

Introducció a la biomecànica del peu (V)

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 cinqué 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.

Tal com aprofundim en la biomecànica i molt especialment en la cinètica, veiem que no és fàcil trobar definicions que transmetin amb el suficient rigor la perfecció i la complexitat mecànica de l'avantpeu.

Per això, per redactar aquest capítol i després de consultar diferents bibliografies, el resultat no ha estat tan convincent com desitjava, no només perquè la majoria d'estudis es realitzen en estàtica, essent resums uns dels altres, sinó perquè, a més a més, és molt difícil aplicar fórmules matemàtiques a un complex sistema de sustentació, trasllat i amortiguació, en el qual les referències canvien constantment pel moviment i les condicions en què es realitza, com poden ser caminar, córrer, saltar, canvis de direcció o sols peraltats, mantenint-se, tot i això, una harmonia i un equilibri que constantment desafien les lleis de la cibernètica.

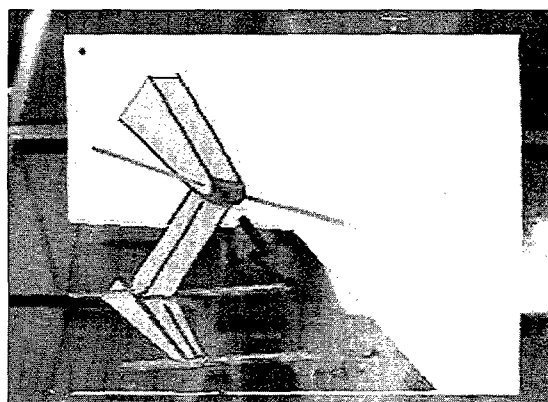
Malgrat això, és imperatiu prendre unes consideracions bàsiques a partir de les que desenvolupa l'estudi.

Així, aquesta és l'explicació més lògica que trobo per desfil·lar una tema àrid i complicat, com el que fa referència a les

alteracions biomecàniques dels nostres peus i, especialment, les que es refereixen a la zona metatars-digital.

Complicat no només per la seva estructura i funció, sinó, perquè, a més a més, la seva valoració és pràcticament impossible, des del moment en què qualsevol alteració en la

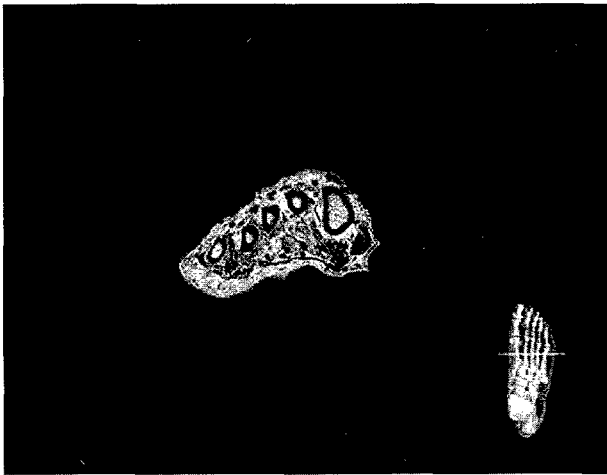
L'alteració de qualsevol part repercuteix en la resta.



postura ens implicarà una readaptació en les estructures veïnes per compensar-la, reduir-la o aïllar-la.

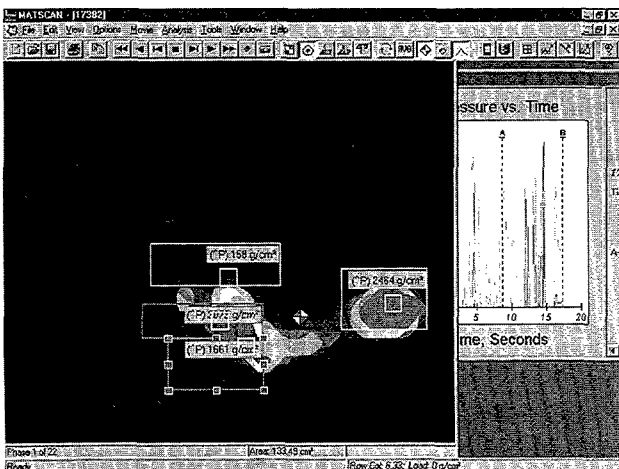
En estàtica, cadascun dels metatarsians, conjuntament amb el tars i el seu dit, constitueix un segment arciforme que aguanta, fixa, esmorteix i propulsa. El conjunt dels cinc radis o segments formaria una hemivolta en sentit proximal, però que es va aplanant distalment fins recolzar-los tots a través dels seus caps, amb una discreta convexitat plantar, el sinus de la qual es situaria a nivell del cap del segon metatarsià.

Transversalment, l'arc metatarsal present en diàfisis proximals, desapareix en el pla de recolzament.



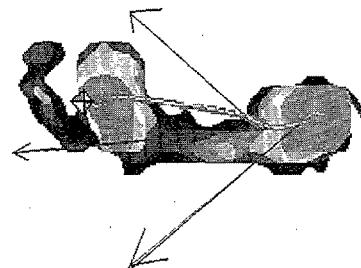
Tot i això, en dinàmica, aquests segments es comporten com cinc palanques que treballen amb una intensitat i durant un temps determinat.

Les modernes plataformes de sensors ens permeten mesurar el temps i la intensitat de càrrega patida per cadascun dels metatarsians, tant en estàtica com en dinàmica.



Aleshores, cadascun dels arcs i, per tant, el conjunt, es troba subjecte a dos tipus de força: de compressió en els elements durs i de distensió en els fibroelàstics, existint una tercera força lateral amb un doble component torsional que correspondria a la fase "d'entreteniment" o direcció interna del centre d'empenyiment, i rebent la màxima compressió quan es produeix el recolzament unipodal, que comença a minvar quan el centre de gravetat del cos passa per sobre de la cúspide de la volta en el seu recorregut anterior (inici de l'alçament del taló) per convertir-se en propulsió i, per tant, en rotació externa en la fase de recolzament sobre l'avantpeu. Aquest mecanisme torsional sotmet a la volta a un intens estirament que estimula als receptors articulars i tendinosomusculars que responen amb una ràpida contracció, especialment del tríceps, dels flexors dels dits i de la musculatura intrínseca, per convertir el peu en palanca. És com si comprimíssim una molla generant una energia que es convertirà en força excèntrica quan acabi la compressió i s'iniciï l'enlairament.

Els estudis en plataformes ens permeten visualitzar la progressió del centre de pressions.



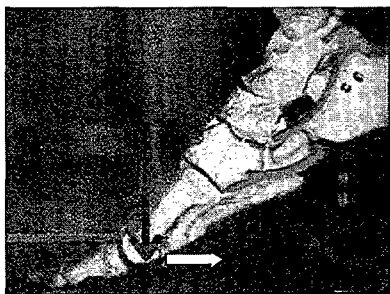
Tanmateix, succeeix que en ser convexa el perímetre anterior del metatars i el primer moment de recolzament en discreta supinació, ni el moment de recolzament ni el de propulsió es realitzen al mateix temps en tots els metatarsians, donat que, a mesura que avança el cos, els caps dels metatarsians es van recolzant seqüencialment primer en direcció interna (moment de caiguda de l'avantpeu sobre el terra) i enlairant-se després (moment d'impuls) seguint mateix ordre que al recolzar. D'aquesta manera, els primers radis que es recolzen, seran els primers en enlairar-se, essent el segon el que rep més pressió, ja que, tal com veurem, és el més fix.

És obvi pensar que aquesta seqüència es troba regulada no només per la longitud, sinó per la relació entre metatar-

sians i per la seva orientació conjunta que, al mateix temps, es veu influïda per les articulacions mig tarsiana i subastragalina, principalment. El moment de caiguda s'inicia, per tant, pel cinquè metatars-falàngic o segment més curt, per finalitzar per la segona, o més llarg i estable, unit a la primera per la pròpia funció d'amortiguació i impuls.

Aquesta és la conseqüència de la diferència anatòmica dels segments metatars-digital: el cinquè és el més curt i, habitualment, bifalàngic. A partir d'ell es guanya en alçada, estabilitat i llargada fins el segon, que seria el més llarg, alt i estable, per acabar amb el primer que representa una estructura mecànicament diferents a la dels altres. Aquest és més gruixut, més mòbil, més muscular, protegit per sesamoïdeus damunt dels quals roda sense avançar (moment de retroamortiguació), amb nombroses insercions muscular, fins i tot amb una fixació proximal independent i orientada en sentit més oblic que la resta.

En el moment d'impuls sobre el primer i segon radi, el cap del primer metatars pateix un moment de retroamortiguació rodant sobre la cavitat sésamo-glenoïdea.



Així doncs, els dos primers metatarsians, en ser els darrers en abandonar el pla del sol, treballen més en propulsió.

El final de la fase d'impuls requereix el treball selectiu dels metatarsians primer i segon.



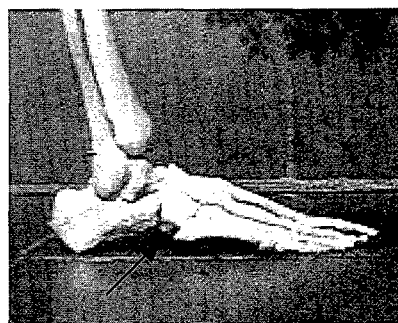
El segon i tercer metatarsians també són diferents de la resta, ja que no només tenen més alçada i menys moviment, sinó que tenen una fila més d'elements articulats en la base (les falques), amb dits més llargs i amb major capacitat prensil. Així, la natura els reserva per a una funció diferent a la resta: realitzar un treball més concret en la dinàmica. També, si observem atentament l'esquelet del peu, veiem que es troben situats en el mateix eix que la perllongació de la politja astragalina, constituint, per tant, l'eix geomètric i anatòmic del peu. En canvi, el primer té una orientació diferent: es situa en la perllongació del coll astragalí, amb una divergència de 5 a 8 graus respecte del segon, essent, per tant, un segment "més dinàmic".

Els segments quart i cinquè, en clara divergència respecte als demés, amb menys alçada i més moviment que els seus veïns, serien una "paleta externa estabilitzadora" en el moment del recolzament unipodal; per contra, serien els primers en rebre la càrrega durant la fase de contacte de l'avantpeu sobre el terra. Ambdues circumstàncies requereixen que siguin més mòbils per tal de guanyar resistència. Si tinguessin menys mobilitat, no tindrien tanta capacitat d'adaptació al mateix temps que la càrrega que han de suportar en la caiguda de l'avantpeu els fisuraria.

Aquesta funció específicament estabilitzadora queda garantida, a més a més, per dues circumstàncies: la orientació de l'articulació del cinquè metatarsià amb el cuboïdes que, com sabem, té una direcció obliqua externa i la tuberositat externa que presenta aquest metatars en la seva base i que serveix com ancoratge per al múscul peroneu lateral curt.

Com podem veure, en circumstàncies normals, el peu com estructura caurà sempre cap a la pronació des del moment en què el cinquè metatarsià arribi al sol i el peroné tindrà la funció de "vigilar" quan els sistema s'inestabilitzi.

Tuberositat base cinquè metatarsià.



Esquematzant el que hem dit, arribarem a la conclusió de què l'avantpeu estàtic estaria format per tres paletes: una central, més alta, estable i llarga (segon i tercer metatarsians); una altra, més mòbil i musculada (primer metatars); i, una externa, més baixa, amb dits més curts, orientada en sentit longitudinal respecte al calcani i cuboides i divergent anteriorment en relació amb la línia de progressió dinàmica i, per tant, bàsicament estabilitzadora.

Segons el que hem exposat, podem dir que tots els metatarsians intervenen tant en l'estàtica com en la dinàmica, però amb temps i intensitats diferents. Per aquest motiu, i encara que sembli agosarat o que no es puguin establir unes separacions físiques, m'atreveria a dividir-los en tres grups segons predomini una de las funcions sobre les altres:

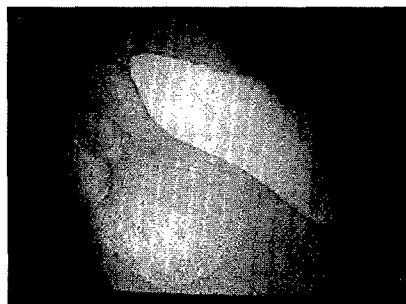
1. més estàtics i estabilitzadors: cinquè i quart
2. més dinàmics i resistents: tercer i segon
3. més esmorteïdor i impulsor: primer

Per això, quan hi ha sobrecàrrega amb reacció queratòsica plantar, aquesta es situa per sota dels caps si correspon al quart i/o cinquè i, per davant, si correspon al segon o tercer, essent més interna quan apareix en el primer.

Aquesta localització queratòsica ja ens indica que es tracta d'una patologia amb caràcter més estàtic o més dinàmic; aquest fet, juntament amb la resta de l'exploració ens portarà a adoptar uns criteris més selectius de tractament.

En la fase dinàmica d'impuls sobre l'avantpeu, aquest ha de mantenir una posició d'equilibri estabilitzant sobre ell a la resta d'articulacions de la cama, per tal que la pelvis es

Queratosi en tercer i quart metatarsians per ins mecànic-funcional de primer i segon.



mantingui en un moment unipodal. En aquest moment, les articulacions que integren la resta de l'extremitat, discretament flexionada per evitar l'elevació del centre de gravetat, treballen en un pla antero-posterior. Hi ha d'haver-hi una compensació mecànica entre l'articulació coxofemoral que, anatòmicament, pot moure's en tres direccions i las migatarsianes que han de comportar-se de forma similar. Per aquest motiu, la paleta del metatars pot adaptar-se a qualsevol pla de l'espai sense la intervenció de la cama, dins d'uns marges.

Si això no fos així, les inclinacions laterals o peraltades de la superfície de recolzament exigirien moments torsionals a articulacions com la tibiotarsiana o el genoll que, mecànicament, no es troben adaptades per això ja que es mouen en un pla anterior, sobre un eix transvers.

D'aquesta manera podríem establir una relació entre el comportament mecànic de l'avantpeu i del maluc, entenent l'extremitat com una columna articulada amb dues parts que poden realitzar moviments rotatoris: la coxo-femoral i la migatarsiana. Així és més fàcil relacionar la patologia a distància i les accions dels malucs musculars de l'extremitat.

Per tant, una retrotorsió femoral comportaria en dinàmica, tant en la fase de primer recolzament sobre l'avantpeu com en la d'enlairament o impuls, una sobrecàrrega metatarsal externa, fet pel qual el moviment de la paleta metatarsal per compensar-la augmenten la seva amplitud en rotació interna o pronació. Quan aquesta compensació no existeix es produirà una sobrecàrrega directa en l'arc extern i de compensació en la cara externa del turmell o del genoll.

Sobrecàrrega del segon radi per ins funcionalitat del primer.

