

Antonio OLLER ASENSIO

Podólogo

Biomécanica es la parte de la cibernética aplicada al ser vivo, el hombre gracias al desarrollo de su gran masa encefálica y su enorme diferencia con el resto de los seres vivos ha seguido un proceso evolutivo, que le ha permitido adaptarse y aprender a utilizar su cerebro, es capaz de efectuar hazañas extraordinarias que le hacen superior a cualquier otro ser vivo y le permite reconocer las leyes naturales y aprovecharlas para alcanzar los más encumbrados logros técnicos, por lo cual lo capacitan para que su movilidad, deambulación, marcha, carrera, salto, adaptación, amortiguación y la propulsión en los despegues, se consiga de forma distintiva del resto de seres vivos. (fig.1)

No existen leyes especiales para el organismo humano con-

sidera el pie a la vez, como la puerta de entrada de los estímulos propioceptivos antigraavitatorios dando información y respuesta motora.

En este aspecto cibernético del pie, propioceptivamente sería este el mecanismo básico para el mantenimiento del equilibrio humano en posición bípeda frente a los estímulos antigraavitatorios que tienden a romperlo. Basado en estas afirmaciones Paparella, define el pie como "estructura espacial, variable, base del servomecanismo antigraavitatorio del cuerpo humano".

Biomecánicamente el pie constituye una unidad estático-dinámico cuya misión fundamental es la sustentación del peso del cuerpo y la de permitir la funcionalidad de la deambulación.

Por ello, el pie está constituido por unos elementos estructurales: (fig.2)

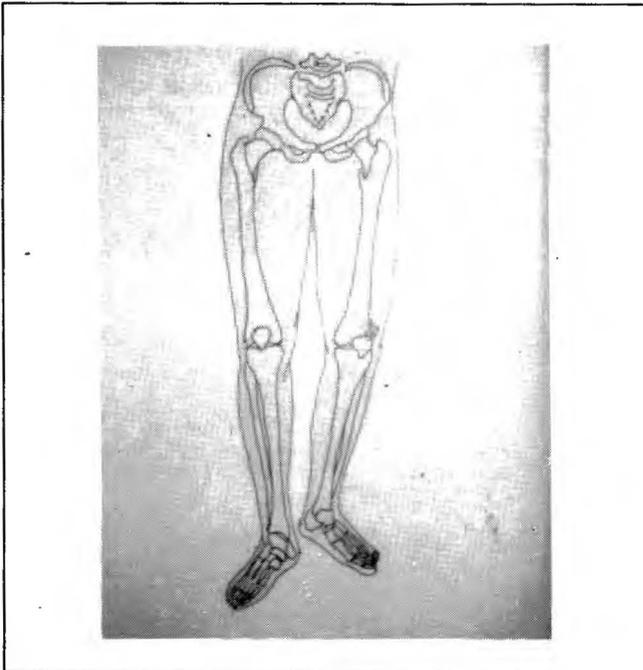
- **ÓSEOS**
- **LIGAMENTOSOS**

- **CAPSULARES**, que son los encargados de la función estática, los articulares y musculares, que son los que contribuyen a su funcionamiento.

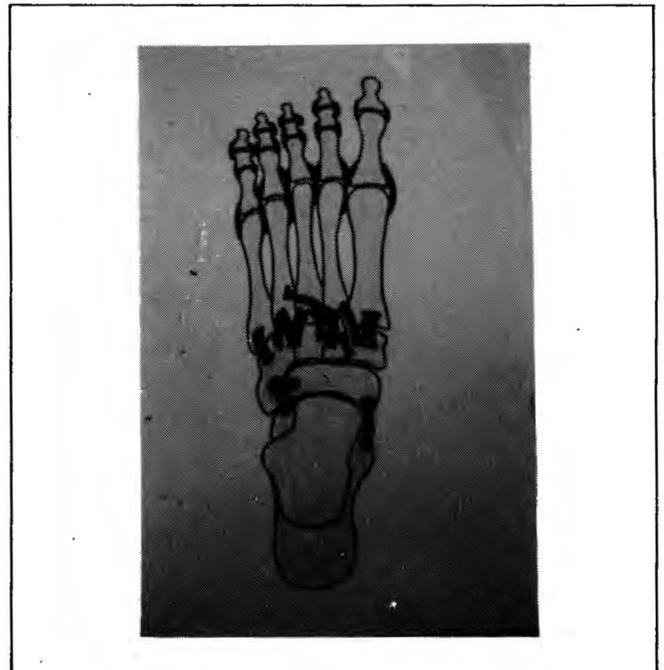
Fundamentalmente los huesos del tarso, son cortos, formados principalmente por tejido esponjoso y recubierto por una delgada capa cortical de tejido compacto.

Las trabéculas de tejido óseo esponjoso se orientan siguiendo las líneas de carga de cada hueso, de tal manera que aumenta su resistencia frente a éstas.

El peso del cuerpo se transmite desde el pilón tibial al Astrá-



(fig.1)



(fig.2)

galo, siendo este el que distribuye, de forma que:

- Permite hacia atrás las cargas de presión.
- Adelante formando dos columnas:(fig.3)
- Interna
- Externa

1a.) **Interna.** Esta pasa por Escafoides, ejerce su presión hacia las tres cuñas y a los tres primeros Metatarsianos, se prolonga a los dedos básicamente hasta el primero que distalmente es propulsor.

2a.) **Externa** ejercida por la presión del Astrágalo sobre el Tálamo Calcáneo, pasando por el Cuboides y al 4º y 5º Metatarsiano, que fundamentalmente es la sustentación del cuerpo.

Por ello el pie, en su función estática algunos autores dicen que en su función Bipedo-Orto-Estática es igual a un trípode, es decir que tiene tres apoyos.

A) Un apoyo "**posterior**", a través del Calcáneo mediante su apófisis postero-interna, de la tuberosidad posterior del cal-

cáneo.

**B) Dos apoyos "anteriores"**

- El primero sobre la cabeza del primer metatarsiano
- El segundo sobre la cabeza del quinto metatarsiano

La función dinámica del pie puede realizarse eficazmente gracias a la existencia de las articulaciones, permitiendo el movimiento entre los diferentes segmentos que lo forman.

La articulación del tobillo está formada por la mortaja Tibio-Peronea, que es donde se aloja el Astrágalo, aunque no forma propiamente parte del pie, ejerce una acción muy importante en cuanto a la funcionalidad del mismo, permitiendo los movimientos de la flexión:

- extensión**
- pronación**
- supinación**
- circunducción**

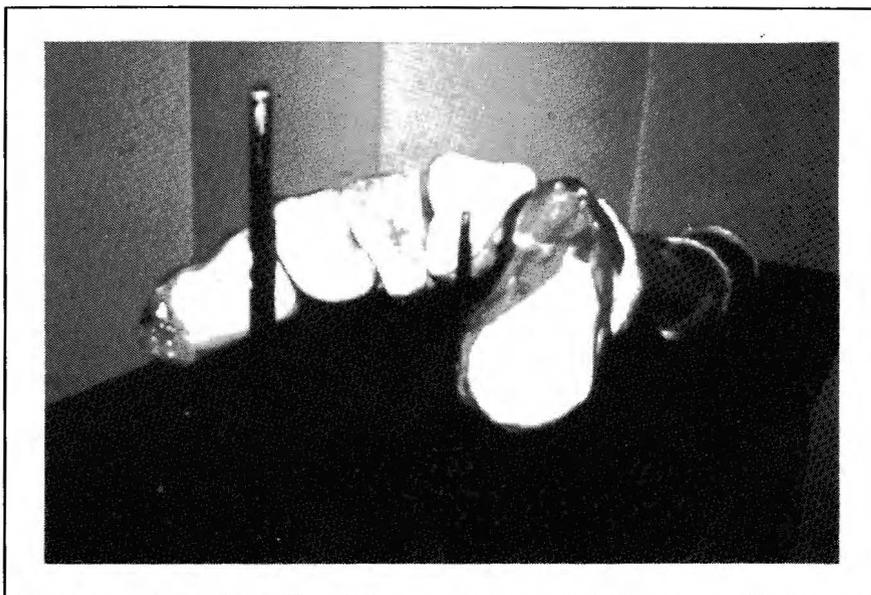
La torsión bimalleolar del tobillo está dirigida hacia afuera y atrás cuando se proyecta sobre el plano transversal de la pierna, en estudios podálicos se ha comprobado que en el plano coronal del

eje del tobillo puede desviarse 80º a 95º con respecto al eje longitudinal de la pierna con respecto al eje transmaleolar del tobillo. (fig.4)

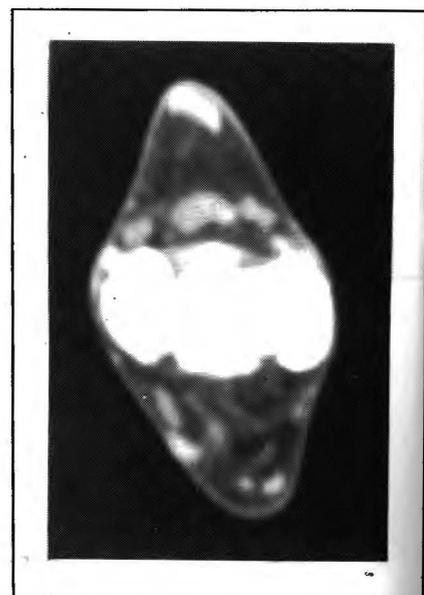
La articulación subastragalina, conjuntamente con las demás articulaciones del pie que, en cooperación con el tobillo, permiten que la pierna rote adicionalmente en dirección interna o externa. (fig.5)

La articulación subastragalina tiene un sólo eje, actúa como una charnela, sobre el astrágalo y el calcáneo. Este eje es el de Henke, está dirigido hacia atrás, abajo, y afuera, variando el comportamiento individual de la marcha. Es por lo que esta articulación es determinante durante la deambulación, influye de forma constante sobre el pie en el funcionamiento de las articulaciones más distales modificando las fuerzas impuestas sobre el pie y las estructuras de las partes blandas.

La articulación tarsiana transversal a menudo se considera como el conjunto de articulaciones calcáneo-cuboidea y astrágalo-escafoidea conformando la articulación conocida



(fig.3)



(fig.4)

como la de "Chopart". Cada uno de sus segmentos óseos tienen un cierto movimiento independiente, sin embargo, desde el punto de vista funcional actúan conjuntamente.

La movilidad de la articulación tarsiana transversal de "Chopart" actúa produciendo un tipo de rotación por medio del cual el pie puede realizar una ligera flexión o extensión al mismo tiempo que el pie realiza la "Prono-Supinación" Con el antepie fijo en el suelo y al elevarse sobre la articulación metatarsofalángica, se produce la supinación o el varismo del retropie.

La reorientación de los componentes esqueléticos es el resultado de la articulación tarsiana transversal y de la aponeurosis plantar y la musculatura extrínseca e intrínseca del pie, de las estructuras ligamentarias y de la rotación que imprime la pierna al pie.

**Articulación Metatarso-Falángica**

El eje transmetatarsal es oblicuo formando un ángulo entre los 50° y los 70° sobre el eje longitudinal del pie siendo más larga la cabeza del 2° metatarsiano que la del 5° metatarsiano, ya que la

cabeza del 1° se encuentra más elevada y está sostenida por los dos sesamoideos. Obviamente, como más oblicuo es el ángulo transmetatarsofalángico, mayor es el grado de supinación y desviación lateral que debe de sufrir el pie.

Si la pierna y el pie actuaran como en un miembro rígido, aislado, sin articulaciones, el Tobillo, Astrágalo, Calcáneo, Escafoides, Cuboides, Cuñas, Metatarsianos y Falanges o lo que es decir: Subastragalina Transversal "Chopart" "Linsfranch" y "Transmetatarso-Falángica". El eje vertical de la pierna, causaría una inclinación y una rotación externa. Sin embargo, para que la pierna permanezca en un plano vertical durante la deambulación debe de existir una articulación entre la pierna y el pie, "la subastragalina".

Debido a sus características anatómicas, el pie responde a sus fuerzas supinadoras ejercidas por el eje transmetatarsal oblicuo permaneciendo la pierna en un eje vertical.

La articulación tarso metatarso o la articulación de "Linsfranch", que a pesar de su limitada movilidad articular, son importantes por lo que le dan una mayor elasticidad

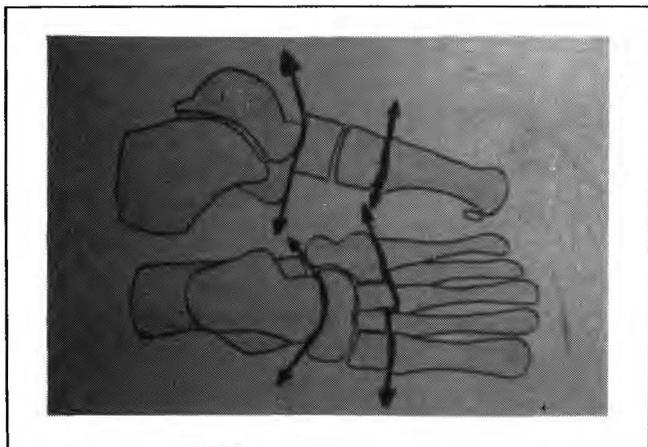
para su adaptación a las distintas irregularidades del terreno. Esta articulación metatarsofalángica sólo permite los movimientos de la flexión, extensión. (fig.6)

La importancia de los ligamentos en la estabilidad articular y por lo tanto en el "funcionalismo" del pie es capital en todas las articulaciones del pie, pero mucho más importante es en la articulación del tobillo, donde cualquier alteración Ligamentosa limita la función sobre todo en el Ligamento Lateral Externo, y menos frecuente en el Ligamento Lateral Interno. (fig.7)

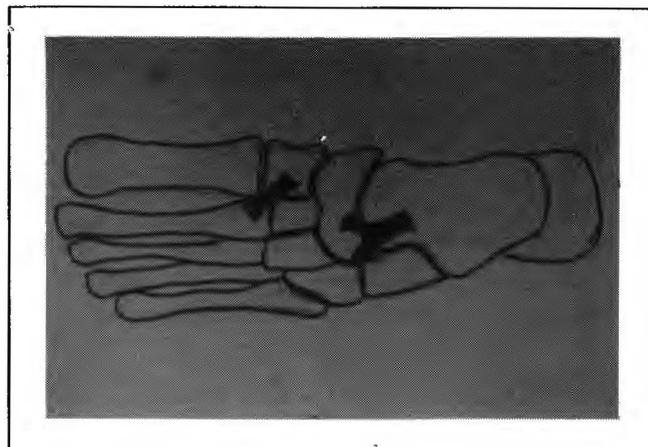
Las lesiones Ligamentosas producen inestabilidad articular que altera gravemente la Dinámica funcional del pie.

El eje de Henke se caracteriza por una triple oblicuidad que se dirige desde:

- La región Posterior a la región Anterior
- Región Caudal a la región Craneal.
- Región Latero-Externa a la región Antero-Interna, entrando por la cara lateral del Calcáneo y saliendo por la cara medial del cuello Astragalino. Debido a esta oblicuidad se realizan los movimientos a expensas de la articula-



(fig.5)



(fig.6)

ción Subastragalina.

La movilidad del Tobillo-Pie se consigue gracias a la morfología arquitectónica de sus múltiples y cada una de sus articulaciones no siendo sus movimientos puros, sino que se hace una combinación en cada movimiento:

**Flexión plantar del tobillo-pie. (fig.8)**

Se acompaña de:

- Supinación
- Abducción
- Listesis Anterior del Astrágalo

**Flexión dorsal del Tobillo-Pie**

Se acompaña de:

- Pronación
- Abducción
- Listesis Posterior del Astrágalo

El Calcáneo es, sin duda, la parte ósea del aparato locomotor que nos permite mantenernos en posición Bipedo-Orto-Estático y mantener una marcha bipodal.

En su trayectoria Sagital postero-anterior observamos la línea de Helbing, siendo lo más frecuente ver su desviación de 50 en

valgo, lo que le facilita su amortiguación en el choque del talón sobre el suelo en la deambulación.

Eje Calcáneo Aquileo Plantar está constituido por tres elementos:

1º Triceps Sural= Gemelo Interno

Gemelo Externo

Sóleo, formando el Tendón de Aquiles, que transmite al pie toda la potencia del triceps sural. 2º Sistema trabecular postero-inferior del Calcáneo.

3º Parte de los músculos cortos del pie, en especial el Flexor corto y el abductor del primer dedo.

En conjunto, el sistema constituye una unidad funcional, que sirve para colocar el pie en posición "puntillas", básica en la fase "despegue", en la marcha normal, en la carrera, en el salto, la danza, subir escaleras o ascender laderas de montaña, esta serie de movimientos sería imposible de realizar.

La porción ósea trabecular posterior del calcáneo actúa como

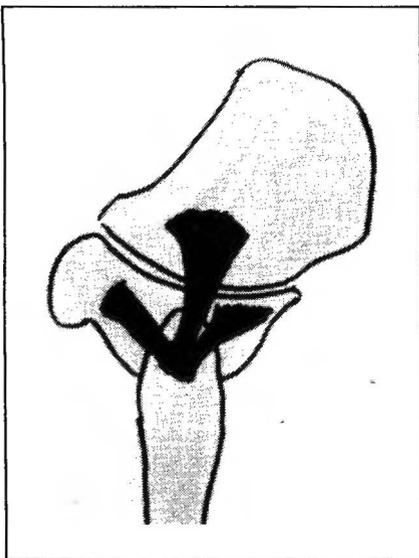
un sesamoideo, transmitiendo la fuerza del triceps hasta el antepie para su elevación o el despegue.

La transmisión de la potencia flexora del triceps pasa por las trabéculas posteriores del calcáneo, imprime y ejerce su acción sobre el tálamo astragalino, éste pasa por el escafoides, los tres cuneiformes, básicamente al primer metatarsiano, interfalange proximal efectuando el despegue digital.

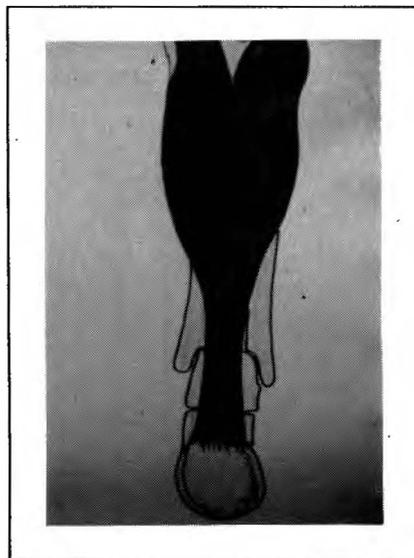
**\* Músculos y ligamentos**

**LA MUSCULATURA EXTRINSECA: (fig.9)**

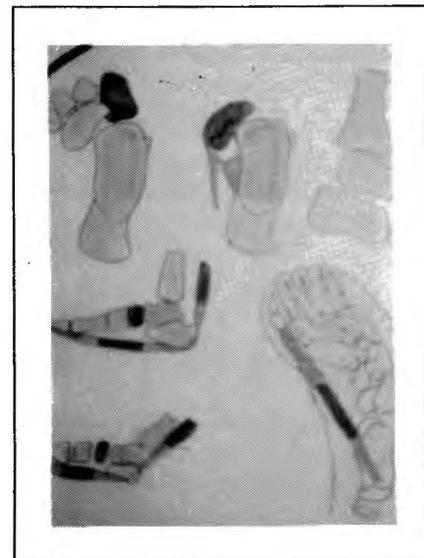
- Tibial Anterior
- Extensor Propio del primer dedo
- Extensor Común de los dedos
- Peroneo Anterior
- Peroneo Lateral Largo
- Peroneo Lateral Corto
- Gemelo Interno
- Triceps Sural -Sóleo
- Gemelo Externo
- Flexor Común Digital



(fig.7)



(fig.8)



(fig.9)