

Introducció a la biomecànica del peu (VIII)

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

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 2006; 148: 23-37

Número corresponent al vuité 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 ha abarcat diversos números de la revista i constitueix en conjunt un petit tractat de anatomia funcional i biomecànica del peu.

MECANISMES D'ACOMODACIÓ INTERSEGMENTARIS DURANT LA DINÀMICA

Al llarg dels diferents capítols que engloben aquest volum, penso que sempre s'ha intentat evidenciar la complicitat entre les diverses estructures peu-cama, igualment extrapolables a la valoració extremitats inferiors-pelvis i a pelvis-extremitats superiors, i això s'ha fet intentant ser objectius en la realització dels gests en els quals és absolutament necessari valorar-ho tot com una unitat funcional.

També s'apreciarà que en cap moment s'ha parlat d'alteracions en la forma o mida de les voltes per catalogar-les com a responsables en solitari de patologies matatarsals, perquè en la majoria dels casos això no és completament

cert. Penso que el responsable de la disfunció metatarsal és un compendi de diversos factors.

Hem estudiat les diferents alteracions de la fórmula metatarsal o de les orientacions de l'avantpeu, i ara voldria vincular-les amb la patologia torsional per entendre la lesió a distància.

Com ja sabem, durant la dinàmica, es produeixen moments alternatius entre cadascun dels peus, amb fases de contacte peu-sol o sistema de treball en cadena tancada i fases de vol o treball en cadena oberta. Cadascuna d'aquestes fases, al seu torn, engloba diverses subdivisions, a les quals no entrarem de forma explícita, des del moment en què hi ha diversos autors que ens han ofert magnífiques obres so-

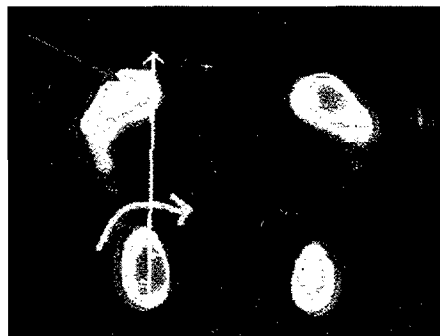
bre elles. Tanmateix, és important tenir present que durant la realització d'una fase o cicle completa d'un peu, cadascun dels moments depèn directament de l'anterior i condiciona irremissiblement al següent, és a dir, es tracta de seqüències íntimament relacionades, en les quals hi ha moments on mana l'estructura ósteo-articular (recolzament), i altres en els quals ho fa la múscul-articular (vol), segons l'equilibri en la primera de la resistència i coaptació intersegmentària i de la relació entre el pla del peu i el terra i, en la segona, de l'orientació articular i les accions musculars.

L'estabilitat del moment de recolzament peu-sol condiciona directament la qualitat i la direcció de la fase de vol i, per tant, dels treballs musculars. Aquesta estabilitat, considerada de forma singular, requereix un equilibri entre el pes del cos o força d'acció i la resistència del sol o força de reacció que, òbviament, ha de ser major, fet pel qual quan hi ha desfases hem d'adaptar-nos nosaltres a la superfície que trepitgem a través de les possibilitats articulars i les traccions musculars.

El problema es planteja quan una articulació no pot adaptar-se o no és prou forta per mantenir la càrrega sol·licitada, amb la conseqüent pèrdua de qualitat i estabilitat en el recolzament i òbviament de la qualitat del següent cicle que hauria de compensar o corregir els moments de desequilibri que resulten de la forma més econòmica possible; d'altra forma, es produiria una trajectòria descompensada potenciant-se els moments de fricció intersegmentària per la generació de parells de torsió.

Abans hem anotat que en el moment de l'impuls sobre l'avantpeu, el recolzament es realitza sobre cinc palanques o segments metatars-digital que exerceixen un treball total dependent de la situació anatòmica i de la seva relació amb els adjacents, és a dir, hi ha un recolzament seqüencial compensat de cinc radis, generant-se un vector d'escombrada anterior que va de fora a dintre i d'enrera cap endavant. La velocitat d'aquest vector d'escombrada condiciona el temps de treball de cada metatarsià i, com a conseqüència, ha de tenir abans de res una acceleració constant. El problema es planteja quan hi ha metatarsians que per la seva longitud, per la seva situació en relació amb l'adjacent, per la situació global de la frontissa metatarsal, o per descompensacions amb altres segments, treballen més del què és normal, és a dir, es sobrecarreguen. Això condiciona les terminacions nervioses sensibles que capten més recolzament i tracten de eliminar-ho reduint el temps de treball, és a dir, accelerant el pas del vector d'escombrada i, òbviament, sobrecarregant alguna cadena muscular i sotmetent la cama a un moment de torsió.

Mecanisme de fugida, amb modificació de la velocitat de pas sobre el meta més carregat.



Aquests moments d'acomodació dinàmica serien els responsables de les postures acomodatives entre els diversos components de l'extremitat que, genèricament, denominarem alteració compensatòria, o de les patologies extrapolades, quan la compensació no ha estat possible.

VARIACIONS ACOMODATIVES EN L'ANGLE DE TORSIO DE L'EXTREMITAT, CONSECUTIVES A UNA FORMULA METATARSAL OBLIQUA

A la fórmula metatarsal obliqua, la frontissa tendeix a produir una trajectòria externa que, a nivell de la cama, s'intenta compensar de la següent manera:

1. Referents al fèmur: la contracció de la musculatura adductora imprimeix a cada recolzament una força rotativa interna que produirà un increment de l'angle de torsió femoral, és a dir, una avant-torsió.

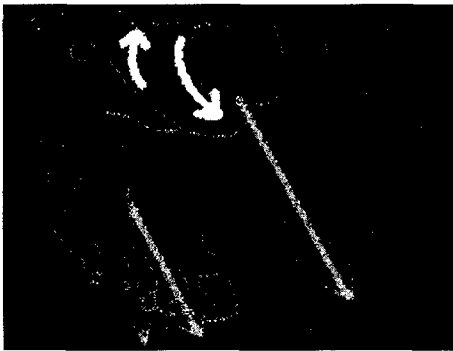
Acomodament del fèmur en adducció i rotació interna per reduir una sobrecàrrega del quart metatars.



2. Referents a la tibia: la resultant dels temps de recolzament de cada cap metatarsal imprimeix una trajectòria

externa i divergent a l'impuls dinàmic de baix cap a dalt, mentre que la compensació femoral ho fa en sentit contrari. Per descomptat, la tibia es veu sotmesa a un mecanisme de torsió totalment incrementat; per tant, el resultat final serà l'augment de l'angle de torsió tibial per sobre dels seus valors normals de 20-25 graus.

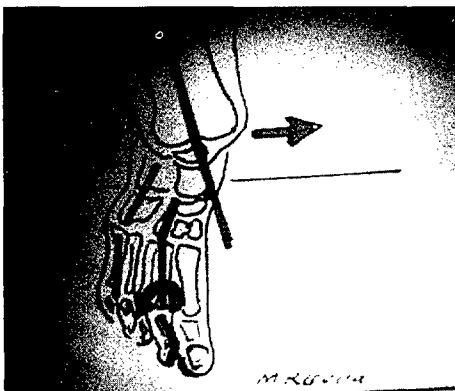
Mecanisme de torsió d'acomodament tibial per reduir càrregues en metatarsians externs.



- Referents al peu: la normalització dels temps de recolzament de cada metatars es fa acomodant d'avantpeu de manera que funcionalment redueixi el seu angle global anterior o metatarsal. Aquesta acomodació podria fer-se tant portant l'avantpeu vers l'adducció com vers la supinació.

En ambdós casos, l'objectiu és "allargar" funcionalment els metatarsians més curts fins aconseguir uns temps de recolzament adients. Si no es produeix aquest canvi en l'orientació de l'avantpeu, per força s'haurà d'escurçar el temps de treball dels segments externs, afegint-ho als interns. És a dir, es produirà un increment de la intensitat/temps a nivell dels

Adaptació dinàmica davant una f.m. lineal obliqua.



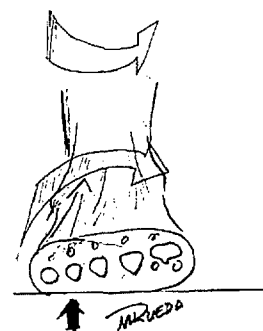
metatarsians segon i/o primer, al mateix temps que un efecte rotatiu intern meta-sol; la conseqüència d'aquest efecte seria la clinodactília interna dels dits 2 a 5, i la deformació en rigids del primer, si es tracta d'un índex plus, o en valg, si, contràriament, ens trobem amb un escurçament anatómic o una hipermobilitat del mateix.

En qualsevol dels supòsits anteriors, tant relacionats amb el peu com amb la cama, a nivell articular es modifiquen els desplaçaments articulars produint-se friccions intraarticulars amb compressió externa i, a nivell muscular, sobrecàrregues de la cadena muscular de tancament per estirament.

VARIACIONS TORSIONALS ACOMODATIVES EN LA FORMULA METATARSAL TRANSVERSA

Abans s'ha exposat que en una fórmula excessivament transversa, amb valor angular per sota dels 30-40 graus, provoca la sobrecàrrega dels metatarsians externs, la reducció dels quals exigeix un gir de l'avantpeu vers la pronació gràcies a la contracció de la musculatura del segon quadrant o pronadors i abductors (bàsicament del peroné lateral llarg, peroné lateral curt, peroné anterior i secundàriament, de l'extensor comú dels dits). Aquest acomodament de l'avantpeu vers la pronació es realitza si l'elasticitat de les articulacions del migpeu (Chopart i Lisfranc) ho permeten. Si no és així, es produirà un increment de pressió en la zona inframaleolar externa, amb efecte de barra de torsió que quan es transmet a la tibia desplaçaria als genolls vers la rotació interna. En conseqüència, el segment superior (fèmur) ha d'exercir un mecanisme compensatori en intentar modificar al posició del genoll portant-la fins un pla normal. Això fa que la tibia es vegi sotmesa a forces rotatòries oposades en els seus extrems que tendeixen a reduir el seu angle de torsió per sota dels seus valors normals.

Un quart metatars llarg en una fórmula transversa es sobrecarrega. La seva reducció comporta reduir també el temps de treball pronant.

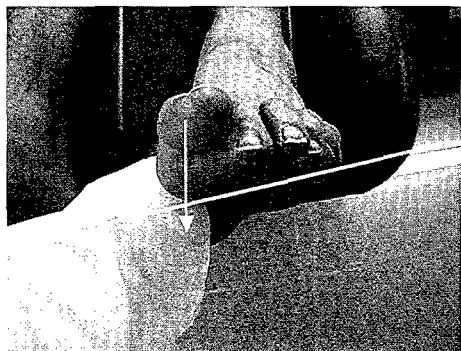


VARIACIONS ACOMODATIVES EN L'ACOMODACIÓ DE L'AVANTPEU

Respecte a la seva orientació, l'avantpeu en el seu conjunt, pot adoptar variacions respecte a la normalitat, tant en el pla frontal com horitzontal. Aquests canvis requereixen la participació de les articulacions metatarsianes i de Chopart, i, tot sovint, es troben lligades a variacions en l'angle de distorsió de l'astràleg. Ens referim als canvis en la seva amplitud vers la pronació o vers la supinació, el que en el moment d'extensió peu-cama tindrà un efecte rotatori sobre l'extremitat i, en el moment del recolzament peu-sol, afectarà a l'estabilitat del peu desplaçant la projecció de càrrega fins la pronació o valgisme o fins la supinació o var, i augmentant conseqüentment l'efecte rotatiu de la cadena òssia que constitueix l'extremitat, així com els canvis en l'angle de marxa.

En tots dos casos, es modifiquen els temps d'amortiguament del peu que depenen del seu recorregut fisiològic fins la pronació. A l'avantpeu pronador no compensat, al provocar una inestabilitat en var del retropeu, es rota externament la pinça bimalleolar que frena o minva el "rodament" vers l'arc intern que s'intenta neutralitzar des de dalt i que tindrà com a conseqüència un augment de l'angle de torsió tibial. En aquests pacients, quan adopten una postura estàtica amb els peus situats en paral·lel, els genolls queden girats internament i, amb freqüència, en una posició de flexus. La conseqüència serà una davallada del temps de pronació i la inestabilitat externa del turmell. Tot sovint, el tendó del peroné lateral llarg es troba luxat sobre la prominència del maleol extern, perdent efectivitat mecànica.

Avantpeu en pronació = var o sobrecàrrega del ??? y radi. La seva compensació pot necessitar un moment de torsió intern amb el genoll per estabilitzar o una adducció per reduir en angle de pronació

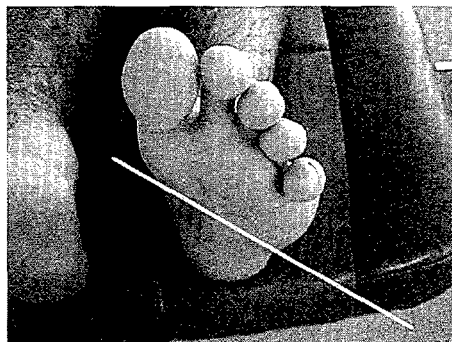


En varisme, aproximar els metatarsians externs al sol, bloquejant l'avantpeu en pronació a base de rotar externament l'eix bimalleolar.

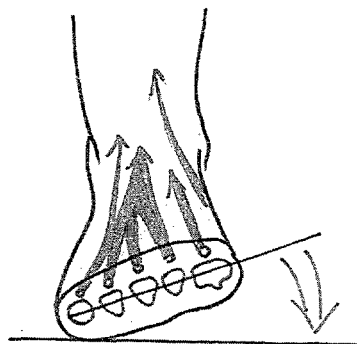


Quan es tracta d'avantpeus en supinació, passarà justament el contrari, és a dir, augmenta considerablement el temps d'amortiment a conseqüència de l'increment de recorregut del primer metatars per buscar el pla del terra.

Amb l'avantpeu bloquejat en supinació, la distància a recórrer per l'arc interna fins recolzar sobre el sol augmenta, fet pel qual es necessita més velocitat de desplaçament vers la pronació.



Quan augmenta la supinació, augmenta la distància, mantenint-se en temps, i incrementant-se l'acceleració.



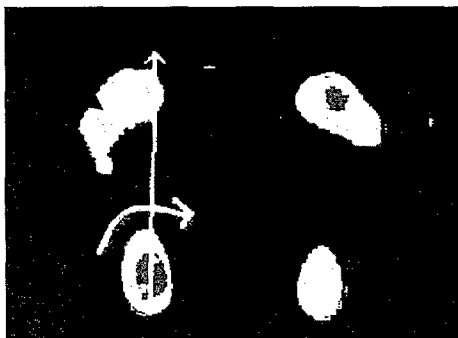
Aquesta pronació excessiva sotmet a la cama a un recorregut rotatori intern de sota cap a munt, amb una coaptació òssia inframaleolar externa exagerada. A nivell de la cama, s'intenta frenar el recorregut intern mitjançant la contracció de la cadena antero-externa que ofereix una resistència actuant en contracció excèntrica intentant un fre en abducció i rotació externa de la cama, amb el conseqüent increment de fricció patelo-femoral quan és traccionada per la ròtula per l'acció del quàdriceps, mentre la caiguda del peu fins la pronació necessita una rotació interna de la cama.

Simultàniament, les articulacions metatars-falàngiques es veuran sotmeses a un rodament interna per l'increment de la velocitat del vector d'escombrada que provoca desaxacions; per aquest motiu, tot sovint apareix una clinodactília interna més clara en el segon.

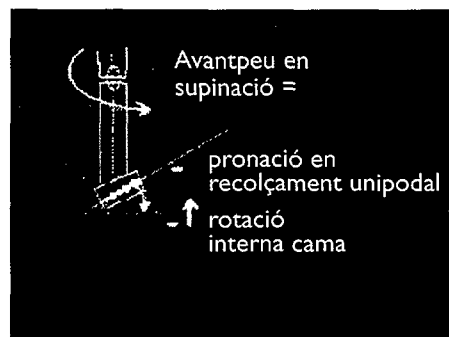
La impossibilitat de moure la migtersiana vers la pronació per recolzar el primer radi, genera sobre la cama un recorregut fins la rotació interna amb la conseqüent adducció de l'astràleg i projecció interna del genoll.



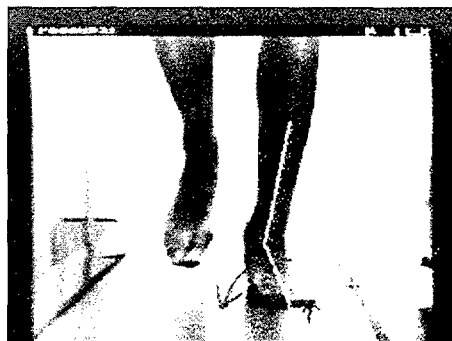
L'estudi de l'empremta ens revelarà com a dada més evident l'adducció de l'eix del calcani, fruit del moment torsional necessari per acomodar la planta metatarsal interna sobre el sol.



La supinació en avantpeu, arrossega tota la cama en rotació interna.



La fase unipodal s'acompanya de la pronació necessària per arribar al sol amb el primer radi quan la migtersiana es troba bloquejada en supinació.



De la mateixa manera podem trobar variacions en el pla horitzontal, és a dir, desviacions de l'avantpeu vers l'adducció o abducció, en relació amb l'eix longitudinal del retro-peu.

Metatars en adducció: genera un desequilibri intern en el moment de l'impuls que ha de ser compensat amb una rotació interna en algun punt de la cadena.



Metatars en adducció, visió plantar.



Ambdues alteracions poden presentar-se com patologia primària o entitat pròpia, com el metatars aductus, però també com a patologia secundària o factor acomodatiu d'una altra alteració, amb l'adducció derivada d'una obliqüitat de fórmula metatarsal, o d'una torsió tibial externa; en aquests casos, l'orientació de l'avantpeu en adducció intentaria reduir en un angle equivalent el grau d'obliqüitat o de torsió.

Una alta alteració seria la desviació de l'avantpeu vers l'abducció, generalment a conseqüència d'un valgisme amb subluxació o inestabilitat interna de l'articulació astràleg-escafoidea.

L'abducció i la pronació de l'avantpeu en recolzament, redueix la intensitat de la càrrega sobre els metatarsians externs.



En ambdós casos, el peu es convertiria en una "palanca trencada", fet pel qual, el moviment d'impuls provoca inestabilitat al turmell, o necessitarà, per a compensar-lo, un efecte de torsió o una rotació en un grau equivalent al de desviació angular del peu. És a dir, es produiran efectes de barra de torsió a nivell articular amb les conseqüents sobrecàrregues músculo-esquelètiques i modificació dels temps de recolzament a nivell metatarsal.

Aquestes consideracions biomecàniques de l'avantpeu ens portaran a establir uns criteris diagnòstics i terapèutics que, tot sovint, disten o s'oposen als tradicionals a conseqüència de contemplar sempre el peu com una peça de la cadena òssia, amb la qual lògicament ha de mantenir un equilibri; per aquest motiu, hem de ser rigorosos en la presa de dades i valorar fins el més mínim detall.

Estic convençut de que uns programes docents amb major contingut de biomecànica serien la clau perquè en un futur puguem veure més clarament l'estreta relació que hi ha entre els processos patològics de l'extremitat; així, l'estudi i el tractament del peu passarà a ser inexcusablement anterior a l'adopció de decisions mèdico-quirúrgiques. No podem oblidar que tot el nostre esforç antigravitacional fa referència a l'única part que ens manté en contacte amb el terra, és a dir, els nostres peus. Penso que sota aquest prisma de col·laboració podrem oferir una medicina lògica i aplicar uns criteris cada vegada més racionals i mecànicament demostrables que, sens dubte, tindran una gran importància en el camp de la prevenció al poder entendre, moltes vegades, la patologia com una errada de la biomecànica.

INTRODUCCIO A LA ORTESIOLOGIA DEL PEU

La filosofia d'aquest capítol no és oferir un estudi de tots i cadascun dels processos àlgids del peu, ni té un afany d'erigir-se en un sistema ideal, senzillament vol donar solucions lògiques a problemes freqüents i comuns, l'evolució dels quals després del tractament pot o no haver estat la desitjada, al mateix temps que estableix uns protocols pel que fa a la valoració clínica, metodologia diagnòstica, tècniques de materials i motlles, que permetin, en línies generals, tenir un coneixement global el més ampli possible, a la vegada que esquematitzat i coherent, de l'actuació podològica en l'àmplia i variada patologia dolorosa de l'avantpeu, intentant veure'l com element de recolzament i propulsió, centrant el tema més en la seva valoració dinàmica, per entendre que és en aquesta circumstància quan es produeixen la majoria de disfuncions, que representen, al mateix temps, el major nombre de pacients que sol·liciten les nostres atencions.

Penso que no hi ha tractaments estandarditzats ni exclusius de patologia específica, ja que, encara que obeeixin a un mateix factor biomecànic, hi ha unes variants que els fan ser intrínsecament diferents des del moment en què no hi ha dos peus iguals ni dos gestos idèntics, ni tan sols en la mateixa persona, com també són variants constants el pes, la

morfologia de les extremitats, el temps d'ús del calçat o el nivell d'entrenament de l'esportista o la seva predisposició receptiva a l'ús d'una plantilla.

Aleshores, seria pecar d'innocència, donar solucions terapèutiques fixes a problemes biomecànicament tan complexos com els derivats de patologies de recolzament.

De la mateixa manera estic totalment convençut que una plantilla no pot neutralitzar al 100 per 100 de l'alteració, donat que hi ha variants constants impossibles de controlar, però que exerceixen una incidència directa en la qualitat del recolzament com ara: els plans del sol, la peraltada, les inclinacions del cos o desplaçaments del centre de gravetat, el tipus de calçat, etc., situacions en les quals la plantilla hauria de ser constantment modificada per mantenir la seva efectivitat.

Tanmateix, si hem de tenir uns criteris o principis fonamentals com a base de treball i actuació ortèsica.

Aquests criteris podem agrupar-los en dues entitats o grups fonamentals: els referents a la lesió i els referents al protocol d'actuació ortèsica.

També entenem, com ja hem explicat, que no és possible valorar l'alteració de forma aïllada, sinó tenint en compte un seguit de circumstàncies la observació de les quals poden ser la clau de l'èxit en cada cas en particular.

Per això, és impensable actuar de forma protocol·lària davant la presència d'un pacient afectat de disfunció dels metatarsos i tenir un patró vàlid, o si més no, biomecànicament justificables.

CONSIDERACIONS PREVIES AL TRACTAMENT

Alhora d'instaurar un tractament ortèsic ens marquen uns objectius de correcció o compensació la efectivitat dels quals, per un costat, segons el diagnòstic, el tipus de lesió i les característiques dels materials escollits i, per altre, els condicionants externs (calçat, ambient laboral, àmbit esportiu) i l'adequació del peu a l'activitat que es desenvolupa. Hi ha activitats, laborals i especialment esportives, que si bé no haurien d'estar prohibides, sí haurien d'estar molt controlades en segons quins tipus de peus, sobretot en l'àmbit esportiu on s'ha de tenir en compte el tipus de peu al moment de triar una activitat determinada si sabem que, estadísticament, l'índex de lesions és alt. D'aquesta manera, moltes vegades podríem anticipar-nos a la lesió establint un tractament previ adient, que podria passar des de l'observació d'un calçat determinat a la pràctica d'exercicis compensatoris o a l'aplicació d'un element ortèsic, a

vegades, senzill. Podríem citar com exemples, una insuficiència del primer metatars que pot resultar un factor de risc en salt d'alçada i en canvi no presentar problemes en el tennis, o una fórmula metatarsal obliqua amb un índex plus que representa una handicap negatiu en un velocista o una pronació greu que plantejarà problemes en un treball estàtic.

Si tenim en compte que la majoria d'algies del peu són degudes a alteracions anatòmiques que el pacient ha patit tota la seva vida, i que fins els moment de l'aparició simptomàtica ha condicionat una manera de caminar característica, o una interferència en els patrons estàtic-dinàmics fins l'extrem que qui les pateix les considera normals ja que no té altres referències subjectives més que les pròpies, entendrem que cal convèncer al pacient perquè compregui el tractament i la etiologia del dolor, per tal que no l'abandoni quan desapareguin els símptomes.

Si es tracta d'un esportista, podem afirmar que hi ha una selecció natural que impedirà a certs atletes sobresortir en determinats esports, i a certes persones acomplir amb garantia una funció laboral determinada, i que d'aquesta selecció no queda exclosa el peu.

El pacient haurà d'entendre que els peus no caminen sols, sinó conjuntament amb la resta de l'extremitat, i una modificació incorrecta del recolzament pot presentar problemes a llarg termini i, per tant, noves lesions a curt o llarg termini. Les lesions de recolzament es caracteritzen per tenir un fons de disfunció estructural que podem intentar compensar, però no canviar, i que, per tant, poden tenir un límit.

Quan tractem un peu amb ortesis, no només modifiquem el peu sinó que interferim globalment en la postura, des del moment en què aquesta és un equilibri d'acció-reacció en el qual cada segment del cos s'equilibra sobre l'immediatament inferior i serveix de recolzament al superior, formant un sistema mecànicament complicat i de complicada interpretació.

Hem d'explicar que una plantilla no és vàlida per a tota la vida i que les correccions o compensacions que realitzem mitjançant ortesis estan adreçades a oferir un pla de treball equilibrat o diferent que pot ser òptim en aquell moment, però no quan desapareix la simptomatologia. Quan apareixen les molèsties es quan ja hi ha la lesió i el pacient a esgotat els recursos d'acomodament per aïllar-la o reduir-la i, per tant, es necessari l'acomodament del peu i de la cama a la nova situació així com un temps d'adaptació i regressió simptomàtica que requerirà paciència.

Tenint en compte que moltes vegades les lesions es produeixen per superar el límit de resistència en exercicis o gestos repetits o intensos, tampoc podem demanar-li a una plantilla més efecte que el què té o pensar que només portant-la desapareixeran les molèsties que fa mesos es pateixen i que també necessiten reduir l'activitat i un tractament coadjuvant.

La plantilla no és un analgèsic ni una panacea, sinó un terra a mida. Algunes sabates limiten molt la confecció o el grau de correcció d'una ortesis per les seves característiques, com ara la sabatilla de pista, la de salt, la bota de futbol, o la de rugbi, o la sabata oberta, de punxa o amb excessiu taló.

Fets aquests aclariments podem passar a la confecció de la plantilla, tenint en compte:

- Les conclusions de l'estudi podològic.
- La confecció del motlle.
- L'activitat del subjecte.
- L'elecció del subjecte.
- La confecció del suport.
- L'adaptació al calçat.

CONSIDERACIONS EN PRESENCIA D'UNA LESIÓ PODOLOGICA

La patologia dolorosa del peu pot obeir a diversos factors, per això penso que és important tenir en compte unes consideracions prèvies pel que fa a la lesió i la seva història que podrien agrupar-se en:

A. Pel moment àlgid

- Fase d'impacte o de recolzament
- Fase d'impuls o enlairada

B. Per la localització dels símptomes

- Local
- Extrapolada

C. Per les característiques

- Mecàniques
- Agudes
- Cròniques

- Metabòliques
- Infecioses

D. Per la ubicació de la lesió

- Estructures ossies
- Estructures periarticulares
- Estructures múscul-tendinoses
- Altres

ALGIES D'ETIOLOGIA MECANICA

Fonamentalment, les àlgies de tipus mecànic vindran donades quan s'hagi superat el límit de resistència de l'estructura, tant per un factor mecànic puntual i agressiu (esquinç, trencament fibrilar, esqueixament) o per la suma de microtraumatismes que s'acumulen fins superar el dintell de resistència dels teixits (sobrecàrregues, periostitis, tendinitis, fractures d'estrès, contractures, etc.). Per aquest motiu, considerem dos grups bàsics:

1. Lesions de tipus agut

2. Lesions de tipus crònic

La lesió aguda, quan obeeix a iatrogènia és puntual i es produeix en el lloc on s'aplica la càrrega, però també pot presentar-se a distància per mecanismes compensatoris que requereixen postures forçades davant situacions límit (per exemple, quan es trepitja un obstacle pot implicar una fractura metatarsal, però també en un intent bruc de fugida es pot provocar un trencament fibrilar o un esqueixament a qualsevol punt de la cadena muscular que actua per reduir l'impacte. Per tant, és freqüent que les lesions no obeeixin a una alteració del recolzament o desequilibri.

En canvi, la lesió crònica és lenta, progressiva, acumulativa i moltes vegades simptomàtica en els seus inicis, fet que pot desencadenar canvis posturals com mecanismes antiàlgics, manifestant-se freqüentment en altres estructures a distància. Habitualment, a nivell plantar es manifesta abans, amb engruïments dèrmics que denoten desencadenament defensiu de la pell en front una pressió que supera el dintell de resistència local i que, moltes vegades, el pacient davant la manca de símptomes aguts, manipula inadequadament. Això fa que la pressió vagi deteriorant les característiques mecàniques d'amortiment del teixit gras plantar al ser substituït en el seu gruix per capes queratòsiques; per això, la sobrecàrrega és més incisiva en estructures profundes afectant al complex articular.

Tot sovint i només en situacions especials com bipedesacions perllongades, sabates inadequades o marxes de més llarga durada, resultes doloroses. Aleshores es passa a deslaminar més la queratosi o l'aplicació de coixinets, descàrregues retrocapitals mal ajustades, plantilles ortopèdiques estandarditzades, postures antiàlgiques per proporcionar descans local o ingesta d'antiinflamatoris; amb tot això, el procés remet a l'estat agut persistint els factors mecànics locals.

Aleshores és evident que abans d'aplicar un tractament ortèsic hem de tenir en compte un seguit de consideracions relatives no només a la història de la lesió i al seu moment sinó també a l'estudi analític del peu, del gest biomecànic de cada disciplina esportiva o activitat labora, a les característiques del sol o de la sabata, al morfotipus de l'individu a la casuística.

No té les mateixes repercussions ni apareix igual una pronació en un esport que requereixi moviments lineals (cursa), o salts (triples, alçada) o postures variades (futbol, rugbi, tennis, esgrima...) que en un individu de vida sedentària; evidentment, els criteris de tractament, pel que fa a la tria del material a utilitzar per a la confecció del suport (duresa, amortiment, ...) també seran diferents, tant per les característiques de cada activitat com pel tipus de calçat i les característiques del terreny de joc o ambient laboral.

PATOLOGIA PER MOMENT LESIONAL

I ACTUACIO ORTESICA

Atenent el moment o la fase de recolzament en què es produeixen la major part de lesions podem considerar dos apartats:

- Patologia en fase d'impacte
- Patologia en fase d'impuls

La patologia en fase d'impacte peu-sol es caracteritza perquè el major component de càrrega té un sentit eminentment vertical, a més a més dels components de lateralització propis de l'amortiment, fet pel qual el seu factor etiològic més important seran les alteracions en l'alineació dels eixos i les característiques del terreny.

Pel que fa als primers, destaquen les alteracions fémoro-tibials (genus, varismes, asimetries), els desequilibris del rerapeu (valgüismes o pronacions, varismes, dismòrfies), les torsions, les alteracions dels arcs (generalment associades a alteracions del rerapeu i/o avantpeu), i les diferències mig-tarsianes (tot sovint unides a alteracions de l'angle d'inte-

rrupció metatarsal anterior o fórmula metatarsal pròpiament dita o a alteracions en l'amplitud de les mig-tarsianes). El denominador comú és que varien els temps d'amortiment del peu, amb increment de forces ja sigui en sentit vertical com lateral, sumant-se aleshores als moments amb efectes rotacionals. Donat que aquesta fase de recolzament peu-sol té una relació directa amb la qualitat de l'impuls, quan s'altera i modifica la velocitat de desplaçament latero-interna del vector d'escombrada anterior o temps de treball metatarsal, fet pel qual s'intenta potenciar la patologia en fase d'impuls.

Quan el peu és normal, però la patologia ve donada pel component sol, ens trobem o bé amb terrenys molt durs i, per tant, amb increment de l'ona de xoc o bé molt irregulars amb repercussió a nivell de la qualitat i estabilitat del recolzament. També podem incloure en aquest apartat l'elecció de calçat esportiu incorrecte que no estableixen prou el peu quan els elements fibroelàstics i els actius (múscul, lligament i components particulars) comencen a acusar el cansament.

Si el problema és un desequilibri o desalineament dels eixos es modificaran els moments de treball articular produint patologia tant a nivell ossi com lligament-tendinós, necessitant materials amb força suficient per a neutralitzar-los sense pèrdua d'amortiment, fet pel qual la base del suport hauria de ser de polipropilè donat que és l'únic material que pot complir aquesta funció. Si, a més a més, interessa incrementar l'amortiment, l'utilitzarem conjuntament amb algun material microscopi o elastòmera, escollint acuradament la resistència a la fatiga i el grau de duresa del mateix (en ser més tou no vol dir que necessàriament sigui més efectiu donat que provoca més desequilibri), podent-ne incloure un o diversos distribuïts convenientment per aquelles zones de la plantilla que considerem més indicades.

Si el motiu principal és una deficiència d'amortiment, sense desalineament d'eixos, derivada d'un impacte amb gran component vertical puntual o repetitiu, o d'una deficiència del teixit d'amortiment, utilitzarem materials capaços de minvar l'ona de xoc començant per la pròpia sabatilla (si el tipus d'esport ho requereix), passant per l'elecció del sol (sempre que sigui factible), i l'incrementem amb l'ús de materials amortidors (EVA, làtex laminat, elastòmeres).

La patologia en fase d'impuls tindrà lloc quan es modifiquen els temps de treball dels metatarsians, tant si és per alteracions en l'orientació de l'avantpeu, diferències perimetrals, alteracions crani-caudals, o alteracions aïllades de longitud.

Les deficiències perimetrals provoquen efectes torsionals quan intenten acomodar els temps de recolzament de les diferents palanques i les alteracions carni-caudals i les de longitud, produeixen pics de pressió amb patologia directa local, que a l'intentar reduir-la ens obliga a fer girs o rotacions de l'extremitat que seria considerada com a patologia extrapolada.

Han d'utilitzar-se materials amb el grau de resistència suficient per tal que no es deprimeixin quan es veuen sotmesos a càrregues cícliques i amb zones de debilitament que siguin la nova frontissa o angle d'interrupció metatarsal anterior; per això, caudalment, hem de tenir en compte el polipropilè convenientment rebaixat o devastat. Quan, a més a més, hi hagi una patologia associada de rerapeu hem de cobrir els objectius de correcció posterior i de compensació anterior simultàniament.

PROTOCOL D'ORTESIOLÒGIA DEL PEU

L'actuació ortèsica anirà precedida d'unes prèvies o bases d'actuació que podem sintetitzar així:

1. Estudi podomètric que inclou:
 - 1.1. Estudi mecànic funcional
 - 1.2. Coneixement del gest
 - 1.3. Establir el moment lesional
2. Establiment del diagnòstic que comporta:
 - 2.1. Localització de la lesió
 - 2.2. Història o anamnesis
 - 2.3. Casuística
3. Protocol d'actuació ortèsica: el seu objectiu serà establir uns criteris pel que fa a:
 - 3.1. Confecció del motlle
 - 3.2. Elecció del material
 - 3.3. Confecció de la plantilla
 - 3.4. Acoplament a la sabata
 - 3.5. Controls successius
4. Període de remissió simptomàtica que estarà en funció de:

- 4.1. Antiguitat i grau de lesió
- 4.2. Període d'adaptació ortèsica previsible
- 4.3. Adequació de l'activitat

ESTUDI PODOLOGIC

El diagnòstic requereix un estudi morfològic, podomètric i funcional de l'extremitat valorant els seus eixos en conjunt, portant a terme un exhaustiu anàlisi biomètric primer en descàrrega per evitar actituds antiàlgiques i conèixer el "model mecànic" i, després, estàtic i dinàmic per veure com la dolència ens està interferint en aquests apartats i, per últim, relacionar-lo amb l'antiguitat de la dolència, la seva forma de presentar-se i el tipus d'esport o del moment en què es va presentar la lesió o s'aguditzen els símptomes. Per tant, no n'hi ha prou amb un estudi aïllat del peu en el moment de la visita perquè seria imprecís i perquè quan ve el pacient amb dolor, la seva valoració dinàmica en aquell moment estarà notòriament modificada en funció del grau de lesió i del temps que la pateix: ningú trepitja on li fa mal.

Seria lògic, aleshores, disposar d'una valoració de cada individu en moments assintomàtics que ens servís de referència per establir el factor etiològic. Tenint en compte que la presència d'un punt dolorós modifica sempre el gest, el tractament ortèsic que apliquem en un moment determinat pot tenir una missió de reducció simptomàtica o de modificació postural puntualment; per això, quan es recupera la normalitat, s'ha de valorar novament i ajustar-lo a les necessitats reals de correcció. Si no es fa així, com succeeix passa sovint, és freqüent que passat un temps el pacient torni a presentar problemes.

Considero que el professional ha d'insistir en aquest punt donat que generalment quan minven els símptomes la persona segueix utilitzant la mateixa plantilla, sense que es reajusti i, per tant, amb uns criteris de correcció o compensació que es van fer en un moment de dolor o lesió i que, lògicament, poden no ser vàlids, suficients o contraproduents per a una activitat normal.

L'estudi podomètric no pot realitzar-se de forma rudimentària sinó aplicant les tècniques adients de valoració de càrregues i, moltes vegades, reproduint in situ aquell gest que va precedir a la lesió. De poc ens servirà aquest estudi dinàmic, tot i haver-se fet amb el més rigorós sistema, si el moment lesional es produeix en un gest aïllat no present en el cicle de la marxa normal. Cada lesió té un punt àlgid que correspon a un moment de recolzament concret.

Aleshores, a vegades és necessari l'estudi *in situ* o poder disposar d'espais virtual en els quals el gest pugui ser estudiat més detalladament i en un entorn idoni.

CONFECCIO DEL MOTLLE PLANTAR

Són moltes les teories i les formes d'aconseguir un motlle plantar. Fins ara s'obtenien manualment, amb el pacient a la llitera. Poc a poc s'han anat introduint sistemes més funcionals que poden anar des de l'aplicació de la bena de guix i després col·locar el peu dintre de la sabata amb un plàstic per evitar que aquesta s'embruti, fins a altres procediments a base d'escumes fenoides, passant pels sistemes de buit i els mitjans informàtics.

La presència de tants sistemes demostra que cap és fiable en tots els casos i que tots ells presenten limitacions, uns per fer-se en descàrrega, altres per no poder visualitzar les correccions i altres perquè malgrat estar fets de peu, no poden reproduir el moment lesional.

Personalment penso que el millor seria aconseguir un motlle funcional en càrrega, controlant la distribució de pressions el mateix motlle i, per tant, mitjançant la plantilla que en permetrà realitzar un pas complet durant la seva elaboració, així com controlar els moviments de l'extremitat. És a dir, una normalització lògica, no agressiva i eficaç de la correcció.

El sistema que presentaré, el PODO-MODEL, forma part d'un conjunt d'anàlisi dinàmic i estudi computeritzat de càrregues, d'ús exclusiu clínic-podològic, conegut com PODO COMPUTER.

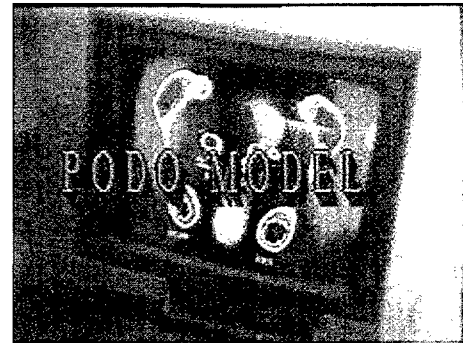
He d'advertir que el sistema no intel·ligent, però sí és capaç de seguir i reflectir fidelment les modificacions que nosaltres indiquem i que, per tant, el resultat final serà bo o dolent segons els criteris del professional, però que sempre serà un fidel reflex d'ells.

Es basa en principis de confecció pneumàtica, mitjançant cambres d'adaptació i correcció interconnexionades i controlades en cada moment del pas o posició del peu durant el recolzament que permet que pacient realitzi el gest i que el professional tingui les mans lliures, efectuar les correccions pertinents sobre els diferents eixos de la cama o del peu segons els objectius prèviament sorgits de l'estudi, mentre s'observa pel monitor el nivell de correcció o compensació obtingut i la seva comparació amb la imatge que representi el moment crític en el qual es produeix la lesió, tant a nivell de càrregues com d'eixos.

Moment d'obtenció del motlle



Mentre confeccionem el motlle podem veure a la pantalla el grau de correcció desitjat i l'empremta patològica

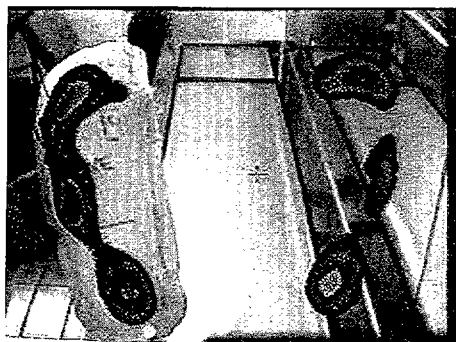


Aleshores veiem que el sistema no sap fer un motlle tot sol, però adapta de manera perfecta la bena a la posició que indiquem i ens permet dosificar la correcció en cada moment del recolzament i al tractar-se d'un sistema pneumàtic i, per tant, igual al que utilitzarem per adaptar el material sobre el motlle per confeccionar el suport o plantilla, resulta l'opció més lògica, racional i equilibrada.

Detall d'un motlle en càrrega



Detall d'un motlle per sistema tele-pneumàtic amb l'empremta superposada



La barreja racional dels diversos materials ens permet cobrir totes les necessitats ortèsiques



TECNOLOGIA DE MATERIALS PER CONFECCIONAR EL SUPORT

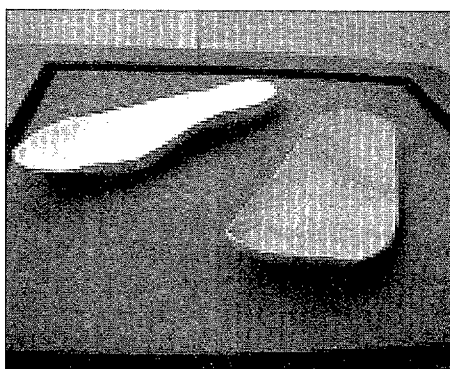
A l'elecció del material hem de fugir de nomenclatures vulgars de plantilles toves, dures o elàstiques, per ser termes relatius i poc concrets. Ha d'aplicar-se un criteri més seriós d'acord amb els objectius marcats i el tipus de correcció.

ga o exercir una força sobre el peu sense pèrdua d'eficàcia. També tindrem en compte que la plantilla mai haurà de representar una càrrega excessiva, especialment a l'esportista, fet pel qual és important valorar la seva lleugeresa.

El grau de duresa de la plantilla estarà en funció de la resistència que hagi de suportar



Plantilla de micropors (esq.) i de polipropilè amb EVA (dta.)



Penso que seria més lògic aplicar les terminologies de suports d'acomodament, compensació i correcció, depenent en cada cas de la resistència que hagin de suportar (ortesis acomodatives, compensatòries o de descàrrega), o exercir sobre el peu (ortesis correctives).

No hem d'oblidar que una plantilla va acoblada dintre d'una sabata i que l'enfranc, la base o la forma pot modificar notòriament el grau de correcció; generalment, s'ha de fugir de materials que no siguin laminats i que no tinguin l'elasticitat i la resistència necessàries per suportar una càrrega

Els materials termoplàstics laminats permeten adaptacions per buit pràcticament perfectes

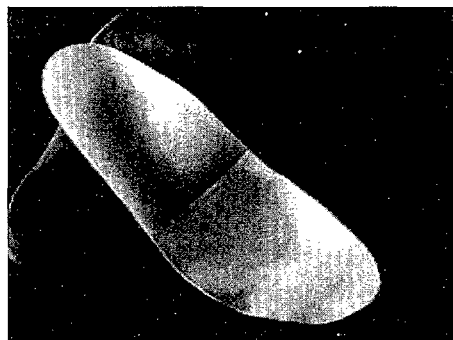


És a dir, hem d'encaminar-nos vers materials termocomfortables amb memòria elàstica que actuïn de suport o amortidor; de la seva resistència dependrà el grau de correcció, per això hem de disposar de diferents índex de resistència i elasticitat. Hem d'anar al món de la petroquímica i els seus derivats que ens ofereixen una gamma suficientment àmplia com per cobrir la majoria dels nostres objectius.

Aquesta gamma de materials podem agrupar-la en:

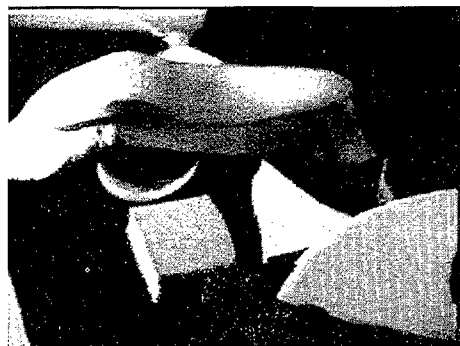
- Laminats elàstics
- Microporosos
- Elastòmers
- Resines
- Làtex

Plantilla de polipropilè amb allargament a l'avantpeu de micropors



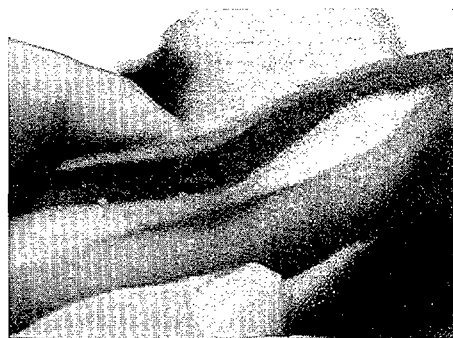
Per augmentar el seu amortiment, s'afegeixen a les plantilles microporosos en forma de sandwich, els millors són ETILEN VINIL ACETATO en les seves diferents formes de presentació i grau d'elasticitat, per la seva capacitat d'amortiment (aproximadament igual que l'aire) i poc pes.

Diversos materials acoblables per buit



Els laminats constitueixen l'ànima de la plantilla, tenen poc pes, un gruix de 2 a 4 mm, donen resistència i impedeixen el seu trencament, al mateix temps que per les seves qualitats de memòria elàstica, mantenen la seva forma amb un grau d'amortiment constant i una resistència al trencament per sobre de la pressió que el peu pugui aplicar en qualsevol circumstància (la seva resistència a l'impacte de la bola supera els 900 kg per cm quadrat). El més utilitzat és el polipropilè que, a més a més, permet, en el procés de termocomformat al buit, incloure altres materials amb els que queda fortament adherit; amb això, s'eviten els relleus o els canvis sobtats de resistència que poguessin ser agressius pel peu. També permeten correccions posteriors per seguir adaptant una plantilla a noves necessitats i el seu envelliment és pràcticament nul, podent mantenir la eficàcia durant molts anys, si es té cura i les revisions són les indicades per a cada cas.

Secció d'una plantilla per esport confeccionada amb EVA i polipropilè



El làtex escumat en làmines de diferents densitats i gruixos, donada la seva alta tecnologia actual, és un altre dels materials de gran utilitat ja que al haver-hi aire a les microcel·les té una capacitat d'amortiment i resistència suficient moltes vegades. Com inconvenient podem dir que sempre ha d'estar entre laminats d'EVA, donat que és hidròfug i en contacte amb el peu i la suor es trenca fàcilment. Pot ser perfectament encolada tant amb els microporosos com amb els polipropilens.

Les resines o materials bi components formen una família de diverses densitats i bones propietats mecàniques, però una vegada forjades no permeten manipulacions i, generalment, són més pesades. Poden ser útils en zones determinades de la plantilla, com elements estabilitzadors.

Les resines termoadaptables no ofereixen el grau d'elasticitat i de resistència que els polipropilens, per això es deformen amb el pes i, per tant, no són eficients en molts casos, si bé resulten fàcils de treballar.

Finalment tenim els derivats del silici, que amb el nom genèric d'elastòmeres poden ser inclosos en zones concretes, ja que si bé tenen major capacitat d'absorció de l'impacte (entre un 80 i un 90%), resulten més pesats, i, en forma laminada, no s'adhereixen bé als microporos. Aquests materials tenen un comportament similar als fluids, és a dir, quan s'exerceix sobre ells una pressió la dispersen en totes direccions, de forma similar al teixit adipós plantar. La seva excessiva capacitat d'amortiment té com a contrapartida una acció correctiva pràcticament nul·la i en moltes vegades, el seu excés d'amortiment pot produir sobrecàrregues musculars.

Les qualitats generals dels materials microporosos (no s'inclouen els elastòmeres) són:

- permeten el termocomformat, sols o combinats amb altres;
- són hidròfugs, fet pel qual no absorbeixen la suor i, en canvi, permeten la seva evaporació;
- tenen resistència a l'abradió i compressió, en funció dels seu grau de densitat;
- tenen pes reduït;
- no produeixen reaccions al·lèrgiques;
- són materials recuperables en un nombre de casos;
- permeten encolats d'altres o entre sí; per això, una plantilla pot reforçar-se progressivament en les zones de major desgast;

De tota manera, no hi ha un material ideal i tots poden ser bons si compleixen els objectius que ens plantegem en cada cas particular.

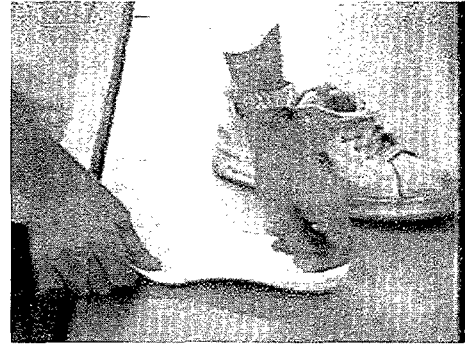
CONSIDERACIONS EN EL MOMENT D'ACOPLAR

EL SUPORT

Tot sovint és una part descuidada quan en realitat requereix una dedicació especial dintre del capítol ortèsic.

El pacient ha de conèixer quins són els criteris que ens porten a escollir el seu tractament ortèsic i els objectius que pretenem aconseguir i, per tant, ha de saber que pot esperar d'un suport i quin temps creiem que necessitarà per adaptar-s'hi bé, sobretot si la plantilla porta algun tipus de correcció especial.

És important acoblar la plantilla a la sabata que s'hagi d'utilitzar



Si es tracta d'un atleta cal que porti la sabatilla esportiva en la qual s'hagi d'acoblar i, si està deformada per l'ús, esperar a adquirir la nova amb la plantilla personalitzada en el seu interior.

Quan es lliuri la plantilla, s'ha de provar tant en el podòmetre com a la plataforma, tant descalç com amb acoblada a la sabata.

La plantilla ha d'oferir un pla de treball correcte i una perfecta adaptació



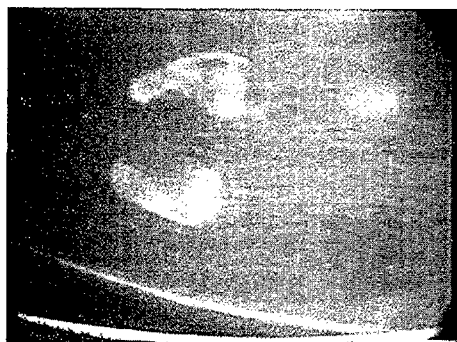
No s'aconsella iniciar els entrenaments immediatament amb la plantilla, doncs podria provocar un rosament o una pressió derivat tant de l'adaptació com del canvi en els recolzaments; per això, s'aconsella utilitzar-la per caminar durant un parell de dies abans de incorporar-la paulatinament a la pràctica esportiva per tal que la compensació sigui assimilada i integrada.

La plantilla pot modificar, però la lesió ha de reparar-se i que això exigeix un temps que estarà en funció de la intensitat de la lesió i que a vegades s'ha d'acompanyar de rehabilitació, electroteràpia, reducció de l'activitat, etc.

Quan ja està confeccionada la plantilla, es comprova en el podòmetre el grau de correcció o compensació obtinguts



Imatge analògica amb la plantilla acoblada



Si el grau d'alteració és important, considero imprescindible per a la integració i assimilació total de la correcció, l'ús de la plantilla de forma ininterrompuda. No podem pretendre caminar durant tot el dia amb uns recolzaments diferents als que exercirem durant l'entrenament. D'aquesta

manera, difícilment la plantilla s'integraria a nivell subconscient, ni el gest es modificaria. No podem gravar una pel·lícula de vídeo i després projectar-la prenent obtenir imatges diferents. Els moviments han d'integrar-se i esquematitzar-se a nivell subconscient de forma que la seva execució sigui lògica i automàtica.

Quan la simptomatologia hagi remès és necessari tornar a revisar la plantilla ja que el peu en estat asimptomàtic és més receptiu a les modificacions per la lògica davallada de la postura que comporta tota lesió que, lògicament, trenca la seqüència integrada del gest al veure's modificada pel dolor; més com és antic sigui el dolor.

També s'ha d'entendre que si la lesió obeeix a un fons de desequilibri estructural, sempre s'ha d'utilitzar el seu suport, ja que la interrupció en l'ús portaria, de nou, de forma més o menys ràpida a l'aparició de la simptomatologia.

Prova de plantilla acoblada a l'interior de la sabata mitjançant la plataforma de sensors



