

ANATOMIA FASCIAL Y BIOMECANICA DE LA PIERNA, TOBILLO Y PIE

PLANOS FASCIALES DE LA PIERNA Y PIE

PLANO SUPERFICIAL

A nivel superficial, la fascia crural (figura n.1) es la continuación directa de la fascia lata del muslo, tomando relevo en la rótula, tuberosidades tibiales y cabeza del peroné. En la parte posterior de la rodilla se denomina fascia poplítea, recibiendo expansiones aponeuróticas del bíceps, sartorio y semitendinoso extendiéndose por la parte posterior de la pierna (figura n.2). Es una capa conjuntiva que rodea la musculatura de la pierna, en algunos lugares esta capa se hace más densa dando lugar, por ejemplo, a los retináculos (figura n.4) que sujetan a la musculatura extensora del pie. De su cara profunda se separan diferentes láminas que formarán los tabiques intermusculares y las envolturas musculares de la pierna y pie (ver figura n.6).

De las fascias del pie destacaremos la aponeurosis plantar por su trascendencia en la fisiología y mecánica del pie. La aponeurosis plantar, que deriva de la fascia superficial, es una lámina muy resistente y gruesa de forma triangular, está formada por fascículos longitudinales provenientes del calcáneo que irradian a los cinco dedos y terminan en las articulaciones metatarsofalángicas, y por fibras transversales que unen a los fascículos longitudinales (figura n.3a y 3b). A destacar también el fascículo lateral de la aponeurosis plantar que une el calcáneo con el tubérculo del 5º MTT.

La aponeurosis plantar tiene un papel fundamental en el mantenimiento de la bóveda plantar longitudinal, contiene y protege a la musculatura de la planta y a vasos y nervios de las presiones.



Figura n.1



Figura n.2



Figura n.3a



Figura n.4



Figura n.3b

PLANO PROFUNDO

A nivel profundo, la fascial crural manda unas expansiones en forma de tabiques que formarán los compartimentos de la pierna (figuras n.5 y n.6). Podemos encontrar cuatro compartimentos fasciales que envuelven a la musculatura de la zona y que dichos músculos se han agrupado según su función. Conocer la ubicación de estos paquetes fasciales nos permitirá poder acceder a cada uno de ellos cuando nos sea necesario.

En el **compartimento anterior** está el tibial anterior, cuya aponeurosis recubre directamente la tibia y se adhiere fuertemente a su periostio, los extensores de los dedos y al tercer peroneo. En el **compartimento lateral** hallaremos al peroneo largo y peroneo corto. En el **compartimento posterior superficial** tenemos al sóleo y gastrocnemio, junto al músculo plantar, y en el **compartimento posterior profundo** está el tibial posterior, el flexor largo del primer dedo y el flexor largo de los dedos.

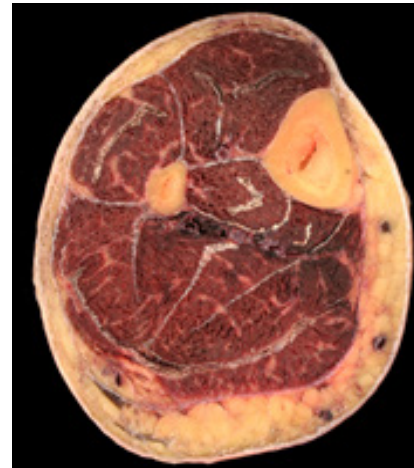


Figura n.5

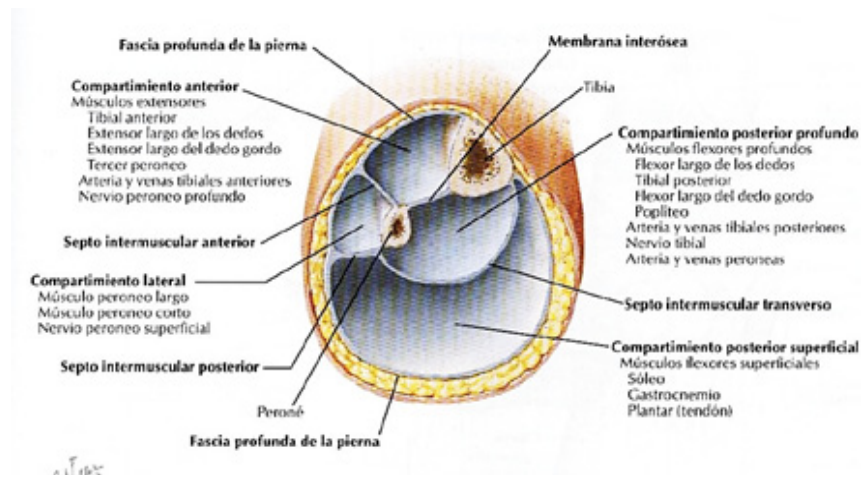


Figura n.6

Desde una visión superior, en una sección transversal de la pierna, próxima a los maléolos, (figura n.7), podemos observar los cuatro compartimentos fasciales. El compartimento anterior engloba el tendón del tibial anterior y el de los extensores propio del dedo gordo y común de los dedos, lateralmente encontramos el tendón del peroneo largo y el vientre del corto. A nivel posterior hallamos el tendón de Aquiles, que es común al sóleo y al gastrocnemio, finalmente y a un nivel más profundo que el anteriormente citado, tenemos el tendón del tibial posterior y del flexor largo de los dedos y el vientre muscular del flexor largo del dedo gordo.

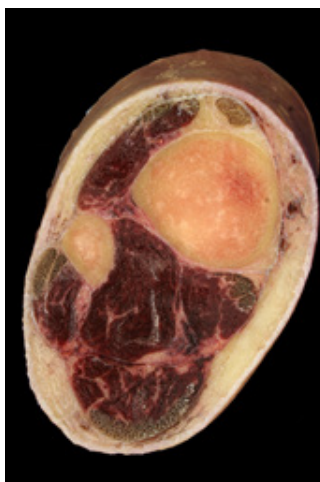


Figura n.7

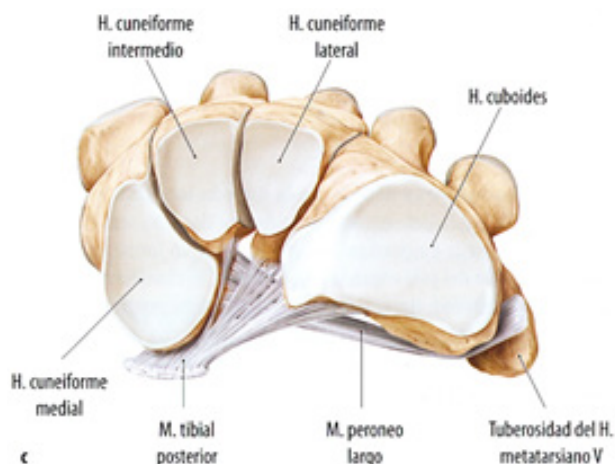


Figura n.8

A nivel maleolar, el extensor corto de los dedos, nace en la cara anterosuperior externa del calcáneo y se dirige distal y medialmente hacia el empeine. Posee 4 vientres, insertándose en la base de la cara dorsal de la primera falange del primer dedo, y en los tendones del extensor largo de los dedos. La función principal de este músculo es auxiliar al extensor largo de los dedos.

Por debajo del calcáneo encontramos los vientres del abductor de 5º dedo, cuadrado plantar, flexor corto de los dedos y abductor del primer dedo, junto con los tendones, a nivel medial, del tibial posterior, flexor largo de los dedos y flexor largo del primer dedo, a nivel lateral y justo debajo del maléolo tenemos al peroneo largo y corto. Ya en la planta del pie encontramos a los tendones de los músculos peroneo largo y tibial posterior insertándose a nivel del tarso y metatarso (figuras n.8), que tienen una función importante en la fisiología de los arcos plantares.

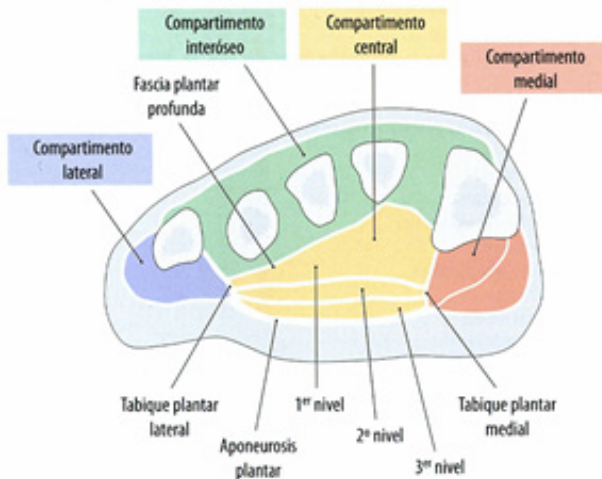


Figura n.9

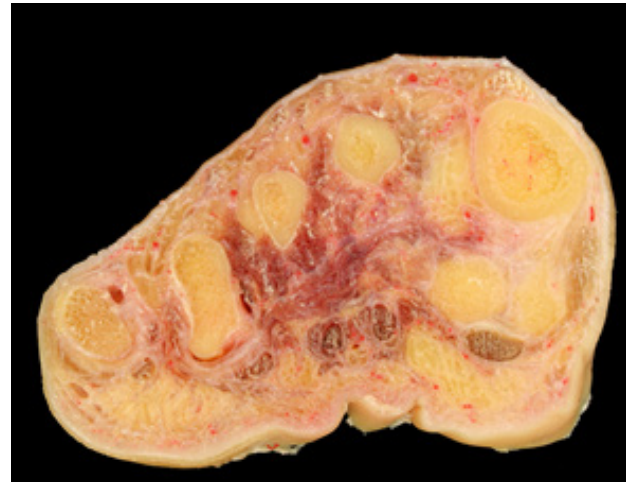
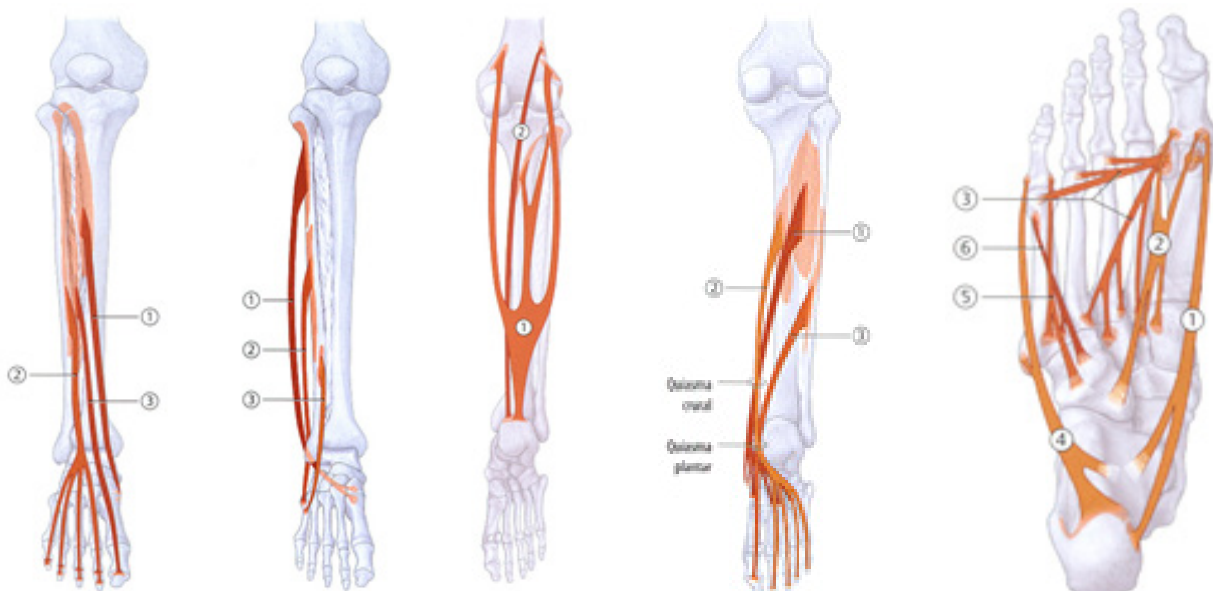


Figura n.10

A nivel de los MTTs, encontramos cuatro compartimentos fasciales (figuras n.9 y n.10). El **compartimento medial** incluye la mayor parte de la musculatura que moviliza el primer dedo del pie, en el **compartimento central** encontramos la cabeza oblicua del aductor del dedo gordo junto a los flexores largo y corto de los dedos, en la base de este compartimento se halla la aponeurosis plantar. El **compartimento interóseo** incluye a los extensores largo y corto de los dedos y del primer dedo, superficial a los MTT, y más profundamente al grupo interóseo dorsal y plantar, y finalmente, en el lado más externo del pie, encontramos el **compartimento lateral** que comprende al abductor, oponente y flexor corto del 5º dedo.

Es importante recordar que la fascia de la pierna se desdoblará para formar vainas que contengan al sistema vasculonervioso superficial y profundo en todo su recorrido, teniendo un papel relevante en la patología vascular y/o nerviosa de la pierna y pie.



BIOMECÁNICA DEL TOBILLO Y PIE

ARTICULACIÓN TIBIOASTRAGALINA

La articulación tibiaastragalina es una articulación troclear, puesto que no permite más que dos movimientos; la flexión plantar y la flexión dorsal, básicos ambos para poder realizar la marcha. La flexión dorsal tiene una amplitud aproximada de unos 30°, mientras que la plantar puede llegar a los 50° (ver figura n.11). Si hay una buena flexión plantar, el empeine del pie quedará más o menos alineado con la tibia.

En el tobillo también encontramos la articulación subastragalina donde ocurren los movimientos de aducción y abducción que tienen una amplitud aproximada de 45°, y si le añadimos la articulación mediotarsiana, la planta del pie realizará una supinación y una pronación respectivamente (ver figura n.12).

La combinación de flexión plantar con aducción y supinación se denomina inversión, mientras que si combinamos la flexión dorsal con abducción y pronación se llamará eversión.

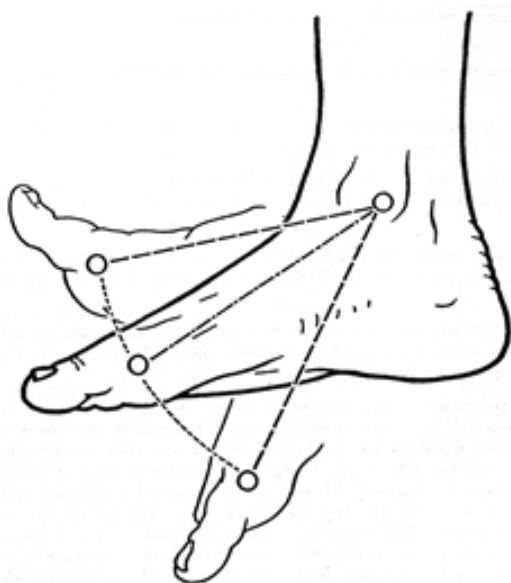


Figura n.11



Figura n.12

ASTRÁGALO

- No existe ninguna inserción muscular a nivel del astrágalo, por lo que los movimientos de este hueso van a estar supeditados a los movimientos de los huesos adyacentes a él.
- A nivel del tobillo y por la orientación de la cara articular del astrágalo con el peroné, en la dorsiflexión del tobillo, el peroné se ve llevado hacia valgo, elevándose ligeramente y rotando en sentido interno. Por su parte, durante la flexión plantar el hueso peroné es llevado hacia varo, descendiendo ligeramente y rotando en sentido externo.
- Una sobrecarga de los músculos sóleo, tibial posterior y flexor del primer dedo del pie, van a coaptar la articulación tibiaastragalina, limitando la dorsiflexión del pie.

CALCÁNEO

- El calcáneo puede tener dos movimientos:
 - Abducción: por las fibras del gastrocnemio externo
 - Aducción: por las fibras del gastrocnemio interno más la acción del ABD del 1er dedo
- También lo podemos encontrar coaptado o “impactado” dentro del pie, por una excesiva tensión del tríceps sural y de la musculatura de la planta del pie, que lo empujarán hacia anterior, pudiendo verticalizarlo y/o coaptarlo contra los huesos del tarso, haciendo que tanto la distancia entre los maléolos y la cara posterior del tendón de Aquiles como entre el borde anterior del calcáneo y los dedos se acorte.

TARSO

- Los huesos del tarso (cuboides, escafoides y los tres cuneiformes) constituyen una unidad funcional en conjunto y permiten movimientos combinados de torsión (pronación y supinación), elevación y descenso, y de traslación lateral.
- El tarso está sujeto, más allá de los ligamentos que unen estos huesos, por el tibial posterior principalmente y por el peroneo largo en menor medida (ver figura n.8).
 - Un exceso de tensión del tibial posterior traccionará hacia supinación los huesos del tarso, lo que propiciará la instalación de un pie cavo.
 - Un exceso de tensión en los peroneos, junto a una debilidad del tibial posterior llevará al colapso de los huesos del tarso llevando al pie hacia la pronación, o pie plano.

METATARSOS (MTT)

- Un exceso de tensión en los peroneos corto y anterior, llevará al 5º MTT hacia rotación interna respecto al eje del pie (2º MTT), propiciando la caída de los arcos longitudinal lateral y transversal distal del pie.
- El músculo abductor del 1er dedo, cuando está en exceso de tensión, llevará la cabeza del primer MTT y la base de la primera falange hacia la abducción, propiciando la aparición del *hallux valgus* o juanete.

FALANGES

Los diferentes movimientos son realizados por:

- **Abducción:**
 - El abductor del primer dedo, para el dedo gordo del pie
 - Los interóseos dorsales para los dedos 3º, 4º
 - El abductor del quinto dedo para el dedo pequeño del pie
- **Aducción:**
 - El aductor transversal del primer dedo lleva el dedo gordo hacia aducción
 - Los interóseos plantares llevarán el 3º, 4º y 5º dedos hacia la aducción
 - El oponente del dedo pequeño también participa en la aducción del mismo
- **Flexión:**
 - Los flexores largos y cortos del dedo gordo y de los dedos
 - Los lumbricales
 - Cuadrado plantar
- **Extensión:**
 - Los extensores largos y cortos del primer dedo y de los dedos

El músculo extensor corto de los dedos, si se encuentra en retracción, llevará los cuatro primeros dedos hacia desviación lateral.

LA BÓVEDA PLANTAR

La bóveda plantar tiene la función de transmitir las cargas y el peso del cuerpo hacia el suelo, actuando a modo de amortiguador de la resistencia que le llega de éste. Es una estructura sumamente adaptable a las variaciones del terreno, lo que hace que la carga se distribuya en las mejores condiciones mecánicas hasta el suelo.

La buena fisiología de esta estructura es indispensable para una marcha y bipedestación correctas (ver figuras n.13 y n.14).

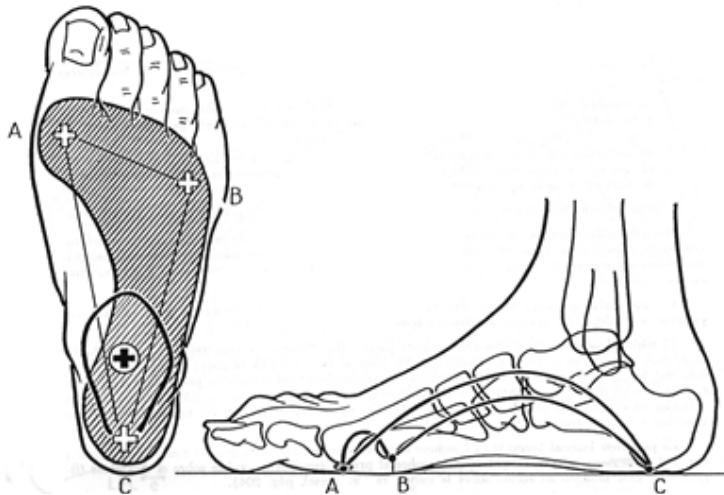


Figura n.13



Figura n.14

ARCOS DEL PIE

Vamos a describir brevemente los cuatro arcos plantares y las estructuras más relevantes que actúan sobre ellos para que mantengan su fisiología funcional.

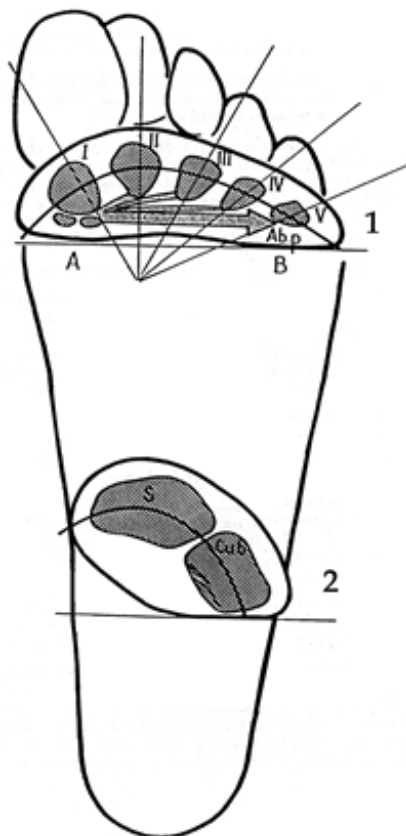


Figura n.14

- Arco transversal distal (Figura n.15 –1)

El arco transversal distal está sujetado por el ligamento metatarsiano superficial y por los fascículos transversos de la fascia plantar.

A nivel muscular cuenta con la acción de los flexores propio del primer dedo y común de los dedos que, al hacer la flexión de las falanges, acercan el 1º y 5º MTT entre sí. Tenemos también la colaboración del músculo aductor del dedo gordo que a través de sus fascículos transversos y oblicuos aproximará los MTT entre sí, y junto con los interóseos plantares, lumbricales y oponente y flexor del 5º dedo del pie, asegurarán el mantenimiento del arco transversal distal.

- Arco transversal proximal (Figura n.15 – 2)

El arco transversal proximal contará con el peroneo largo y el tibial posterior como actores principales en el mantenimiento de la buena fisiología de este arco. El tibial posterior cuenta entre sus inserciones distales con una inserción en el escafoides y otra en el cuboides. Un buen tono muscular del tibial posterior mantendrá a ambos huesos en su lugar formando una bóveda transversal. El peroneo largo, por su parte, se insertará distalmente en el cuneiforme y primer y segundo MTT, tensando desde el otro extremo del arco transversal. Este arco dependerá pues de la acción conjunta de ambos músculos (figura n.8).

Si hay un desequilibrio de fuerzas de tensión entre el tibial posterior y el peroneo largo este arco se verá afectado.

- Arco longitudinal lateral (Figura n.16)

El arco longitudinal lateral será mantenido por el fascículo lateral de la fascia plantar. En el plano muscular profundo encontramos el abductor y el flexor del quinto dedo, que tensarán el extremo distal de este arco, ayudados por el oponente del quinto dedo y las fibras transversales del aductor del primer dedo, que mantienen el dedo meñique sobre el eje del 5° MTT.

A su vez, a nivel más superficial, los músculos peroneos colaboran en el mantenimiento de la buena fisiología de este arco; el peroneo corto traccionará del quinto MTT hacia proximal y superior, favoreciendo la coaptación del quinto MTT con el cuboides y de éste con el calcáneo, y el peroneo largo, al acodarse en el cuboides, mantendrá este hueso en su lugar impidiendo que el arco lateral descienda.

Tanto el tibial posterior, si está débil y no puede sujetar al cuboides en su sitio, como los peroneos, si están en hipertonía y llevar hacia rotación interna el 5° MTT, colapsarán este arco.

- Arco longitudinal interno (Figura n.17)

Este arco está mantenido por la fascia plantar y por todo el entramado ligamentoso-aponeurótico de los planos profundos del pie. Contará también con la colaboración de los músculos flexor corto de los dedos y el abductor del primer dedo. El tibial anterior y posterior participan en el mantenimiento de este arco, pero este último tiene un papel más preponderante en el arco transversal medial.

El tibial anterior, paradójicamente, al elevar el 1er MTT junto con el extensor largo del 1er dedo, puede disminuir el arco longitudinal interno. La rotación interna del fémur, con flexión de cadera, pueden llevar este arco al colapso.

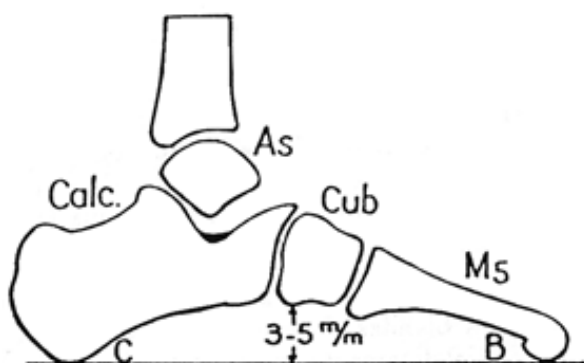


Figura n.16

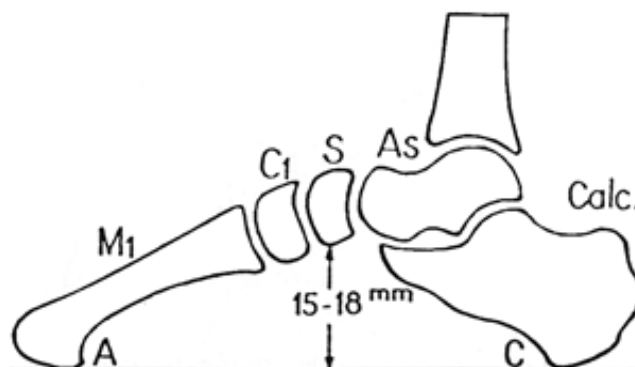


Figura n.17

Mención aparte merece el abductor del 1er dedo por su función de mantenimiento de la torsión fisiológica del pie.

TIBIA Y PERONÉ

A continuación describiremos las acciones más relevantes de la musculatura de la pierna a nivel postural.

- Tibial anterior

El tibial anterior realiza, como ya es sabido, la dorsiflexión y supinación del pie, por lo que participa en el mantenimiento del arco longitudinal medial. Este músculo es también un estabilizador de la tibia, a la cual impide de caerse hacia atrás.

Cuando el fémur y la tibia están en rotación interna llevan al pie en valgo (falso pie plano). El tibial anterior reaccionará tirando de sus inserciones distales para contrarrestar el pie valgo pudiendo subluxar la articulación del primer MTT con el primer cuneiforme, o la del cuneiforme con el escafoides.

- Extensores propio del primer dedo y largo de los dedos

Más allá de la función descrita por su propio nombre, el extensor del primer dedo se va a ver involucrado en la instalación del *hallux valgus* o juanete. En efecto, cuando la primera y segunda

falanges del primer dedo se hallan en aducción, el tendón del extensor del primer dedo se subluxa traccionando de la segunda falange todavía más en aducción.

Por su parte, el extensor común puede reaccionar a un exceso de tensión del flexor común y ayudar a instalar unos dedos en garra, propiciando a su vez la caída del arco transversal distal.

- Una sobrecarga mantenida de los tres anteriores músculos más el peroneo anterior, propiciará la aparición del síndrome del compartimento anterior.

- **Peroneos**

Los peroneos largo y corto tienen la función de estabilizadores dinámicos del ligamento lateral externo del pie. Tienen un importante papel en la fisiología del arco longitudinal externo: ambos músculos mantienen unidos al calcáneo y quinto MTT con el cuboides, impidiendo el colapso de este último, lo que conduciría a la caída del arco longitudinal externo. Los peroneos corto y anterior, si están en hipertonía, provocarán la rotación interna del 5º MTT colapsando este arco. El tercer peroneo es el único eversor puro del pie.

En estado hipertónico, el peroneo corto traccionará del 5º MTT, y el peroneo largo del cuboides, por lo que llevarán al pie en valgo. Un valgo de pie que se verá reforzado si el fémur está en abducción y la tibia en rotación externa (verdadero pie plano).

Si los peroneos actúan con punto fijo inferior, llevarán el extremo proximal del peroné y la tibia hacia abducción, participando de esta forma en el genu varo.

- **Tibial posterior**

Además de la flexión plantar con supinación, el tibial posterior tiene un papel preponderante en el mantenimiento del cavo fisiológico del retropié, siendo el estabilizador dinámico por sus numerosas expansiones insercionales entre los MTT, los huesos del tarso y el calcáneo. Si este músculo está en hipertonía, y actuando con punto fijo inferior, traccionará del peroné hacia abajo y atrás lo cual dificultará la dorsiflexión del tobillo, pero si actúa con punto fijo superior coaptará todas las articulaciones relacionadas con sus inserciones distales, provocando un cavo exagerado del retropié.

- **Flexores propio del primer dedo y largo de los dedos**

El flexor largo de los dedos, como su nombre indica, flexiona la tercera falange sobre la segunda, y al propiciar que los últimos cuatro dedos se agarren al suelo, tendrá un papel importante en el mantenimiento de la bipedestación. Esta acción se verá reforzada por la colaboración del flexor del dedo gordo del pie, que realiza la flexión de la segunda falange sobre la primera en el primer dedo del pie.

Ambos músculos, actuando con punto fijo distal, pueden colaborar con el sóleo en la instalación del recurvatum de rodilla

- **Gastrocnemio**

El gastrocnemio realizan la flexión plantar del pie. A nivel de la rodilla, este músculo participa en la flexión de la misma. Si ambos vientres musculares presentan una hipertonía mantendrán una ligera flexión de rodilla.

En hipertonía, el gastrocnemio interno tirará de las fibras más internas del tendón de Aquiles inclinando, por tanto, al calcáneo en varo, mientras que el externo lo hará de las fibras más laterales, llevando al calcáneo hacia valgo, pudiéndose sumar al valgo inducido por los peroneos. Ante esta situación, el vientre medial del gastrocnemio reaccionará intentando estabilizar al calcáneo, terminando en muchos casos con sintomatología a nivel de la inserción proximal.

- **Sóleo**

Este músculo es un flexor plantar puro y estabilizador de la tibia, manteniéndola en la vertical. Cuando se halla en contracción permanente, y actuando con punto fijo inferior, puede tirar del extremo superior de la tibia hacia atrás, siendo uno de los causantes del recurvatum de rodilla.

- Añadiremos que el tendón de Aquiles, común a los dos anteriores músculos, continúa distalmente con las fibras más superficiales de la fascia plantar.