

Sistema para la validación ortopédica del antepié en problemas deportivos

Juan L. Florenciano Restoy

Diplomado en Podología por la Universidad de Barcelona. Colegiado en el Colegio Oficial de Podólogos de Cataluña nº 304.

Correspondencia:

Juan L. Florenciano Restoy

Podólogo del Centro de Podología de J.L. Florenciano.

E-mail: florenrestoy@hotmail.com.

Resumen

El autor propone un método ortopédico, que permite saber la altura a la que debemos dejar la cuña para compensar las anomalías de antepié.

Hace una discreta introducción mecánica a estas anomalías y las vincula al resto de la cadena de movimiento, mediante un modelo mecánico de ejes. Presenta el sistema; sus componentes y utilidad.

Pone un ejemplo visual mediante la medición y obtención de las compensaciones en el soporte plantar de un paciente.

Palabras clave: Anomalías de antepié. Altura de la cuña. Método ortopédico.

Introducción

Criterios de normalidad

Empezaré por el criterio de normalidad desde un punto de vista estrictamente mecánico, a sabiendas que es difícil por no decir imposible que se puedan dar en nuestra práctica clínica.

El ser humano en bipedestación estática soporta el **65%** de su peso entre cabeza, extremidades superiores y tronco, tan solo un **35%** están referidas a las extremidades inferiores, esto nos convierte en una estructura inestable y con un enorme desequilibrio. Por lo tanto y haciendo un símil arquitectónico, por supuesto estático, se puede explicar que la estructura del edificio, (el tronco), estaría fundamentada por dos columnas articuladas con bases muy reducidas y proyección anterior, (**nuestros pies**),

Summary

The author proposes an orthopedic method to determine the height that has to be given to the wedge in order to compensate the forefoot abnormalities. A brief mechanic introduction of these abnormalities and their relation with the chain of movements is done, using an axis mechanic model. The system, its components and its utilities are presented.

A visual example of how to measure and how to obtain the compensations in a patients' plantar support is given.

Key words: Forefoot abnormalities. Wedge height. Orthopedic method.

ésta simple pero certera solución mecánica nos permite adelantar ligeramente nuestro centro de gravedad y encontrar el equilibrio anterior que necesitamos (Figura 1).

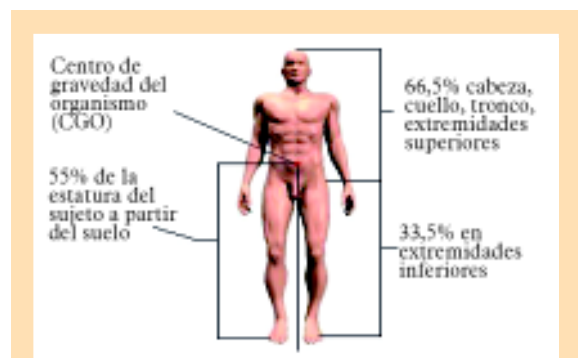


Figura 1. Criterios de normalidad

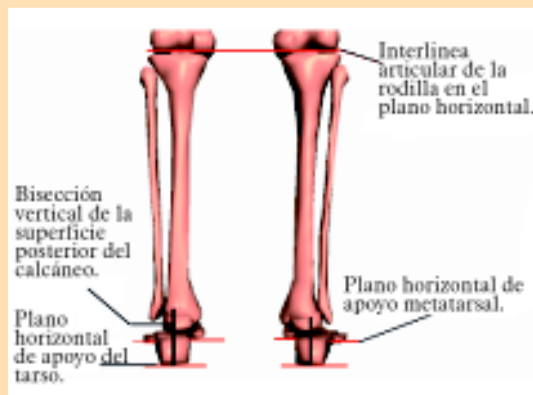


Figura 2.



Figura 3. El pie izquierdo está más en valgo que el derecho



Figura 4. Es un ciclista de élite de montaña

En esta situación podemos utilizar como referencia los siguientes parámetros, la interlínea de la rodilla debe encontrarse en un plano paralelo al plano del suelo. Al igual que en la rodilla, en posición estática la articulación del tobillo discurre en un plano paralelo al plano del suelo (Figura 2).

Por debajo del tobillo encontramos la primera articulación del tarso posterior la subastragalina, formada por dos huesos verticales el astrágalo y el calcáneo, su función mecánica es la de conectar un elemento horizontal el pie, con un elemento vertical la pierna. El paralelismo de los planos transversos de la rodilla y el tobillo también se dan en esta articulación.

La articulación mediotarsiana tiende a bloquearse durante el apoyo en su posición de máxima pronación. Efectivamente la articulación mediotarsiana conecta el retropié con las articulaciones periastragalinas y la articulación de **Lisfranc**, la fuerza que el suelo aplica sobre el antepié condiciona que este quede bloqueado contra el retropié durante al apoyo.

En esta posición los planos de apoyo del antepié y el retropié son paralelos entre sí y a la superficie en la que se apoya.

Por consiguiente la bisección sagital de la superficie posterior del calcáneo es perpendicular también a estos planos.

Criterios de anormalidad

Atendiendo a lo expuesto anteriormente sucede que en las diferentes disfunciones que presentan los pies, y ante esta falta de paralelismo entre los planos del antepié y retropié, la inclinación de la bisección sagital de la superficie posterior del calcáneo puede ser mayor en un pie que en el otro, como el caso de la fotografía, el pie izquierdo está más en valgo que el derecho (Figura 3).

La consecuencia mecánica es evidente, aunque la imagen es en dos dimensiones, las modificaciones de la estructura son en los tres planos del espacio, en el tronco se producen rotaciones y báscula de la pelvis. En efecto la relación de los dos ilíacos con el

sacro mediante las articulaciones sacroilíacas ayudan a estos mecanismos de rotación o torsión, que sin duda alteran la dirección de las vértebras lumbares, dorsales y cervicales.

El paciente es un ciclista de élite de bicicleta de montaña, que manifestaba dolor bilateral lumbar y en tobillos cuando se encontraba en máximo esfuerzo (Figura 4).



Figura 5. Soporte plantar



Figura 6.

Criterios de compensación

El soporte plantar ayuda a equilibrar los planos del retropié y del antepié (Figura 5).

Si conseguimos el paralelismo entre los dos planos la respuesta de la estructura es inmediata.

Si se comprende bien la acción del modelo mecánico de ejes, se comprende también que la estructura modifique su desequilibrio en función de la acción ejercida sobre los pies (Figura 6).

Ejes mecánicos de la extremidad inferior

He utilizado un modelo mecánico de ejes, que he situado sobre los diferentes segmentos de la extremidad inferior a modo de eslabones que conforman una cadena ósea de movimiento.

Para comprender el alcance del movimiento del cuerpo durante el desplazamiento lineal, es imprescindible esquematizar los diferentes eslabones de la cadena cinética, recurriendo a ejes mecánicos con características de movimientos propios, pero imprescindibles en su asociación para el movimiento lineal.

La finalidad mecánica no es otra que la de proporcionar desde las articulaciones implicadas unas flexiones-extensiones y rotaciones axiales coordinadas, para desplazar el **CGO** dentro de una trayectoria lo más económica, confortable y eficaz.

Eje anatómico y mecánico del fémur

En una descripción muy somera y en una vista anterior, el fémur se dirige oblicuamente en su porción más distal ocupando una posición más interna que la proximal. En cambio en una vista lateral se observa que la diáfisis del fémur presenta una curvatura convexa en sentido anterior. El eje anatómico del fémur se extiende a lo largo de la diáfisis, mientras el eje mecánico se sitúa desde el centro de la cabeza femoral al centro de la articulación de la rodilla.

Los movimientos de rotación de la articulación de la cadera no se efectúan alrededor del eje anatómico del fémur, sino más bien sobre el eje mecánico.

Eje anatómico y mecánico de la tibia

Son coincidentes en la diáfisis el eje anatómico y mecánico de la tibia. La flexión, la extensión y rotación del fémur sobre la tibia durante la dinámica resulta de la disposición particular de las superficies articulares de la rodilla que provoca rotaciones

axiales automáticas durante las flexiones y extensiones.

Eje de la tibiotarsiana

El eje de la meseta tibial es paralelo al del cóndilo femoral, sin embargo la retroposición del maléolo externo torna el eje de la tibiotarsiana oblicuo hacia fuera y hacia atrás, generando una torsión bimalleolar externa de unos 20° . Los movimientos de la tibia sobre el astrágalo obedecen a conceptos mecánicos similares a los de la rodilla. La disposición particular de la pinza bimalleolar y la tróclea astragalina provoca rotaciones axiales durante las flexiones y extensiones de la tibiotarsiana.

Eje de henke

Las articulaciones subastragalina y mediotarsiana están mecánicamente unidas y equivalen a una sola articulación en torno al eje de **Henke**, que penetrando por la cara superior interna de la cabeza del astrágalo, pasa a través del seno del tarso y sale por la parte posteroexterna del calcáneo, permitiendo un grado de libertad de todo el conjunto de huesos del tarso sobre este eje. La consecuencia biomecánica de la pronación es la rotación interna de la pierna y el descenso de la bóveda plantar, y de la supinación la rotación externa de la pierna y el aumento de la bóveda plantar.

Movimientos en la articulación de Lisfranc y eje de pronosupinación del antepié

La articulación mediotarsiana se vincula a la de Lisfranc por las cuñas, escafoides y el cuboides.

Desde una visión superior la interlínea de **Lisfranc** es oblicua su porción interna se localiza dos centímetros por delante de la externa, diseñada así al igual que el eje de **Henke**, para favorecer los movimientos de pronosupinación del pie.

Efectivamente al quedar el segundo metatarsiano ubicado entre la primera y tercera cuneiforme y estar unido al tercer metatarsiano por potentes ligamentos tanto dorsales como plantares, queda en la práctica muy limitada la movilidad de esta paleta y más concretamente de este metatarsiano, siendo la paleta menos móvil de las tres.

Este eje de movimiento del antepié pasa por el segundo metatarsiano y será alrededor de este eje donde se producirán los movimientos de pronosupinación del antepié.

Cinética de los ejes mecánicos de las EE.II

Sabemos por los diferentes estudios cinéticos realizados en **EE.II** que el ser humano minimiza el gasto energético durante el movimiento lineal, manteniendo el centro de gravedad en una trayectoria curva en los tres planos del espacio de más o menos **50 mm** de amplitud a una velocidad confortable de **4 km/h**.

Las flexiones y extensiones de toda la extremidad están acompañadas de rotaciones axiales, para mantener el centro de gravedad dentro de estos límites. En efecto se ha comprobado que estos movimientos en la cadera eran de 4° para cada lado 8° en total, los del fémur también sumaron 8° , y los de la tibia 9° , recordando que estos movimientos son tomados teniendo como referencia el pie apoyado en el suelo, que también tiene movimiento sobre los ejes mencionados de **Henke** y pronosupinación del antepié. A los 25° de totales de rotación axial de las **EE.II** se deben sumar los grados de movimiento de los ejes de pronosupinación del retropié y del antepié, efectivamente estamos hablando de entre 35° y 40° de rotaciones axiales durante esta velocidad de marcha.

Todos estos movimientos se realizan a través de estos ejes mecánicos, desde el pie al tronco y extremidades superiores con la pelvis como motor principal, generan unos grados de movilidad axial nada despreciables, teniendo en cuenta que estos valores han sido tomados con el pie apoyado en el suelo a una velocidad de marcha de 4Km/h, variando sin duda al aumentar la velocidad de desplazamiento hasta los límites fisiológicos del organismo. Un corredor de velocidad de élite puede alcanzar casi los 40 km/h. Un corredor de fondo de élite puede mantener durante la maratón (42 Km. 195 m.) una velocidad media de 20. Km/h. (Figura 7).

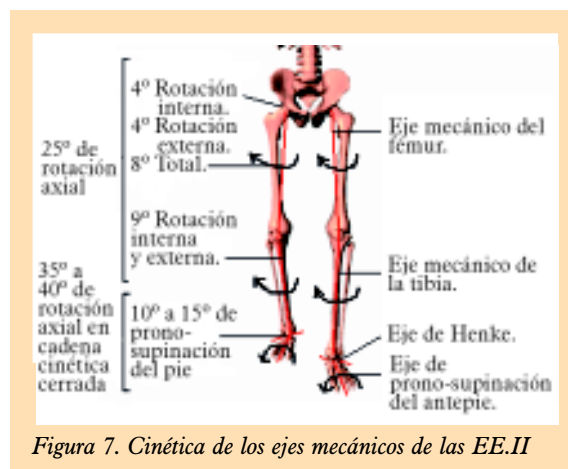


Figura 7. Cinética de los ejes mecánicos de las EE.II



Figura 8. Evaluación con goniómetro



Figura 9. Ángulo diedro



Figura 10. Ángulo diedro con antepié valgo

Existen disfunciones estructuradas que desvirtúan el paralelismo entre los planos del antepié y el retropié

Se entiende por anomalía estructurada todas aquellas disfunciones que no admiten modificación de la estructura, pero que localizada en el pie es responsable de la compensación mecánica de la estructura a distancia.

Evaluación de los grados de pronosupinación del antepié

Para evaluar estos grados de limitación articular nuestro compañero Martín Rueda ideó un sistema con dos plataformas, una para el retropié y otra para el antepié, con un eje central móvil que pasaría por el segundo metatarsiano, permite valorar los grados de movilidad de pronación y supinación del antepié, un goniómetro situado en la parte inferior le permite observar los grados (Figura 8).

Los planos del antepié y retropié en ocasiones forman un ángulo diedro

La fotografía muestra un antepié varo o supinado donde observamos la falta de paralelismo entre los planos del antepié y del retropié. Sabemos por geometría que la intersección de dos planos en el espacio forma un ángulo diedro (Figura 9).

Ángulo diedro en pronación de antepié o antepié valgo

Ejemplo de ángulo diedro en antepié valgo (Figura 10).

Material y método

- Obtención del molde en carga en función de planos y ejes mecánicos
- Es de vital importancia obtener mediante todo lo expuesto con anterioridad, una rectificación pie-suelo que permita alinear los ejes mecánicos dentro del esquema que previamente hemos deducido.
- Molde del pie en carga manteniendo los planos
- Todo lo expuesto anteriormente no tendría sentido si no obtuviéramos el molde en carga. Es esencial saber que presión, alineación y rectificación de planos y ejes debemos de modificar para en una fase posterior hallar



Figura 11. Molde

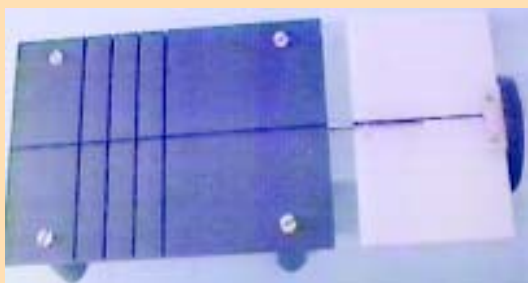


Figura 12. Comprobación del eje central



Figura 13. Goniómetro a cero grados



Figura 14. Obtención de los grados

las compensaciones necesarias en el soporte plantar.

De la eficacia del molde en carga se obtendrá una serie de planos que son los que a la postre reequilibrarán la estructura (Figura 11).

- Sistema de obtención de la altura de la cuña
 - El sistema consta al igual que el mostrado con anterioridad de Martín Rueda de dos plataformas, una para el retropié con unas ranuras para la reglilla de Perthes y otra para el antepié con un eje central. En la parte anterior se sitúa un goniómetro de gravedad para poder obtener los grados de inclinación. Se hace coincidir el eje central del sistema con el eje marcado en el molde sobre el 2º metatarsiano (Figura 12).
- Situamos el goniómetro a cero grados (Figura 13).
- Obtención de los grados
 - Se neutraliza el retropié mediante la reglilla de Perthes a 0º sobre la plataforma.
 - En el caso que utilizamos como ejemplo el antepié queda en franca supinación a partir del 3er. metatarsiano.

- Procedemos a inclinar la plataforma anterior para obtener los grados de inclinación.
- Tres rayitas como muestra la fotografía son 6º, la escala es de 2º en 2º (Figura 14).
- Medida de la distancia a la cuña
 - Medimos la distancia a la cuña 7 cm. con una pendiente de 6º (Figuras 15, 16).
- Operación trigonométrica
 - Se multiplica la distancia por el seno del ángulo obtenido.
 - El resultado establece la altura de la cuña.
 - El ejemplo anterior nos da una altura de 0,7cm.
- Soporte plantar con la compensación efectuada (Figura 17).
 - Comprobación de la exactitud de los cálculos.
 - Se considera el soporte plantar en equilibrio cuando:
 - Los planos del retropié y antepié del soporte plantar son paralelos entre si.
 - Lo demuestra los cero grados del goniómetro de gravedad (Figura 18).



Figura 15. Medición de la distancia a la cuña



Figura 17. La compensación por soporte

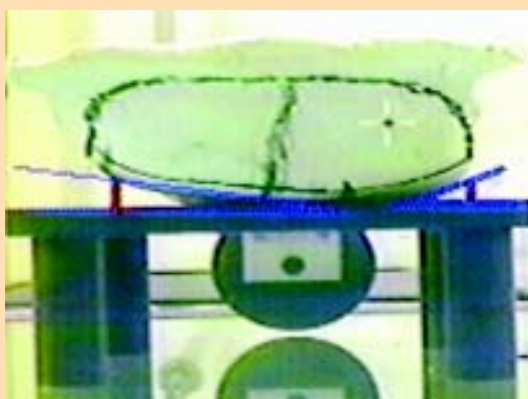


Figura 16. Medición de la distancia a la cuña



Figura 18. Goniómetro de gravedad

Para terminar

- En el ámbito deportivo, es fácil observar la patología a distancia ocasionada por desequilibrios como los mencionados en esta ponencia.
- Una correcta función de las cuñas en antepié restablecen tanto el equilibrio estático como dinámico.

Conclusión

Durante toda la exposición se ha pretendido relacionar el pie con el resto de la estructura mediante la utilización de un modelo mecánico de ejes. Haciendo enlazar cada segmento con el siguiente en una secuencia lógica, generando en la práctica una cadena ósea de movimiento.

Durante la actividad deportiva estos ejes producen movimientos de flexión y rotación y en ocasiones

se le suman efectos torsionales de algún segmento de la extremidad inferior, con velocidades angulares muy elevadas.

Existen en el ser humano unos desequilibrios en la estructura del pie que no permiten modificación. Al no existir el paralelismo entre los planos del antepié y del retropié la fuerza de reacción del suelo plano no es uniforme. Efectivamente a partir del pie se generan una serie de pares de fuerzas con aumento de las velocidades angulares, en la que toda la extremidad inferior apoyada en el suelo plano debe responder.

Sabemos por trigonometría que un mismo ángulo aumenta la amplitud en la medida que nos alejamos del eje. Por lo tanto los músculos y el tejido conjuntivo se verán sometidos a tensiones indeseadas.

Estas tensiones son proporcionales al aumento de grados de desequilibrio en antepié y a la longitud de la extremidad afectada.

Las dos anomalías estructuradas en antepié referidas en este trabajo son un ejemplo, en la práctica existe

importantes desequilibrios en la zona metatarso-digital en las que saber acomodar las presiones son determinantes para la eficacia terapéutica.

Es imprescindible saber efectuar el molde en carga, con el sistema teleneumático e informatizado. Al alinear todos los ejes mecánicos de la extremi-

dad inferior se consigue la orientación correcta de los ejes de Henke y pronosupinación del antepié.

Poder comprobar, mediante el sistema presentado, la exactitud de la corrección, permite acotar las posibilidades de error en el soporte plantar.

Bibliografía

Florenciano Restoy JL. Dolor en cintura pélvica y su relación con EE.II. *El Peu* 2002;178-81.

Florenciano Restoy JL. Bases biomecánicas del movimiento lineal humano. *Revista Española de Podología. Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos*. 4ª Epoca. 2004;Vol. XV N° 1 enero / febrero:28-30.

Marcelino Reyes J. Alteraciones de la palanca y la bóveda. *El Peu* 1991;47:204-6.

Busquet L. *Las cadenas musculares* Tomo II 2ª Edición. Editorial Paidotribo, 21-5.

Kapandji I.a. *Cuadernos de fisiología articular*. 2ª Edición. Masson 1997;74,176.

Hainaut K. Introducción a la biomecánica. *JIMS* 1982;7-21.

Plas F, Viel E, Blanc. *La marcha humana*. Masson 1984;3-4.

Kendall´s. *Músculos. Pruebas, funciones y dolor postural*. 4º Edición. 1993;224, 230.

Martin rueda sánchez. *Los desequilibrios del Pie*. Editorial Paidotribo, 2004;263-264.