

# Estudio biomecánico de la articulación subastragalina

Juan L. Florenciano Restoy<sup>1</sup>, Sandra Messeguer Calvo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Diplomado en Podología por la Universidad de Barcelona.

<sup>2</sup>Diplomada en Podología por la Universidad de Barcelona.

Correspondencia:

Juan Luis Florenciano Restoy  
Centro de Podología de J.L. Florenciano.  
E-mail: florenrestoy@hotmail.com.

## Resumen

El autor propone un análisis de la forma y función de la articulación subastragalina durante el apoyo unipodal, vinculándolo al movimiento lineal, marcha, carrera, salto hacia delante, etc.

Establece unos criterios de normalidad y anormalidad de la articulación subastragalina, en función de la mecánica de esta articulación durante el movimiento. Plantea un discreto análisis de la relación tanto mecánica como muscular de la articulación subastragalina en apoyo unipodal, con las articulaciones periastragalinas, mediotarsiana y tibiotarsiana. Amplía un modelo mecánico de la articulación subastragalina, y lo diferencia de otros modelos mecánicos expuestos hasta ahora.

Se presenta un estudio realizado sobre 100 personas, tomando como referencia la bisección posterior del calcáneo o línea de Helbing, observando el valgo o varo de retropie de toda la muestra. Para concluir que el valgo predomina en el pie izquierdo y el varo en el pie derecho.

**Palabras clave:** Articulación subastragalina. Apoyo unipodal. Análisis mecánico.

## Introducción

### Descripción del movimiento lineal humano

Describimos el movimiento lineal del ser humano como una sucesiva pérdida y recuperación del equilibrio anterior, por la acción basculante en la pelvis y alternante en

## Summary

The author analyzes the shape and function of the subastragaloid joint during unipodal standing support, and also during lineal movement, walking, running and jumping forward.

Normality and abnormality criteria of the subastragaloid joint, when considering the mechanic of the joint during movement, are established.

A simple analysis of both the mechanic and muscular relation of the subastragaloid joint during unipodal standing support with the periastragaloid, mediotarsial and tibiotarsial joints is performed.

The mechanical model of the subastragaloid joint is improved and it is also differed from other mechanical models that already exist.

The study presented has enrolled 100 people, whose valgus or varus of the heel has been observed, taking the Helbing line as the reference. As a conclusion, valgus predominates in the left feet and varus in the right feet.

**Key words:** Subastragaloid joint. Unipodal support. Mechanical analyzes.

las dos extremidades inferiores, aprovechando la energía potencial y cinética que conforman la energía biomecánica, base del movimiento lineal humano.

### Cadena cinética del miembro inferior

En un artículo publicado en la "Revista Española de Podología" titulado "Bases biomecánicas del

movimiento lineal humano", se apuntaban las siguientes conclusiones:

- El ser humano se ha formado durante el proceso evolutivo para el bipedismo y de una forma especial para el movimiento lineal.
- Aprovechando la energía potencial como ningún otro ser vivo, gracias a lo elevado del centro de gravedad del organismo, el 55% de la estatura del sujeto a partir de los pies.
- El movimiento se produce por una constante pérdida y recuperación del equilibrio anterior.
- La fisiología y mecánica articular así lo demuestra. dado que ningún sistema articular de la extremidad inferior se mueve en uno o dos planos, todos lo hacen en los tres planos del espacio, sin duda para facilitar el movimiento sinusoidal y armónico del centro de masas del organismo (CGO).
- Todos estos movimientos se realizan a través de unos ejes mecánicos, desde el pie y la pierna hasta el tronco y extremidades superiores, con la pelvis como motor principal.
- Cualquier cambio en la inercia del CGO, se contrarresta por la flexión, la extensión y movimientos axiales en los que estos ejes mecánicos están implicados (Figura 1).

### Función de la articulación subastragalina en apoyo unipodal

La función principal de la articulación subastragalina es la de conectar un elemento vertical, la pierna, con un elemento horizontal, el pie. Para ello organiza los desplazamientos laterales del organismo a cada paso en la marcha mediante la inclina-

ción de la tibia entre 10° y 11°. Durante la carrera, este ángulo varía hasta los límites fisiológicos de la articulación.

A su vez, y para absorber, disipar y dirigir las fuerzas que son transmitidas desde la pierna al pie, las superficies articulares de la articulación subastragalina anterior permiten, mediante un movimiento esencial de amortiguación, absorber la carga que es transmitida a través de la tibia sobre el astrágalo y distribuirla con un componente anterior e interno sobre el conjunto articular interno del pie. A esta deformación controlada de la bóveda plantar le sigue un movimiento a la posición de partida, en respuesta a la báscula pélvica, a la extensión de la tibiotarsiana y al movimiento contra lateral de la otra extremidad.

### Criterio mecánico de normalidad

En apoyo bipodal la concepción mecánica en equilibrio físico sería la que mantendría los segmentos óseos según el siguiente criterio: las articulaciones de la rodilla, tobillo y subastragalina se sitúan en planos transversos paralelos a la superficie que soportan; la articulación subastragalina se encuentra en posición neutra, cuando los planos del antepié y retropie son paralelos entre sí y paralelos a la superficie en que se apoyan, esto es así porque la articulación mediotarsiana se bloquea en el momento de máxima pronación contra el retropie durante el apoyo. En esta situación mecánica, la bisección sagital de la superficie posterior del calcáneo es perpendicular a los planos mencionados anteriormente (Figura 2).

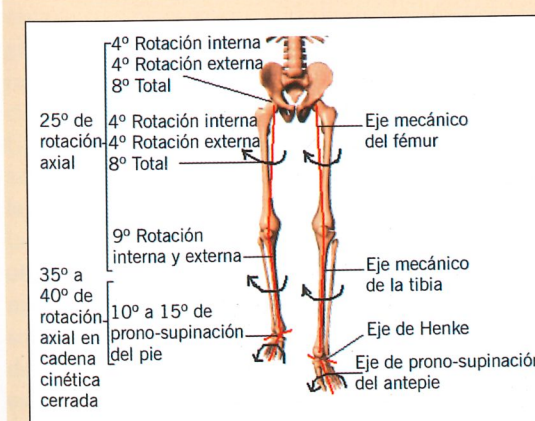


Figura 1.

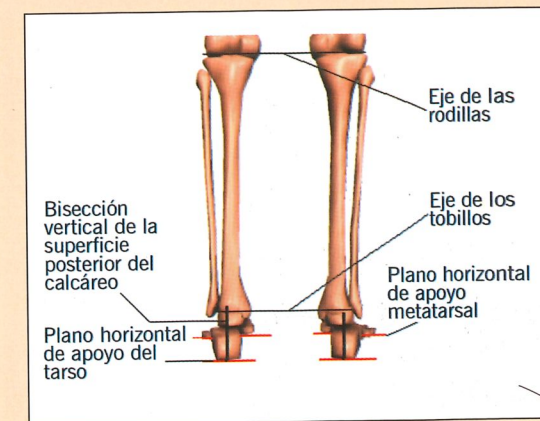


Figura 2.

### Criterios mecánicos de anormalidad

En realidad sólo existe congruencia de la subastragalina en apoyo cuando su posición es media descrita en el apartado anterior. Por lo tanto, todas las posiciones que se alejen de esta posición de equilibrio estarán sujetas a la acción de la gravedad y, en consecuencia, a la mayor o menor eficacia de las superficies articulares de la articulación subastragalina y de los ligamentos y tendones de los músculos que le dan cobertura.

El criterio mecánico de anormalidad vendrá dado por el exceso o defecto de estos movimientos que deberán ser mesurables.

La desviación en varo o valgo de la bisección sagital de la superficie posterior del calcáneo determina la inclinación de la articulación subastragalina sobre el plano de apoyo (Figuras 3, 4, 5 y 6).

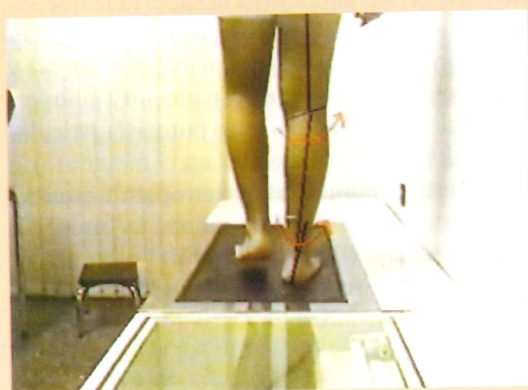


Figura 3.



Figura 5.

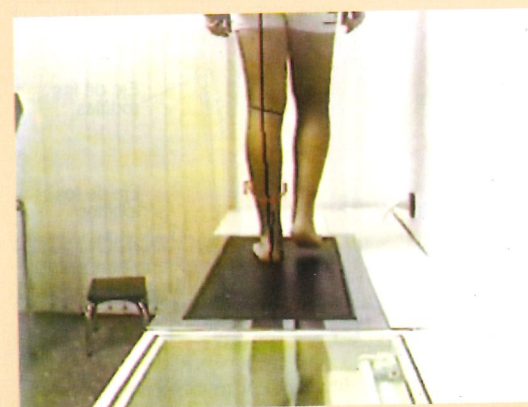


Figura 4.



Figura 6.

### Anatomía y biomecánica

La articulación subastragalina está formada por la unión de los dos huesos verticales del tarso posterior, calcáneo y astrágalo.

Desde una vista superior del calcáneo observaremos tres superficies articulares; las dos primeras, una antero-interna y la otra media; mientras que la tercera es posteroexterna.

Las dos primeras están separadas de la tercera por una ranura de dirección oblicua (Figura 7).

El astrágalo, por consiguiente, debe de tener superficies que se acoplen a las del calcáneo. Dispone también de tres carillas articulares, una anterior y otra media y la tercera que es posteroexterna. Al igual que el calcáneo, las superficies articulares están separadas por una ranura. Al situar el astrágalo sobre el calcáneo vemos como estas ranuras se acoplan formando un túnel de dirección oblicua, llamado seno del tarso.

Las superficies articulares de la articulación subastragalina son definidas en fisiología articular como artroodias. Este tipo de articulaciones son planas o casi planas y permiten discretos movimientos de deslizamientos de sus respectivas superficies articulares, se asocian entre ellas para generar un mayor rango de movimiento, en el conjunto articular del tarso. Su función principal es la recepción y distribución de cargas de manera que no exista la posibilidad de luxación. Estas articulaciones están situadas en diferentes planos, lo que permite una mayor eficacia mecánica.

La superficie articular posterior del calcáneo es ovalada y se podría comparar a un segmento cilíndrico convexo. La superficie articular posterior del astrágalo también dispone del mismo segmento cilíndrico, con el mismo eje y el mismo radio pero cóncavo, de manera que situada la una sobre la otra permite discretos pero efectivos desplazamientos sobre este eje que sería oblicuo de atrás a delante, de fuera a dentro y de arriba a abajo.

La superficie articular anterior e interna, tanto del astrágalo como del calcáneo, pertenecen anatómicamente a una articulación más amplia que incluye la cara posterior del escafoides, que junto con la cabeza del astrágalo forman la parte interna de la articulación mediotarsiana o articulación de Chopart. Estas superficies anterointernas de la articulación subastragalina se acoplan de igual modo que las de la superficie posterior pero a la inversa, en este caso las del astrágalo son convexas y las del calcáneo cóncavas (Figuras 8 y 9).

La articulación astragaloescafoidea se relaciona con la subastragalina del modo siguiente: la cabeza del astrágalo es esférica y ocupa el espacio que deja la carilla del escafoides con una superficie esférica hueca, más amplia incluso que la cabeza del astrágalo, le permite incluir la superficie posterior del escafoides y la parte superior del ligamento glenoideo. Efectivamente, el ligamento deltoideo junto con la cápsula forma una cavidad de recepción esférica para la cabeza del astrágalo.

Como he comentado en el apartado "función de la articulación subastragalina en apoyo unipodal" es la articulación que relaciona un segmento vertical, la pierna, con un segmento horizontal, el pie. No obstante debo de apuntar que en la mecánica del movimiento lineal no se puede dissociar la subastragalina del movimiento de la articulación del tobillo, que debe responder, como el resto de eslabones de la cadena de movimiento, a las necesidades físicas que se le exigen, mediante la flexión, la extensión y los movimientos axiales.

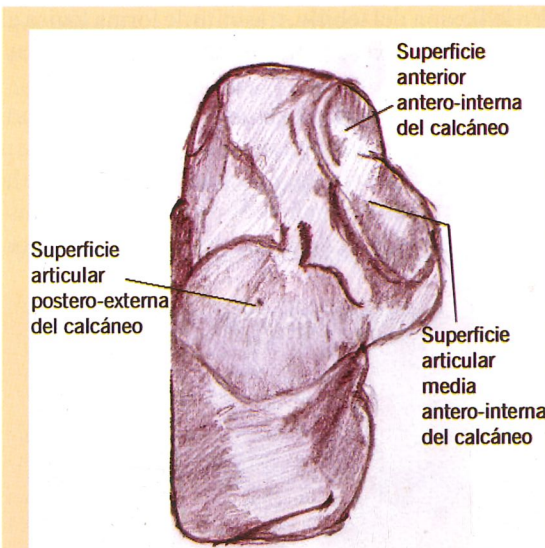


Figura 7.

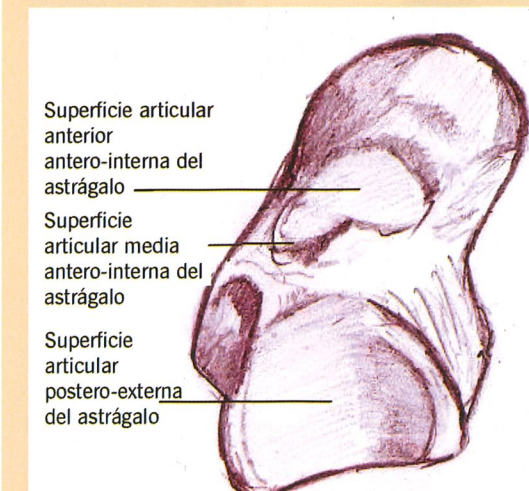


Figura 8.

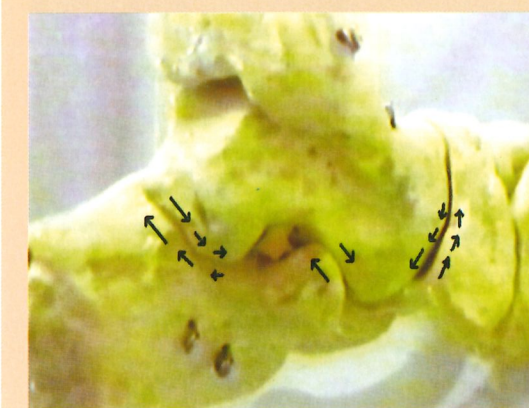


Figura 9.

En la flexión del tobillo, transmite de forma lógica el movimiento latero medial al conjunto de las articulaciones del pie.

Durante el movimiento descrito con anterioridad, los ligamentos de la tibiotarsiana tienen una función importante sobre el comportamiento mecánico de la articulación subastragalina. Se componen de dos sistemas ligamentosos, dos principales y dos accesorios.

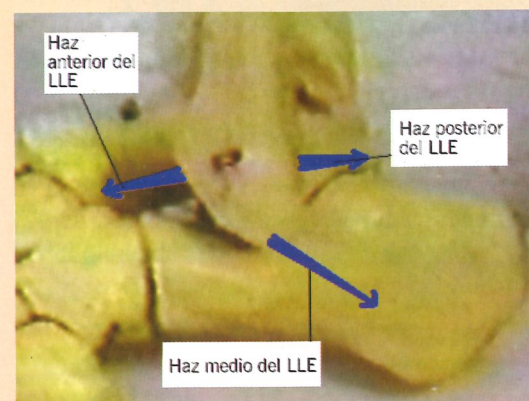


Figura 10.

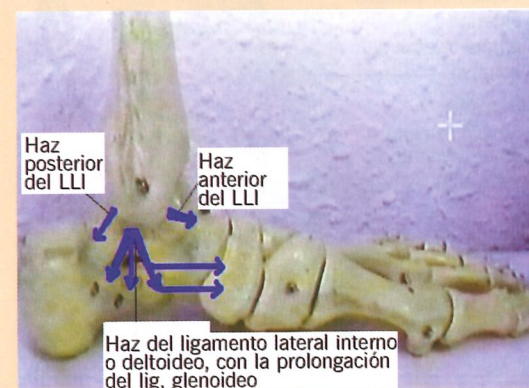


Figura 11.

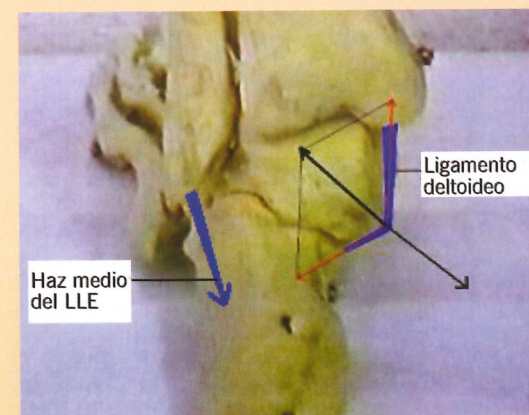


Figura 12.

Los principales son los laterales externo (**LLE**) e interno (**LLI**) y los accesorios los ligamentos anterior y posterior.

Tanto el ligamento lateral interno como el externo están formados por tres haces anterior, medio y posterior.

Anatómicamente se describen como potentes abanicos fibrosos cuyo vértice parte del maléolo correspondiente. El **LLE** del maléolo peroneo y el **LLI** del maléolo tibial.

Tanto el haz anterior del **LLE** como del **LLI** tienen un trayecto oblicuo. El externo para insertarse en el astrágalo, entre la carilla externa y la apertura del seno del tarso, el interno se inserta en la rama interna del yugo astragalino.

De igual modo, el haz posterior del **LLE** se dirige horizontalmente hacia dentro y ligeramente hacia atrás para insertarse en el tubérculo posteroexterno del astrágalo.

El haz posterior del **LLI** es oblicuo hacia abajo y atrás y se inserta en una fosita profunda localizada por debajo de la carilla interna, sus fibras más posteriores se fijan en el tubérculo posterointerno del astrágalo.

El haz medio del **LLE** se origina en el vértice del maléolo peroneo y se dirige hacia abajo y atrás para insertarse en la cara externa del calcáneo dando cobertura a la articulación subastragalina externa limitando los movimientos de supinación del calcáneo.

El haz medio del **LLI** en realidad ocupa un plano más superficial que los haces anterior y posterior. Es un potente ligamento en forma triangular que desde su origen tibial se expande desde escafoides al borde interno del ligamento glenoideo y la apófisis menor del calcáneo afianzan la articulación subastragalina por la vertiente interna limitando los movimientos de pronación del tarso (Figuras 10 y 11).

Es necesario mencionar que el astrágalo no tiene ninguna inserción muscular, son los haces posteriores de los **LLI** y **LLE**, de la tibiotarsiana los que dirigen el astrágalo hacia delante, el haz medio del **LLE** junto con el peroné contribuye en la estabilización del valgo del calcáneo. Es curioso y debemos tener en cuenta que los haces anteriores y posteriores de ambos ligamentos tienen su inserción en el astrágalo y además su trayectoria es oblicua, sin duda para facilitar los movimientos y dirección del astrágalo durante este movimiento de apoyo unipodal en particular. Mientras que el haz medio de ambos ligamentos se inserta en el calcáneo, su función es otra, puesto que se hace necesario contraponer fuerzas gravitatorias. Son componentes esenciales en el sistema de amortiguación del tarso (Figura 12).

Los ligamentos anterior y posterior de la tibiotarsiana se caracterizan porque unen, en el caso del ligamento anterior, la superficie tibial y la rama de la bifurcación posterior del yugo astragalino. El posterior tiene fibras de origen tanto tibial como peroneo que convergen hacia el tubérculo posterointerno del astrágalo, favoreciendo en la flexión dorsal la dirección anterior e interna del astrágalo sobre el calcáneo.

En la extensión de la tibiotarsiana, al contrario y de forma automática, se observa una rotación externa discreta de la tibia, peroné y pie.

Por lo tanto, el diseño de la articulación subastragalina favorecerá, tanto la flexión y la extensión de la tibiotarsiana, como los movimientos axiales de la tibia.

### Ligamentos de la subastragalina

La forma y disposición de los ligamentos nos orienta perfectamente en la especialización de esta articulación vinculada al movimiento lineal, marcha, carrera y salto.

El principal es el ligamento calcaneoastragalino interóseo, formado por dos láminas tendinosas de forma rectangular que están situados en el seno del tarso.

El haz anterior se inserta en la ranura calcánea, mencionada en el apartado anterior, y que forma el suelo del seno del tarso. Se dirige hacia arriba, adelante y afuera para insertarse en la ranura astragalina, situada en la cara inferior del cuello astragalino, formando el techo del seno del tarso, frena el movimiento anterior e interno del astrágalo sobre el calcáneo, en la pronación del tarso.

El haz posterior se inserta por detrás del anterior, en el suelo del seno del tarso por delante de la zona articular posteroexterna del calcáneo. Se dirige hacia arriba, atrás y afuera, se inserta por delante de la superficie posteroexterna del astrágalo, frena el movimiento posterior y externo en la supinación del tarso.

Del mismo modo debemos mencionar otros dos ligamentos que unen el astrágalo al calcáneo: el ligamento calcaneoastragalino externo y el ligamento calcaneoastragalino posterior. El primero se origina en la apófisis externa del astrágalo y se inserta en la cara externa del calcáneo. El segundo es delgado y se expande desde el tubérculo posteroexterno del astrágalo a la cara superior del calcáneo.

Es curioso observar que la disposición de los ligamentos interóseos de la subastragalina es oblicua,

que obedece sin duda al movimiento en torsión de esta articulación. Durante el apoyo unipodal y desde la pierna se transmiten movimiento axiales que contrarrestados por la reacción del suelo generan pares de fuerza. La subastragalina es esencial en todo este mecanismo (Figura 13).

### Movimientos de la subastragalina

Situada la articulación en su posición media, el movimiento del astrágalo sobre el calcáneo se realiza en los tres planos del espacio en torno al eje descrito por Henke, que penetra por la parte superior e interna del cuello del astrágalo, atraviesa el seno del tarso y continúa por la tuberosidad posterior y externa del calcáneo.

Durante el movimiento lineal, la pierna y el pie de apoyo o "cadena cinética cerrada" se produce un movimiento de rotación interna de la extremidad. En efecto, la tibiotarsiana se desplaza mediante un arco de movimiento en flexión dorsal con una discreta rotación interna. El astrágalo se ve obligado a seguir los movimientos del eje de Henke en aducción y flexión plantar. La finalidad de esta deformación controlada de la bóveda plantar forma parte de todo el proceso que utiliza el cuerpo humano para acumular la energía potencial suficiente y convertirla en energía cinética. En la extensión de la tibiotarsiana, este movimiento es a la inversa, se genera una discreta rotación externa y los ligamentos y tendones de los músculos de la pierna hacen que el astrágalo genere una abducción y flexión dorsal.

El ángulo de divergencia entre el calcáneo y astrágalo debe situarse entre los 15° y los 25° (Figura 14).

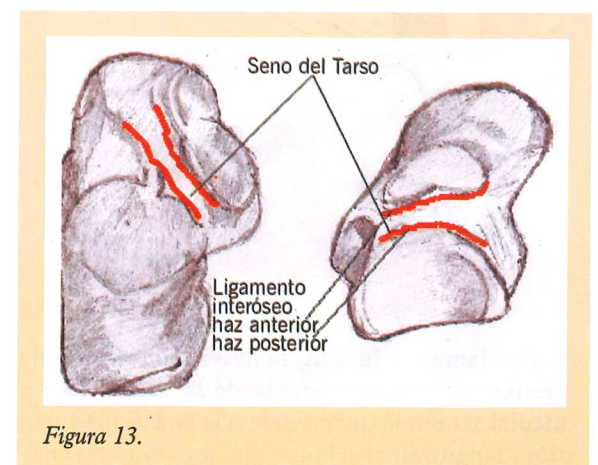


Figura 13.

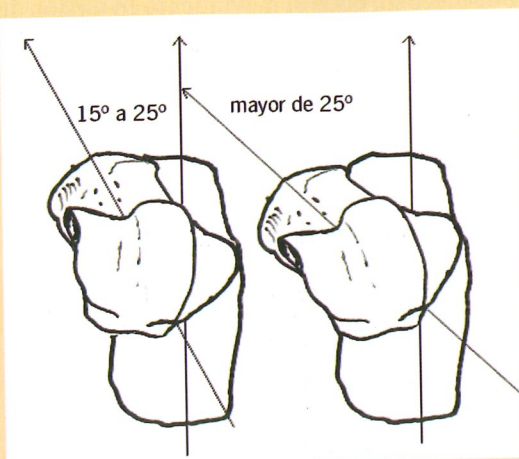


Figura 14.

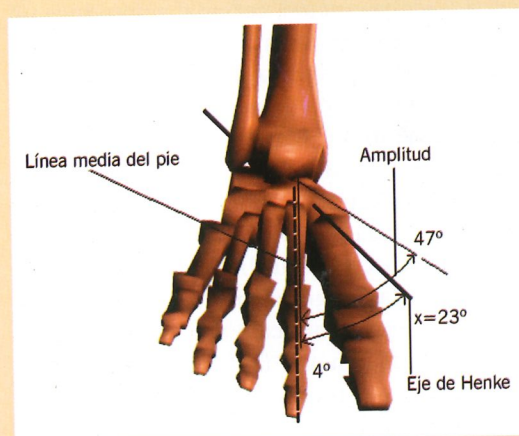


Figura 15.

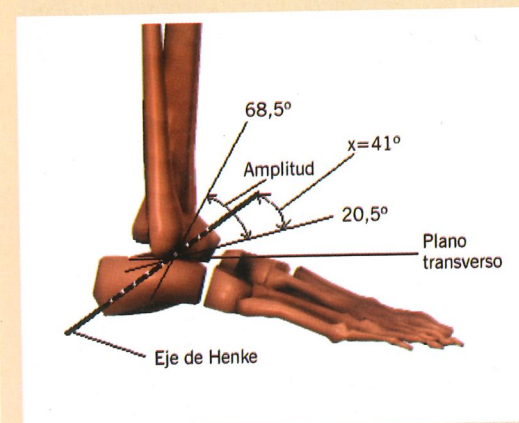


Figura 16.

Según **Isman e Inman**, la desviación del eje de **Henke** muestra un promedio de 23° de desviación medial, teniendo como referencia una visión superior y longitudinal del pie como se demuestra en la

figura, siguiendo una trayectoria desde el centro del calcáneo hasta un punto entre las cabezas del 3er. y 2º mtt. La amplitud varía entre 4° y 47° (Figura 15). Sin embargo, en una visión lateral, la desviación ascendente tomando como referencia el plano transversal es de 41° teniendo una amplitud entre 20,5° y 68,5° (Figura 16).

En cambio **Manter** nos informa de valores que oscilan entre 16° desde la referencia longitudinal del pie y 42° desde el plano transversal. La discrepancia entre los 23° y 16° se explica por las diferentes líneas longitudinales de referencia, la primera pasa entre el 2º y 3er. mtt. mientras la segunda lo hace entre el 1er. y 2º mtt.

Según los diferentes autores, la movilidad necesaria de la articulación subastragalina durante el movimiento varía. **Wright, et al.** demostraron mediante un potenciómetro en el dorso del pie y alineando el mecanismo para que girara sobre el eje teórico subastragalino, registrando entre 8° y 10° de pronación y supinación total. En cambio **Subotnick** afirma que se precisan 18° de movimiento total para la función propia subastragalina.

Dada la relación existente entre la articulación subastragalina y la articulación del tobillo, se puede afirmar que cuanto mayor sea el desplazamiento en pronación de la articulación subastragalina menor será el ángulo de torsión tibial, que en el ser humano se encuentra entre 18° y 20°. Y por el contrario, cuanto mayor sea el movimiento en supinación de la articulación subastragalina dará como resultado un aumento del ángulo de torsión tibial (Figuras 17 y 18).

Según **Martín Rueda**, el calcáneo tiene relación distal tan sólo con el cuboide. Como se ha observado en lo analizado anteriormente, el calcáneo, al ser comprimido sobre el suelo en la marcha, carrera, etc. cae en sentido anterior e interno, efectuando en la práctica un rodamiento sobre la tuberosidad posterior del calcáneo, transmitiendo al cuboide el movimiento hacia la pronación. En cambio, el astrágalo al recibir la carga distribuye el peso en sentido plantar hacia el calcáneo y en sentido anterior e interno hacia escafoide al estar apoyado en un "voladizo" representado por el sustentáculo del calcáneo.

El hecho de que las diferentes relaciones articulares de la subastragalina no sean en un mismo plano no es por casualidad, si bien es cierto que desde un punto de vista teórico sólo existe total congruencia de las carillas articulares en posición de equilibrio cuando la pierna y el pie se encuentran a 90°. Si consideramos la distancia entre el eje de carga en azul y la parte más distal del sustentáculo tali en

el momento de máxima pronación y aplicamos la ecuación del  $mf=fd$  donde "mf" es el momento de la fuerza, "f" es la fuerza y "d" la distancia, sabremos la fuerza que deberán hacer tanto el ligamento deltoideo, la cápsula articular, como el tibial posterior y el flexor común de los dedos.

El momento de pronación será directamente proporcional a la longitud del mencionado vector. Por el contrario y en el caso de la supinación, también se observa una menor distancia y por consiguiente se solicita menos esfuerzo al componente interno del tarso.

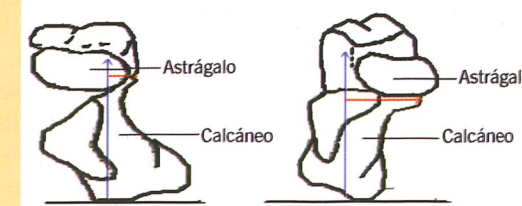
### Cinética de los ejes mecánicos del pie y de la pierna

Para comprender la complejidad mecánica de lo expuesto debo recordar, en primer lugar, que el organismo se ha dispuesto para distraer en la medida de lo posible las fuerzas que le vienen transmitidas desde la tibia. Efectivamente desde una visión posterior, en el plano frontal de la pierna y el pie, observamos que el eje mecánico de la tibia es más interno que la respuesta a las fuerzas de reacción calcáneo-suelo. La distancia entre dos fuerzas que se oponen en física se llama momento de la fuerza. Este mecanismo se produce en la articulación subastragalina, siendo directamente proporcional a la distancia entre las fuerzas. El paralelogramo de la descomposición de estas fuerzas nos da una resultante postero interna en el tarso.

Cuando nos encontramos en apoyo unipodal durante el movimiento lineal, el CGO desplaza la carga desde la zona lateral del pie articulación calcaneocuboidea en dirección a la base del 5º mtt. Sin embargo existe otra respuesta por la acción del suelo en sentido latero-medial contrario y paralelo coincidente con el eje longitudinal del pie 2º y 3er mtt. articulación de Lisfranc, el momento de la fuerza se produce en las tres cuñas (Figura 19 y 20).

### Modelo mecánico de ejes

Como se observa en la fotografía, el eje de Henke se relaciona con los movimientos de rotación interna y externa de la tibia y el peroné, así como con el eje de prono-supinación del antepié. El modelo mecánico de ejes permite comprender la relación que existe entre los determinados elementos articulares de la extremidad inferior, como verdadera cadena ósea de movimiento que se relaciona perfectamente con cualquiera de las cadenas musculares que se precise, teniendo en cuenta que es la situa-



Figuras 17 y 18.

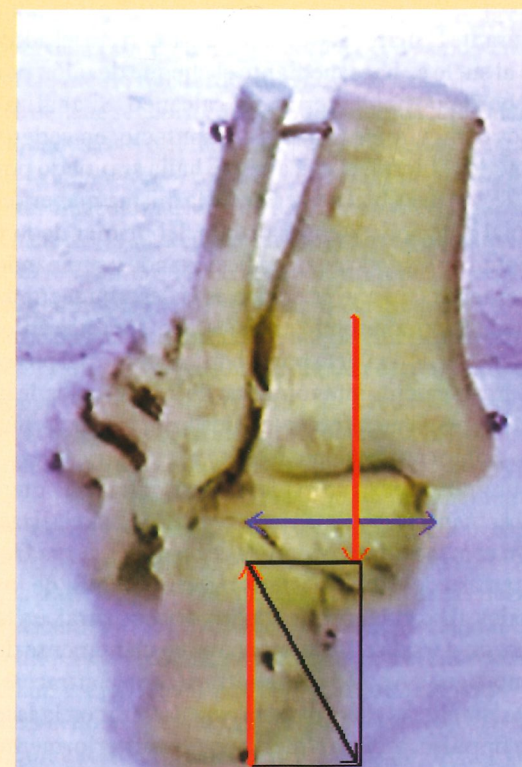


Figura 19.

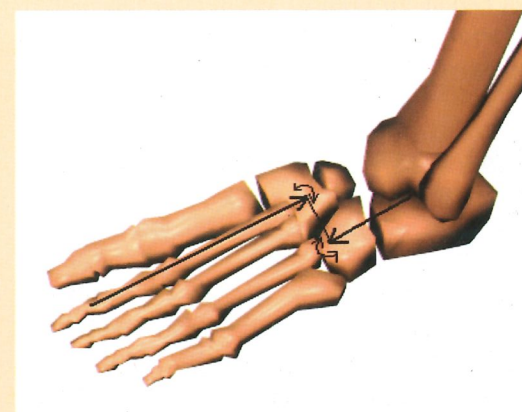


Figura 20.

ción particular del sujeto con el suelo y sus anomalías la que determina el posterior comportamiento de la estructura.

De forma esquemática la Figura 21 muestra la relación entre los distintos ejes de pronosupinación del antepié y el eje de Henke, de manera que los movimientos del antepié condicionan los movimientos del retropié y por extensión de la pierna.

### Acciones musculares durante el movimiento lineal

Durante la marcha, y no tanto en la carrera, el acceso al suelo se hace mediante el choque de talón por el borde posteroexterno del calcáneo. Si analizamos el movimiento antes del contacto, en cadena cinética abierta, el calcáneo se halla supinado por la acción del tibial posterior, de la misma manera el tibial anterior, extensor propio del primer dedo y común de los dedos, actúan flexionando y supinando el antepié, es decir, su acción es la descrita según la concepción anatómica clásica. En cambio, en el momento de contacto por el borde externo del pie, el compartimiento anterointerno de los músculos de la pierna actúa para frenar la caída brusca del antepié, mediante contracciones isotónicas excéntricas.

Durante el apoyo unipodal los músculos de la pierna actúan sin seguir las pautas anatómicas clásicas, con contracciones isotónicas excéntricas para frenar, caso del tibial posterior, flexor común de los dedos, flexor del primer dedo y tríceps sural, en la flexión dorsal de la tibiotarsiana en el momento de amortiguación. O por el contrario, con contracciones isotónicas concéntricas para acelerar en la fase de impulso, todos los mencionados anteriormente más los músculos peroné largo y corto, responsables del cambio de dirección del centro de masas

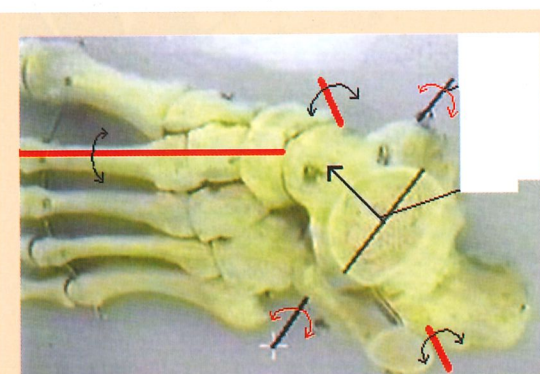


Figura 21.

hacia el apoyo contralateral de la otra extremidad. Durante el desplazamiento unipodal, la actividad muscular se analiza a partir de la estabilidad del pie. No olvidemos que es la pelvis la que se traslada. Algunos autores utilizan el símil de péndulo invertido, pero creo que el concepto físico de equilibrio inestable es más correcto dado que el centro de masas está por encima del punto de apoyo. Por consiguiente los músculos intrínsecos y extrínsecos junto al tejido conjuntivo, tendones ligamentos fascia y cápsulas articulares contribuyen, desde un punto fijo que es el pie, al desplazamiento del resto de segmentos móviles de la EE.II.

Es fácil deducir con lo expuesto hasta ahora que la pronación unipodal dinámica no es un hecho anecdótico ni casual, si no más bien imprescindible para absorber la carga que viene transmitida desde la tibia. El astrágalo es un hueso singular que distribuye el peso del cuerpo que se retransmite desde la tibia, y las fuerzas ejercidas sobre el conjunto del pie. Así lo demuestran los sistemas trabeculares (erosiones longitudinales que aparecen en la estructura cortical). Son tres, distribuidos del siguiente modo: el primero con proyección posterior hacia la tuberosidad mayor del calcáneo a través de la articulación calcáneo astragalina posterior (superficie talámica del astrágalo); el segundo hacia delante y dentro, en dirección al arco interno de la bóveda plantar, a través de la articulación astragaloescafoidea; y el tercero hacia delante y afuera, en dirección al arco externo de la bóveda plantar, a través de la articulación calcaneoastragalina anterior. Las condiciones de trabajo mecánico sobre este hueso en apoyo unipodal son siempre en compresión y torsión. Está completamente cubierto por superficies articulares e inserciones ligamentosas. Por otro lado, la articulación mediotarsiana conecta el retropié con las articulaciones del mediopié y de Lisfranc. Este hecho no puede pasar desapercibido, esta libertad muscular del astrágalo está relacionada con el desplazamiento latero-medial de la carga hacia el arco interno durante la flexión dorsal en el apoyo unipodal, mencionada en el enunciado anterior, donde la articulación mediotarsiana o articulación de Chopart, tiene un papel fundamental. Al observar el desplazamiento de la tibia sobre el pie en el plano sagital observamos también la flexión de la rodilla, suficientemente descrito en los tratados sobre la marcha humana. En efecto, el descenso de la bóveda, en una visión frontal, determina la rotación interna de la tibia por las consideraciones mecánicas descritas en el apartado de la tibiotarsiana.

Las acciones musculares de los tendones de los músculos del compartimiento posterior-interno del pie, principalmente del tibial posterior, del flexor largo del 1er. dedo y del flexor común de los dedos, actúan en base a una acción mecánica automática, económica y eficaz.

El tibial posterior se refleja en la corredera posterior del maléolo interno, se fija en el tubérculo del escafoides y envía numerosas expansiones plantares a las tres cuñas, cuboides y bases del segundo, tercer y cuarto metatarsianos, art. del mediopié y Lisfranc. Su origen lo tiene en la mayor parte de la membrana interósea, porción externa de la superficie exterior de la tibia y, lo que es más importante, dos tercios proximales de la superficie interna del peroné, tabiques adyacentes y fascia profunda.

El flexor largo del dedo gordo se origina en la superficie posterior de los dos tercios distales del peroné, membrana interósea y fascia y tabiques intermusculares adyacentes. Su tendón pasa, en primer lugar, entre los dos tubérculos posteriores del astrágalo y en segundo lugar bajo el reborde del sustentaculum tali, que curiosamente sostiene la parte interna de la cabeza del astrágalo. La inserción, como todos sabemos, es en la base de la falange distal del dedo gordo.

El flexor largo de los dedos se origina en los tres quintos medios de la superficie posterior del cuerpo de la tibia y en la fascia que recubre el tibial posterior, acompaña al tibial posterior tras la corredera posterior del maléolo interno y junto al borde interno del sustentaculum tali.

Por la zona retromaleolar del maléolo externo se deslizan los tendones de los músculos peroneo lateral corto y peroneo lateral largo, que pasan por las correderas osteofibrosas que emanan del ligamento anular externo que, tras reflejarse en el vértice del maléolo, quedan sujetos a la cara externa del calcáneo en dos correderas osteofibrosas. En este punto se desdoblán quedando el peroneo lateral corto fijado en la apófisis estiloides del 5º mtt. y la base del 4º mtt. El tendón del peroneo lateral largo cambia de dirección para introducirse en la corredera del cuboides dirigiéndose oblicuamente hacia delante y adentro en una corredera osteofibrosa, cruzando en profundidad por las expansiones terminales del tendón tibial posterior y se fija en la base del 1er mtt. envía expansiones al 2º mtt. y a la primera cuña. Es importante nombrar que en la entrada de la corredera se localiza un sesamoideo que facilita su cambio de orientación. Esto es así porque cuanto más perpendicular al

punto de inserción mayor es la fuerza de tracción del tendón.

El peroneo lateral corto tiene su origen en los dos tercios distales de la superficie externa del peroné y tabiques intermusculares adyacentes.

El peroneo lateral largo se origina en la meseta externa de la tibia, cabeza y dos tercios de la superficie externa del peroné, y lo curioso es que, al igual que el tibial posterior, también en el tabique intermuscular y fascia profunda adyacente, para volver a encontrarse con el tibial posterior en la zona plantar del pie.

El músculo sóleo también tiene su origen en la cabeza del peroné y tercio proximal del mismo y en el tercio medio del borde interno de la tibia.

No deja de ser curioso que todos los músculos mencionados, salvo el flexor largo de los dedos, tengan su origen directa o indirectamente en el tabique intermuscular adyacente o en el peroné.

En efecto, si sostenemos la hipótesis de que durante el movimiento lineal del ser humano es necesario acumular energía potencial-elástica, para disiparla después en forma de energía cinética, deduciremos que en la flexión plantar, en el momento de apoyo unipodal, al avanzar la tibia sobre el astrágalo, vemos que el peroné se diferencia de la tibia por su facultad para adaptarse a esta falta de congruencia, siendo capaz de abrirse girando internamente y elevarse en la flexión dorsal, actuando sobre los músculos mencionados con una actividad curiosa, generan tensión pero sin acortamiento de las fibras musculares, siendo esta actividad de frenado muy económica y eficaz, por cuanto el potente sóleo afianza el sistema aquíleo plantar frenando la flexión dorsal pie-pierna, y los otros músculos mencionados tibial posterior, flexor largo, flexor común en su trayectoria retromaleolar medial, y los peroneos largo y corto en su trayectoria retromaleolar lateral, son capaces de ejercer sus funciones para fijar la mortaja tibioperoneoastragalina y dar cohesión a toda la bóveda plantar.

En la fase de impulso es cuando la tibiotarsiana se extiende elevando el calcáneo, utilizando las contracciones isotónicas concéntricas de todos los músculos nombrados anteriormente, con mención especial para el flexor común de los dedos, flexor del 1er dedo, tibial posterior y los del compartimiento externo peroneo lateral corto y largo y por supuesto el tríceps sural.

Bien es cierto que durante la marcha a velocidad confortable los requerimientos serán muy inferiores a los que tendremos en una carrera a 20km/h.

### Modelo mecánico de Kapandji

Kapandji sostiene que en el retropié existen dos ejes sucesivos no paralelos, el eje de la tibiotarsiana y el eje de Henke. Los relaciona con una cardan, que en la mecánica industrial sería una articulación con dos ejes perpendiculares entre sí. Pone como ejemplo la tracción delantera de los automóviles, perpendicular al eje de las ruedas.

Existe una diferencia importante que denomina "cardan heterocinético". Argumenta que los ejes no son perpendiculares en el espacio, si no más bien oblicuos el uno con respecto al otro.

También expone, lo cual es de suma importancia, que el eje de Henke durante el movimiento de la subastragalina no es un eje fijo, sino un eje que se desplaza en el transcurso del movimiento, suficientemente descrito en el apartado "Movimiento de la subastragalina" (Figura 22).

### Modelo mecánico de visagra oblicua

Algunos autores sostienen que la función de la subastragalina es parecida al movimiento que se produce en una bisagra oblicua, por lo que el único movimiento que se produce es la rotación alrededor del eje de la articulación. En la figura se observa que la rotación del segmento superior que compararíamos con la tibia, genera un movimiento similar en el segmento inferior análogo al pie (Figura 23).

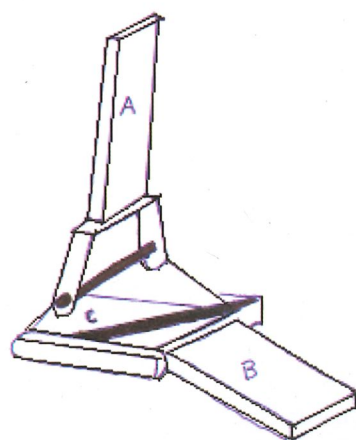


Figura 22.

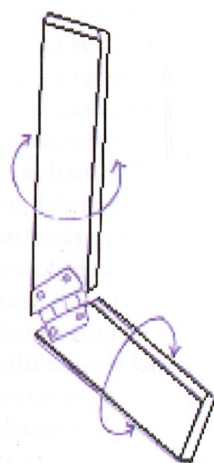


Figura 23.

### Modelo mecánico de tornillo

En este caso, la articulación subastragalina tendría una función comparable a la de un tornillo. La traslación del astrágalo se acompaña del movimiento de rotación descrito anteriormente (Figura 24).

### Modelo mecánico de Kapandji modificado

Se ha descrito suficientemente el movimiento del eje de Henke en el apartado del movimiento de la subastragalina, por lo tanto no podemos decir que sea un eje fijo, sino que también se va desplazando en el transcurso del movimiento.

La oblicuidad del eje del tobillo varía en función de la rotación de la tibia, el desplazamiento del peroné y el movimiento de la subastragalina. En consecuencia, a la altura del retropié existen dos ejes sucesivos no paralelos, el eje del tobillo y el eje Henke, modificables en función de la necesidades mecánicas. Nos quedaría por definir un eje anterior en la mediotarsiana que vinculase las articulaciones del tarso con las del metatarso. Esta modificación del modelo de Kapandji explicaría los movimientos en apoyo unipodal de las articulaciones mencionadas, la deformación controlada de la bóveda plantar, además de dar sentido a la acción muscular explicada en el apartado anterior.

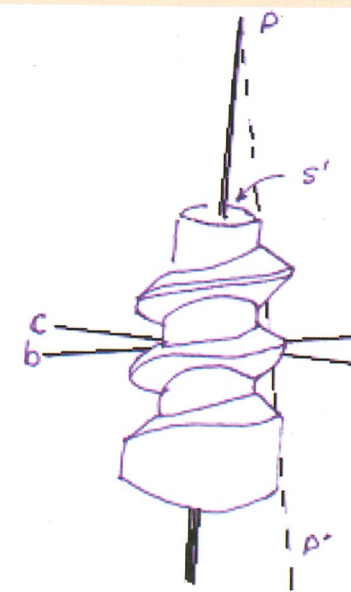


Figura 24.

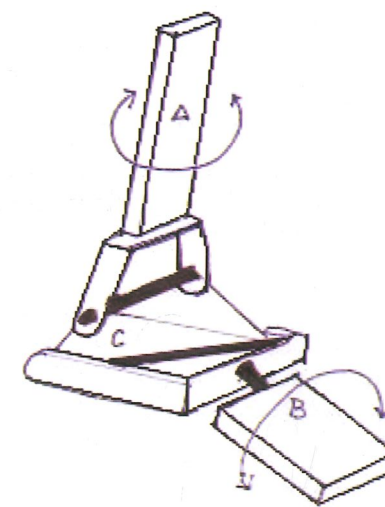


Figura 25.

El análisis de la cinética de las articulaciones del pie en el movimiento lineal requiere de toda esta complejidad mecánica (Figura 25).

### Material y método

El análisis se ha efectuado sobre una población de 100 personas.

La edad media es de 30 años.

Se ha valorado mediante la reglilla de Perthes el valgo y el varo de retropié, tanto en el pie izquierdo como en el pie derecho.

El valor de referencia tenido en cuenta es de 0° a 5°, tanto para el valgo como para el varo de retropié, cuantificando la población que excedía de estos grados.

Se han contabilizado a todos los pacientes que excedían de 0°.

También se ha estudiado a la población menor de 22 años, con valores que superaban los 5°.

### Resultados

Agrupación de 10 en 10 años hasta un máximo de 7 grupos (Figura 26).

|            |              |
|------------|--------------|
| 0-10.....  | 16 personas. |
| 11-20..... | 16 personas. |
| 21-30..... | 20 personas. |

|            |              |
|------------|--------------|
| 31-40..... | 22 personas. |
| 41-50..... | 15 personas. |
| 51-60..... | 8 personas.  |
| 61-70..... | 3 personas.  |

### Porcentaje de valgo y varo de retropié (Figura 27)

- Valgo del retropié izquierdo: 45%.
- Valgo del retropié derecho: 32%.
- Varo del retropié izquierdo: 24%.
- Varo del retropié derecho: 53%.

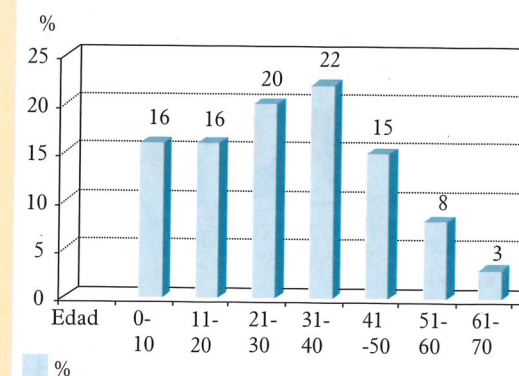


Figura 26.

### Valgo y varo de retropié mayor de 5° (Figura 28)

- Valgo del retropié izquierdo > de 5°: 30%
- Valgo del retropié derecho > de 5°: 16%
- Varo del retropié izquierdo > de 5°: 6%
- Varo del retropié derecho > de 5°: 12%

### Acotado el valgo y varo de retropie en una población menor de 22 años (Figura 28)

He pretendido acotar el examen a una población en una franja de edad entre 0 y 22 años, obteniendo los siguientes resultados (Figuras 27 y 28).

- Valgo izquierdo > de 5° hasta los 22 años: 66%

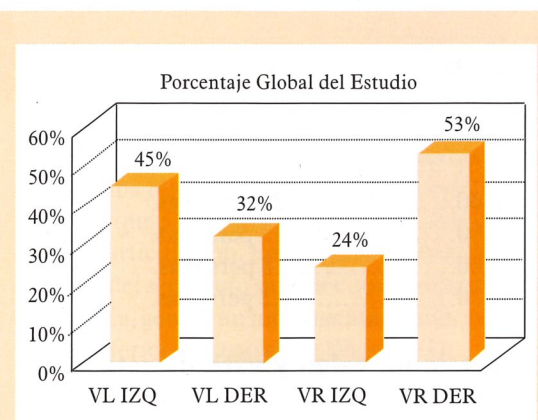


Figura 27.

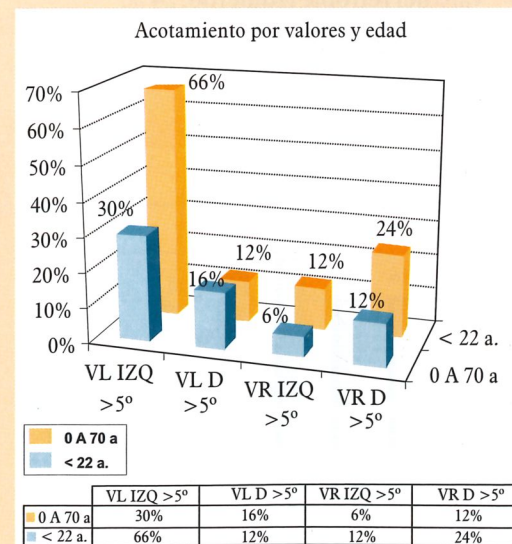


Figura 28.

- Valgo derecho > de 5° hasta los 22 años: 12%
- Varo izquierdo > de 5° hasta los 22 años: 12%
- Varo derecho > de 5° hasta los 22 años: 24%

### Conclusión

La articulación subastragalina desde un punto de vista estrictamente mecánico es compleja, relaciona un segmento vertical, la pierna, con un segmento horizontal, el pie.

Se ha intentado describir en este trabajo las acciones pie-suelo en las que la articulación subastragalina se ve implicada, haciendo hincapié en la evidencia de que somos una estructura diseñada para el movimiento lineal y que todas las soluciones mecánicas que la evolución nos ha proporcionado están encaminadas a minimizar el gasto energético durante el proceso de traslación.

También se hace referencia al hecho de que debemos utilizar modelos mecánicos para explicar aspectos relacionados con toda la cadena ósea de la extremidad inferior. Se ha utilizado el modelo mecánico de ejes expuesto en éste y en otros trabajos, al ser la única manera de relacionar los movimientos del pie con los del resto de la cadena cinética, siempre en apoyo unipodal.

El modelo mecánico de bisagra oblicua explica perfectamente el movimiento de la tibia sobre el pie, pero en mi opinión no se tiene en cuenta ni el peroné, ni la mediotarsiana. Este modelo no puede soportar carga.

El modelo mecánico del tornillo es muy ingenioso por tener en cuenta la diferencia de planos de las diferentes carillas articulares, en este caso sí se le puede aplicar carga. No obstante no parece tener en cuenta la asociación entre la subastragalina y la mediotarsiana.

El modelo mecánico de Kapandji sí está pensado para que soporte carga. La singularidad del eje de Henke estriba en que no es un eje fijo, si no más bien móvil.

Si asociamos el eje móvil de la articulación del tobillo al eje de Henke y éstos al eje de pronosupinación de la mediotarsiana, podremos completar la cadena ósea de movimiento. Con esta modificación aseguramos la completa relación entre el pie y el resto de la cadena cinética de movimiento.

Las patologías que tengan que ver con la articulación subastragalina se presentarán en el mismo pie o en el resto de la estructura, cuando por exceso o por defecto no sea capaz de ser el vínculo, o si lo prefieren eslabón de la cadena, capaz de ejercer su correcta función.

El exceso de rodamiento de la apófisis posterior del calcáneo durante el apoyo unipodal aumenta el momento de la fuerza, con una discreta cuña posterior e interna en el soporte plantar frenamos el rodamiento, igual que cuando calzamos la rueda de un coche. Éste podría ser uno de los muchos ejemplos de cómo se puede actuar a nivel ortopédico. Por lo tanto saber limitar, conducir y orientar, mediante los soportes plantares la insuficiencia de la articulación subastragalina y por extensión mediotarsiana, es determinante en la solución de los problemas ortopédicos.

De los resultados del estudio se observa un aumento del valgo de retropié mayor en pie izquierdo un 45 % de los casos, que contrasta con el varo del pie derecho un 53% de los casos. En cambio, de todos los pacientes con valgo del pie izquierdo, un 30% se podrían considerar fuera del margen de 5° dado en el estudio, lo que representaría aproximadamente el 15% de personas con problemas en la subastragalina, mientras que tan sólo un 12% de personas en el varo de pie derecho superaron los 5°, representaría a un 6%. Cuando se acotaron estos datos a una población inferior a los 22 años, que suponía el 33% de la muestra, los resultados se alteraron, puesto que el 66% de pacientes evidenciaron una inclinación en valgo del pie izquierdo superior a 5°, mientras que en estos mismos pacientes el varo de retropié derecho aumentó también al 24%.

La diferencia de los resultados obtenidos al acotar los datos a una población de edad igual o inferior a los 22 años en cuanto al aumento del valor del varo y el valgo, se podría explicar, en cuanto al valgo, al hecho por el cual los niveles de flexibilidad van disminuyendo con el paso de los años y se produce por determinados cambios fisiológicos sobre el tejido conectivo, relacionados con la progresiva deshidratación del organismo.

Los niños presentan una elevada elasticidad, por que su aparato esquelético a esa edad no está formado. Fomín y Filin (1975) comprobaron que la columna vertebral alcanza su máxima flexibilidad a la edad de 8 a 9 años, para decrecer constantemente

en los sucesivos años. Según Meinel (1978) sostiene que lo mismo ocurre para las piernas y cintura escapular. El máximo desarrollo de la flexibilidad se sitúa entre los 12 y 14 años.

Con estos datos no podemos concluir que la población en estudio parte de los principios de equilibrio mecánico de la articulación subastragalina expuestos al inicio de este trabajo.

En consecuencia, si en estos casos aplicamos la teoría de los ejes mecánicos sobre estos pacientes no sería de extrañar encontrar asimetría de movimiento en una extremidad con respecto a la otra, ni tampoco compensación pélvica, en forma de rotación o torsión. El déficit mecánico de la articulación subastragalina traslada de forma ascendente estos desequilibrios. Y por el contrario, la pelvis también condiciona el posicionamiento de las extremidades inferiores, la cabeza, el tronco y extremidades superiores suponen el 65% del peso del ser humano, contienen elementos que influyen sobre nuestra postura, tanto viscerales, como musculares y sobre ellas el abdomen, visceralmente asimétrico (hígado, estómago...). Por tanto cualquier desviación de la columna vertebral ya sea cervical, incluso las afectaciones sobre la articulación temporomandibular (ATM) pueden influir, las escoliosis de origen idiopático, las diferencias de longitud en extremidades inferiores influyen sobre la estabilidad de la pelvis y en consecuencia influir sobre los pies de una forma descendente. De ahí la importancia de medir los movimientos en rotación de ambas caderas para descartar diferencias de movilidad, no se debe olvidar que el motor principal del cuerpo humano se encuentra en la cintura pélvica.

Los datos de este estudio han sido obtenidos de las fichas clínicas de los pacientes de mi centro podológico, de manera que la población no es aleatoria, si no más bien condicionada por la afección de cada uno de estos pacientes.

Sería necesario hacer un estudio en aras de un mayor rigor científico, incluso más amplio, en una muestra completamente aleatoria.

## Bibliografía recomendada

1. Asensio G, Blanc Y, Casillas JM, Esnault M, Laassel EM, Mesure S, Pélissier J, Penneçot GF, Plas F, Tardieu Ch, Viel E. *La marcha humana, la carrera y el salto*. Barcelona: Masson, 2002.
2. *Biomecánica exploraciones, normas y alteraciones*. Barcelona: Masson 2002: 5-21.
3. Plas F, Viel E, Blanc Y. *La marcha humana. Cinesiología dinámica, biomecánica y patomecánica*. Barcelona: Masson 1984: 2-20.
4. Arbones EA. *Manual-diccionario de Física*. Barcelona: Ediciones Fausí 1987: 8-70.
5. Vázquez CE, Martínez M. *Fundamentos de Física. Mecánica*. Madrid: Playor, 1989:79-331.
6. Hainaut k. *Introducción a la Biomecánica*. Barcelona: Editorial JIMS 1976: 7-8.
7. Peterson F, Kendall E, Geise P. *Músculos, pruebas, funciones y dolor postural*. Kendall's Marban 2000: 220-4.
8. Viladot A, et al. *Quince lecciones sobre patología del pie*. Barcelona: Masson 2002;23-5.
9. Kapandji AI. *Fisiología articular miembro inferior*. Madrid: Editorial Médica Paramericana, 1999:190-242.
10. Rueda M. *Patología metatarso digital*. Federación Española de Podólogos 1991;65-70.
11. Florenciano Restoy JL. Análisis de la Estática Humana. *Podoscopio* 2001;22-5.
12. Florenciano Restoy JL. Dolor en cintura pélvica y su relación con EE.II. *El Peu* 2002;178-81.
13. Florenciano Restoy JL. Bases biomecánicas del movimiento lineal humano. *Revista Española de Podología* 2004; XV(1):28-30.
14. Reyes JM. Alteraciones de la palanca y la bóveda. *El Peu* 47(91)204-6.
15. Martin RS. *Los desequilibrios del Pie*. Badalona: Editorial Paidotribo, 2004:263-4.

# Mercromina<sup>®</sup> film

Merbromina  
Antiséptico Dermatológico

- EFICAZ EN HERIDAS Y MUCOSAS
- NO INTERFIERE EN LA EPITELIZACIÓN

## APLICACIONES EN PODOLOGIA

- Afecciones Ungueales
- Inflamaciones
- Ulceraciones
- Onicomiasis
- Alteraciones de la piel

Por el característico y transparente color rojo propio de la calidad de su composición:

- Penetra más
- Persiste más
- Seca más
- Cicatriza más rápido

**COMPOSICIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA**  
Por cada 100 ml de solución:  
Merbromina 2 g

**FORMA FARMACÉUTICA**  
Solución

**PRESENTACIÓN**  
Mercromina: frasco 250 ml con obturador goteador  
CÓDIGO NACIONAL 785592  
Mercromina Film: frasco 10 y 30 ml con cuentagotas;  
250 ml con obturador goteador  
CÓDIGO NACIONAL 10 ml 785578,  
30 ml 785584, 250 ml 949826  
Mercromina Mini: 10 envases monodosis de 0,5 ml  
CÓDIGO NACIONAL 677328

**DATOS CLÍNICOS**

**Indicaciones terapéuticas.**  
Antiséptico para la piel y mucosas.  
Desinfecta heridas, quemaduras leves, grietas y rozaduras. Está recomendado para la antisepsia del cordón umbilical.

**Posología y forma de administración.**

Aplicar sobre el área afectada de 2 a 3 veces al día.  
El éxito en la curación de una herida depende en gran parte de su grado de limpieza, por lo tanto, antes de aplicar la solución, es necesario eliminar toda la suciedad y demás cuerpos extraños. Lavar la herida con agua, agua con jabón, agua oxigenada o, a falta de alguna de las anteriores, con la misma solución en abundante cantidad. Secar, especialmente si se usó agua oxigenada, ya que ésta descompondría el principio activo del preparado. Recubrir la herida y sus bordes con la solución. Dejar unos minutos para asegurar su fijación; quitar el exceso con gasa o algodón sin tocar la herida.

**Contraindicaciones.**

Mercromina Film y Mercromina Mini no deben aplicarse en los ojos, oídos, boca y fosas nasales; en estos casos usar Mercromina que no contiene tensioactivos.

**Advertencias y precauciones especiales de empleo.**  
Ninguna.

**Interacciones con otros medicamentos y otras formas de interacción.**  
Pueden producirse precipitados en las soluciones en medios ácidos, con sales de alcaloides y con la mayoría de anestésicos locales.

**Embarazo y lactancia.**

No utilizar de forma continuada.

**Efectos sobre la capacidad para conducir y utilizar maquinaria.**  
No se han descrito.

**Reacciones adversas.**

En algunas personas puede producir sensibilización de la piel.

**Sobredosis.**

En caso de ingestión accidental el tratamiento será: lavado gástrico y si fuera necesario, administrar dimetoprol a razón de 4 mg/Kg de peso.

**PROPIEDADES FARMACOLÓGICAS****Propiedades farmacodinámicas.**

Actividad frente a cocos gram positivos, *Mycobacterium chelonae* y determinados bacilos ácido-alcohol resistentes. Inhibición de bacilos gram-negativos y gram-positivos y *Pseudomonas aeruginosa*.  
Presenta también actividad frente a hongos y virus.

**Propiedades farmacocinéticas.**

Aplicada sobre heridas, merbromina se fija principalmente sobre las células dañadas y superficies epiteliales, penetrando escasamente en los tejidos

vivos. Existe la posibilidad de absorción al tratar grandes superficies abiertas como es el caso del tratamiento del omfalocelo en recién nacidos y quemaduras de segundo y tercer grado en niños de corta edad. Puede ser reversible a proteínas plasmáticas merced a los grupos hidroxilo de la solución.

**DATOS FARMACÉUTICOS**

**Relación de excipientes.**  
Polivinilpirrolidona, alquileter polioxietilénico, agua.

**Incompatibilidades.**

No es recomendable aplicar en heridas previamente tratadas con sustancias yodadas.

**Periodo de validez.**

No utilizar después de la fecha de caducidad indicada en el envase.

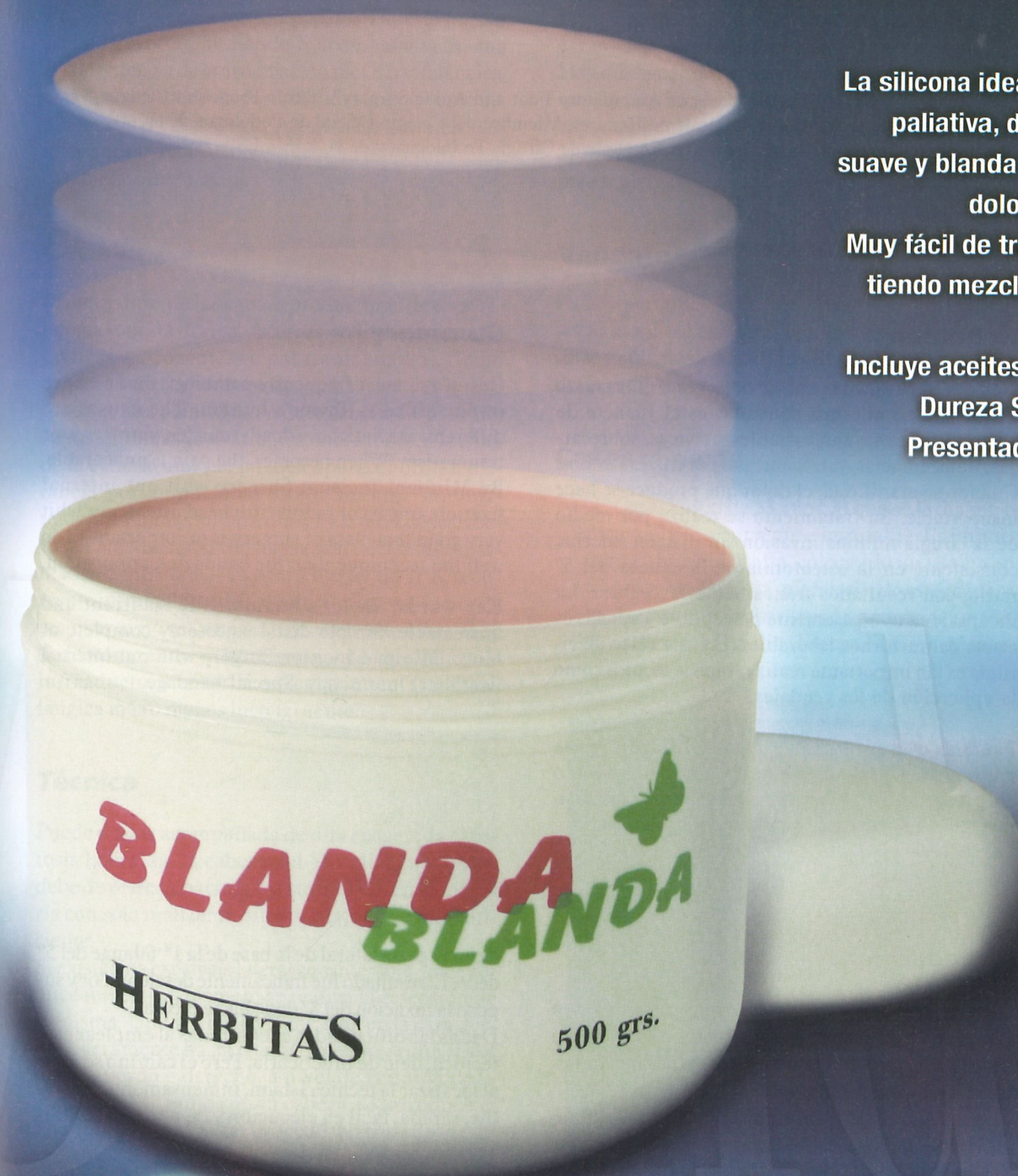
**Precauciones especiales de conservación.**  
Ninguna.

# BlandaBlanda

Si es usted un profesional de la ortesis exigente, esta es su silicona

La silicona ideal para ortesis paliativa, de textura muy suave y blanda que reduce el dolor y la presión. Muy fácil de trabajar, permitiendo mezclarla con otras siliconas.

Incluye aceites medicinales. Dureza Shore A: 6 a 8. Presentada en envases de 500 grs.



La silicona más vendida del mercado.

**Herbitas**

C/. Concha Espina, 4 B - 46021 VALENCIA (Spain)

Tels: 96 362 79 00\* - Fax 96 362 79 05 - E-mail: herbitas@herbitas.com - http://www.herbitas.com



**LAINCO, S.A.**

Avda. Bizet, 8 -12- 08191 RUBI (Barcelona) - Tel. 93 586 20 34 - Fax 93 586 20 19 - E-mail: lainco@lainco.es - http://www.lainco.es