

BIOMECANICA DEL PIE

* OLLER ASENSIO, Antonio

BIOMECANICA DEL PIE

- Análisis biomecánico
- Análisis biocinético
- Análisis ortocinemático

En los estudios dinámicos de la deambulación bipodal, el hombre por su posición erécta, se distingue y se diferencia del resto del reino animal.

De todo el reino animal, el hombre es el que presenta el centro de gravedad más elevado, la cabeza erguida, la cintura escapular y raquis situados por encima del centro de gravedad (Fig. 1).



Fig. 1

Gracias a los pies el hombre empezó a pensar, y gracias a los pies el hombre se elevó, adoptó la postura erécta y bípeda dejando libres sus manos para coger y escoger las cosas, tocar, explorar y elaborar.

El estudio biomecánico del ser humano es complejo y difícil, la ingeniería robótica todavía no ha conseguido la fabricación de un robot que deambule con la misma armonía y sincronización del ser humano, y lo más difícil, con las mismas alteraciones estructurales y/o patologías que nosotros presentamos (Fig. 2):



Fig. 2

La hélice y el substrato geométrico, forman una curva de conservación en la rotación braquial (acción gravitatoria) y contrarrotación (reacción gravitatoria) que se imprimen en la fase del movimiento específico, es un ritmo armónico en la expresión corporal de la estabilidad.

Los estudios biomecánicos a nuestro alcance son las maquetas mecánicas, y éstas son segmentarias y comple-

* Podólogo. Profesor Titular en la Escuela de Podología de la Universidad de Barcelona.

jas, ya que las realizamos de forma aleatoria y subjetiva y frecuentemente parcializadas e interesadas (Fig. 3).



Fig. 3

Lo último que debe hacerse en una exploración, es ver la huella plantar del pie.

Al explorar la huella plantar sin realizar una exploración clínica y un estudio biomecánico previo, corremos el riesgo de hacer un mal diagnóstico.

Una huella plantar, puede presentar una «Falsa huella del pie plano aparente» por un exceso de panículo adiposo, o bien puede presentar una «Simulada» huella de pie plano valgo o un pie cavo valgo y ser en realidad un retro-pié valgo, y falsear una huella plantar.

Esto no quiere decir que no se haga el estudio de la huella plantar, el estudio se debe de realizar siempre, pero se debe realizar al finalizar la exploración y el estudio biomecánico.

Según la bibliografía se describen las cuatro fases de la marcha, pero esto no es cierto del todo, es decir, no es una verdad completa, es una verdad a medias.

Hoy disponemos de medios ópticos cinemáticos e informáticos para decir que las fases de la marcha son tantas como la cadencia y la velocidad del paso en la que el pie, está apoyado en el suelo al efectuar el paso. La planta del pie es como el segmento de una rueda, en la que de forma progresiva, constante y secuencial va apoyando sobre el suelo.

En la mal llamada fase de despegue o de propulsión, (fase de rodación metatarso-digital) el pie se eleva del suelo con los dedos en hiper flexión dorsal, que se continúa en la fase de oscilación o fase gravitatoria hasta el 15% según F. Plas, E. Viel y Blanc, con el choque de talón.

Al pasar la pierna oscilante gravitatoria por el centro de gravedad la pierna que está en contacto con el suelo queda en posición neutra a flexión dorsal con la extensión de la rodilla realizando el movimiento helicoidal en rotación externa.

La fase de la marcha se inicia con un movimiento promotor (presumiblemente a nivel de S_1 - S_2) con un desplazamiento anterior y lateral del cuerpo, la triple flexión de la cadera, rodilla y flexión dorsal del primer dedo (Músculo

Extensor Propio del Primer Dedo) flexión dorsal de los dedos, (Músculo Extensor Común de los Dedos), y la flexión dorsal, adducción y supinación del antepié, (Músculo Tibial Anterior), estos músculos elevan el antepié, mantienen la pierna y el pie estabilizado hasta la primera fase descrita bibliográficamente, como el choque de talón.

El músculo Tibial Anterior actúa además como amortiguador, disipando las fuerzas del antepié en su caída con el fin de evitar los microtraumatismos sobre las cabezas metatarsales.

Se debe realizar el estudio biomecánico y el análisis global de la postura, sabiendo que las características del ser humano, son diferentes al resto de los seres vivos, presentando una somatotipología, una cineantropometría, por la longitud de sus pasos, por su altura corporal presenta una biomecánica propia, similar, pero distinta e irrepetible a los demás seres humanos.

Centro de gravedad en un cono mecánico

Es el punto donde se aplica la resultante de las fuerzas gravitatorias, este centro siempre es constante e invariable en su posición natural.

Centro de gravedad hidráulico

Es el punto donde se aplica la resultante de las fuerzas gravitatorias que actúan en la espiral de succión, este centro es inconstante.

Centro de gravedad en el ser humano

Es el punto donde se aplica la resultante de las fuerzas gravitatorias que actúan en los diversos puntos del cuerpo humano, este centro es inconstante según los diversos autores, el que más coincide descrito se halla situado en la columna lumbar entre las vértebras lumbares L_4 - L_5 .

Eje de gravedad

Es la línea que une el centro de gravedad del cuerpo humano en estática y dinámica con el centro de la tierra, es la vertical que pasa por el centro de gravedad.

Base de sustentación

Es el polígono de sustentación, en el cual están ubicados ambos pies, limitado por el borde externo de ambos pies, la línea que une la porción posterior de ambos talones y la línea anterior y distal de ambos antepiés zona distal digital.

En posición bipodal

Para que el cuerpo se halle en equilibrio estable, el eje de gravedad debe caer dentro de dicha base de sustentación (Centro inter astragalino).

Posición monopodal

Para que el cuerpo se halle en equilibrio estable el eje de gravedad debe caer sobre el tripode de sustentación monopodal, es decir, sobre el cuello astragalino del pie que se halla en apoyo monopodal forzando una pronación de articulación medio tarsiana.

En la estación bipodal

En posición de firmes con apoyo simétrico de ambas piernas, el peso de la masa corporal superior (cabeza, tronco y miembros superiores) se transmite vertical y directamente proporcional por igual sobre ambas caderas.

En la estación monopodal

La transmisión de este peso corporal aumenta la velocidad mecánica considerablemente, pues además, todo este peso corporal gravita sobre una cadera. Existen unas fuerzas musculares que impiden la caída de la pelvis. La cadera actúa de fulcro para la reorientación del equilibrio del cuerpo y está sometido a continuas contracciones musculares involuntarias.

Los desplazamientos segmentarios son posibles alrededor de las líneas o ejes de gravedad a condición de que se compensen en la dinámica de la deambulación con el movimiento de rotación y contrarrotación (brazo contralateral y la mal llamada pierna oscilante, que debería llamarse pierna de rotación gravitatoria) (Fig. 4).

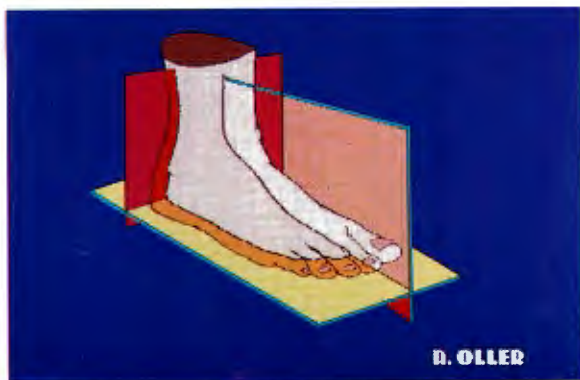


Fig. 4

La configuración de la estabilidad es un punto condicionante a la posición bipodal, y los movimientos que se realizan a través de los tres planos imaginarios, que actúan en tres dimensiones, son:

- Plano Sagital
- Plano Frontal
- Plano transversal

Estos son unos planos quiméricos que forman una hélice helicoidal en sentido de la línea de progresión y en sentido vertical.

Pero estos planos no son rígidos, la dinámica del hombre es extremadamente compleja: su morfología, su forma corporal, le conlleva a realizar unos movimientos específicos ondulatorios progresivos y gravitatorios en la deambulación (Fig. 5).



Fig. 5

El astrágalo es como un jinete que cabalga sobre el calcáneo e imprime las presiones de los impulsos trabeculares el calcáneo sigue al astrágalo en los movimientos del pronación, supinación, abducción y adducción, éste se horizontaliza por retracción del Tríceps Sural, asociándose con la del Abductor Propio del Primer dedo y el Flexor Corto plantar.

Para edificar el substrato helicoidal vertical, en el cual basamos la biomecánica individual, la gravitación corporal y la información ambiental es decisiva. El medio ambiente es un agente condicionante, es un vehículo energético que depositándose en forma helicoidal sobre el ser humano que es un cuerpo geométrico en movimiento, gravita constantemente sobre la base y el triángulo de sustentación.

De todos es sabido que en condiciones ambientales modificamos la longitud y la amplitud del paso, la deambulación se modifica.

En el exterior los pasos son más amplios, si llueve o hace frío nos encogemos sobre nosotros mismos, dentro de un edificio los pasos son mucho más cortos, los jóvenes reclutas llegan al cuartel en desorden a los pocos días marchan en fila y al paso, en un desfile militar la deambulación es simétrica favoreciendo la elegancia del paso desfilando.

El análisis del proceso del movimiento específico es complejo, la forma corporal que es particular de cada individuo, la hélice y el substrato geométrico, forman una curva de conservación en la rotación braquial (acción gravitatoria) y contrarrotación (reacción gravitatoria) que se imprimen en la fase del movimiento específico, es un ritmo armónico en la expresión corporal de la estabilidad.

La movilidad continua trastorna todos los cálculos cinéticos de todo el peso corporal, cuando el sujeto se encuentra en equilibrio monopodal o unipodal, apoyándose sobre

un talón, apoyándose sobre todo el pie o bien sobre el antepié, esta persona se comporta como la caña de un malabarista apoyada sobre la punta de un dedo.

Para ello se debe realizar un análisis individual del movimiento específico, de todas las presiones que soporta una zona tan pequeña como es el pie, el pie en ocasiones, es el centro de gravedad, es la base de sustentación y es el apoyo del hombre. El pie es una condición particular de estabilidad, derivada de la disposición antropomorfo genética, presentando una biomecánica propia.

La cual propicia un movimiento propioceptivo restaurando el equilibrio, la durabilidad de la dinámica y la estabilidad estructural.

Las fuerzas verticales corporales que se transmiten en sentido cráneo caudal son soportadas por la bóveda plantar, estas fuerzas forman una espiral en sentido **vertical y helicoidal** que gravitando de forma alternativa pasan las fuerzas corporales verticales a través del tronco superior a la pelvis y a su vez a las extremidades en sus movimientos de progresión, se reequilibran en las oscilaciones y traslaciones propioceptivas pasando al centro del cuello astragalino distribuyendo las presiones a través del eje postero anterior helicoidal de empuje a las carillas articulares del pie permitiendo la funcionalidad de la dinámica y la marcha.

Y es gracias a la **propioceptividad de sus ligamentos, y básicamente a los ligamentos redondos** (de la articulación coxo-femoral), los **ligamentos cruzados de la rodilla**, (ligamento cruzado anterior y ligamento cruzado posterior) y los **ligamentos interóseos subastragalinos** (de la articulación subastragalina).

Estos ligamentos son los que coordinan los movimientos **neuro-propioceptivos** de último eslabón de la cadena cinética configurando su propio patrón cinético de la deambulación.

BIOMECANICA DEL ASTRAGALO

En la dinámica monopodal el astrágalo efectúa unos movimientos de «**anterolistesis y retrolistesis**», distribuyendo las presiones recibidas con movimientos de «**pronación, supinación, rotación interna y rotación externa**» incrementándose el ángulo de dispersión astrágalo calcáneo en más de 20 ° favoreciendo el descenso dinámico y el aplanamiento de la concavidad cutánea plantar.

El calcáneo sigue al astrágalo en el movimiento de pronación, adducción, éste se horizontaliza por retracción del Tríceps Sural, asociándose con la debilidad del Abductor Propio del Primer dedo y el Flexor Corto plantar acentuándose la alteración estructural de valgismo del retropié.

El astrágalo al recibir los estímulos de las presiones verticales helicoidales las transmite y distribuye las presiones en **tres direcciones**.

- 1.^a **Una fuerza posterior subtalámica**, abarcando desde el cuerpo del astrágalo hasta la base posterior del calcáneo en forma cónica o del abanico hasta la trabeculación posterior del calcáneo.

- 2.^a **La segunda fuerza anterior e interna o escafoidea**, en el pie astragalino o pie dinámico en dirección postero anterior y helicoidal perpendicular a través del cuerpo y cuello astragalino hacia las carillas articulares del escafoides, trifurcándose en tres vectores hacia las tres cuñas, 1.^o, 2.^o y 3.^o metatarsiano, y los tres primeros dedos.

- 3.^o **La tercera fuerza se dirige en proyección anterior y externa**, sobre el pie estático o pie calcáneo, que se dirige desde el calcáneo anterior y externo hacia el cuerpo del cuboides, 4.^o y 5.^o metatarsiano y dedos.

Articulaciones de movimiento

Articulación Tibio-Peronea-Astragalina.
Articulaciones Metatarso-Falángicas.

Realizan los movimientos de flexión plantar y las de Flexión dorsal, además de la rigidez de palanca en posición equina.

Articulaciones de amortiguación

Articulación Subastragalina.
Articulación de Chopart.
Articulación de Lisfranc.

Realizan estas los movimientos de amortiguación, adaptación y estabilización en los terrenos irregulares (Fig. 6)



Fig. 6

CRUZADO MAGICO

Está constituido por los Músculos Tibial Posterior y Peroneo Lateral Largo. Estos dos músculos forman la «**Cincha de suspensión y equilibrio del medio pie**», estos músculos siempre se encuentran implicados en todas las

alteraciones estructurales del pie, valgo, plano, plano-valgo, plano varo, cavo, cavo-valgo, cavo varo.

El cruzado mágico es el estabilizador del medio pie. Es el sincrónico-estabilizador constante de la pronación y de la supinación.

En la fase de la marcha en el 0% y en el choque de talón hasta el 15%. El músculo Tibial Posterior se contrae inicia la coaptación, el cierre y el bloqueo del escafoides sobre el astrágalo, el cierre y la amortiguación de la articulación de Chopart, en el apoyo con toda la planta del pie, aduce y supina la articulación mediotarsiana.

En la fase de frenado estabiliza el apoyo plantar hasta el 40% de la marcha y desde el 40% hasta el 60% se relaja la adducción para que el músculo Peroneo Lateral Largo se contraiga y conjuntamente con el músculo Peroneo Lateral Corto realice el movimiento Abducción y pronación así como ambos ayudan a la flexión plantar del pie.

El pie laxo frecuentemente se encuentran aumentados los recorridos articulares de la articulación Tibio Peroneo Astragalina, y la subastragalina, acompañándose de las **luxaciones** del músculo Tibial Posterior, y el Peroneo Lateral Largo.

Este tipo de pie se acompaña habitualmente de laxitud ligamentosa, las vainas tendinosas retromaleolares son laxas, y al solicitar la contracción muscular el Tendón del Músculo Tibial Posterior cambia y discurre su recorrido por la cara interna de la tibia, elongando el origen y la inserción perdiendo la capacidad de cierre bloqueo y sujeción de toda la cara interna de la articulación mediotarsiana.

El músculo Peroneo Lateral Largo mantiene el tono muscular aunque es frecuente su luxación sobre el maleolo peroneal. Se debe a que el eje vertical de la apófisis peroneal se valguiza medialmente y la inflexión cuboidea está situada en una posición más externa pero mantiene la tracción sobre la base del metatarsiano favoreciendo la acción del cruzado mágico en un movimiento de pronación de la medio tarsiana.

El músculo Tibial Anterior está debilitado y elongado. El Peroneo Lateral Corto al contraerse tracciona la apófisis estiloides que de forma sinérgica favorece la pronación, la abducción y la sobrecarga del rodete glenososamoideo del primer metatarsiano (Fig. 7).



Fig. 7

D. OLLER

En el apoyo monopodal, se realiza «**la fase de stress**» es cuando, la pierna contralateral está en reequilibración (la mal llamada pierna oscilante) y a su vez puede presentar una «**falsa huella de pie plano**» o bien una imagen de «**falso pie cavo valgo**».

Este es un movimiento fisiológico no confundir este pronunciamento fisiológico: la pronación de la articulación mediotarsiana, la adducción y la rotación interna del astrágalo y la abducción del antepié, que es fisiológico en la fase del máximo apoyo monopodal.

La marcha es un proceso que cada persona aprende y no es de extrañar que cada una muestre en su desarrollo unas características propias. Más que el desarrollo de un reflejo automático e innato, parece ser que es un proceso aprendido. Por ello podemos reconocer a distancia a una persona por su manera de deambular (Fig. 8).



Fig. 8

El estudio de la marcha se realiza desde el 0% en el choque del talón hasta la mal llamada fase de despegue o de propulsión, que debería llamarse fase de rotación y/o de levitación metatarso-digital que es el 60-62% en apoyo y el 100% que es cuando inicia el choque de talón contrario.

El pie se eleva del suelo con los dedos en hiper flexión dorsal, que se continúa en la fase de oscilación gravitatoria, al pasar la pierna oscilante gravitatoria por el centro de gravedad la pierna que está en contacto con el suelo queda en posición neutra pasando a flexión dorsal con la extensión de la rodilla realizando el movimiento helicoidal en rotación externa.

En el pie plano, en una **proyección lateral en carga**, el eje de empuje helicoidal postero anterior se sale a través de la cara plantar cúneo-metatarsal frecuentemente provocando un movimiento de erección del primer metatarsiano, siendo a veces la primera cuña el punto más bajo del arco longitudinal interno, favoreciendo el pie plano por el descenso de la concavidad cutánea plantar.

En el pie cavo, en una **proyección lateral en carga** el eje de empuje helicoidal postero anterior se sale a través de la cara dorsal cúneo metatarsal frecuentemente provocando la caída e inclinación en picado del primer metatar-

siano hacia el suelo, siendo el punto más alto del arco la articulación escafo-cuneal, favoreciendo el pie cavo y el aumento de la concavidad cutánea plantar (Fig. 9).



Fig. 9

En el pie pronado valgo, en una **proyección dorso plantar en carga**, las fuerzas del eje de empuje helicoidal postero anterior se sale a través de la articulación astrágalo-escafoidea o escafo-cuneal y frecuentemente sobre la articulación cúneo-metatarsal, formando un ángulo con el metatarsiano, favoreciendo la abducción metatarsal, aumentando a su vez el ángulo de dispersión.

Este ángulo está formado por el eje longitudinal del astrágalo y el eje longitudinal del calcáneo, el valor normal de este ángulo oscila sobre los 15° grados (Fig. 10).

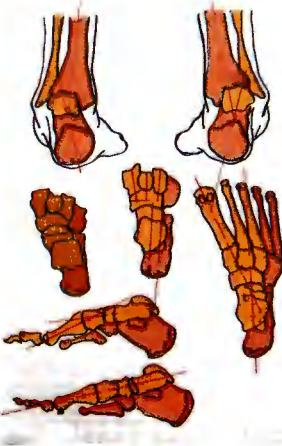


Fig. 10

En el pie cavo varo, en una **proyección dorso plantar en carga** las fuerzas del eje de empuje helicoidal postero anterior se sale en dirección interna y dorsalmente a tra-

vés de la articulación astrágalo-escafoidea hacia el segundo metatarsiano formando un ángulo con el segundo metatarsiano, disminuyendo a su vez el ángulo de dispersión, siendo inferior a los 15°.

En el retropié valgo, el pie pronado, el pie pronado laxo, el pie plano astrágalo vertical y el pie plano paralítico, las fuerzas helicoidales y verticales que se transmiten a través de la tibia favorecen la torsión y/o externa y la rotación interna de la pinza bimaleolar aumentando la espiral helicoidal vertical de la biomecánica tibio-peroneo-astragalina en los movimientos de rotación y los de la contrarrotación favoreciendo el valgismo o el varismo del retropié.

La radiología estática te permite la interpretación y la observación de la biomecánica segmentaria del pie, este pie que es capaz de adaptarse en las mejores condiciones ambientales al suelo en estática, gracias a la flexibilidad de su musculatura corta plantar.

En ocasiones es incapaz de mantener sus estructuras facilitando la pronación del arco longitudinal interno y el aplanamiento de la concavidad cutánea plantar en función de esta arquitectura ósea, de la cual destacamos por sus inserciones el **Flexor Corto Común de los Dedos**, el **Abductor del Primer Dedo**, el **Flexor Corto del Primer Dedo** y la **Aponeurosis Plantar** todos ellos se insertan en las **falanges proximales**.

El pie se manifiesta por la pronación, la adducción y la pronación de la articulación mediotarsiana, la supinación y la abducción del antepié, en el pie valgo es habitual que se acompañe con el descenso del arco longitudinal interno, incrementándose este aplanamiento de la bóveda plantar (Fig. 11).



Fig. 11

El pie da una imagen de pie plano, en el podoscopio, en el pedígrafo y en los sistemas informáticos, pero este pie en dinámica presenta aumento y disminución de la concavidad cutánea plantar. El diagnóstico será de, ¿pie plano real? o es de, ¿pie plano aparente? Siempre, siempre, se debe de realizar la maniobra de exploración para el diagnóstico del pie plano. La arquitectura ósea de la bóveda plantar se encuentra distendida, aplanada y pronada cuando el pie está pisando o apoyado en el suelo.

Primera opción de exploración

Solicitar que el paciente levante el pie del suelo y cuando este pie se eleva del suelo si la bóveda plantar se reorienta, se modifica, se reconstruye y se reequilibra en la fase que el pie no está en carga, es decir en la fase de reposo y en la fase de (oscilación) que es cuando la pierna reequilibra y gravita sobre el centro de gravedad no es un pie plano.

Segunda opción de exploración

Dorsiflexionar el primer dedo y valorar si la bóveda plantar se reconstruye, se modifica y aumenta la concavidad cutánea plantar, si se modifica y aumenta no es un pie plano, si no se modifica si es un pie plano (Figs. 12 y 13).



Fig. 12

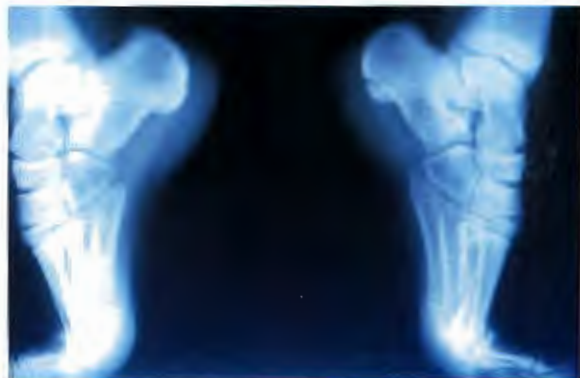


Fig. 13

Cuando solicitamos dinámicamente la elevación sobre sus cabezas metatarsales, en la evolución dinámica de la marcha o en su forma y evolutiva secuenciada en la elevación sobre la articulación **dígito-metatarsal** aumenta la

concavidad cutánea. Al equinizarse en la última fase de despegue o propulsión aumenta aún más y se entreabren sus carillas articulares dorsales a nivel del escafoides y cuñas, que es cuando el pie actúa con la rigidez de una palanca, cuando se modifica el arco longitudinal.

El pie sobre la plataforma con un tacón más o menos elevado de un zapato se reorienta la concavidad cutánea plantar. Este gesto produce una disarmonía entre la articulación metatarso falángica, aumentando una alteración patomecánica digital.

Al equinizarse en la última fase de despegue o propulsión aumenta aún más la patología metatarsal, y las sesamoiditis, que es cuando el pie actúa con la rigidez de una palanca, cuando se modifica el arco longitudinal y lo sesamoideos quedan al descubierto (Fig. 14).



Fig. 14

La fórmula metatarsal es el primer agente desencadenante de una alteración estructural.

En el ser humano:

- Forma y función.
- Anatomía y fisiología.
- Arquitectura y biomecánica.

1.º Estudio

Averiguar la interrelación de la marcha humana en adducción-abducción y qué relación presentan con el ángulo de «Oller» que forman el «Eje del segundo metatarsiano y el eje transmetatarsal».

- Se traza el centro de la diáfisis del 2.º metatarsiano.
- Se traza una línea tangencial de la cabeza del 2.º metatarsiano hasta la cabeza del 5.º metatarsiano.

Muestra

Estudios realizados a 1.255 pacientes, en deambulación dinámica y medición radiológicas en proyección dorso plantar en carga siendo el promedio de las 1.255 radiografías de 68º.

Resultado

- a) Que los pacientes cuyo ángulo oscila entre los 50° y los 60° tienden a la deambulación **Adducción**.
- b) Que los pacientes cuyo ángulo oscila entre los 70° y los 75° tienden a la deambulación en **Abducción**.

2.º Estudio

Averiguar en cuantos pies, que presentan una «**insuficiencia**» del primer metatarsiano, se incrementa el valgismo de retropié y la pronación de la articulación mediotarsiana en la fase de apoyo monopodal dinámico.

Muestra

Se ha realizado un estudio a 757 pacientes que presentaban pies valgus fisiológicos en posición estática y 1.255 radiografías en la proyección dorso plantar en carga.

En este estudio el ángulo estudiado presenta una interrelación sobre los patrones cinéticos de la marcha humana y unas características antropométricas personales de aquellos pacientes que presentan la dinámica de la deambulación en adducción y abducción (Figs. 15 y 16).



Fig. 15



Fig. 16

Esta hipótesis me permite manifestar que es la fórmula metatarsal el primer condicionante, el origen primario de las manifestaciones estructurales del «pie».

- a) La forma del pie se manifiesta con una función propia (pie valgo, pie plano valgo, pie cavo valgo, pie equino, pie zambo, adducto varo...).

A través del tiempo se van asociando por acomodación a trastornos estructurales del pie, actuando las leyes de Delpech y Wokman fijando las carillas articulares de la subastragalina, calcáneo-cuboideas, astrágalo-escafoidea y la articulación de Lisfranc, conformando la alteración estructural del retropié.

La fórmula metatarsal, actuaría remodelando el comportamiento rotacional y de torsión de las extremidades inferiores, modificando a su vez sobre la fórmula digital, en la más variada garrá digital, en martillo y en botunier o cuello de cisne (Fig. 17).



Fig. 17

La idiosincrasia del calzado, el estudio del calzado, es primordial para el diseño de un tratamiento, pie, tratamiento, calzado y terreno en el cual se mueve el paciente.

Es importante realizar un buen estudio del calzado, el desgaste, el tipo de material y en estos casos la deformidad y el surco de los pliegues digitales.

ESTUDIO BIOMECANICO ORTOCINEMATICO APLICADO

Sistema de Podometrías Cinéticas microprocesadas. Con sistemas optométricos Video Podocomputer.

Sistemas de Podometría por barosensores estáticos y dinámicos. Mediante la plataforma estática y dinámica. Obtención informatizada «Pel».

Sistemas de Análisis Podométricos dinámico

Por barosensores dentro del calzado «Pea».

OBJETIVOS

Análisis de las imágenes obtenidas mediante filmación de vídeo.

Estudio de la huella «vídeo-podo-computerizadas».

Observación ralentizada del movimiento cinético. Digitalización de las imágenes, estudio de las angulaciones, distancias segmentarias en las oscilaciones, translaciones, rotaciones y contrarotaciones.

Distinguir los diferentes sistemas de obtención de huellas plantares así como las diferencias cuantitativas y cualitativas entre los sistemas tradicionales y las diversas podometrías microrprocesadas.

Definir los tres sistemas de microprocesado a base de la diferenciación de sus sensores, así con los inconvenientes y sus ventajas.

El análisis ortocinemático de la huella plantar presenta un grave problema en la interpretación biomecánica previo al diseño de un tratamiento ortopodológico o quirúrgico, ya que la sensibilidad mínima en la adquisición de menos de 30 gramos de peso, en aquellos casos que la presión digital es inferior a los 30 gramos de peso en el Baropodoscopio.

La Plataforma estático-dinámica y el Sistema de Análisis Dinámico Autónomo, los registros gráficos presentan inconvenientes de lectura en las adquisiciones de las superficies y presiones digitales.

Sólo el análisis cuantitativo, la interrelación de múltiples filmaciones y registros informáticos viendo al sujeto en los tres planos te ayudan a interpretar todos los datos obtenidos, e interrelacionar la Biomecánica, el movimiento ortocinemático del ser humano.

BIOMETRIAS CINEMATICAS

Se consiguen pasando a través del monitor la proyección de un estudio videográfico a cámara ralentizada, imagen a imagen las diferentes secuencias del paso.

1.º Observando el desplazamiento lateral, oscilación y traslación sinusoidal en sentido postero antero, balanceo de brazos en su movimiento de acción y reacción (rotación equilibradora del brazo y contra rotación alternante).

2.º Comportamiento biomecánico de la subastragalina, astrágalo escafoidea, cuneo metatarsal y metatarso falángica, del eje de empuje helicoidal postero anterior.

3.º Biomecánica digital (primer agente causante de las onicocriptosis y de las uñas microtraumáticas que suelen dar la imagen de uñas micóticas).

4.º Separación bimaleolar, en caso de talus valgus y separación bicondílea en caso de desviación fémoro tibial en varo mediante el útil de la regla.

5.º Medición de la línea quimérica de helbing, su valoración en grados, tanto en estática como en dinámica, cuantificando los grados y los ángulos de la separación bimaleolar, en caso de talus valgus y separación bicondílea en caso de desviación fémoro tibial en varo.

6.º Valoración de las angulaciones del eje femoral tibial en valgo, tanto en estática como en dinámica, así como el centro de gravedad alternante bipodal.

7.º Medición del ángulo de FICK, tanto en estática como en dinámica.

8.º Analítica morfogenética de las alteraciones retro maleolares, prono supinaciones de la medio tarsiana, de las alteraciones dígito metatarsales con valoración de las angulaciones digitales dedos en garra, dedos en boutonier, dedos en martillo Hallux Valgus y rotaciones internas o externas digitales.

Datos básicos en biomecánica para el diseño ortopodológico prequirúrgico.

Una vez realizado el estudio biomecánico el análisis bio-cinético y ortocinemático estudiaremos los diagramas de las improntas plantares sin riesgo de diagnosticar el pie normal.

Pie plano, pie valgo, pie varo, pie cavo, pie cavo valgo o pie cavo varo, o huellas de pie zambos u otras patologías podológicas. Pero lo más importante es que no se diagnostican a veces los «falsos pies planos o falsos pies cavos valgus» (Fig. 18).



Fig. 18

La obtención de la huella plantar puede ser podoscópica o podográfica convencional (pedigrafías de tinta fotopodograma etc...). Pedigrafías podocomputarizadas hay varios sistemas. Estudio ortocinemático videopodocomputarizado, en la dinámica de la deambulación.

ESTUDIO SECUENCIAL DEL PIE VALGO

Pie plano valgo en estática bipodal, vista antero posterior, trazado de la línea intermaleolar tibial, que se encuentra disminuida con tendencia al paralelismo, intermaleolar tibial.

Pie plano valgo en estática bipodal, vista antero posterior, trazado de la línea intermaleolar tibial, que se encuentra disminuida con tendencia al paralelismo, intermaleolar tibial (Fig. 19).



Fig. 19

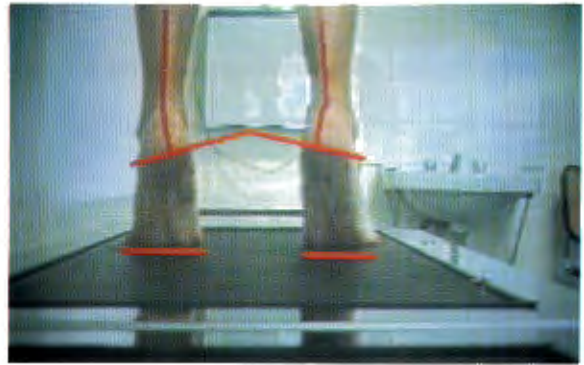


Fig. 21

Pie plano valgo en estática proyección oblicuada. Observación: rotación interna de la pinza maleolar, valgusismo y pronación, con ruptura del eje helicoidal de empuje postero anterior a nivel de la articulación astrágalo escafoidea, primer dedo atáxico y valguzado clinodactilia digital, aplanamiento del arco longitudinal interno.

Pie plano valgo estático en proyección lateral interna, aplanamiento del arco longitudinal interno imagen del doble maleolo y subluxación del músculo tibial posterior.

Posición bipodal estática postero anterior trazado del centro de gravedad. Vemos el valgusismo talar (Fig. 20).



Fig. 20

Elevación sobre la articulación digitometatarsal con la supinación total de los talones. Se han invertido los ejes de ambos talones sobre la posición inicial, esta posición es normal por la acción del tríceps sural que su inserción en el calcáneo es postero medial e interna la tracción isotónica supina el calcáneo (Fig. 21).

Vista antero posterior, es de vital importancia observar la pronación bimaleolar de ambos pies trazado del eje del centro de gravedad, la línea cae hacia la pierna derecha producto de una disimetría de 1,5 cm.

Máxima elevación sobre el antepié, modificación eviden-

te del astrágalo y de la articulación tibio peronea, la inversión del eje transmaleolar con modificación del astrágalo.

Proyección lateral en carga, se traza el eje vertical de la pierna y el centro de la articulación Tibio Peronea Astragalina apareciendo un ángulo de 90° aproximadamente, (en color rojo) inicio de la elevación sobre el antepié debido a la inestabilidad de la articulación Tibio Peronea Astragalina, producida por el valgusismo de retropié (Fig. 22).



Fig. 22

Al solicitar la flexión plantar del tobillo de ambos pies se produce la dorsiflexión digital de ambos pies (en un momento de reequilibrio) así como la adaptación digital de los dedos del 2.º al 5.º de ambos pies (Figs. 23 y 24).

Aumenta la elevación sobre el antepié, el trazado del eje vertical con relación al antepié (línea verde) hay un desplazamiento anterior del centro de gravedad, los dedos gravitando están flexionados en presión sobre el suelo.

Se suceden movimientos gravitatorios y de equilibrio no que se producen hiper extensión de los primeros dedos.

Máxima elevación del antepié, es interesante observar el trazado de las diferentes líneas que marca la articulación Tibio Peronea Astragalina con el antepié, como se ha



Fig. 23



Fig. 24

ido desplazado progresivamente en proyección postero-anterior el centro de gravedad sobre el pie.

- 1.º LINEA ROSA
- 2.º LINEA AZUL
- 3.º LINEA VERDE
- 4.º LINEA AZUL CLARO
- 5.º LINEA AMARILLO
- 6.º LINEA GRIS

ESTUDIO SECUENCIAL DEL PIE VARO

Posición bipodal estática en proyección antero posterior.

Desplazamiento lateral, es significativa la progresión de hiper extensión del primer dedo y contracción del Tibial Anterior al iniciar la elevación calcánea.

Se incrementa el desplazamiento lateral corporal.

Las fuerzas de la contracción del Extensor Propio del Primer Dedo, el Extensor Común de los dedos, y Tibial Anterior y la elevación total iniciando la supinación de todo el pie, aumentando el cavismo del arco longitudinal interno.

El pie gravitando inicia el adelantamiento sobre el centro de gravedad, aumentando la supinación del antepié, de la medio tarsiana y el cavismo del arco longitudinal interno del pie que está gravitando.

El pie que está en apoyo monopodal incrementa el apoyo por su arco longitudinal interno. Si observamos la línea del eje transmalleolar vemos como se incrementa y la supinación calcánea, y ejerce un desplazamiento lateral del centro de gravedad.

El pie que está en oscilación gravitatoria ha pasado el centro de gravedad y el pie que está en apoyo monopodal estática sufre un aumento del cavismo en su eje interno, y una supinación importante de su apoyo podálico.

La recepción del pie derecho en supinación, aumento de la concavidad interna plantar supinación e hiperextensión digital.

Oscilación lateral derecha reequilibrando el centro de gravedad. El pie derecho entra en la fase de recepción de apoyo en supinación con la hiperextensión digital.

Se han omitido la iconografía del pie varo, ante la solicitud de aportar la mínima iconografía con el fin de no encarecer la publicación de estos trabajos.

BIBLIOGRAFIA

- BONNELL, F., YAEGER, Y.H., MANSAT, CH.: *Les laxités chroniques du genou*. Paris. Ed. Masson. 1987.
- GARCIA RAIMUNDO, MIGUEL: *Generación de patrones anatómofuncionales de la marcha humana normal, basada en el empleo de técnicas estroboscópicas y plataformas dinamométricas*. 1987.
- FUCCI, S., BENIGNI, M.: *Biomecánica del aparato locomotor aplicada al acondicionamiento muscular*. Barcelona. Ed. Doyma. 1988.
- KAPANDJI, I.A.: *Cuadernos de fisiología articular. Cuaderno II. Miembro inferior*. 2.ª ed. Barcelona. Ed. Toray-Masson. 1981.
- KENDALL, H.O., KENDALL, F.P. Y WADSWORTH, G.E.: *Músculos: pruebas y funciones*. 2.ª ed. Barcelona. Ed. Jims. 1979.
- PLAS, F., VIEL, E., BLANC, J.: *La marcha humana*. Barcelona. Ed. Omega. 1984.
- PLATZER, W.: *Atlas de anatomía*. Barcelona. Ed. Omega. 1987.
- RAMIRO POLLO, J.: *El Calzado para la Carrera Urbana. Criterios Biomecánicos de Diseño*. Editado por: Instituto de Biomecánica de Valencia. 1989.
- SAUNDERS, INMAN Y EBERHART: *Los mecanismos de marcha normal y patológica. The journal of bone and joint surgery*, 35, A, pp. 543-558. USA. 1953.
- VILADOT, R., COMI, O., CLAVELL, S.: *Ortesis y prótesis del aparato locomotor. Tomo 2.1. Extremidad inferior*. Barcelona. Masson, S.A. 1989.
- WINTER, D.A.: *Cinemática de la marcha normal. J. of biomechanics*, 7, pp. 479-486. Canadá. 1974.
- WINTER, D.A.: *Análisis energético de la marcha normal. J. of biomechanics*, 9, pp. 253-258. Canadá. 1975.
- REVISTAS PODOLOGICAS: *¿Bota sí, bota no?* Revista EL PEU. Associació Catalana de podòlegs. Noviembre-Diciembre, 1984, n.º 13, págs. 4-5.
- *Biomecánica*. Revista EL PEU. Associació Catalana de podòlegs. Marzo-Abril, 1988, págs. 55-59.
- *Influencia del ángulo de «Oller» con el ángulo de anteversión*. Revista EL PEU. Associació Catalana de podòlegs. Abril-Mayo-Junio 1989, págs. 73-81.
- *Pie Valgo*. Revista REP. Revista Española de Podología. Abril-Mayo-Junio, 1989, págs. 73-81.