

# Introducció a la biomecànica del peu (VI)

**M. RUEDA**

**Podòleg.**

**Centre d'Estudis del Peu.  
Professor de la Univ. Internacional de Catalunya. Escola Gimbernat**

CORRESPONDÈNCIA:

Martin Rueda

Avda. Generalitat, 5, 4ª Planta

08922 – Sta. Coloma de Gramenet

e-mail:martinrueda@martinrueda.com

Número corresponent al sisé d'una sèrie d'articles monogràfics dedicats a la anatomia i funcionalitat del peu.

Hem comptat amb la col·laboració d'un prestigiós especialista en aquesta matèria, el Sr. Martín Rueda, autor d'una extensa obra referent al peu i reputat professional en aquest camp.

Aquesta sèrie d'articles abarcarà diversos números de la revista i constituirà en conjunt un petit tractat de anatomia funcional i biomecànica del peu.

## PATOMECANICA DEL PRIMER I SEGON RADI

Durant anys s'ha sostingut la teoria de l'arc anterior del metatars que donava més protagonista en estàtica als metatarsians primer i cinquè, i que era la conseqüència de considerar el peu com un trípede o volta.

Altres interpretacions més dinàmiques li assignaven la teoria helicoida en la qual els metatarsians extrems practiquen moviments en sentit vertical, girant sobre un punt més fix que correspondria a la paleta central que es considera més estable.

Entre una teoria, la del trípede, més estàtica i l'altra, la de la hèlix més dinàmica existeix un ampli ventall de possibilitats en les que juga un paper molt important, com he anotat abans, no només la longitud dels diferents segments, sinó l'orientació de l'articulació metatarsiana molt vinculada a l'angle de detorsió de l'astràlag, a les posicions del retropeu i a les alteracions torsionals de l'extremitat.

L'observació ralentitzada de cada pas, descomposant el temps de recolzament global del metatars en fraccions corresponents als recolzaments individualitzats de cada palanca, amb quantificació de les seves càrregues, unida als estudis i observacions relatius a la mecànica dinàmica dels metatars relacionats amb els angles de torsió de l'extremitat i el comportament segmentari dinàmic, ens porta actualment a prendre aquelles observacions primàries mecàniques única-

ment com a punt de referència per a estudis, però mai com normativa d'interpretació clínica.

El concepte biomecànic de l'avantpeu ha d'anar més enllà i per a la seva comprensió hem de ser més rigorosos en la interpretació analítica del gest.

He sostingut la teoria del recolzament individualitzat i especialitzat de cada subpalanca durant l'execució d'un pas, així com la cadència perimetral anterior en els recolzaments dels caps metatarsians durant els moments de recolzament sobre l'avantpeu.

És veritat que en superfícies uniformes i llises, i veient l'empremta en el podoscopi convencional no podem, de cap manera, arribar a veure la complexitat mecànica del recolzament. També és cert que les referències de recolzaments canvien constantment segons diversos factors com ara les saba-

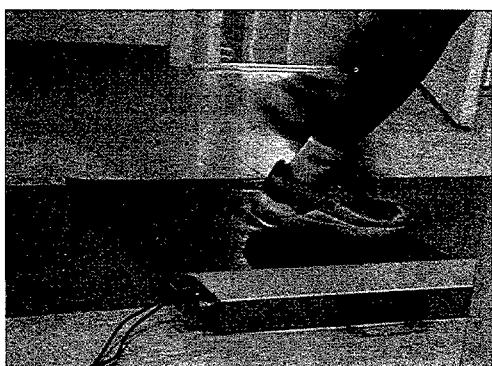
En un podoscopi convencional no és possible visualitzar les zones de pressions



Els sistemes informàtics òptics ens ofereixen les superfícies de càrrega diferenciades en escales colorimètriques



Els sistemes de sensors permeten la quantificació de càrregues per unitat de superfície, a més a més d'altres paràmetres, però tenen menys resolució que els òptics



tes, les inclinacions del terra, la velocitat de la persona, etc., però fent coincidir la interpretació anatòmica plàstica de l'estructura òssia amb els eixos de moviments de l'extremitat i uns conceptes bàsics biomecànics, així com l'experiència diària amb l'ús d'un sistema de visió artificial computeritzats i plataformes de sensors, s'arriba a unes conclusions o interpretacions bioclíniques lògiques.

El primer radi constitueix l'arc amortidor del peu, d'aquí la seva complexitat mecànica i riquesa muscular. Per entendre la seva patologia hem de valorar no només el recolzament de l'avantpeu en el moment de l'impuls, que depèn del moment unipodal, sinó tota la seqüència donada la seva importància en la fase de recolzament unipodal, on és l'amortidor dinàmic i el convertidor d'una força lateral a anterior.

En el moment de recolzament unipodal, la pronació posa en tensió les estructures muscular i lligaments de l'arc interior que resulta deformat.

Quan iniciem l'elevació del taló del terra per convertir el peu en palanca simple o de força, exercim una forta pressió sobre l'avantpeu en el seu conjunt; però quan seguim aixecant el taló, s'inicia l'enlairament dels metatarsians a partir del cinquè per acabar amb el tou del primer dit i el cap del segon metatars.

Comencem en el moment previ a abandonar el terra i observem els elements que intervenen: per una part, tenim

En la fase d'impuls sobre l'avantpeu, el peu equival a una palanca



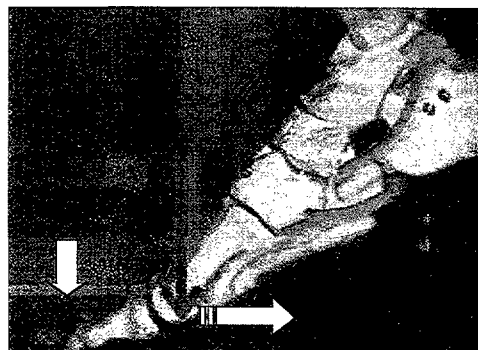
el segon metatars que hem considerat el més fix i hipomòbil dels cinc i, per altra, el primer radi i, seguidament, el tou del primer dit, com més mòbil i la part més musculada de l'avantpeu.

Recordem que justament en aquest primer radi s'insereixen total o parcialment el 50% dels músculs llargs de la cama: tibial posterior, tibial anterior, peroneo lateral llarg, flexor curt i llarg i extensor del primer dit. Ens trobem, aleshores, davant un binomi d'estabilitat-força que actua com una forquilla, responsable dels darrers recolzaments de l'avantpeu que precedeix a la fase aèria. Per tant, la direcció que aquesta "forquilla" imprimirà al peu, dependrà en primer lloc de la relació de longitud i del comportament mecànic d'ambdues estructures.

El segon metatars, en el seu recorregut anterior, exerceix un rodament sobre el sol mitjançant el qual avança el seu recolzament en una longitud que depèn del perímetre del seu cap, que podem calcular tenint en compte la mesura del seu radi i el seu angle d'enlairament.

No es produeix un lliscament degut a l'efecte de garra del dit com a mecanisme de servoamortidor antero-posterior. Contràriament, el primer meta roda sobre el seu propi rodet

L'acció muscular impedeix que el primer radi de davant, giri sobre la cavitat sesamoidea



sésam-glenoideo sense avançar el seu punt de recolzament, sinó més aviat un moviment en sentit posterior que s'estima, segons estudis, en uns 10 graus. L'objectiu seria reduir la força de xoc intrasegmentària, derivada del moviment anterior del peu.

Per tant, seria un mecanisme retroamortidor servofrè antero-posterior, fet pel qual és imprescindible la funció de recolzament del tou del primer dit, així com la contracció equilibrada del parell tibial posterior-peroneo lateral llarg, com elements que fixen la primera articulació sobre el terra, més els músculs propis del primer dit. Hi ha un altre múscul que té un gran protagonisme en aquest moment: el flexor llarg comú dels dits, que al tenir una direcció de tracció obliqua actua ajudant al tibial posterior, tornant la resultant a fora, facilitant així que quan el primer metatars hagi amortit la càrrega, s'enlairi del terra tornant la càrrega vers el segon, que, per aquesta circumstància, torna a "rodar" discretament a fora, convertint-se conjuntament amb el tou dels dits, en el darrer element de recolzament.

Per tant, podríem dir que el flexor comú dels dits no té acció només sobre els dits sinó sobre tot el peu. Realment, per a una acció exclusiva digital no era necessari un múscul tant gran. Per aquesta circumstància, quan falla el treball digital, es sobrecarrega irremissiblement el cap dels metatarsians, especialment la del segon.

És important recordar que en aquest moment d'equinisme, el primer metatars es veu sensiblement allargat per la situació apical del sesamoideus, fet que no succeeix amb el segon, que manté una longitud constant. També la posició plantar dels sesamoides, en augmentar l'alçada del primer radi sobre el terra, requereix una flexió plantar del dit, incrementant, així, el braç de palanca.

Gràcies a aquest complex mecanisme, el recorregut del peu vers la pronació per amortir la càrrega, es veu concentrat al costat intern del mateix que l'amorteix o conté per convertir-lo en la força explosiva necessària per donar la darrera empenta i llençar el centre de gravetat el més lluny possible.

Quan falla el sistema retroamortidor del primer radi i el segon es sotmet a un mecanisme rotacional sobre el seu eix mentre que el dit es troba recolzat sobre el terra, la càpsula resulta afectada i traccionada excessivament, produint-se amb el temps la subluxació del metatars falàngic.

Paral·lelament, la musculatura intrínseca tracta de compensar-lo augmenta la seva tracció que acaba fatigant els petits músculs, fet pel qual la unitat funcional es trenca i s'inicien els signes evidents de sobrecàrrega amb dolor, inflamació, queratosi i subluxacions.

Veiem, per tant, que la simbiosi del primer i segon radi és un complex sistema de fre, agafada, estabilització i propulsió, el moment de treball del qual al final de la fase de recolzament i inici de l'aèria, és crucial per al desenvolupament del pas. Per aquest motiu, quan es produeixen desajustos estàtics/dinàmics, són els primers afectats; d'aquí ve l'àmplia patologia que presenten, sens dubte, la més freqüent del peu.

També podem contemplar el gran protagonisme muscular en el funcionament del primer radi; per això, quan aquest es veu alterat per postures inadients, com ara el calçat o els desequilibris, no tarden en manifestar la seva inconformitat.

Quan apareixen els símptomes, aquests petits músculs, amb la presència d'instabilitat articular, ja es troben massa forçats com per desequilibrar i és molt difícil aconseguir la seva potenciació, fet pel qual la patologia del primer radi sempre és progressiva, i la cirurgia poques vegades és resolutive a llarg termini, sobretot si en la seva pràctica s'han prioritzat els objectius estètics sobre els biomecànics.

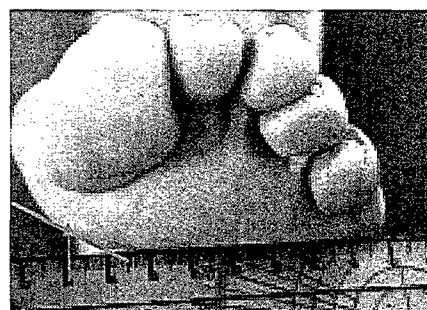
#### DISFUNCIONS DEL PRIMER RADI

No només és important la longitud del primer radi, sinó que hi ha altres alteracions que poden provocar patologia, com són la hiperomotilitat, la dorsiflexió o plantiflexió exagerada, la obliquïtat de la seva articulació amb la primera falca o l'angulació excessiva en relació amb el segon, a més a més de la força prensil del dit.

D'aquesta manera, un metatars que radiològicament pogués resultar suficient, pot tenir una elasticitat excessiva en la seva base o una angulació externa exagerada amb la falca, no poden absorbir l'esforç d'amortiguació, sobrecarregant el segon al permetre més rotació sobre el seu eix.

De la mateixa manera, un metatars excessivament curt, pretén allargar la seva palanca traslladant el punt de recolzament a la interfalàngica, afavorint el hallux limitus/rigidus. Si a més a més d'insuficient anatòmicament és hiperomòbil,

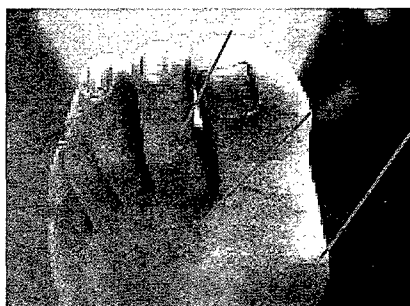
La posició elevada del primer radi sobrecarrega al segon



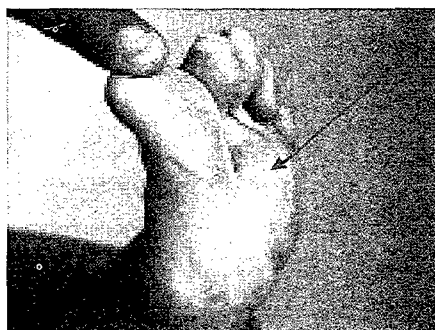
l'alteració més directa serà l'hallux valgus o valgus/limitus, segons la obliqüitat de l'articulació metatars-cuneal, l'estat del migtarsi i l'orientació dels eixos de la cama.

Quan apareix la limitació funcional del metatars falàngic del primer radi, en el moment de l'enlairament hi ha un desplaçament extern amb una supinació exagerada del migtarsià que a l'incrementar el temps de treball en rotació sobre la segona articulació metatars-falàngica acaba luxant-la, apareixent la clinodactília.

L'excreixcència òssia dorsal del primer metatars actua de tope al desplaçament del dit sobre el cap del metatars. El segon radi comença ja a patir les conseqüències



La limitació a la dorsiflexió allarga funcionalment la palanca del primer radi augmentant la pressió intraarticular i potenciant l'aparició d'un limitus



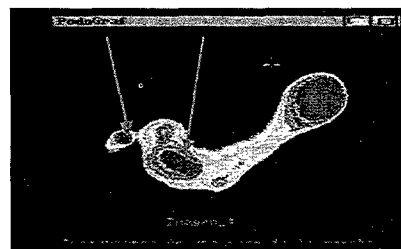
Posició d'elevació del primer radi



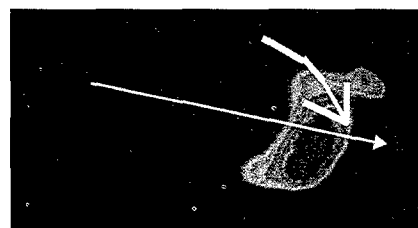
Hallux rigidus incipient: més que l'escurçament anatómic, en aquest cas, l'afectació ve donada per la posició retardada dels sesamoïdeos i la posició d'elevatus del primer metatars



L'empremta en fase unipodal evidencia clarament la disfunció del metatars

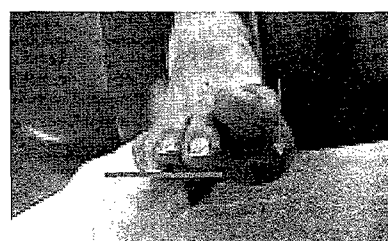


En la mesura que s'enlaira el taló, el dolor obliga a modificar la trajectòria, sobrecarregant en impuls als metatarsians externs al realitzar un moment rotacional extern

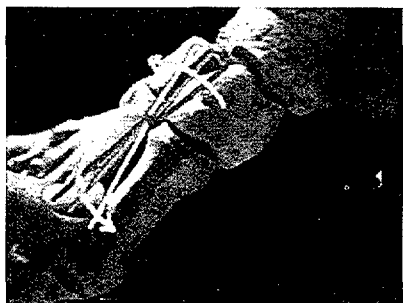


Una altra alteració relativament freqüent del primer radi és la derivada d'alteracions per hiperfunció del mateix, ja sigui per longitud excessiva en relació amb el segon com per flexió plantar incrementada per una pronació del migtarsià o per una rotació interna augmentada en els eixos de la cama: avant-torsió femoral o disminució de l'eix bi-maleolar.

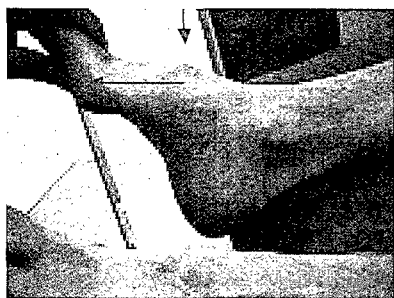
Primer radi en flexió plantar, vista frontal



La situació de plantiflexió del primer radi, produeix la hipertròfia de l'articulació metatars-cuneal



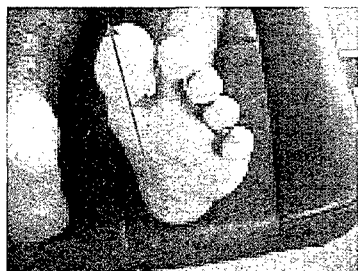
Cavus anterior amb insuficiència del tibial anterior; hiperfunció del peroneo lateral llarg i exostosi metatars-cuneal dorsal



Les alteracions en longitud excessiva produeixen la sobrecàrrega directa del primer radi que generalment es compensa amb l'actitud de supinació de l'avantpeu per reduir la càrrega.

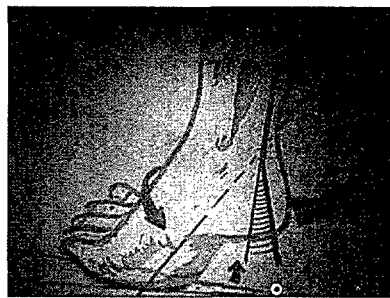
La patologia associada més freqüent en l'hallux rigidus i el tou del primer dit es troba hipertrofiada.

L'índex plus es compensa mecànicament col·locant l'avantpeu en supinació forçada, amb la conseqüent sobrecàrrega del tibial anterior



Quan es tracta d'alteracions en flexió plantar, conseqüència moltes vegades de deficiències del tibial anterior i la conseqüent hiperfunció del peroneo lateral llarg, ens ofereix com primera dada objectiu l'aparença d'un avant-peu pronat i una hiperextensió de la falange del metatars del primer radi. El rodet glenoideu es mostra hipertròfic per la hiperpressió i són freqüents les sesamoiditis. Es tracta de compensar amb la rotació externa la pinça bimaleolar, provocant inestabilitat del turmell i subluxacions dels tendons peroneos en el seu recorregut retromaleolar.

L'intent de minvar la càrrega del primer radi comporta una rotació externa de l'eix bi-maleolar i un varisme

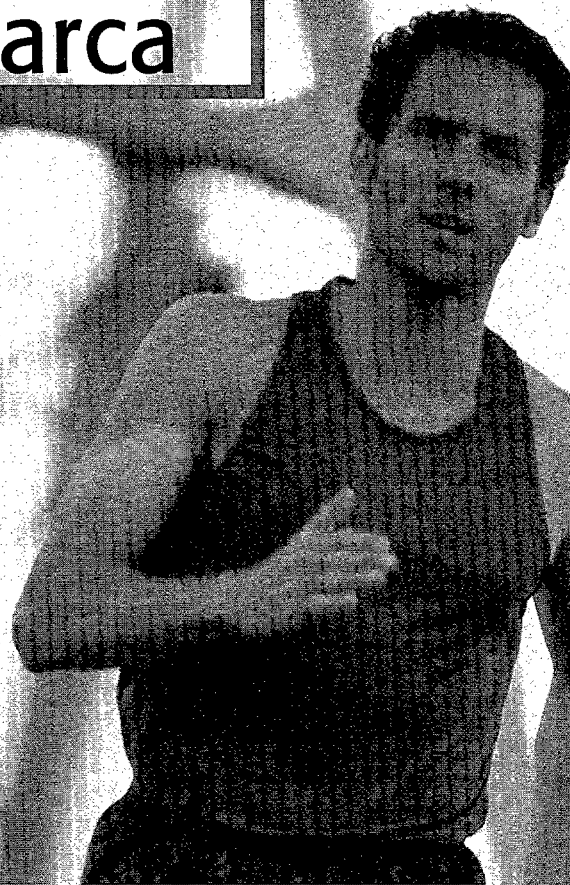


De tot l'exposat, es pot deduir el següent:

- La insuficiència d'un metatars tant pot ser conseqüència de la seva brevetat anatòmica com de la seva hipermobilitat.
- Les insuficiències funcionals del primer radi sobrecarreguen el segon.
- Un primer metatars hiper mòbil s'associa freqüentment a l'hallux valgus.
- Un primer metatars llarg s'associa més a avant-peus supinats i hallux rigidus.
- Un primer metatars curt, sinó és hiper mòbil, s'associa més freqüentment a l'hallux rigidus que al valgus.
- Un primer metatars insuficient, ja sigui per brevetat o per hipofunció, associat a un valgisme, evolucionarà vers l'hallux valgus.
- L'estudi del primer radi mai ha de realitzar-se aïlladament o tenint només en compte l'avantpeu, sinó amb un examen previ de l'extremitat en el seu conjunt.



# El teu millor avantatge la teva millor marca



Gelea Reial, taurina, Inositol i Concentrat de germen de blat de moro ric en policosanols i vit. C

## VITALITY sport

masterfarm

VIA ORAL  
15 sobres líquid

Vitality Sport és l'ajuda ergogènica amb Inositol i Octacosanol, útil en situacions de màxima necessitat energètica. Juntament amb la Taurina, la Gelea Reial i la Vitamina C, és el suplement nutricional que cal triar per aconseguir un rendiment màxim quan es fan esforços físics prolongats.

Una dosi proporciona: 1g de Taurina, 500 mg d' Inositol, 300 mg de Gelea Reial fresca i 7,5 mg de Policosanols, a més de 60 mg de Vitamina C.

Dosi recomanada: 1 sobre el dia

**Vitality Sport 15 sobres líquid**

masterfarm