

## INFLUENCIA DEL PIE EN EL SISTEMA ROTACIONAL DEL EJE FEMORO-TIBIAL

\* OLLER ASENSIO, Antonio

Es quizás el funcionalismo biomecánico cinético de la extremidad inferior lo que me ha motivado a estudiar este fenómeno apasionante de angulaciones, alineaciones, rotaciones, desrotaciones, torsiones, curvaciones e incurvaciones biocinéticas, y posteriormente sus adaptaciones gravitatorias neuro músculo esqueléticas, así como su influencia en el pie y en la dinámica de la marcha.

Biomecánicamente la cadera, muslo, pierna, calzado y pie constituyen una unidad estático-dinámico **cuya misión fundamental** es la sincronización, estabilización y sustentación del peso del cuerpo, así como la de transmitir y permitir la funcionalidad del movimiento y de la deambulación.

Si este sincronismo se rompe o altera, el normal funcionamiento del pie y los receptores de información propioceptivos del equilibrio se modifican, en su constante lucha por ganarse el centro de gravedad, variando la dinámica de las extremidades inferiores.

Este trabajo está basado en dos trabajos de investiga-

ción iniciados en el año 1983 y 1985, siguiendo en la actualidad en 1995.

### 1.º ESTUDIO (4)

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.

El ángulo que forman estos dos ejes es el ángulo de "OLLER".

### Muestra

Estudios realizados a 1.495 pacientes, en deambulación dinámica, y medición radiológica en proyección dorso plantar en carga siendo el promedio de las 1.495 radiografías de 68º

### Resultado:

- a) Que los pacientes cuyo ángulo oscila entre los 50º y los 60º tienden a la deambulación en **Adducción**.
- b) Que los pacientes cuyo ángulo oscila entre los 65º y los 75º tienden a la deambulación en **Abducción**.

### 2.º ESTUDIO:

Averiguar cuántos pies presentan una "insuficiencia" del primer metatarsiano, y además 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 993 pacientes que presentaban pies valgus fisiológicos en posición estática y 1.495 radiografías en la proyección dorso plantar en carga.



Fig. 1. Placa de Rx. Los ejes marcados son el ángulo de OLLER.

Este estudio, y 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/o en abducción.

**Esta hipótesis me permite manifestar que es la fórmula metatarsal el primer agente condicionante, el origen primario de las manifestaciones estructurales del "Pie".**

**Secuencialmente se asocian los ligamentos, cápsulas, tendones, músculos, arterias, sistema neuromuscular, etc.**

El estudio **anatomorradiológico** nos permite identificar perfectamente de forma estática todas las estructuras que constituyen estas articulaciones de la cadera, rodilla, retropié y antepié, con unos parámetros y unas valoraciones relativas, no siempre reales, que conjuntamente con el estudio dinámico de la "**Subastragalina**", me permite estadísticamente y analíticamente, poner de manifiesto los resultados de estas pruebas complementarias, llegando a la conclusión de:

La interrelación del:

- Angulo de anteversión.
  - Angulo Cérvico Diafisario.
- Eje Transmetatarsal.
  - Angulo Astrágalo Calcáneo.
  - Angulo de "OLLER".

— Y la interrelación de las Rotaciones, Torsiones e Incurvaciones.

## "REGLA DE LOS 15"

- Que en condiciones normales el **eje Transcondíleo** y el eje del **Cuello Cervical** forman un ángulo de anteversión de 15° medidos radiológicamente en proyecciones simples y en cortes estáticos mediante el T.A.C. o la R.M.N.
- Que el ángulo Cérvico-Diafisario es de 125° en adultos jóvenes.
- Que el eje trasmaleolar con el eje vertical es de 80°-95°.
- Que el ángulo de dispersión de los **ejes longitudinales del Astrágalo Calcáneo** es de 15°.
- Que el ángulo de "OLLER" de media es de 68°, oscilando entre el ángulo mayor y el menor 15°.
- Que el ángulo dinámico de la marcha de Fick es de 15°, en apoyo unilateral o monopodal de abertura.
- En este aspecto cibernético del pie, es propioceptivamente el mecanismo básico para el mantenimiento del equilibrio en el ser humano, en una posición bípeda frente a los diferentes estímulos antigravitatorios que tienden a romperlo.

**Las Alteraciones estructurales del pie van indisolublemente unidas. Unas condicionan a las otras, por eso las estudiaremos conjuntamente.**

**No se puede afirmar que sea una sola la causa estructural del pie y del eje fémoro-tibial. Cronológicamente y previsiblemente de forma secuencial aparecen en el siguiente orden:**

1. Arquitectura ósea (**Braquimetapodia Megametapodia**).
2. Medios de unión pasivos (**Elementos Fibro Elásticos, Ligamentos, Cápsulas articulares**).
3. Medios de unión dinámicos (**Músculos extrínsecos, Músculos intrínsecos**).

## Arquitectura Ósea

En este punto se describen las bases fisiológicas que permiten comprender el comportamiento de los elementos que integran el aparato locomotor, frente a las sollicitaciones mecánicas derivadas de la **Ortocinémica y de la biocinética**, tanto en la estática como en la dinámica (3).

El hueso es, por otra parte, un material estructural capaz de autorrepararse, pudiendo alterar sus propiedades y geometría como respuesta a las sollicitaciones mecánicas a las que se ve sometido.

En mecánica es conocido que una estructura tubular es la más adecuada para soportar una amplia gama de sollicitaciones, como compresión, tracción, flexión, torsión, o cualquier combinación de las mismas.

Esta destacable capacidad del tejido óseo es el resultado de una compleja relación entre el proceso de origen biológico y el mecánico.

En primer lugar, es destacable que el tejido óseo pueda modificar sus características elásticas y su resistencia, mediante pequeños cambios en la densidad aparente.

Por otra parte, para cumplir con las funciones, el hueso dispone de numerosos mecanismos de adaptación, que permiten una respuesta acorde a las condiciones mecánicas a que se halla sometido. La velocidad de adaptación del hueso es extremadamente rápida. Ha podido observarse que en tan sólo 24 horas, una trabécula puede ser completamente reabsorbida y reemplazada por otra con una nueva orientación.

Tanto el hueso compacto como el trabecular se encuentran sometidos "**in vivo**" a cargas cíclicas, por lo que su resistencia a la fatiga es una característica importante a considerar.

Existe una relación entre las características mecánicas de soporte de los elementos óseos y los parámetros antropomorfos y biológicos, que definen al sujeto del que proceden. Estos son, entre otros, el sexo, la edad, la raza, el peso, la estatura y la actividad física.

## Ligamentos

Los ligamentos y los tendones desempeñan una función básica: la transmisión de fuerzas. Los ligamentos, sirviendo como **barreras** a los movimientos articulares, conectan los huesos confluyentes en una articulación y los tendones, transmitiendo las fuerzas originadas en las contracciones musculares, y sirven de enlace entre músculos y huesos.

Estos elementos se encuentran integrados por tres tipos de fibras:

- Las fibras colágenas.
- Las fibras elásticas.
- Las fibras de reticulina.

Las fibras colágenas los proveen de resistencia y rigidez a la tracción.

Las fibras elásticas les dan extensibilidad bajo carga.

Las fibras de reticulina les confieren volumen.

Además existen otras sustancias, los geles hidrofílicos, que formando parte de la composición de estos tejidos, permiten reducir la fricción entre las citadas fibras.

Bajo carga, el comportamiento mecánico de estos tejidos se encuentra determinado principalmente por tres factores:

1. La orientación estructural de las fibras.
2. El comportamiento mecánico específico de las fibras colágenas, las fibras elásticas, y las fibras de reticulina.
3. La proporción relativa entre fibras colágenas y elásticas. En definitiva, los tendones han de soportar fuerzas, y esta función la desempeñan mediante una estructura rígida a la tracción. Los ligamentos, por contra, para ofrecer una estabilidad al movimiento articular, seguida de una barrera brusca al mismo, necesita presentar una estructura mecánica acorde a esta función.

El hundimiento de la bóveda plantar se debe a la debilidad de sus medios de sostén naturales; huesos, ligamentos, manguitos fibrosos y tendones musculares.

Los ligamentos bastan por sí solos durante un corto período de tiempo para mantener la curvatura normal de la bóveda plantar.

En un gesto quirúrgico, la impresión plantar de una pieza de amputación es normal en la conformación de sus curvaturas a menos que se seccionen los ligamentos.

Sin embargo, en el ser vivo, si los soportes musculares se debilitan, los ligamentos acaban por distenderse y la bóveda plantar se desconfigura, se modifica y se hunde definitivamente.

El sistema trabecular es por donde se transmiten las fuerzas, son unas laminillas de tejido óseo, la representación plástica de las líneas de fuerza.

El sistema trabecular anterior de la tibia sigue una dirección posterior hacia la subastragalina, póstero-externa, descendiendo por el cuerpo del calcáneo hacia la tuberosidad mayor del mismo.

Por el contrario, el sistema trabecular posterior de la tibia se dirige en sentido anterior hacia los radios internos en tres disposiciones:

## a) LONGITUDINAL SUPERIOR

Atravesando astrágalo-escafoides-cuñas-metatarsianos y falanges con una continuidad de un hueso a otro, respetando las diáfisis de los metatarsianos donde se concentran en la cortical superior.

## b) LONGITUDINAL INFERIOR

Desde la cara posterior de la tibia pasando por el astrágalo, escafoides, las tres cuñas, los tres primeros metatarsianos y las falanges, también se concentra el sistema trabecular en la cortical de los metatarsianos dejando libre esta zona medular.

## c) SISTEMA TRANSVERSAL

Está presente en la parte más proximal y distal de los metatarsianos a nivel de la metáfisis. La carilla del primer metatarsiano en contacto con el segundo es el más rico de este sistema trabecular.

En el lado externo una zona amplia del sistema trabecular se encuentra a nivel de la apófisis estiloides del 5.º metatarsiano.

## TEORIA DE LA INFLUENCIA DEL PIE EN EL SISTEMA ROTACIONAL DE LOS EJES FEMORO-TIBIALES

La motivación de este trabajo es demostrar que la fórmula metatarsal es el primer agente desencadenante de las alteraciones estructurales, y la interrelación que existe con el ángulo de anteversión de la cadera cuando se manifiesta en Intraversión o en Retroversión con la desviación del eje fémoro-tibial en Valgo o en Varo, así como en la deambulación en Adducción, y/o en Abducción y su interrelación con el ángulo de "OLLER".



Fig. 2. Posición fetal, en esta posición el ángulo de anteversión está excesivamente aumentado, entre los 40° y los 50°.

— El feto (1) en los albores de la vida dentro del clastro materno, por su posición se ve obligado a adoptar una disposición de:

- Flexión de caderas.
- Una incurvación de tibias.
- Varismo del retropié.
- Adducción de antepies.
- Rotación externa de caderas, aumentando el ángulo de anteversión (**retroversión del cuello femoral**) este ángulo suele variar con la edad. En el neonato generalmente mide entre los 25°-50° según los tratados, y dicen que este ángulo se va remodelando con la edad reduciéndose progresivamente durante los primeros años de vida hasta 15°-18°. **Si las extremidades no se utilizan para deambular desde los 0 a 1 año de vida, estas modificaciones no son perceptibles** ya que la extremidad inferior está bien alineada **1. R. Miralles M. Saltor.**



Fig. 3. Estudio de las curvaturas vertebrales en el feto. En esta edad no hay ninguna curvatura vertebral. Sólo con el estímulo de la bipedestación y de la deambulación se modifican y estructuran las curvaturas.

## Ontogénesis

El feto (2) en una posición lateral dentro del claustro materno no presenta una columna totalmente cifótica 2 J.R. Sañudo Tejero, A. Rodríguez Baeza, J.M. Doménech Mateu.



Fig. 4. Niño gateando formando la lordosis cervical. El estímulo de la elevación de la cabeza instauro su curvatura, antes de esta edad la lordosis cervical no está formada.

El niño (2) a los 3-4 meses de vida intenta ampliar su campo visual levantando la cabeza. Conjuntamente con el estímulo de la elevación de la cabeza se va configurando la **Lordosis cervical**. Hasta que el niño no eleva la cabeza no se configura la columna cervical (2).

Con los intentos de adoptar la posición bípeda (2) no es sino hasta los 7-18 meses cuando se inicia la formación y configuración de la lordosis lumbar, coincidiendo con el período en que el niño empieza a sostenerse de pie con ayuda de sus manos y posteriormente a deambular.

Este significado debe verse como una adaptación necesaria del raquis a las nuevas exigencias mecánicas creadas tras la adquisición de la postura bípeda: soportar un mayor peso y adaptar la estabilidad de un polígono de sustentación más reducido (2).

En el Instituto Canadiense para la ceguera, Scott (1) pudo comprobar que los niños con ceguera congénita nunca llegan a caminar si no son cuidadosamente bien enseñados. **Popova y Bernshtein** de Moscú (1) han estudiado la marcha del niño en crecimiento y han comproba-

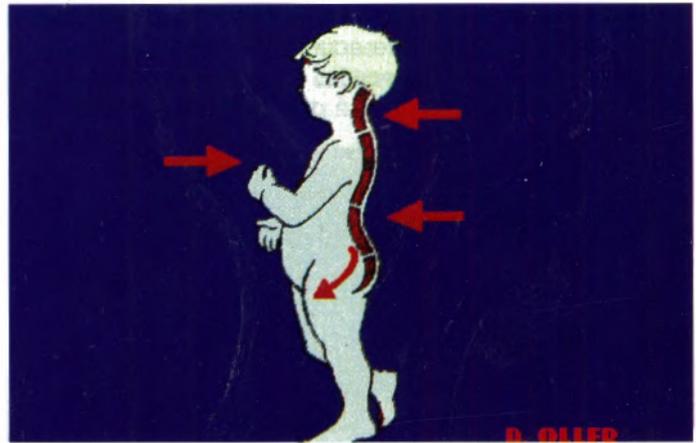


Fig. 5. Niño en posición bípeda. Al intentar controlar y mantenerse en su centro de gravedad, aprende y estimula su sistema neuro-músculo-esquelético. En esta situación se remodela la columna vertebral y se instauro la lordosis lumbar.

do que la marcha característica que una persona muestra en edad adulta se alcanza sobre los 7 y los 9 años. Antes de esta edad el niño está experimentando con todo su sistema neuro-músculo-esquelético, modificando los desplazamientos que tienen lugar en las diferentes partes de su cuerpo, hasta llegar a realizar un verdadero control neural.

La marcha es un proceso que cada persona aprende y no es de extrañar que cada una muestre en su desarrollo unas características propias. Por ello podemos reconocer a distancia a una persona por su manera de deambular.

Estas características personales vienen dadas por múltiples factores: de una persona a otra pueden diferir la morfología de los pies, la morfología de sus ejes fémoro-tibiales, el grosor de las masas musculares...

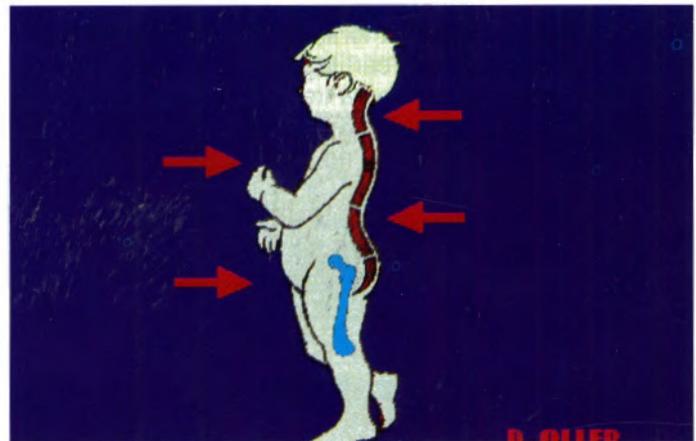


Fig. 6. El niño que estimula la deambulación, remodela su ángulo de anteversión, el ángulo cervico diafisario, la incurvación femoral, y las rotaciones y torsiones tibiales, de acuerdo con el apoyo de la fórmula metatarsal y la tipología de apoyo podal.

**Hipótesis que me permite manifestar que es la fórmula metatarsal el primer agente condicionante, el origen primario de las manifestaciones estructurales del "pie"**. Basándome en los dibujos del trabajo de *Anatomía y embriología de la columna vertebral*, 2. El niño en su posición bípeda está experimentando con todo su sistema neuro-músculo-esquelético, y de acuerdo con la morfogenética podal, el ángulo de anteversión y el ángulo cervico diafisario, va osificando de acuerdo con los estímulos que se transmiten a través de los pies.

La retroversión inicial se irá modificando paulatinamente para llegar a los 15°. De acuerdo con la fórmula metatarsal el ángulo de anteversión, en unos casos, no llegará a los 15°, y en otros pasará de los 15°.

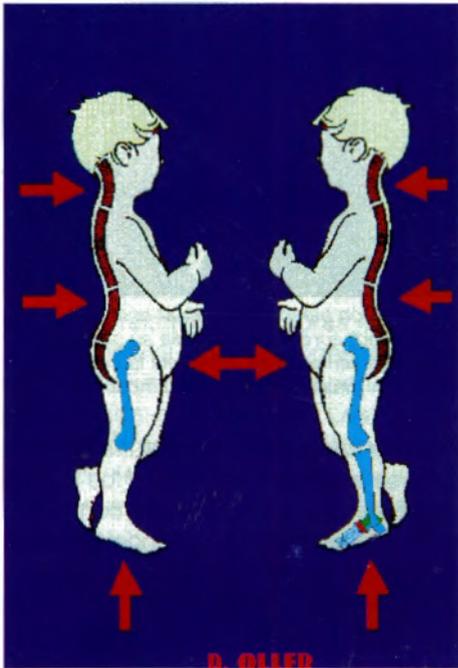


Fig. 7. Niños en bipedestación lateral, con las flechas señalando la formación de las curvaturas de acuerdo con el estímulo neuro-músculo-esquelético y propioceptivo de las fuerzas gravitatorias verticales y las fuerzas de reacción del suelo.

Es importante recordar que el punto donde se realizan estas torsiones es siempre a nivel de la placa epifisaria, la que con su crecimiento, sometido a vectores de tracción transversales, generará la torsión de toda la diáfisis. Las pilas de condrocitos del cartílago epifisario se van inclinando en sentido de la fuerza transversal en la que actúa el eje fémoro-tibial y el ángulo de dispersión astrágalo calcáneo. La línea de Helbing osífica según la posición ortoestática.

Estudio del sistema rotacional de la extremidad inferior. En condiciones normales no se observan alteraciones morfogénéticas de las extremidades inferiores. Vista anteroposterior y lateral con sus ejes de carga, eje anató-

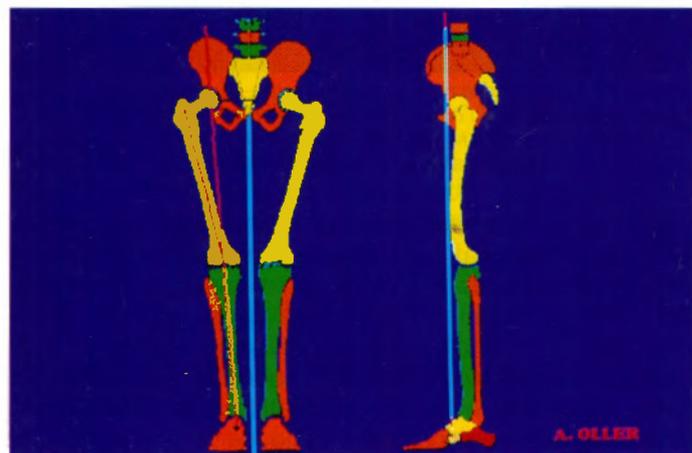


Fig. 8. Proyección del centro de gravedad, eje de gravedad, eje anatómico o de Mikuliz y eje mecánico o de carga.

mico o eje de Mikuliz y eje del centro de gravedad. Los valores normales del eje de Mikuliz son de 175°. < 175° tendencia al eje Fémoro Tibial en Valgo. > de 175° tendencia al eje Fémoro Tibial en Varo.

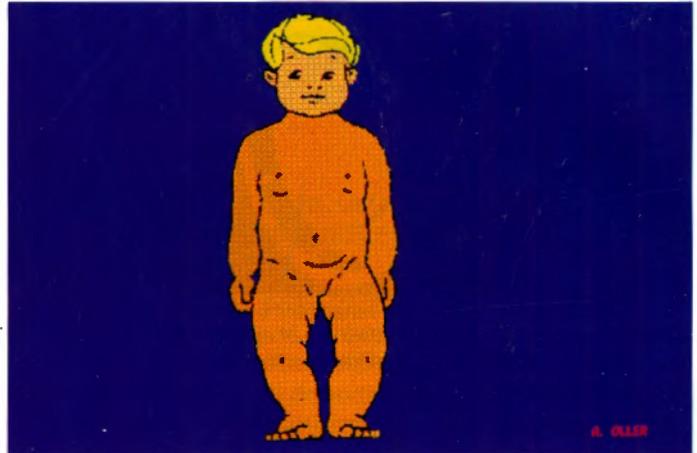


Fig. 9. Niño en su etapa varoide. El intento de esta etapa es reducir el ángulo de anteversión, aumentado excesivamente.

En el niño se acepta como normal una etapa "Varoide" hasta los 2 años de edad. Esta etapa varoide es el recuerdo de posición intrauterina, el uso de los pañales, la forma del pie. Sus hábitos posturales nocturnos y diurnos pueden fijar la alteración estructural (1).



Fig. 10. Niño en su etapa valgoide.

Pasados los 2 años de edad, el niño llega de una etapa varoide a una segunda etapa "Valgoide" que suele durar hasta los 7 años (1).

Es a partir de los 7 años cuando de forma paulatina se pasa al niño normolíneo. Cumplidos los 9 años estas alteraciones se fijarán en "Varo o en Valgo".

Influencia del pie en el análisis del sistema rotacional del pie valgo. Visualizamos una imagen radiológica de un pie en proyección dorso-plantar en carga:

- Trazamos el eje pósterio-anterior de empuje del pie sobre el primer radio.
- Ruptura del eje en la articulación escafo-cuneana en dirección medial o interna del pie.
- Fuga de fuerzas a través del escafoides y las tres cuñas.
- Pronación del medio pie.

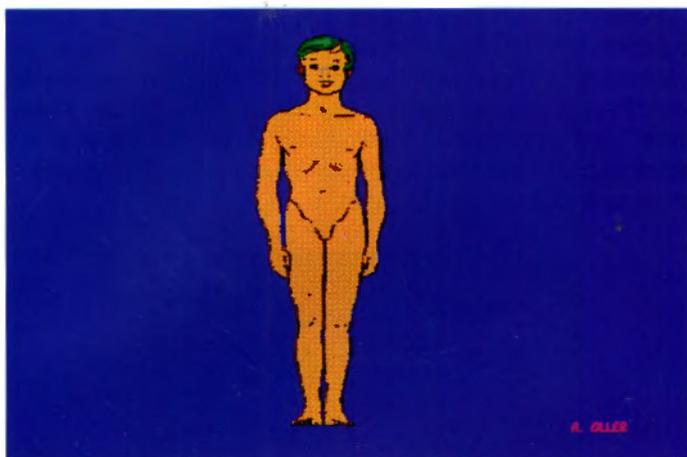


Fig. 11. Niño normolíneo. A partir de esta edad se adquieren por defecto o por exceso las alteraciones fémoro-tibiales, en varo o en valgo.



Fig. 12.

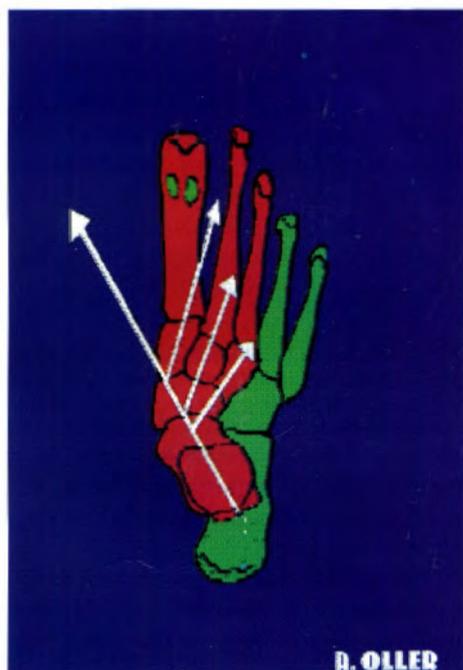


Fig. 12 y 12 bis. Proyección dorso plantar en carga, trazado el eje póster anterior de empuje y fugas de fuerzas póster anteriores.

El astrágalo prona, cabecea, se aduce y desciende al imprimir las fuerzas póster anteriores al escafoides. El escafoides la imprime perpendicularmente a las tres

cuñas, que han perdido la continuidad de las fuerzas longitudinales. Las tres cuñas imprimen sobre los tres primeros metatarsianos y los tres primeros metatarsianos a los tres dedos.

Al formarse la pronación, el movimiento helicoidal se elonga y el arco longitudinal medial e interno se deshace.

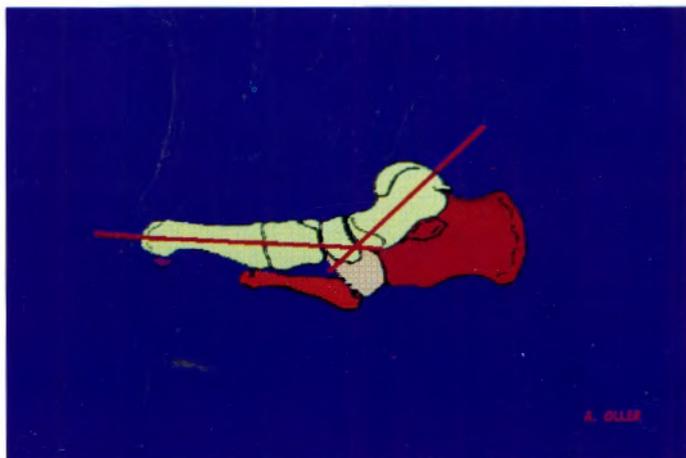


Fig. 13. Proyección lateral en carga, trazado del eje póster anterior de empuje.

Visualizamos una imagen radiológica de un pie en proyección lateral en carga:

- Trazamos el eje póster anterior de empuje sobre el eje de Tomeno.
- Ruptura del eje en la articulación astrágalo escafoidea en dirección plantar.
- Pronación del medio pie.

Al pronar, cabecear y adducir, el astrágalo no imprime perpendicularmente las fuerzas póster anteriores de empuje sobre el escafoides, las tres cuñas, los tres primeros metatarsianos y los tres primeros dedos.



Fig. 14. Proyección radiológica de ambos pies en carga. Los dos pies presentan una braquimetapodía o insuficiencia de ambos primeros metatarsianos.

Posición dinámica de ambos pies en carga. La deambulación que habitualmente presentan estos tipos de pacientes es una marcha en extraversión o una marcha en abducción o la llamada marcha "Chaplinesca". Es la insuficiencia del primer metatarsiano, que facilita o permite la pronación mediotarsiana. Si esta pronación es excesiva en niños, suelen presentar Hallux valgus incipientes.

Si no se instaura un tratamiento ortopodológico, con el tiempo aparece el Hallux valgus.

Influencia del pie en el análisis del sistema rotacional del pie varo. Visualizamos una imagen radiológica de un pie en proyección dorso-plantar en carga:

- Trazamos el eje póster anterior de empuje del pie sobre el primer radio.
- Ruptura del eje en la articulación astrágalo escafoidea en dirección externa del pie.
- Supinación del medio pié.

El astrágalo supina, asciende y se abduce al imprimir las fuerzas póstero-antérieures al escafoides. El escafoides la imprime perpendicularmente a las tres cuñas, que han perdido la continuidad de las fuerzas longitudinales. Las tres cuñas habrían de imprimir sobre los tres primeros metatarsianos y los tres primeros metatarsianos a los tres dedos.

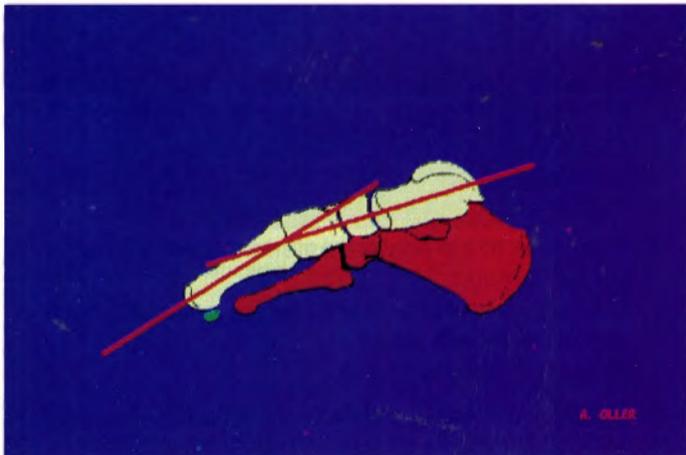


Fig. 15. Proyección lateral en carga, trazado del eje póster anterior de empuje.

Visualizamos una imagen radiológica de un pie en proyección lateral en carga:

- Trazamos el eje póster anterior de empuje sobre el eje de Tomeno.
- Ruptura del eje en la articulación astrágalo escafoidea en dirección dorsal.
- Supinación del medio pié.



Fig. 16. Proyección radiológica de ambos pies en carga. Ambos pies presentan un primer metatarsiano excesivamente largo.

Posición dinámica de ambos pies en carga. La deambulación que habitualmente presentan estos tipos de pacientes es una marcha en intraversión o una marcha de los "Periquitos, la de los Pichones o la de los Palomos". La supinación mediotarsiana es excesiva y en niños suelen presentar engrosamiento dérmico por debajo de la 5.ª cabeza metatarsal.

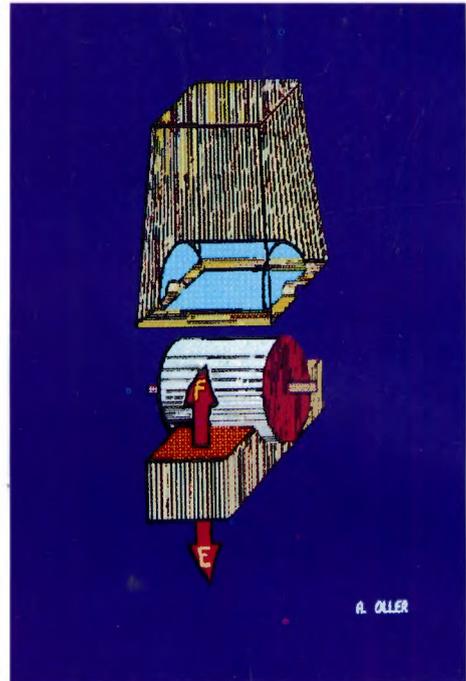


Fig. 17. Maqueta de la articulación tibio-astragalina.

**Biomecánica del tobillo.** El pie es el centro de información, es el receptor de toda la información que recibe en su contacto con el suelo. Informa del peso, la situación en la que el pie se encuentra, información del medio ambiente, del frío o del calor, del estado del calzado o del medio donde apoya. Toda esta información se analiza en el centro de información del córtex cerebral: la pronación, la supinación o las combinaciones de las presiones que a través del peso corporal se transmiten, o de la reacción del suelo que las devuelve a través del pie.

La articulación Tibio-Peronea-Astragalina no es como la de una maqueta, ni un mecanismo rígido que sólo realiza la flexo-extensión.

La articulación del tobillo realiza los movimientos combinados:

- Flexión plantar, Pronación y Adducción, cierre de la sindesmosis Tibio-Peronea-Astragalina, descenso peroneal y rotación externa peroneal. El astrágalo realiza un movimiento de Lístesis, rotación interna, pronación y abducción.
- Flexión dorsal, Supinación y Abducción, diástasis de la sindesmosis Tibio-Peronea-Astragalina, descenso peroneal, y rotación interna peroneal. El astrágalo realiza un movimiento de retrolístesis, rotación externa supinación y abducción.

Si basamos en este caso que la acción en una fuerza vertical, helicoidal y gravitatoria del peso corporal, es transmitida al pie, la respuesta de la reacción del suelo es igual a la fuerza de la acción sometida previamente sobre pie.

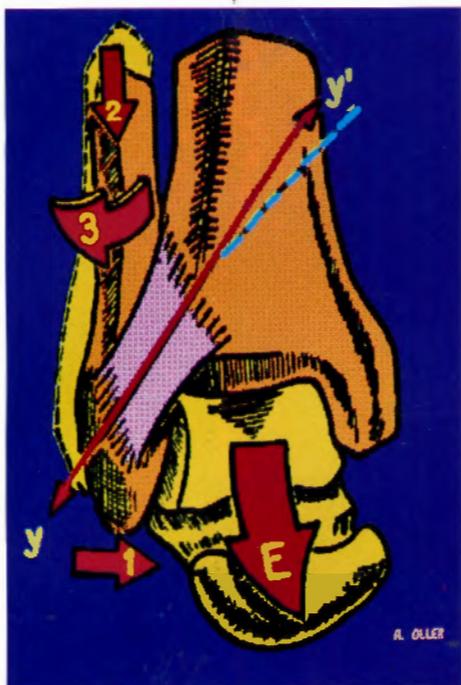
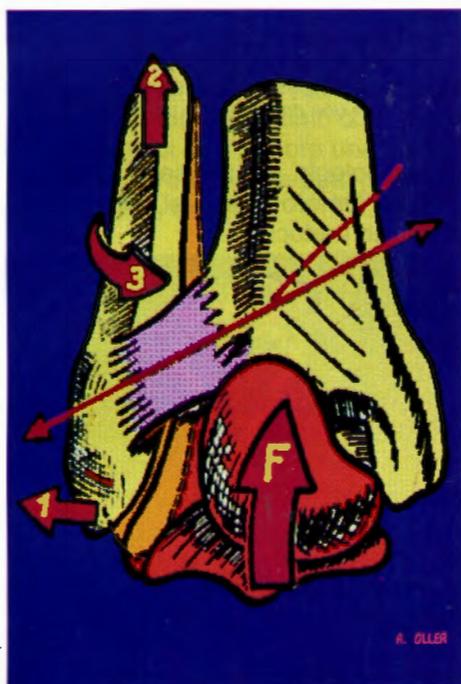


Fig. 18.



Figs. 18 y 19. Sindesmosis de la pinza maleolar. El movimiento de flexo-extensión no es puro, es combinado. Las carilla del cuerpo astragalino no son paralelas, y la articulación astrágalo-tibial no es plana. En los inicios de la deambulación sufre un proceso de remodelación y adaptación, tanto la polea superior astragalina como el pilón tibial, variando ésta con la forma de apoyo podal.

Esta capacidad que presenta la biomecánica del astrágalo pasando constantemente de:

- Flexión plantar, Pronación y Adducción, de Lístesis.
- Flexión dorsal, Supinación y Abducción, de retrolístesis. En el movimiento secuencial de la deambulación, los músculos Adductores (mayor, mediano y menor), desde la cadera-fémur hasta el músculo tibial anterior y el músculo tibial posterior. Desde la tibia, que son los elementos dinámicos del pie. Condicionados por los siste



Fig. 20. Posición del pie en la fase de preapoyo total, durante la marcha. Valorar en esta posición la acción de los adductores y el pie, en su movimiento helicoidal vertical.

mas de apoyo de los puntos mediatos e inmediatos del pie, fisiológicamente el pie realiza el apoyo por el borde postero externo del talón. El astrágalo está en posición de retrolístesis, el ángulo astrágalo calcáneo está disminuido < de 15°, seguidamente se realiza el apoyo total con la planta del pie. Tracciona el tríceps sural, les ayudan el tibial posterior y los flexores plantares elevando en retropié y apoyando antepié. En este tiempo actúan los músculos peroneos laterales largo y el corto realizando conjuntamente rotación, abducción y la pronación dígito-meta-tarsal. Esto es consecuencia de un conjunto mecánico y sincronizado del sistema neuro-músculo-esquelético de la extremidad inferior y todas las articulaciones que intervienen en el pie.

La transmisión de todas las fuerzas corporales se dirigen al pie, de éste al calzado y al suelo.

Las fuerzas de reacción del suelo se devuelven en las mismas condiciones, a la inversa, a través del pie.



Fig. 21. Las alteraciones fémoro-tibiales se manifiestan por la hiperpresión rotuliana en los cóndilos femorales.

En la figura inferior observamos la morfología de dos esquemas de las extremidades, totalmente asimétricas, sobre todo en la altura de la zona fémoro-patelar con la inserción del tendón rotuliano en bayoneta. Esto crea un proceso de condromalacia o una preartrosis patelar, y es a partir de esta morfología fémoro-patelar y siguiendo con la teoría del pie **Valgo y el ángulo de Oller**, que realizaremos el estudio de las **influencias del pie en el sistema rotacional de las extremidades inferiores**.



Fig. 22. Esquema rotacional de las incurvaciones, curvaciones, rotaciones, torsiones y detorsiones.

Este esquema es neutro y orientativo. Las **fuerzas van en dirección cráneo-caudal. Son fuerzas helicoidales y verticales, gravitatorias de la extremidad inferior** como respuesta a las fuerzas de reacción del suelo sobre el pie en dirección caudo craneal. Es la que me ha permitido manifestar esta hipótesis y estudiar este fenómeno apasionante, alineaciones, rotaciones, desrotaciones, torsiones, curvaciones e incurvaciones biocinéticas, y posteriormente sus adaptaciones gravitatorias neuro-músculo-esqueléticas, así como su influencia en el pie y en la dinámica de la marcha.

Estas flechas dibujadas sobre unas imágenes de unas placas radiológicas, comprobando a su vez las distintas alteraciones fémoro-tibiales, intentan representar las rotaciones internas o externas del ángulo de anteversión de la cadera, la curvación o incurvación, la torsión o detorsión, la rotación interna o externa de la diáfisis (femoral, tibial y peroneal), la pronación o supinación, la abducción o la adducción del medio pie y antepié.

¿Por qué frecuentemente los pies valgos se asocian con una desviación del eje fémoro-tibial en valgo, de una rotación interna femoral y una marcha Chaplinesca?

¿Por qué las alteraciones rotacionales divergentes no se manifiestan en los niños que no deambulan?

¿Por qué el niño ejercita con su sistema neuro-músculo-esquelético, integrando el sistema del aprendizaje voluntario dentro del sistema involuntario?



Fig. 23. Esquema de las rotaciones externas intertrocanterias, torsión e incurvación femoral, rotación interna intercondílea femoral, rotación externa bituberositaria tibial, varismo tibial, rotación interna de la pinza maleolar y valgismo del retropié. Es frecuente encontrar esta alteración fémoro-tibial en aquellas personas que presentan un retropié en valgo, medio pie abducido y una imagen de aplanado y/o cavo o bien una combinación de ambas.

¿Por qué la tipología del pie se manifiesta frecuentemente con el eje fémoro-tibial y el tipo de deambulación en abducción o en adducción.

Esquema imaginario de una alteración fémoro-tibial en valgo. De abajo en dirección caudo-craneal:

- Manifestación del medio pie en pronación y el talón en valgo.
- Torsión tibial y tibias varas.
- Rotación interna de la pinza maleolar.
- Detorsión proximal de la bituberosidad tibial.
- Extrabismo convergente patelar.
- Rotación interna bicondílea-femoral.
- Torsión femoral.
- Retroversión intertrocanterea, con aumento del ángulo de anteversión.



Fig. 24. Proyección radiológica de un frente de cadera. Angulo cérvico diafisario normal de 125°.

En un adolescente, los valores normales del ángulo cervico-diafisario son de  $125^\circ$ .

En la proyección radiológica, la angulación que forman el eje cervical, con relación a la línea de Hilgenreiner no se modifican.

Es por debajo de la zona intertrocantérea por donde el eje femoral se suele manifestar en valgo o en varo.



Fig. 25. Proyección radiológica de un frente de cadera. La medición de este ángulo cervico-diafisario es inferior a los  $120^\circ$ . Se manifiesta en una coxa vara.

En el caso de la **Figura 23** el valor del ángulo cervico-diafisario es inferior a los  $120^\circ$ , como consecuencia de las fuerzas de reacción del suelo sobre una fórmula metatarsal que imprimen sobre el pie, la cual presenta un metatarsiano generalmente corto.

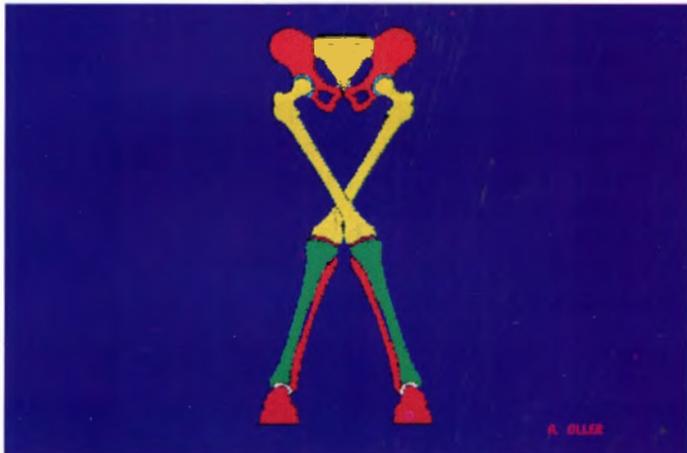


Fig. 26. Si la naturaleza no fuese capaz de crear sus propias necesidades para adaptarse a su centro de gravedad, el sujeto deambularía con las piernas entrecruzadas.

El hueso es, por otra parte, un material estructural capaz de autorrepararse, pudiendo alterar sus propiedades y geometría como respuesta a las sollicitaciones mecánicas a las que se ve sometido.

En mecánica es conocido que una estructura tubular es la más adecuada para soportar una amplia gama de sollicitaciones como compresión, tracción, flexión, torsión, o cualquier combinación de las mismas.

Para cumplir con las funciones, el hueso dispone de numerosos mecanismos de adaptación, que permiten una respuesta acorde a las condiciones mecánicas a que se halla sometido.

La velocidad de adaptación del hueso es extremadamente rápida. Ha podido observarse que en tan sólo 24 horas una trabécula puede ser completamente reabsorbida y reemplazada por otra con una nueva orientación.

Si no tuviese estas propiedades, ante la disminución del ángulo cervico-diafisario se produciría una imagen parecida a esta figura, cruzándose entre sí las piernas.



Fig. 27. Después de los intentos de la maduración neuro-músculo-esquelética por mantenerse en su centro de gravedad la forma de apoyo de la planta del pie, el eje fémoro-tibial osifica adoptando esta posición. Es frecuente encontrar esta alteración fémoro-tibial en aquellas personas que presentan un retropié en valgo, medio pie abducido y una imagen de aplanado y/o cavo, o bien una combinación de ambas.

Al entrar en el funcionamiento del hueso para poder cumplir con las funciones, dispone de numerosas condiciones mecánicas a las que se halla sometido, y de unos mecanismos de adaptaciones.

Por otra parte, un material estructural capaz, como

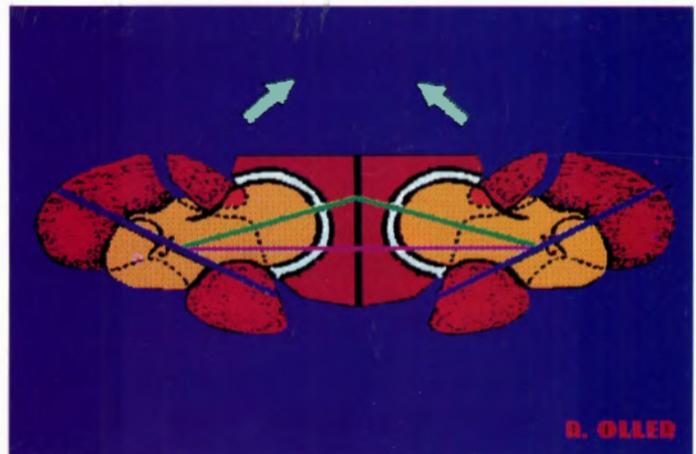


Fig. 28. Corte axial de un ángulo de anteversión, vista superior y corte superpuesto del eje intercondíleo o transcondíleo de las rodillas. Esquema imaginario del ángulo de anteversión. El eje del cuello femoral no se modifica, la modificación rotacional se manifiesta en la región bicondílea. En la superposición se observa la rotación interna excesiva del eje bicondíleo.

respuesta a las sollicitaciones mecánicas a las que se ve sometido.

En este caso, la remodelación de las adaptaciones mecánicas del eje fémoro-tibial se manifiesta en valgo con compensación de las sollicitaciones como compresión, tracción, flexión, torsión, o cualquier combinación de las mismas.

El ángulo de anteversión está formado por el eje del cuello cervical del fémur y el eje transcondíleo de la rodilla. El resultado final del ángulo de anteversión queda establecido en **retroversión** con unos valores superiores a los 20°.

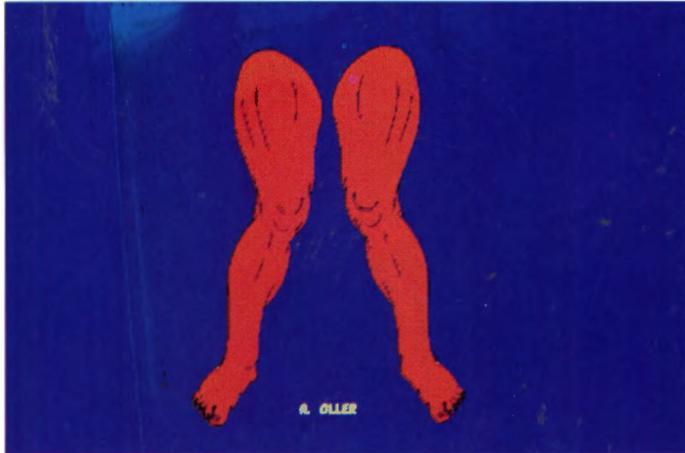


Fig. 29. Piernas en valgo. El eje fémoro-tibial se presenta en un valgo, con rotación interna convergente patelar.

Manifestación de lo anteriormente descrito con las imágenes de las extremidades inferiores, rotación interna femoral, extrabismo convergente rotuliano, rotación interna de la pinza maleolar, pronación del medio pie y abducción del antepié.



Fig. 30. Niño en período valgoide. Después de los tres años es frecuente el cambio morfológico en valgo.

En el niño en período valgoide, las flechas señalan la dirección de las rotaciones:

- Pronación del medio pie.
- Abducción del antepié.
- Extrabismo convergente rotuliano.
- Rotación interna bicondílea.
- Cadera en rotación externa.

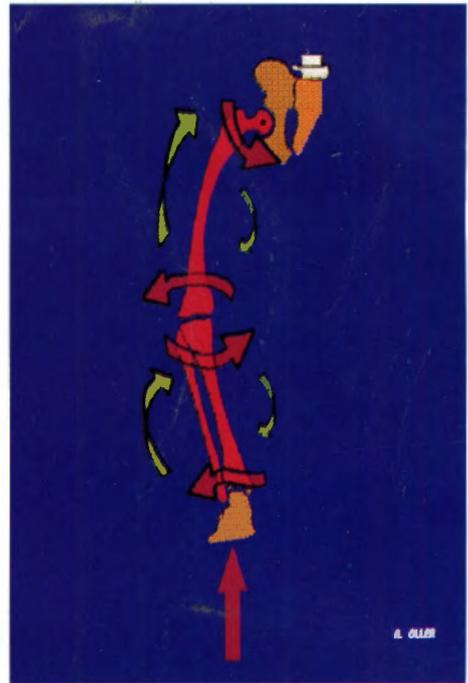


Fig. 31. Esquema de las rotaciones internas intertrocanteréas, torsión e incurvación femoral, rotación externa intercondílea femoral, rotación interna bituberositaria tibial, varismo tibial, rotación externa de la pinza maleolar, y varismo del retropié. Es frecuente encontrar esta alteración fémoro-tibial en aquellas personas que presentan un retropié en varo, media.pie adducido y una imagen de cavo o bien una combinación de ambas.

Esquema imaginario de una alteración fémoro-tibial en varo. De abajo arriba en dirección caudo-craneal:

- Manifestación del medio pie en supinación y el talón en varo.
- Torsión tibial y tibias varas.
- Rotación externa de la pinza maleolar.
- Torsión proximal de la bituberosidad tibial.
- Extrabismo divergente patelar.
- Rotación externa bicondílea femoral.
- Torsión y curvación femoral.
- Anteversión intertrocanteréa, con disminución del ángulo de anteversión.



Fig. 32. Proyección radiológica de un frente de cadera. Ángulo cervico-diafisario normal de 125°. Este ángulo cervico-diafisario se presenta en valgo. La medición del ángulo es superior a los 130°.

En este caso, los valores del ángulo cervico-diafisario son superiores a los  $130^\circ$ , como consecuencia de las fuerzas de reacción del suelo sobre una fórmula metatarsal que imprimen sobre el pie.



Fig. 33. Si la naturaleza no fuese capaz de crear sus propias necesidades para adaptarse a su centro de gravedad, el sujeto deambularía con las piernas excesivamente separadas.

El hueso es, por otra parte, un material estructural capaz de autorrepararse, pudiendo alterar sus propiedades y geometría como respuesta a las sollicitaciones mecánicas a las que se ve sometido.

En mecánica es conocido que una estructura tubular es la más adecuada para soportar una amplia gama de sollicitaciones como compresión, tracción, flexión, torsión, o cualquier combinación de las mismas.

Para cumplir con las funciones, el hueso dispone de numerosos mecanismos de adaptación, que permiten una respuesta acorde a las condiciones mecánicas a las que se halla sometido.

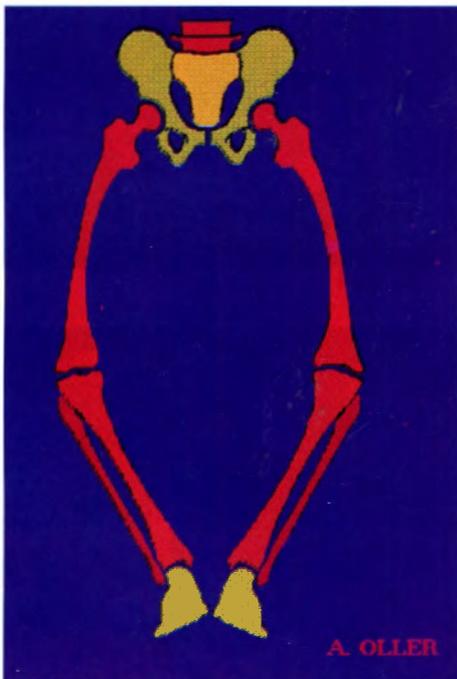


Fig. 34. Después de los intentos de la maduración neuro-músculo-esquelética por mantener en su centro de gravedad la forma de apoyo de la planta del pie, el eje fémoro-tibial osifica adoptando esta posición. Es frecuente encontrar esta alteración fémoro-tibial en aquellas personas que presentan un retropié en varo, medio pie aducido y una imagen de cavo o bien una combinación de ambas.

La velocidad de adaptación del hueso es extremadamente rápida. Ha podido observarse que en tan sólo 24 horas una trabécula puede ser completamente reabsorbida y reemplazada por otra con una nueva orientación.

Si no tuviese estas propiedades, ante la disminución del ángulo cervico-diafisario se produciría una imagen parecida a esta figura separándose entre sí las piernas.

Al entrar en el funcionamiento del hueso para poder cumplir con las funciones, dispone de numerosas condiciones mecánicas a las que se halla sometido, y de unos mecanismos de adaptaciones. Por otra parte, un material estructural capaz como respuesta a las sollicitaciones mecánicas a las que se ve sometido.

En este caso, la remodelación de las adaptaciones mecánicas del eje fémoro-tibial se manifiestan en varo, con compensación de las sollicitaciones como compresión, tracción, flexión, torsión, o cualquier combinación de las mismas.

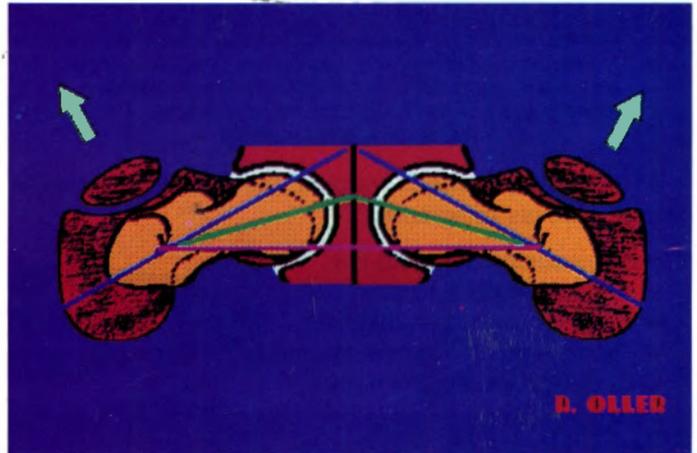


Fig. 35. Corte axial de un ángulo de anteversión, vista superior y corte superpuesto del eje intercondileo o transcondileo de las rodillas. Esquema imaginario del ángulo de anteversión. El eje del cuello femoral no se modifica, la modificación rotacional se manifiesta en la región bicondílea. En la superposición se observa la rotación externa excesiva del eje bicondíleo. En la superposición se observa la rotación externa excesiva del eje bicondíleo.

El resultado final del ángulo de anteversión queda establecido en **anteversión** con unos valores inferiores a los  $10^\circ$ .



Fig. 36. Piernas en varo. El eje fémoro-tibial se presenta en un varo, rotación externa y divergencia patelar.

Manifestación de lo anteriormente descrito con las imágenes de las extremidades inferiores, rotación externa femoral, extrabismo divergente rotuliano, rotación externa de la pinza maleolar, supinación del medio pie y adducción del antepié.

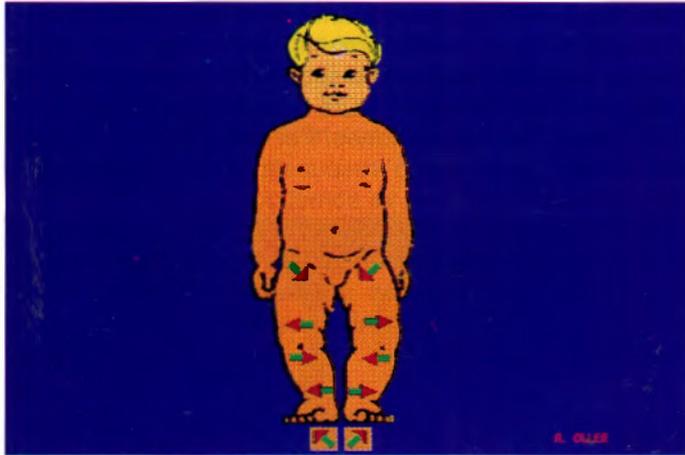


Fig. 37. Niño en posición varoide. Las flechas señalan el ángulo de anteversión aumentado, la rotación externa bicondílea o transcondílea, la rotación interna bituberositaria tibial, y rotación externa de la pinza maleolar.

En el niño en período varoide, las flechas señalan la dirección de las rotaciones:

- Supinación del medio pie.
- Adducción del antepié.
- Rotación externa bicondílea.
- Extrabismo divergente rotuliano.
- Cadera en rotación interna.

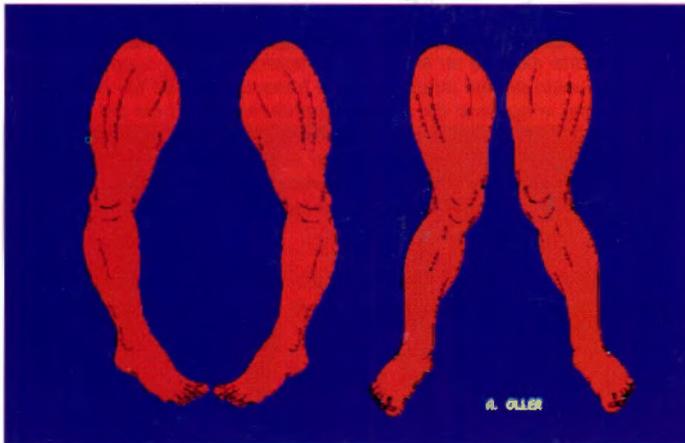


Fig. 38. Rodillas con su eje fémoro-tibial en varo y en valgo. Diferenciación del extrabismo convergente y divergente. Todas las rotaciones, curvaciones, incurvaciones y torsiones son opuestas.

Manifestación de lo anteriormente descrito en las Figs. 29 y 36 con las extremidades en valgo y en varo.

Niño en período varoide y valgoide descritos en las imágenes de las Figs. 30 y 37 con las flechas señalando en la dirección de las rotaciones.

Sin poder afirmar nada, ya que los medios que disponemos no nos permiten confirmar nada, pienso que a través de los estudios realizados y de la observación basada en la hipótesis del ángulo de OLLER y del pie valgo: el pie, su arquitectura, su forma y su función, es, quien de forma primaria, y secuencialmente las cápsulas,

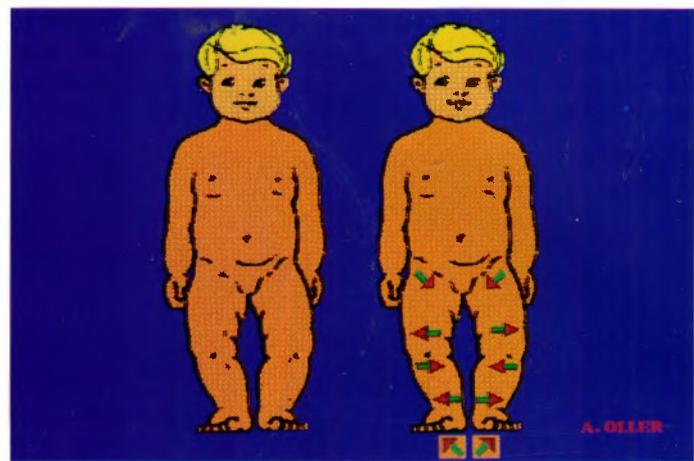
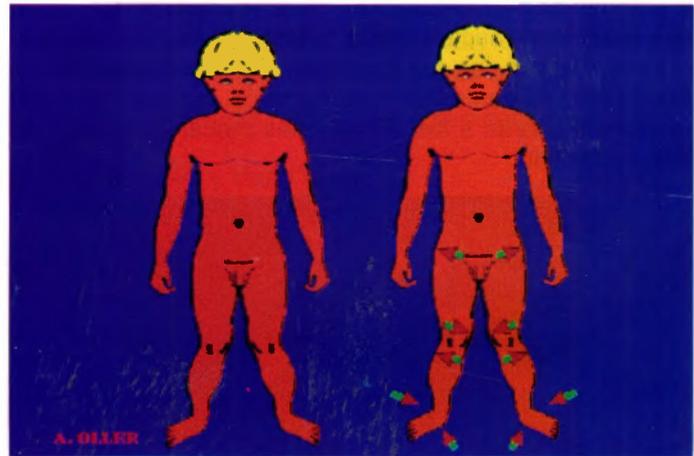


Fig. 39. Imagen bilateral del niño en posición varoide con y sin flechas rotacionales.

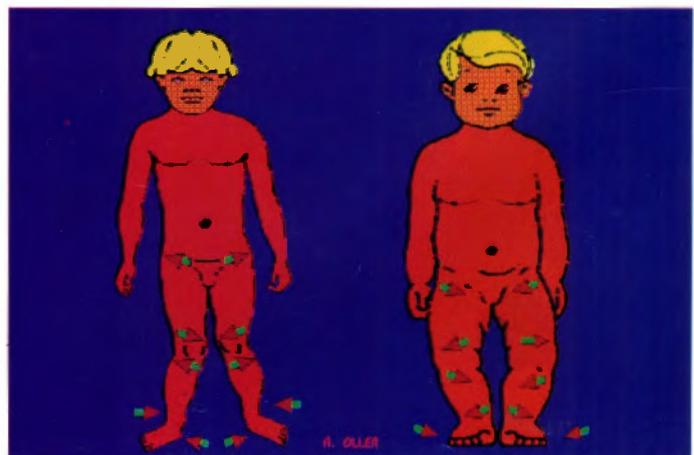
ligamentos, tendones, músculos, arterias, venas y sistema neurológico, condiciona cronológicamente toda la estabilidad, e influencia el sistema rotacional de la extremidad inferior y, a su vez, el ángulo de anteversión.

El 99% de los estudios realizados sobre el ángulo de anteversión, manifiestan que el condicionante primario está en la cadera y secuencialmente condiciona al pie.

El 1% se plantea la hipótesis de que es el pie el primer condicionante de las alteraciones fémoro-tibiales en Valgo y/o en Varo y del sistema rotacional de la



Figs. 40.



Figs. 40 y 41. Imagen bilateral del niño en posición valgoide con y sin flechas rotacionales.

extremidad inferior, y secuencialmente repercute en el ángulo de anteversión de la cadera, fundado en el estudio anteriormente citado. Si consigo con este trabajo sembrar dudas y se plantean grupos de trabajo en este

sentido, dudando de todo lo escrito incluso este trabajo, me daré por satisfecho, ya que del análisis que podamos realizar, posiblemente cambien los tratamientos podológicos.

## BIBLIOGRAFIA

VILADOT PERICE, R., COHI RIAMBAU, ORIOL y SALVADOR CLAVELL, PALOMA. *Ortesis y prótesis del aparato locomotor 2.1. Extremidad inferior*. Editorial Masson S.A. Barcelona, 1985.

VILADOT PERICE, R., COHI RIAMBAU, ORIOL y SALVADOR CLAVELL, PALOMA. *Ortesis y prótesis del aparato locomotor. Columna Vertebral*. Editorial Masson S.A. Barcelona, 1987.

RAMIRO, J., VERA, P. y HOLLOS, J.V. *El calzado para carrera urbana. Criterios Biomecánicos de diseño. Capítulo de las Bases fisiológicas y Biomecánicas del aparato locomotor*. Editado por el Instituto de Biomecánica de Valencia, 1990.

REVISTA DE LA ASSOCIACIO CATALANA DE PODOLOGIA. N.º 37  
Abril-Maig-Juny, 89. *Influencia del ángulo de A.O.A. con el ángulo de anteversión*.

REVISTA ESPAÑOLA DE PODOLOGIA. 2.ª Epoca / Vol. V / Núm. 1  
/ Enero-Febrero 1994. *Biomecánica del pie*.

REVISTA DE LA ASSOCIACIO CATALANA DE PODOLOGIA. N.º 56  
Epoca III Gener/Febrer/Març 1994. IGNASI ORRIT VILANOVA.  
*Biomecánica de las antetorsiones del cuello femoral aumentadas*.

**FRESCO**®  
**MATERIAL PODOLOGÍA**

DISTINGUIDO AMIGO:

TENEMOS LA SATISFACCIÓN DE NOTIFICARTE LA PRÓXIMA INAUGURACIÓN DE LAS NUEVAS INSTALACIONES QUE FRESCO HA CREADO PARA TI.

**SICÍLIA, 143 • 08013 BARCELONA**  
TELS. (93) 231 47 00 - 231 48 12  
FAX (93) 265 28 63

EN LOS VEINTE AÑOS TRANSCURRIDOS, SEGUIMOS CON EL MISMO ENTUSIASMO, LANZÁNDONOS A UNA NUEVA SINGLADURA, CREANDO EL **PRIMER DEPÓSITO PODOLÓGICO DE ESPAÑA CON 1.000 m<sup>2</sup>** DEDICADOS ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA PODOLOGÍA.

EN LA NUEVA SEDE SOCIAL ENCONTRARÁS MÁS DE 3.000 PRODUCTOS, CON UNA AMPLIA EXPOSICIÓN.

**¡ESPERAMOS TU VISITA!**

ENERO 1996