

Introducció a la biomecànica del peu (II)

M. RUEDA

Podòleg.

Centre d'Estudis del Peu.

Professor de la Univ. Internacional de Catalunya. Escola Gimbernat

CORRESPONDÈNCIA:

Martin Rueda

Avda. Generalitat, 5, 4^a Planta

08922 – Sta. Coloma de Gramenet

e-mail:martinrueda@martinrueda.com

Número corresponent al segon 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 cinc números de la revista i constituirà en conjunt un petit tractat de anatomia funcional i biomecànica del peu.

BIOMECÀNICA DEL COMPLEX ARTICULAR DEL PEU

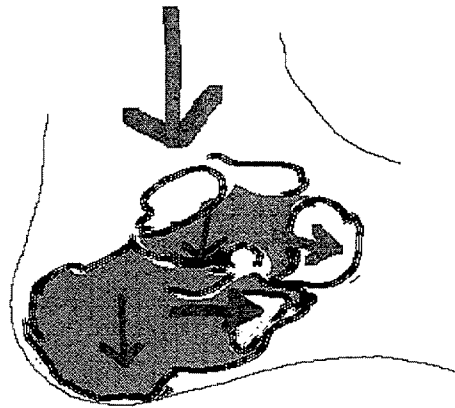
És evident que les articulacions del peu formen un conjunt funcional indisociable. El complex articular posterior té la missió d'amortir el primer impacte sobre el sòl, al mateix temps que orientar en conjunt la volta plantar.

Durant el desenvolupament de cada recolzament, el centre de pressió es transmet d'un os a una altre de forma seqüencial, primer en sentit vertical (rerepeu), després lateral (mig-peu), per dispersar-se de forma radial a través de cadascuna de les palanques que integren cada arc o radi metatars-digital.

Això determina la forma de cada os i de cada articulació, que s'han desenvolupat a partir no només d'uns codis genètics, sinó d'uns mecanismes externs com poden ser la tracció muscular o la compressió mecànica.

Per tant, no podem donar més importància a un os que un altre: cadascun realitza el seu treball en un temps dintre del cicle que, a més a més, resulta insubstituïble, però penso que l'astràleg sota un punt de vista mecànic té un protagonisme especial, en ser el punt d'unió entre una peu i una cama, fet pel qual la seva funció com a "dispersant" de càrregues és innegable.

L'astràleg i el calcani distribueixen la càrrega vers l'avantpeu

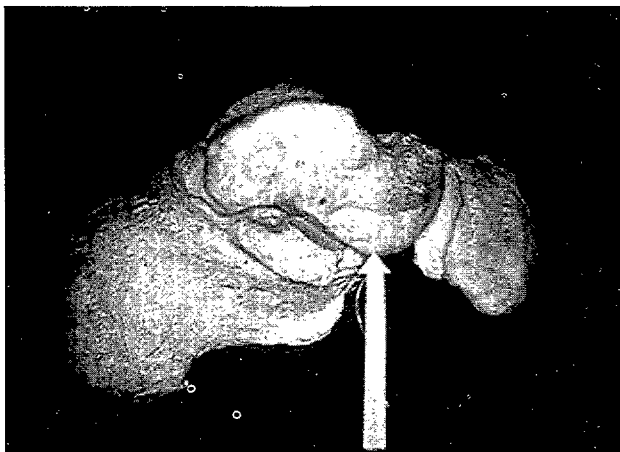


El desenvolupament del pas es integrat per una seqüència econòmica de recolzaments



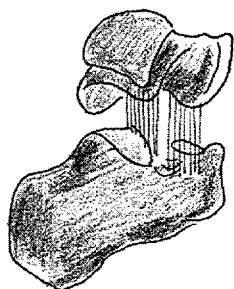
No té accions musculars directes i, plantarment, la seva part més fràgil, el coll, està perfectament amortit, incloent per això la part còncava de l'articulació astràleg-calcani-escafoidea a un mecanisme elàstic que actua de suport: el lligament calcani-escafoideo plantar.

El cap de l'astràgal es sostingut plantarment pel llig. calcani-escafoideo-plantar



Possiblement, una de les articulacions biomecànicament de major importància sigui la sub-astragalina, el comportament de la qual està condicionat per les dues artrodies que es troben davant del sinus del tars, permetent així les lliscades d'un os sobre l'altre amb un comportament mecànic artrodial, gaudint al mateix temps de folgança suficient per permetre l'adaptació al peralt amb inclinacions laterals.

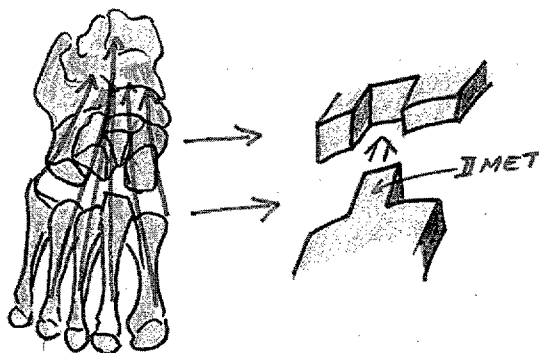
Articulació subastragalina



Els seus moviments són transmesos al parell escafoides-cuboides mitjançant l'articulació de Chopart que actua de frontissa. El canvi d'orientació de l'escafoides sobre el cap astragalí, ovalat i amb un eix oblic de baix a dalt i de fora a

dintre, té una incidència pels tres cuneïformes sobre els tres primers metatarsians i, per tant, sobre els canvis en la morfologia de la volta i l'orientació de la part anterior del peu, fet al qual contribueixen les articulacions intercuneals al permetre només petits desplaçament entre si.

Tall al través de Lisfranc: el segon metatars juga el paper de "clau"



Anteriorment, l'articulació de Lisfranc forma un perímetre irregular, en trobar-se el segon cuneïforme enrederit respecte al primer i tercer, constituint així una mortalla que li serveix d'ancoratge al segon metatars, fet pel qual resulta el més fix dels cinc.

Aquesta disposició plural i complexa possibilita els moviments helicoidals de supinació i pronació de l'avantpeu i var-valg del rerepeu.

Podríem dir que l'articulació de Lisfranc és la que direcciona i orienta l'avantpeu en el moment de recolzar sobre el sòl, fet pel qual els seus desequilibris o limitacions funcionals exigiran mecanismes compensatoris a un altre nivell, que sempre serà en forma de torsió. Per això, en les migtrarsianes supinades, la cama ha de fer un rodament o torsió interna major per tal que el primer radi pugui arribar al sòl. En les pronades, succeirà justament el contrari, és a dir, s'ha de reduir el temps de torsió. Aquests mecanismes també modificaran els temps de treball de cada metatarsià, essent els responsables de la majoria de patologies associades metatars-peu-cama.

Aquesta circumstància, com hem vist, està protagonitzada per "l'enclavament" de la base del segon metatarsià.

Podem apreciar que s'ha buscat abans de res un sistema de treball altament econòmic, i rentable al mateix temps, sol·licitant al principi tots els elements i destinant-los en la

mesura que no són necessaris, alternant el temps de treball amb el temps de descans o "reposició".

APROXIMACIÓ A L'ESTUDI CINÈTIC D'UN RECOLZAMENT

Quan caminem, desplaçem un pes el centre de gravetat del qual el situaríem en les articulacions lumbo-sacres.

En situació estàtica, el sumatori dels moments tendeix a ser igual a zero. Quan desplaçem el centre de gravetat endavant es genera un par de forces i es produeix un desequilibri anterior que requereix un moviment alternatiu de les cames. Com més gran és el par, major és el desequilibri i més ràpids els recolzaments, amb la intenció de mantenir una trajectòria en equilibri amb el centre de gravetat el més pla possible, de forma que descriu una línia discretament sinusoidal.

El moment ascendent de la sinusoide correspon al recolzament unipodal, fet pel qual es requereix una estructura estable i amortida i es recorreix a la volta. L'inici posterior de la volta està formada per ossos grans superposats verticalment (astràleg i calcani), formant amb els ossos de la cama una columna. Si estiguessin totalment alineats en un eix, estarien comprimits entre els cos i el terra, per això presenten una doble desalineació posterior i transversal, és a dir, quan el calcani arriba al terra es veu desequilibrat per la presència de dos pars de força, que generen dos moments: un anterior i l'altre lateral-medial. A partir d'aquí, la resta del cicle es compon d'un seguit de desequilibris seqüencials que es traslladen d'un os a un altre seguint unes cadenes lògiques, amb un efecte de fitxes de dominó, és a dir, el desplaçament de cadascun d'ells és aprofitat per generar el desplaçament del següent, fet pel qual cada vegada la força es va dispersant i els ossos es van fent més petits.

El calcani, en la seva caiguda anterior, es troba amb el cuboides i aquest amb els metatarsians cinquè i quart, fins que es depositen en el sol. En aquest moment, es necessita una estructura ferma i discretament elàstica, és a dir, un arc de càrrega.

En ser la projecció de l'eix de càrrega més interna que el punt de recolzament, aquesta caiguda anterior també produeix un desequilibri medial que fa que el cuboides "empenyi" vers la tercera falca. El desequilibri anterior es troba amortit pels recolzaments dels metatarsians, de fora a dintre. Podem dir que s'ha generat una seqüència interna del moviment. En aquest mateix instant, el desequilibri anterior i medial de l'astràleg empeny l'escafoides i mitjançant aquest a les falques. Això és possible perquè la superfície escafoidea presenta una concavitat posterior i les falques tenen articulacions artrodials en totes les seves cares: compressió o pic de la volta. Aquesta pressió es veu absorbida perquè es produeix un canvi constant en el punt d'aplicació de la pressió; per això, les falques tercera i quarta presenten un vèrtex inferior, mentre que la primera s'oposa, oferint una major resistència i presentant, per tant, la base en situació plantar.

Podríem dir que la força que es projectaria des de l'astràleg fins l'escafoides, gràcies al pla de moviments d'aquesta articulació, es fragmenta i dispersa en ventall vers els cuneïformes, mentre que la caiguda en sentit plantar del cap astragalí es veu suavitzada pel lligament calcani-escafoideo plantar.

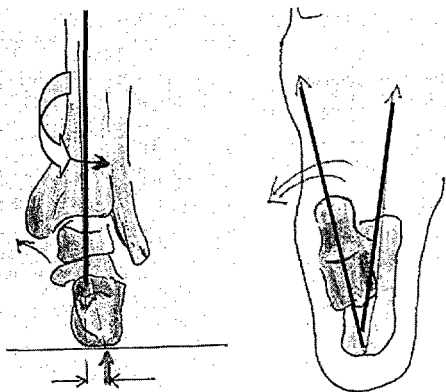
En aquest moment, l'avantpeu s'ha vist recorregut de fora a dintre per un vector "d'escombrada" amb una velocitat determinada que depèn del grau de divergència astràleg-calcanea i de l'orientació de l'avantpeu: a major supinació o dispersió, major velocitat i, per tant, major moment de pronació i, en conseqüència, més esforç haurà de suportar l'arc intern; en canvi, a menor grau, menor parell, menor pronació i més càrrega interna, és a dir, menor amortiment. El punt òptim de divergència hauria de donar-se quan en un pla frontal, les distàncies dels centres del cap de l'astràleg i de l'articulació calcànea-cuboides siguin iguals.

Constantment ens trobem amb dues forces: una anterior que ens desplaça endavant i una altre medial que ens canvia el punt de recolzament seqüencial cap a dintre.

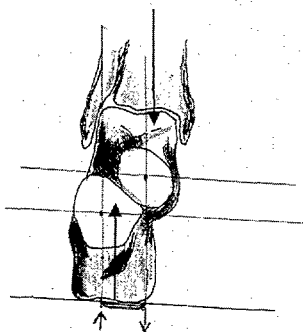
L'anterior és continguda i suavitzada per l'urpa dels dits, i la medial per l'elasticitat de l'arc intern, per la força i la musculatura del primer radi, per les estructures tendinoses retromaleolars internes i pel tibial anterior.

La resultant es situaria en el segon metatars que és el més estable dels cinc. Per tant, la caiguda del peu sobre el sol ha estat un desequilibri organitzat.

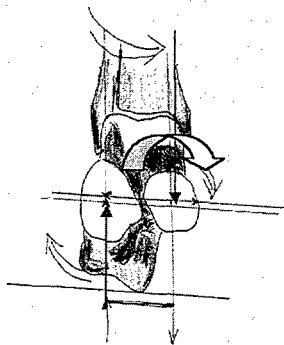
La doble desalineació vertical imprimeix a partir del primer contacte peu-terra un factor pronador que garanteix l'estabilitat del peu i direcciona o recondueix la càrrega



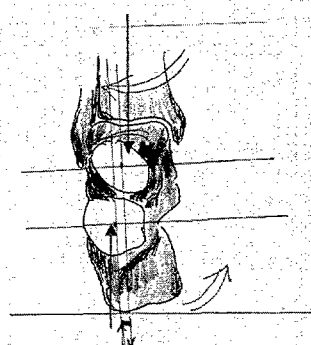
La igualtat de distàncies entre el centre de les articulacions calcani cuboides i astràgal-escafoidees constitueix el "par fisiològic"



Quan augmenta la distància en el sentit medial augmenta el par, fet pel qual el peu s'instabilitza ràpidament amb el consegüent moviment vers la pronació, la sobrecàrrega de l'arc intern i el mecanisme torsional intern sobre l'extremitat



La disminució del par comporta menys pronació, menys equilibri, més sobrecàrrega dels peronés i, en conseqüència, un varisme i efecte torsional extern sobre l'extremitat



Quan el centre de gravetat del cos es troba sobre del peu, totes les estructures musculars són en tensió; aquesta tensió es veurà dispersada en un rigorós ordre, com veurem en el capítol corresponent a l'estudi de les políges Tendinoses del peu.

Tot això implica l'existència d'una estructura aèria del peu, capaç d'amortir de forma progressiva. Per aquest fet els arcs plantars perden alçada i resistència de fora a dintre, situant-se la cota més alta i mòbil en l'arc intern, al mateix temps que uns dits amb creixent capacitat d'urpa, el primer dels quals realitza la major força.

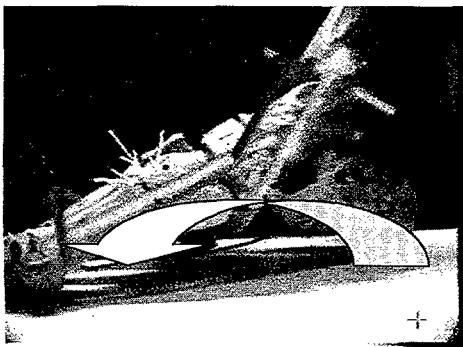
La deformitat que la càrrega produeix sobre el peu, el que coneixem com a pronació fisiològica, estimula als receptors de pressió i acumula en els arcs plantars una energia

proporcional al seu grau de deformació, que serà aprofitada per convertir-la en la força necessària per a quan el peu hagi d'empènyer cap a dalt el centre de gravetat, és a dir, pel moment d'impuls.

Quant major hagi estat la càrrega exigida, major serà l'energia acumulada, generant-se una corba o "par" que té una fase d'elasticitat durant la qual el peu suporta perfectament i que s'incrementa fins un "moment" òptim. A partir d'aquest moment, entrariem en una fase plàstica en la qual l'estructura no suporta més càrrega. Per això, en la marxa hi ha un punt econòmic de rendiment o moment d'inèrcia, per sota i per sobre del qual, l'aprofitament energètic no és l'adient, és a dir, l'energia produïda i la consumida no es corresponen: cansa quan caminem massa poc a poc perquè es genera

menys energia que la sollicitada, però també anar massa ràpid perquè gastem més energia que la que produïm.

L'àmplia mobilitat de l'arc intern forma una volta elàstica suspesa que suporta les càrregues per mitjà d'una deformació



La força d'acció o pes és constantment direccional i fragmentada, de dalt-a-baix, de darrera cap endavant i de fora cap dintre

