica de la deformitat.

Trepman E et al^[63] van tractar 15 articulacions inestables que presentaven sinovitis amb una injecció de corticoides i la utilització d'un calçat amb una sola de balancí. 14 pacients dels quals van esdevenir asimptomàtics i només 1 va ser derivat a cirurgia. Doncs, afirmen que la combinació d'aquests dos tractaments són molt útils en pacients poc actius i que acceptin bé la modificació del calçat. Tot i la bona efectivitat i seguretat dels corticoides orals, *Reis ND et al*^[64] i *Noyes FR et al*^[65] van insistir en els importants efectes adversos que poden aparèixer en les infiltracions periarticulares de corticoides (4mg de metilprednisona), referint-se a la destrucció dels fibròcits del lligaments i la disminució de les forces tensives dels diferents teixits, específicament de la placa plantar. Doncs, en els casos en què són expressament necessàries aquestes infiltracions, recomanen la utilització de la mínima dosi efectiva d'una salt fosfat, no sobrepasant mai 2-3 infiltracions/any. Tanmateix, *Yu GV et al*^[4] recomanen la combinació d'aquest tractament amb un embenat per tal de mantenir el dit en la correcta posició i prevenir una possible luxació progressiva.

Suports plantars: *Trepman E et al*^[63] i *Yu GV et al*^[4] afirmen que l'objectiu dels suports plantars és, mitjançant una descàrrega retrocapital, estabilitzar la falange proximal en una direcció plantar a nivell de l'articulació metatars-falàngica per tal

d'augmentar la funció de la placa plantar i prevenir la hiperextensió o la migració dorsal de la falange proximal. La utilització de materials d'amortització a la zona dels caps metatarsians també pot disminuir els símptomes que afecten l'articulació metatars-falàngica i, si s'hi afegeix un "cut-out" a nivell de l'articulació, encara es podrà disminuir més l'estrès a nivell del cap metatarsià.

També és essencial tractar totes aquelles alteracions biomecàniques que puguin empitjorar o complicar el quadre clínic que presenta el pacient (insuficiències de radis externs, alteracions de la fàscia plantar, peu equí...).

Modificacions del calçat: *Fortin PT et al*^[66], *Mizel MS et al*^[61], *Thompson FM et al*^[26] i *Trepman E et al*^[63] afirmen que els pacients que no han presentat un benefici suficient amb els tractaments conservadors o que no són candidats per la cirurgia, poden presentar una millora de la seva simptomatologia modificant el seu calçat: utilitzar una gruix extra a la sola de les sabates per tal d'acomodar la deformitat digital, combinat amb la utilització d'una sola amb balancí a fi de disminuir les forces que rep l'articulació metatars-falàngica durant la propulsió.

Teràpia física i manipulacions: *Yu GV et al*^[4] afirmen que la utilització d'aquestes alternatives de tractament ajuden a disminuir la tensió de les contractures dels teixits dorsals i a disminuir la inflamació de l'articulació.

6.11.2 Tractament quirúrgic

Coughlin MJ^[24], *Trnka HJ et al*^[67], *LA Ford et al*^[68], entre d'altres autors, han descrit múltiples tècniques quirúrgiques que poden corregir la deformitat un cop ja ha fracassat el tractament conservador. Mentre que existeix una gran diversitat de procediments quirúrgics, l'objectiu principal d'aquests procediments és alliberar les contractures periarticulars i descomprimir l'articulació metatars-falàngica per restablir l'alineació digital. Actualment, el tractament quirúrgic es focalitza en restaurar la funció de la placa plantar i alliberar la contractura de les estructures dorsals. Com ja s'ha comentat anteriorment, molts autors han determinat la importància de la placa plantar i dels lligaments colaterals en l'estabilització de l'articulació metatars-falàngica i han desenvolupat procediments per corregir la deformitat a aquest nivell. Tot i això, el disseny i l'extensió de la cirurgia variarà segons el grau i el temps d'evolució de la deformitat.

Girdlestone GR^[69], al 1947, va ser un dels primers autors que va determinar la reducció de la luxació metatars-falàngica transferint el tendó flexor llarg a l'aspecte dorsal de la falange proximal.

Kuwada GT et al^[70], al 1980, van popularitzar la transferència del tendó flexor llarg a l'aspecte dorsal a través d'uns orificis al coll de la falange proximal.

Cracchiolo A et al^[30], al 1988, van reportar 28 casos d'artroplasties amb implants de silicona, un 88% dels quals van presentar bons resultats. Les lesions de transferència van ser les complicacions més freqüents d'aquest procediment.

Deland JT et al^[71], al 1992, van determinar la importància dels lligaments colaterals en l'estabilització de l'articulació metatars-falàngica i van proposar fer un empelt d'una part del tendó interossi per reforçar el lligament colateral debilitat. Van demostrar l'augment del rang de moviment de l'articulació en comparació amb una transferència del tendó flexor i la possibilitat de controlar el pla transvers d'alineació dels dits.

Ruch JA^[72], al 1995, va descriure dos procediments diferents en què el tendó extensor curt del segon dit era transferit per restablir la balança múscul-tendó a l'articulació.

Schuberth JM et al^[73], al 1997, van modificar la tècnica popularitzada per *Kuwada GT et al* duent a terme els orificis a nivell de la base de la falange proximal.

Ford LA et al^[68], al 1998, ja van advocar per la reparació directa de la placa plantar per tal de corregir la deformitat. Van demostrar que la seva reparació era tan efectiva com la transferència del tendó flexor en l'estabilització de l'articulació metatars-falàngica. Tot i això, van acabar demostrant que la utilització conjunta d'ambdues tècniques era encara més efectiva.

Coughlin MJ et al^[24], al 1999, van recomanar la recol·locació de l'articulació metatars-falàngica a través d'una resecció parcial del cap metatarsià i l'alliberament de les estructures periarticulares contracturades en casos severes de luxació de l'articulació.

Trnka HJ et al^[67], al 1999, van concloure que l'osteotomia de Weil era molt més efectiva en el manteniment de l'articulació metatars-falàngica en una correcta posició gràcies a l'estabilitat de les seves fixacions internes.

Powless SH et al^[74], al 2001; *Blitz NM et al*^[75], al 2004; *Gregg J et al*^[28], al 2007; i *Bouche RT et al*^[37], al 2008; han descrit la reparació directa de la placa plantar.



Figura 26. Demostració gràfica de la sutura de la placa plantar amb un passador petit de sutures.

Coughlin MJ et al^[22], *Kaz AJ et al*^[25], entre d'altres autors, han determinat que les tècniques quirúrgiques més freqüents, actualment, són la sinovectomia, l'alliberació de teixits tous, les transferències tendinoses i les descompressions òssies amb osteotomies distals.

Joseph R et al^[76], al 2012, determinen que la fusió metatars-falàngica és una opció de tractament viable per la inestabilitat de l'articulació metatars-falàngica dels radis menors associada a una deformitat en dit en martell i elimina la necessitat de dur a terme una reparació concomitant de la placa plantar o una transferència del tendó flexor. Els autors afirmen que el dolor va disminuir molt i que aquesta tècnica no limita la utilització de calçat i no requereix de la utilització de suports plantars.

Chalayan O et al^[15], al 2013, van determinar la relació entre la lesió de la placa plantar i l'aparició d'una inestabilitat significant a l'articulació metatars-falàngica i l'efectivitat de dues de les tècniques més emprades en l'actualitat: l'osteotomia de Weil només és efectiva si la placa plantar no es troba esquinçada; contràriament, aquesta osteotomia no té cap efecte en l'estabilitat articular. En canvi, la transferència del tendó flexor llarg augmenta l'estabilitat de l'articulació en la flexió dorsal; però combinada amb l'osteotomia de Weil, torna a l'articulació casi la completa estabilitat front la subluxació dorsal i les forces de flexió dorsal.

7. DISCUSSIÓ

La placa plantar és una estructura fibrocartilaginosa que rep la funció de resistir les forces de compressió i tensió a nivell de l'avantpeu. Són diversos els autors que han estudiat la seva anatomia, però han estat *Deland JT et al*^[6] qui han dut a terme realment el seu detallament. Segons *Gregg J et al*^[1], macroscòpicament, en una secció transversal, es presenta com una estructura en forma de 'tassa', lleugerament aplanada per la seva base central. Les vores resten poc definides ja que es combinen amb els lligaments colaterals. Microscòpicament, els feixos de col·lagen tipus 1 de la placa plantar apareixen orientades en la direcció de major tensió. Els feixos de col·lagen apareixen separats per septes de teixit connectiu amb grups intercalats de condrocits. Diferents autors descriuen la composició i distribució histològica a les diferents parts de la placa plantar.

Pel que fa la Síndrome d'instabilitat de l'articulació metatars-falàngica del segon radi, són molts els autors que hi fan referència, però són *Peck CN et al*^[16], entre d'altres, qui la descriuen com una subluxació o luxació progressiva i dolorosa de la base de la falange proximal al cap metatarsià, com a resultat de l'alteració de les estructures periarticulars que estableixen l'articulació; en particular, la placa plantar. De fet, *Hatch DJ et al*^[27] van proporcionar la descripció del procés patològic de la luxació dorsal-medial del dit després de l'alteració de la placa plantar mitjançant la dissecció anatòmica de set cadàvers que presentaven un supraductus del segon dit sobre del primer. *Branch HE*^[18] va determinar que es tractava d'una patologia amb una major incidència en el sexe femení, específicament en les dones de mitjana edat amb un estil de vida sedentari; tot i que també s'observa en la població atlètica masculina. Segons *Coughlin MJ*^[31] i *Thompson FM et al*^[26], l'etiologia d'aquesta patologia resta poc detallada i pot ésser multifactorial; tot i això, determinen que la inflamació perllongada a l'articulació resulta clau pel seu desenvolupament. Són diversos els autors que han detallat la presentació clínica d'aquesta patologia, en estadis inicials i finals (incloent-hi les classificacions fetes per *Coughlin MJ et al*^[22] sobre la instabilitat de l'articulació metatars-falàngica i el patró de lesió de la placa plantar); però són *Thompson FM et al*^[26], amb el 'test de Lachman'; i *Bouche RT et al*^[37], amb el

'test del paper', qui han descrit les proves físiques essencials per arribar a aquest diagnòstic.

Pel que fa a les proves diagnòstiques, els autors divergeixen una mica en les seves opinions: per una banda, *Yu GV et al*^[4] defensen la RX com la prova diagnòstica més pràctica gràcies a la seva fàcil valoració. Per altra banda, *Nery C et al*^[29] i *Sung W et al*^[39] s'inclinen més per la RM ja que serveix de molta ajuda a l'hora de dur a terme un diagnòstic diferencial amb altres patologies articulars i no articulars. Finalment, *Gregg JM et al*^[44] demostren l'efectivitat de l'US, inclús per sobre de la RM, en el diagnòstic de l'alteració de la placa plantar; una afirmació recolzada per *Borne J et al*^[45] i *Carlson RM et al*^[46], contràriament a la que defensen *Klein EE et al*^[43], els quals, tot i determinar la potència de l'US com a prova alternativa, defensen la RM com la prova essencial en tots els casos. En quant al diagnòstic diferencial, molts autors han descrit, mitjançant proves diagnòstiques, les principals patologies que poden cursar amb presentacions clíniques semblants, però va ser *Gregg JM et al*^[44] qui van establir un protocol ecogràfic de les patologies més freqüents que contribueixen a l'aparició del dolor a aquella regió.

Finalment, s'han descrit múltiples tractaments per enfocar aquesta patologia i, tot i que no hi ha un consens sobre quin és el més ideal, tots els autors coincideixen en què el tractament conservador només va dirigit a prevenir la progressió de la deformitat i disminuir la simptomatologia del pacient; i que el tractament quirúrgic, basat en la restauració de les estructures afectades i en la correcció dels desequilibris biomecànics causants de la patologia, va destinat a recuperar la flexibilitat i la reductibilitat de la deformitat i el correcte funcionament del peu.

8. CONCLUSIONS

Les metatarsàlgies són un dels principals motius de visita que rebem a les consultes podològiques. N'hi ha de molts tipus, cadascuna amb manifestacions clíniques i etiologies molt diverses. Tot i això, una de les presentacions clíniques més freqüents és el dolor a nivell del segon cap metatarsià, conjuntament amb la presència d'alguna queratopatia i una deformitat digital (sobretot el dit en urpa). Aquesta és una de les presentacions més típiques de la Síndrome d'instabilitat del segon radi, una condició patològica que ha de ser correctament diagnosticada per tal de poder efectuar un tractament més precís que el 'convencional'. Un diagnòstic que no inclou tant el reconeixement d'aquesta instabilitat -que també-, sinó el de les estructures alterades que estan donant lloc a aquesta clínica. Doncs, en tant que es tracten d'estructures càpsulo-l·ligamentoses, resulta ideal emprar algun tipus de prova diagnòstica que permeti una correcta i eficaç valoració d'aquestes; per exemple, l'ecografia múscul-esquelètica: una tècnica senzilla, ràpida i de baix cost que permet obtenir un diagnòstic precís de les estructures que es troben lesionades i en quin grau ho estan. A més, aquesta prova posseeix un avantatge respecte les altres ja que permet una exploració en dinàmica, la qual pot esdevenir de molta ajuda a l'hora de valorar l'estat de les estructures i la seva funció. Per tant, això ens condueix a pensar que una millora en la precisió dels diagnòstics es traduirà en l'aplicació d'un tractament més adequat i indicat i, en conseqüència, en l'obtenció de millors resultats clínics.

En resum, podem arribar a tres conclusions principals: per una banda, la importància de la precisió dels nostres diagnòstics resulta essencial per tal d'aconseguir el major nombre d'èxits possibles. Per altra banda, els nostres tractaments han de ser indicats per cadascun dels possibles diagnòstics, tenint molt present que, sempre que es pugui, haurem d'intentar restaurar l'estat normal d'aquelles estructures alterades per tal de disminuir al màxim la simptomatologia i tractar aquelles condicions -majoritàriament mecàniques- que hagin conduït a aquesta lesió a fi d'evitar complicacions i possibles futures recidives. Finalment, sabem que l'ecografia pot desenvolupar un paper important en el camp podològic; no només pel seu ampli ventall d'aplicacions, sinó per la seva gran precisió i rapidesa en l'obtenció d'un diagnòstic.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Gregg J, Marks P, Silberstein M, Schneider T, Kerr J. Histologic anatomy of the lesser metatarsophalangeal joint plantar plate. *Surg Radiol Anat.* 2007 Mar;29(2):141-7.
2. Davies MS (2005) *Muscles and fascia of the foot.* In: Standing S (eds) *Gray's anatomy. The anatomical basis of clinical practice,* Elsevier, London, p 1509.
3. Johnston RB 3rd, Smith J, Daniels T. The plantar plate of the lesser toes: an anatomical study in human cadavers. *Foot Ankle Int.* 1994 May;15(5):276-82.
4. Yu GV, Judge MS, Hudson JR, Seidelmann FE. Predislocation syndrome. Progressive subluxation/dislocation of the lesser metatarsophalangeal joint. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002 Apr;92(4):182-99.
5. Sarrafian SK, Kelikian SA. *Anatomy of the Foot and Ankle.* Philadelphia, PA: J.B. Lippincott; 1992.
6. Deland JT, Lee KT, Sobel M, DiCarlo EF. Anatomy of the plantar plate and its attachments in the lesser metatarsal phalangeal joint. *Foot Ankle Int.* 1995 Aug;16(8):480-6.
7. Hellio Le Graverand MP, Ou Y, Schield-Yee T, Barclay L, Hart D, Natsume T, Rattner JB. The cells of the rabbit meniscus: their arrangement, interrelationship, morphological variations and cytoarchitecture. *J Anat.* 2001 May;198(Pt 5):525-35.
8. De Carvalho HF. Understanding the biomechanics of tendon fibrocartilages. *J Theor Biol.* 1995 Feb 7;172(3):293-7.
9. Petersen W, Petersen F, Tillmann B. Structure and vascularization of the acetabular labrum with regard to the pathogenesis and healing of labral lesions. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003 Jul;123(6):283-8.
10. Umans HR, Elsinger E. The plantar plate of the lesser metatarsophalangeal joints: potential for injury and role of MR imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2001 Aug;9(3):659-69, xii.
11. Lewis AR, Nolan MJ, Hodgson RJ, Benjamin M, Ralphs JR, Archer CW, Tyler JA, Hall LD. High resolution magnetic resonance imaging of the proximal interphalangeal joints. Correlation with histology and production of a three-dimensional data set. *J Hand Surg Br.* 1996 Aug;21(4):488-95.
12. Ker RF. The design of soft collagenous load-bearing tissues. *J Exp Biol.* 1999 Dec;202(Pt 23):3315-24.
13. Messner K, Gao J. The menisci of the knee joint. Anatomical and functional characteristics, and a rationale for clinical treatment. *J Anat.* 1998 Aug;193 (Pt 2):161-78.
14. Vogel KG (1995) *Fibrocartilage in tendon: A response to compressive load.* In: Gordon SL, Blair SJ, Fine LJ (eds). *Repetitive motion disorders of the upper extremity,* American academy of orthopaedic surgeons; Rosemont, pp 205-215.
15. Chalayan O, Chertman C, Guss AD, Saltzman CL, Nickisch F, Bachus KN. Role of plantar plate and surgical reconstruction techniques on static stability of lesser metatarsophalangeal joints: a biomechanical study. *Foot Ankle Int.* 2013 Oct;34(10):1436-42.
16. Peck CN, Macleod A, Barrie J. Lesser metatarsophalangeal instability: presentation, management, and outcomes. *Foot Ankle Int.* 2012 Jul;33(7):565-70.
17. Coughlin MJ. Crossover second toe deformity. *Foot Ankle.* 1987 Aug;8(1):29-39.
18. Branch, HE: *Pathological Dislocation of the Second Toe.* *J. Bone Joint Surg.* 37-A:978-984, 1937.
19. Rao JP, Banzon MT. Irreducible dislocation of the metatarsophalangeal joints of the foot. *Clin Orthop Relat Res.* 1979 Nov-Dec;(145):224-6.
20. Deland JT, Sung IH. The medial crossover toe: a cadaveric dissection. *Foot Ankle Int.* 2000 May;21(5):375-8.

21. Doty JF, Coughlin MJ. Metatarsophalangeal Joint Instability of the Lesser Toes. *J Foot Ankle Surg.* 2013 Apr 19.
22. Coughlin MJ, Baumfeld DS, Nery C. Second MTP joint instability: grading of the deformity and description of surgical repair of capsular insufficiency. *Phys Sportsmed.* 2011 Sep;39(3):132-41.
23. Miller SJ: "Transverse Plane Metatarsophalangeal Joint Deformity: Another Etiology and Solution," in *Reconstructive Surgery of the Foot and Leg: Update '98*, ed by SJ Miller, KT Mahan, GV Yu, et al, p 124, The Podiatry Institute; Tucker, GA, 1998.
24. Coughlin MJ. Lesser toe deformities. In: Coughlin MJ, Mann CL, Saltzman CL, eds. *Surgery of the Foot and Ankle.* Philadelphia, PA: Mosby Elsevier; 2007:363-464.
25. Kaz AJ, Coughlin MJ. Crossover second toe: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int.* 2007 Dec;28(12):1223-37.
26. Thompson FM, Hamilton WG. Problems of the second metatarsophalangeal joint. *Orthopedics.* 1987 Jan;10(1):83-9.
27. Hatch DJ, Burns MJ. An anomalous tendon associated with crossover second toe deformity. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1994 Mar;84(3):131-2.
28. Gregg, J; Silberstein, M; Clark, C; Schneider, T: Plantar plate repair and Weil osteotomy for metatarsophalangeal joint instability. *Foot Ankle Surg* 13:116-21, 2007.
29. Nery C, Coughlin MJ, Baumfeld D, Mann TS. Lesser metatarsophalangeal joint instability: prospective evaluation and repair of plantar plate and capsular insufficiency. *Foot Ankle Int.* 2012 Apr;33(4):301-11.
30. Cracchiolo A 3rd, Kitaoka HB, Leventen EO. Silicone implant arthroplasty for second metatarsophalangeal joint disorders with and without hallux valgus deformities. *Foot Ankle.* 1988 Aug;9(1):10-8.
31. Coughlin MJ. Subluxation and dislocation of the second metatarsophalangeal joint. *Orthop Clin North Am.* 1989 Oct;20(4):535-51.
32. Mann RA, Mizel MS: Monoarticular synovitis of the metatarsophalangeal joint: a new diagnosis? *Foot Ankle* 6:18, 1985.
33. Root ML, Orien WP, Weed JH: *Normal and Abnormal Function of the Foot*, p 218, Clinical Biomechanics Corp, Los Angeles, 1977.
34. Cooper PS: "Disorders and Deformities of the Lesser Toes," in *Foot and Ankle Disorders*, Vol 1, ed by MS Myerson, p 308, WB Saunders, Philadelphia, 2000.
35. Duvries HL. Dislocation of the toe. *JAMA.* 1956;160:728.
36. Coughlin MJ. When to suspect crossover second toe deformity. *J Musculoskeletal Medicine.* 1987:39-48.
37. Bouché RT, Heit EJ. Combined plantar plate and hammertoe repair with flexor digitorum longus tendon transfer for chronic, severe sagittal plane instability of the lesser metatarsophalangeal joints: preliminary observations. *J Foot Ankle Surg.* 2008 Mar-Apr;47(2):125-37.
38. Yao L, Cracchiolo A, Farahani K, Seeger LL. Magnetic resonance imaging of plantar plate rupture. *Foot Ankle Int.* 1996 Jan;17(1):33-6.
39. Sung W, Weil L Jr, Weil LS Sr, Rolfes RJ. Diagnosis of plantar plate injury by magnetic resonance imaging with reference to intraoperative findings. *J Foot Ankle Surg.* 2012 Sep-Oct;51(5):570-4.
40. Gregg JM, Silberstein M, Schneider T, Kerr JB, Marks P. Sonography of plantar plates in cadavers: correlation with MRI and histology. *AJR Am J Roentgenol.* 2006 Apr;186(4):948-55.
41. Karpman RR, MacCollum MS 3rd. Arthrography of the metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle.* 1988 Dec;9(3):125-9.
42. Bianchi S, Martinoli C, Derchi LE. *Ecografía musculoesquelética.* 1a ed. Madrid: Marbán; 2011.
43. Klein EE, Weil L Jr, Weil LS Sr, Knight J. Musculoskeletal ultrasound for preoperative imaging of the plantar plate: a prospective analysis. *Foot Ankle Spec.* 2013 Jun;6(3):196-200.

44. Gregg J, Silberstein M, Schneider T, Marks P. Sonographic and MRI evaluation of the plantar plate: A prospective study. *Eur Radiol.* 2006 Dec;16(12):2661-9.
45. Borne J, Bordet B, Fantino O, Bousquet JC, Coillard JY, Pialat JB. [Plantar plate and second ray syndrome: Normal and pathological US imaging features and proposed US classification]. *J Radiol.* 2010 May;91(5 Pt 1):543-8. French.
46. Carlson RM, Dux K, Stuck RM. Ultrasound imaging for diagnosis of plantar plate ruptures of the lesser metatarsophalangeal joints: a retrospective case series. *J Foot Ankle Surg.* 2013 Nov-Dec;52(6):786-8.
47. Deland JT, Lee KT, Sobel M, DiCarlo EF. Anatomy of the plantar plate and its attachments in the lesser metatarsal phalangeal joint. *Foot Ankle Int.* 1995 Aug;16(8):480-6.
48. Brown RR, Sadka Rosenberg Z, Schweitzer ME, Sheskier S, Astion D, Minkoff J. MRI of medial malleolar bursa. *AJR Am J Roentgenol.* 2005 Mar;184(3):979-83. Standing, Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. 40th ed. New York, NY: Churchill Livingstone; 2009.
49. Iagnocco A, Coari G, Palombi G, Valesini G. Sonography in the study of metatarsalgia. *J Rheumatol.* 2001 Jun;28(6):1338-40.
50. Pettersson H. *Encyclopaedia of medical imaging, vol. VII.* Oslo: NICER, 2001.
51. Grassi W, Filippucci E, Farina A, Cervini C. Sonographic imaging of tendons. *Arthritis Rheum.* 2000 May;43(5):969-76. Review.
52. Koski JM. Ultrasonography of the metatarsophalangeal and talocrural joints. *Clin Exp Rheumatol.* 1990 Jul-Aug;8(4):347-51.
53. Marcelis S, Daenen B, Ferrara MA. *Peripheral Musculoskeletal Ultrasound Atlas, 1st edn.* Thieme Medical Publishers, Inc., New York, 1996.
54. Fornage BD, Rifkin MD. Ultrasound examination of the hand and foot. *Radiol Clin North Am.* 1988 Jan;26(1):109-29. Review.
55. Pham H, Fessell DP, Femino JE, Sharp S, Jacobson JA, Hayes CW. Sonography and MR imaging of selected benign masses in the ankle and foot. *AJR Am J Roentgenol.* 2003 Jan;180(1):99-107.
56. Erikson SJ. Sonography of the foot and ankle. *Foot Ankle Clin* 2000; 5: 29-48.
57. Rockett MS. The use of ultrasound in the foot and ankle. *J Am Podiatr Med Assoc* 1999; 89: 331-8.
58. Lin J, Fessell DP, Jacobson JA, Weadock WJ, Hayes CW. An illustrated tutorial of musculoskeletal sonography: part 3, lower extremity. *AJR Am J Roentgenol.* 2000 Nov;175(5):1313-21.
59. Shapiro PP, Shapiro SL. Sonographic evaluation of interdigital neuromas. *Foot Ankle Int.* 1995 Oct;16(10):604-6.
60. Read JW, Noakes JB, Kerr D, Crichton KJ, Slater HK, Bonar F. Morton's metatarsalgia: sonographic findings and correlated histopathology. *Foot Ankle Int.* 1999 Mar;20(3):153-61.
61. Mizel MS, Michelson JD. Nonsurgical treatment of monarticular nontraumatic synovitis of the second metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle Int.* 1997 Jul;18(7):424-6.
62. Postema K, Burm PE, Zande ME, Limbeek Jv. Primary metatarsalgia: the influence of a custom moulded insole and a rockerbar on plantar pressure. *Prosthet Orthot Int.* 1998 Apr;22(1):35-44.
63. Trepman E, Yeo SJ. Nonoperative treatment of metatarsophalangeal joint synovitis. *Foot Ankle Int.* 1995 Dec;16(12):771-7.
64. Reis ND, Karkabi S, Zinman C. Metatarsophalangeal joint dislocation after local steroid injection. *J Bone Joint Surg Br.* 1989 Nov;71(5):864.
65. Noyes FR, Nussbaum NS, DeLucas JL, ET AL. Biomechanical and ultrastructural changes in ligaments and tendons after corticosteroid injection. *J Bone Joint Surg Am* 57: 876, 1975.
66. Fortin PT, Myerson MS. Second metatarsophalangeal joint instability. *Foot Ankle Int.* 1995 May;16(5):306-13. Review.

67. Trnka HJ, Mühlbauer M, Zettl R, Myerson MS, Ritschl P. Comparison of the results of the Weil and Helal osteotomies for the treatment of metatarsalgia secondary to dislocation of the lesser metatarsophalangeal joints. *Foot Ankle Int.* 1999 Feb;20(2):72-9.
68. Ford LA, Collins KB, Christensen JC. Stabilization of the subluxed second metatarsophalangeal joint: flexor tendon transfer versus primary repair of the plantar plate. *J Foot Ankle Surg.* 1998 May-Jun;37(3):217-22.
69. Girdlestone GR: *Physiotherapy for the hand and foot.* J Chartered Soc Physiotherapy 32: 167, 1947.
70. Kuwada GT, Dockery GL. Modification of the flexor tendon transfer procedure for the correction of flexible hammertoes. *J Foot Surg.* 1980 Spring;19(1):38-40.
71. Deland JT, Sobel M, Arnoczky SP, Thompson FM. Collateral ligament reconstruction of the unstable metatarsophalangeal joint: an in vitro study. *Foot Ankle.* 1992 Sep;13(7):391-5.
72. Ruch JA: "A Surgical Technique for the Repair of the Predislocation Syndrome," in *Reconstructive Surgery of the Foot and Leg: Update '97*, ed by NS Vickers, SJ Miller, KT Mahan, et al, p 7, The Podiatry Institute, Tucker, GA, 1997.
73. Schuberth JM, Jensen R: "Flexor Digitorum Longus Transfer for Second Metatarsophalangeal Joint Dislocation/Subluxation," in *Reconstructive Surgery of the Foot and Leg: Update '97*, ed by NS Vickers, SJ Miller, KT Mahan, et al, p 11, The Podiatry Institute, Tucker, GA, 1997.
74. Powless SH, Elze ME. Metatarsophalangeal joint capsule tears: an analysis by arthrography, a new classification system and surgical management. *J Foot Ankle Surg.* 2001 Nov-Dec;40(6):374-89.
75. Blitz NM, Christensen JC, Ford LA. Plantar plate ruptures of the second metatarsophalangeal joint. *J Foot Ankle Surg.* 2002 Mar-Apr;41(2):138-9; author reply 139-41.
76. Joseph R, Schroeder K, Greenberg M. A retrospective analysis of lesser metatarsophalangeal joint fusion as a treatment option for hammertoe pathology associated with metatarsophalangeal joint instability. *J Foot Ankle Surg.* 2012 Jan-Feb;51(1):57-62.

10. AGRAÏMENTS

L'elaboració d'aquest Treball de Fi de Grau és el resultat de l'esforç i dedicació del graduat, però no hagués resultat possible dur-lo a terme sense l'ajuda d'aquelles persones que, d'una manera o una altra, han participat en la seva elaboració. En especial, donar les gràcies al Prof. Artur Crespo Martínez pel seu recolzament, l'ajuda, els consells i el temps dedicat al treball.

