

# ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA

## SISTEMA MUSCULAR

*“Las piernas son las que nos permiten desplazarnos, sin ellas perdemos la capacidad de hacerlo desde la proyección de nuestros pasos... aunque la voluntad del ser nos ayuda a desplazarnos de diferentes formas hacia el propósito de nuestra vida, vivirla con plenitud.”*

## Músculos de la pierna.

La pierna, como extremidad inferior, se divide en muslo, pierna y pie. Tiene una estructura comparable al brazo, pero dispuesta para la bipedestación, la carrera y el salto. Por ello, tiene una mayor longitud y robustez que el brazo. La diferenciación comentada anteriormente por articulaciones, también se da por segmentos:

- Muslo.
- Pierna.
- Tobillo y Pie.

Los músculos de la pierna actúan sobre el pie, siendo los más potentes los flexores plantares del pie, sin cuya acción sería imposible el salto y el poder andar, se arrastraría la punta del pie y sería complicado el caminar o desplazarnos. ***Al igual que vimos en la cadera, existe otro músculo principal y más potente es el tríceps sural.***

La pantorrilla es la parte posterior de la pierna en el cuerpo humano, por debajo de la corva de la rodilla—el hueco poplíteo de la anatomía humana— y hasta el tobillo. La pantorrilla es abultada y muy carnosa, ya que está formada por el tríceps sural que reúne tres músculos: los dos gemelos —interno y externo— y el sóleo.

En la parte delantera de la pantorrilla se sitúan la tibia y el peroné.

Nos adentramos sin más preámbulos en la parte referida de la rodilla hacia el pie, podemos describir una parte anterior, lateral y posterior.

Se incluyen los músculos de la pierna según el concepto anatómico; es decir, el espacio comprendido entre la rodilla y el tobillo.

### **Grupo muscular anterior**

- Músculo tibial anterior.
- Músculo extensor largo del dedo gordo.
- Músculo extensor largo de los dedos.
- Músculo peroneo anterior o tercer peroneo.

### **Grupo muscular lateral**

- Músculo peroneo lateral largo.
- Músculo peroneo lateral corto.



### **Grupo muscular posterior**

- Poplíteo
- Músculo flexor largo de los dedos del pie
- Músculo tibial posterior
- Tríceps sural
- gemelo interno
- gemelo externo
- Sóleo
- Plantar delgado
- Flexor largo del dedo gordo



## **Músculo Tibial Anterior**

El tibial anterior es un músculo que comienza por la parte inferior de la rodilla y que se origina en la región externa de la tibia, luego recorre el borde lateral del hueso y aproximadamente a la mitad de la pierna se forma el tendón que se encarga de insertarse en la parte interna del pie en la primera cuña del tarso y en el primer metatarsiano. Debido a su lugar de inserción en el pie, es un músculo que tiene funciones relacionadas con el movimiento de la región en la cual se inserta, por lo que está capacitado para mover al tobillo en dirección posterior y así lograr la flexión dorsal, y también de mover al pie en dirección medial para producir el movimiento de inversión que involucra a las articulaciones del tarso, metatarso y tobillo.



***Su función es estabilizar el tobillo y permitir la dorsiflexión del pie, es decir, elevar la punta del pie al caminar. Por eso, a la hora de desarrollar nuestras piernas, no podemos olvidar un músculo tan importante para su funcionalidad.***

## **Extensor largo del dedo gordo**

El músculo extensor propio del dedo grueso, está situado en el compartimiento anterior de la pierna, entre el músculo tibial anterior por dentro y el músculo extensor largo de los dedos por fuera.

Se origina en la superficie anterior de la mitad inferior del peroné y la membrana interósea al mismo nivel, se inserta en la base de la falange distal del dedo gordo.

Frente a la articulación metatarsofalángica, el tendón emite una pequeña prolongación a cada lado, para cubrir la superficie de la articulación. La parálisis de este músculo ocasiona la flexión de la articulación interfalángica distal. **Su acción provoca el movimiento de extensión de las falanges del pulgar sobre el metatarso y asiste en la inversión del pie.**

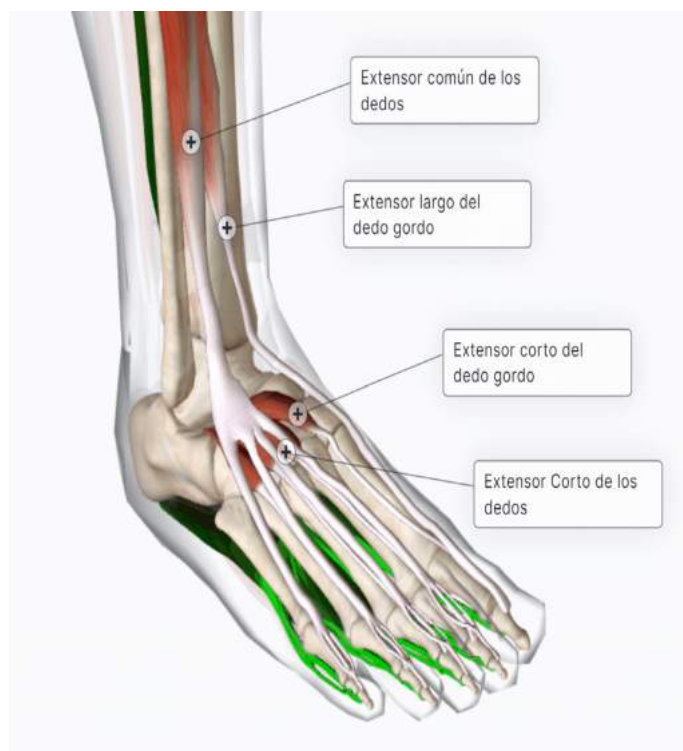
# Extensor largo de los dedos de los pies

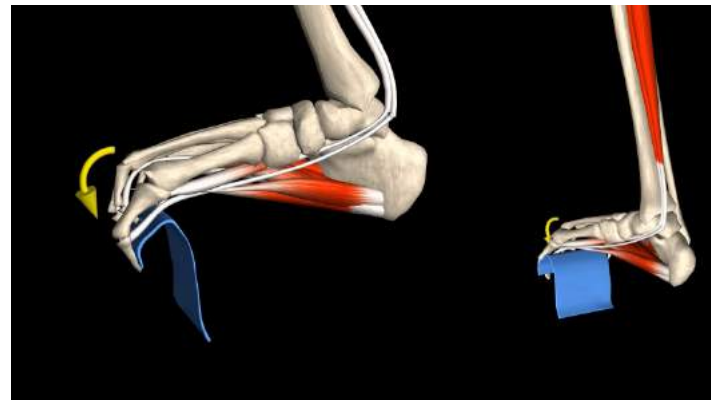
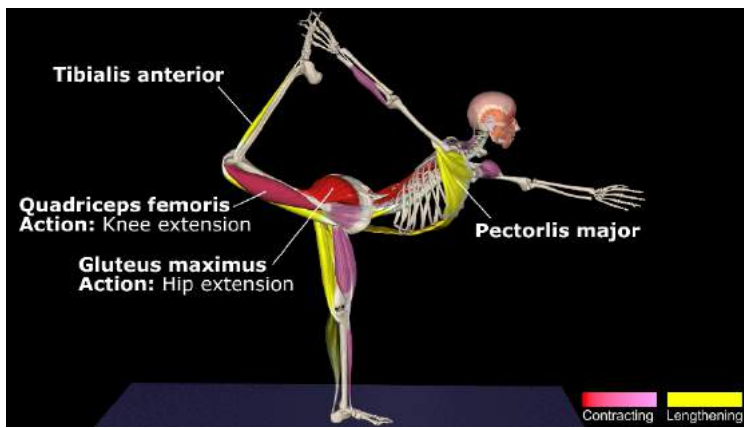
Se origina inferior al cóndilo lateral de la tibia y en la parte superior y en los tres cuartos superiores de la cara anterior del peroné; desde la parte superior de la membrana interósea; de la superficie profunda de la fascia; y del septo intermuscular entre él y el tibial anterior en el lado medial y los músculos peroneos en el lado lateral.

El músculo pasa por debajo de los ligamentos crurales cruzados y transversos en compañía del peroneo anterior y se divide en cuatro partes que recorren el dorso del pie, y que cada una de las cuales se inserta en las falanges medias y distales de los dedos del pie, excepto el dedo gordo.

Los tendones del segundo, tercero y cuarto dedo están unidos entre sí.

**Función de producir la extensión simultánea de los dedos del pie excepto el dedo gordo.**





## Grupo Lateral: Peroneo

**lateral largo** Este músculo se origina en la parte inferior de la cabeza del peroné y en la parte alta de la diáfisis peroneal, en la parte lateral de la pierna, desde ahí sus fibras se dirigen hacia abajo y emite un tendón que desciende pasando por detrás del maléolo externo hacia el borde externo del pie y al llegar al arco plantar externo cruza toda la base del pie y se inserta en la base del 1° metatarsiano. (Tiene un tendón muy largo). **Considerado desde el punto de vista de su acción, el músculo Peroneo Lateral Largo extiende el pie sobre la pierna, lo lleva hacia afuera y le hace ejecutar al mismo tiempo un movimiento de rotación, la cara plantar se dirige hacia afuera. Es flexor plantar, abductor y rotatorio externo del pie (pronador).**

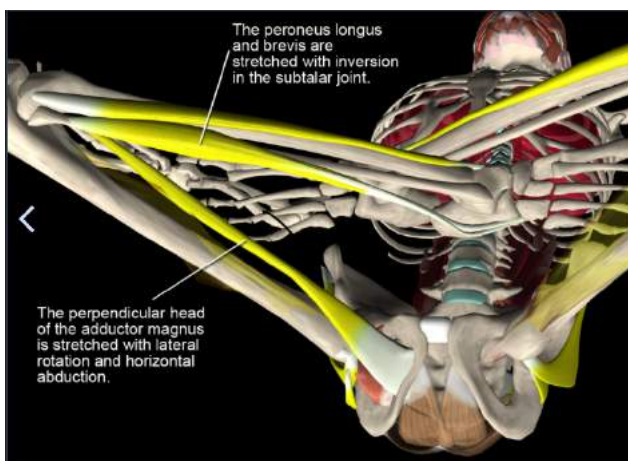


## Peroneo lateral corto

Es profundo e inferior al anterior. Se origina en el tercio medio del peroné y desciende hacia abajo emitiendo en el lateral del tobillo un tendón que va hacia el borde externo del pie, hasta insertarse en la apófisis estiloides del 5º metatarsiano. Ambos peroneos son músculos potentes por lo que son capaces de intervenir en varios movimientos de la zona. Entonces, mientras el largo se encarga de realizar flexión plantar y el movimiento de eversión del pie, el otro interviene solo en este último movimiento que está compuesto de abducción y rotación.

**Rama peronea superficial y es considerado un Flexor Plantar, también eversor del pie.**

Las lesiones que más comúnmente afectan a estos músculos son aquellos productos de movimientos repetitivos y excesivos que terminan generando la instauración de un proceso inflamatorio en los tendones. Por lo que se produce la lesión que se conoce como tendinitis de los peroneos.





## Grupo Posterior: Poplíteo

Se sitúa únicamente en la mitad del miembro inferior en la zona posterior de la rodilla (hueco poplíteo). Las fibras del músculo se originan en una zona pequeña del cóndilo externo del fémur y se dirigen hacia inferior pasando por el lateral de la articulación, luego cruzan hacia el hueso llamado tibia y se insertan en el área posterior del mismo.

**Es un músculo que sirve para ejercer el movimiento de flexión de la rodilla, pero que además está diseñado para realizar rotación interna de la misma articulación cuando esta se encuentra flexionada, es corto, aplanado y triangular.**

**Desbloquea la rodilla al correr o andar haciendo una rotación interna de la rodilla durante un movimiento de cadena cinética cerrada (como la de un pie en contacto con el suelo).**



## Tibial posterior

Se origina en la parte proximal de la superficie posterior de la tibia (en la línea oblicua, debajo del músculo sóleo).

**Su contracción tiene 3 funciones:**

- **Aducción del pie.** Efectúa una tracción interna que provoca la aducción tarsiana, es decir hace que la planta del pie mire hacia dentro y se eleve su borde interno, función antagónica con la del músculo peroneo lateral corto.
- **Estabilización de la bóveda plantar.** La inserción en el centro del tarso que se dispone en forma de arcada, sirve para estabilizar la bóveda del pie en su tercio posterior.
- **Flexión plantar del pie.** Es una acción secundaria que es antagónica con la del músculo tibial anterior.



## Tríceps Sural:

El tríceps sural es un conjunto de músculos de la pierna. Más concretamente en la parte posterior de la pierna, que es lo que comúnmente llamamos pantorrilla. Los músculos que forman el tríceps sural son el músculo sóleo y los gemelos (también llamados gastrocnemios). Sin embargo, hay escritos anatómicos en los que vemos que el tríceps sural está formado por el sóleo, los gemelos y el músculo plantar o delgado plantar. Se insertan conjuntamente en el calcáneo del pie mediante el tendón calcáneo, comúnmente conocido como tendón de Aquiles.

La porción superficial (gastrocnemios) emite dos cabezas que se originan en la porción posterior de cóndilos del fémur, por encima del tubérculo aductor en el caso de la cabeza medial.

La porción profunda (sóleo) se origina en el área posterior y borde medial de la tibia, cara posterior de la cabeza del peroné, zonas adyacentes al cuello y en el arco tendinoso entre las inserciones tibial y peronea.

# Sóleo

El músculo sóleo es un músculo ancho y grueso ubicado en la pierna que se encuentra en su cara posterior, debajo y por detrás de los gemelos, estando implicado en la bipedestación. Está estrechamente conectado con el gastrocnemio y algunos anatómicos lo consideran un solo músculo.

La aponeurosis posterior se une con la aponeurosis anterior del gastrocnemio para formar el tendón calcáneo y se inserta en la superficie posterior del calcáneo.

A diferencia de algunos animales, el sóleo y los gastrocnemios humanos están relativamente separados, de tal manera que se pueden diferenciar las aponeurosis de los distintos músculos.

**La función de este músculo en el cuerpo consiste en movilizar el pie en el plano sagital, mediante la realización del movimiento de flexión plantar, que consiste en alejar la punta de los dedos del dorso de la pierna. Además, constituye una de las fases que realizamos durante la marcha y también cuando realizamos actividades que incluyen que nos coloquemos de puntilla.**



# Gastrocnemios

- El músculo gastrocnemio, se llama popularmente gemelo, se considera así por estar separado en dos mitades, está situado en la región posterior de la pierna y es el músculo más superficial de la pantorrilla. Está ubicado sobre el músculo sóleo y se extiende desde los cóndilos femorales, porción superior, hasta el tendón calcáneo en su porción inferior. Es voluminoso, oval, aplanado, con dos cabezas: «medial» y «lateral». Se dice que es un músculo biarticular ya que en su trayecto atraviesa dos articulaciones, la de la rodilla y el tobillo.

Se inserta mediante una aponeurosis que se estrecha y forma, junto con el tendón del sóleo, el tendón de Aquiles, en la cara posterior del calcáneo. El tendón de Aquiles es conocido como el más voluminoso del cuerpo humano.



# Plantar delgado

El músculo delgado plantar es un musculo muy delgado y con un tendón muy largo. Puede no estar presente en algunas personas, pero actua principalmente junto con los musculos gemelos, va desde la parte inferior y posterior del femur y un ligamento llamado popliteo oblicuo, hasta el talón.

La inserción está en la cara profunda del tendón del músculo triceps sural en el calcáneo.

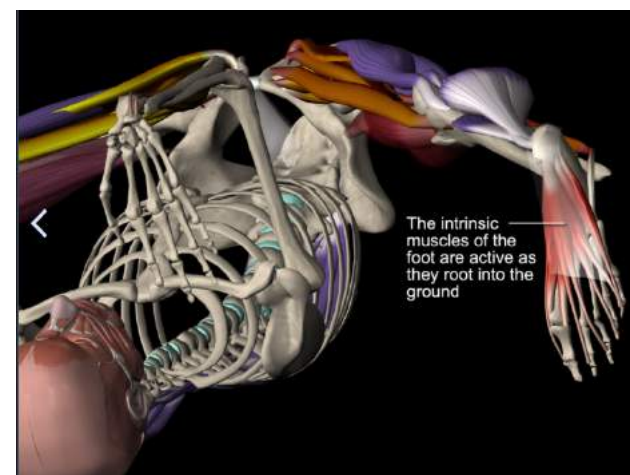
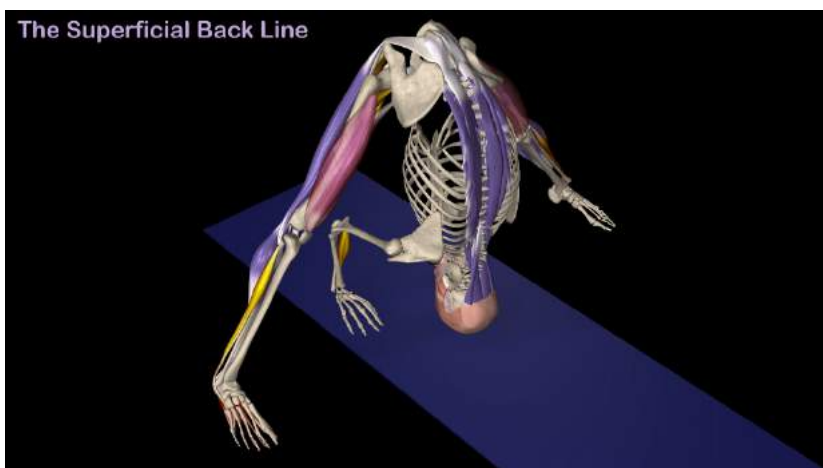
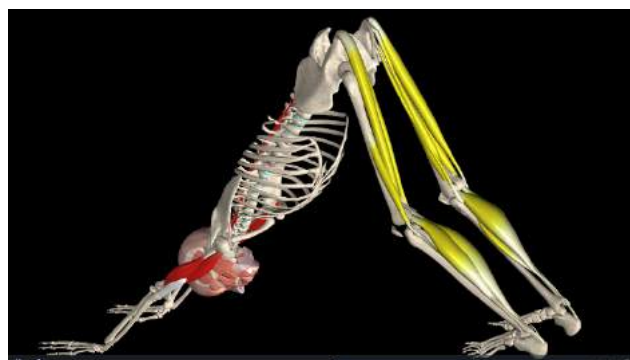
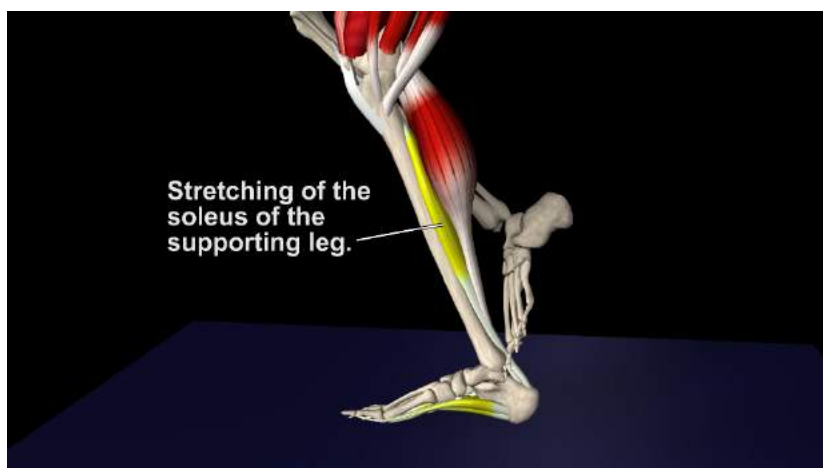
**El músculo plantar es un flexor menor de la rodilla y un flexor plantar del pie. La función del plantar delgado es la de flexionar la rodilla y hacer flexión plantar de tobillo, pero de manera muy discreto no es un músculo potente.**



# Flexor largo del dedo gordo

Se origina en la cara posterior e inferior del peroné. Desde ahí se dirige por la cara posterior y su tendón con vaina pasa por detrás del maléolo interno, por detrás del tibial posterior y flexor largo de los dedos hasta insertarse en la cara plantar de la falange distal del primer dedo.

Su función obviando la de flexionar el dedo gordo, es la de evitar o sujetar la extensión que lo compone, es decir, colabora con la fascia y el resto de músculos de la planta del pie con el fin de mantener el arco plantar evitando que se hunda o los dedos se hiperextiendan cuando nuestro talón no toca el suelo.



## Musculatura del Pie

*El desarrollo evolutivo del arco del pie fue coincidió con las mayores exigencias en los pies cuando los seres humanos comenzaron a correr. El movimiento y la estabilidad del arco es controlada por los músculos intrínsecos y extrínsecos del pie.*

Sin embargo, los músculos intrínsecos la mayoría de veces son ignorados como parte clave en un tratamiento de recuperación.

Las intervenciones para los problemas relacionados con el pie se dirigen con mayor frecuencia a apoyar externamente el pie (mediante el calzado y plantillas), en lugar de entrenar estos músculos para que funcionen como están diseñados.

Durante la posición de pie, proporciona nuestra base de apoyo y durante la marcha, el pie debe ser estable al momento del contacto inicial y del empuje. Sin embargo, durante la mitad de la fase de apoyo, el pie debe convertirse en un adaptador móvil y atenuar cargas. También posee características de tipo resorte, almacenando y liberando energía elástica en cada paso. Esto se logra a través de la deformación del arco, que es controlado por los músculos intrínsecos y extrínsecos del pie.

El sistema muscular de la cadera y complejo lumbo-pélvico, o core, ha sido descrito como un conjunto de estabilizadores locales como el multífido y transverso del abdomen, y motores globales como dorsal ancho.

El correcto funcionamiento de los estabilizadores locales proporciona una base estable sobre los motores principales del tronco. Cuando los músculos del core son débiles, la base proximal se vuelve inestable y mal alineada, y se producen patrones de movimiento anormales del tronco y de las extremidades inferiores. Esto puede conducir a una variedad de lesiones por uso excesivo de las extremidades inferiores.

### **EL ORIGEN DEL ARCO HUMANO**

El pie humano ha evolucionado a partir de un similar al de los simios africanos, la transición de la estructura del pie de mono al pie de humano refleja un cambio de hábitos locomotores dominadas por la bipedestación terrestre.

El cuerpo humano moderno (es decir, el Homo), especialmente en el diseño musculoesquelético, refleja las demandas mecánicas de la carrera de resistencia. Una distinción clave entre caminar y correr es la importancia del “resorte de la pierna” al correr y no al caminar.

Este resorte incluye un tendón de Aquiles pronunciado, la aponeurosis plantar y ligamentos elásticos en la cara inferior del pie. Todos están ausentes en los simios y fueron o bien inexistentes o mínimamente desarrollados en el Australopithecus.

Correr también somete a los dedos a fuerzas de extensión mucho mayores al final de la fase de apoyo y en la fase de despegue que lo que lo hace caminar; una fuerte aponeurosis plantar ofrece resistencia pasiva sustancial a dichas cargas. Además, el aplanamiento del arco longitudinal en la fase media de apoyo cuando se corre almacena energía de deformación recuperable en los tejidos elásticos estirados, pero a diferencia de la mayoría de los mamíferos cuadrúpedos especializados para correr, los seres humanos gozan de una gran musculatura intrínseca del pie

### **EL SISTEMA CORE DEL PIE**

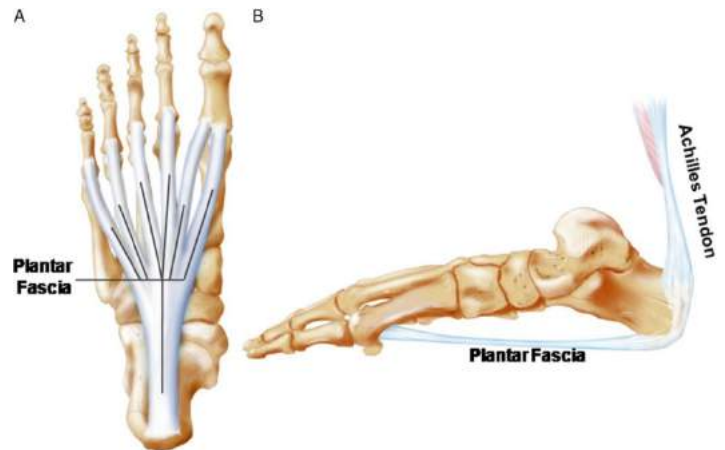
La base teórica de la estabilidad del core lumbopelvico-cadera se basa en la interdependencia funcional de los subsistemas pasivos, activos y de los nervios que controlan el movimiento vertebral y la estabilidad propuesto originalmente por Panjabi.

1. El *subsistema pasivo* consiste en las estructuras óseas y articulares.
2. El subsistema activo consiste de los músculos y tendones que se insertan y actúan sobre la columna vertebral.
3. El subsistema neural consta de los receptores sensoriales de las cápsulas articulares, de los ligamentos, de los músculos y de los tendones que rodean la columna vertebral.





- El subsistema pasivo busca establecer un equilibrio entre la movilidad y la estabilidad de la columna vertebral.
- El subsistema activo consiste en dos componentes musculares funcionales: los estabilizadores locales y el movilizadores globales.
  - Los *estabilizadores locales* consisten en músculos cortos, intersegmentarios, que se originan y se insertan en la columna vertebral, que tienen brazos de momento cortos y actúan para aumentar la estabilidad dinámica intersegmentaria. El correcto funcionamiento de los estabilizadores locales proporciona una base estable sobre la que los motores principales del tronco pueden actuar para provocar el movimiento bruto.
  - Los *movilizadores globales* cruzan varios segmentos vertebrales, tienen inserciones en la pelvis y en el tórax, y pueden ejercer más largos brazos de momento para mover el tronco y las extremidades. Estos incluyen el erector de la columna, así como el recto abdominal y los oblicuos internos y externos.
- El subsistema neural monitoriza el movimiento y las fuerzas de la columna y envía señales sensitivas al sistema nervioso central. Si esas señales exceden un umbral dado, se envían señales motoras desde el sistema nervioso central a los músculos apropiados para alterar el movimiento y las fuerzas de la columna vertebral.

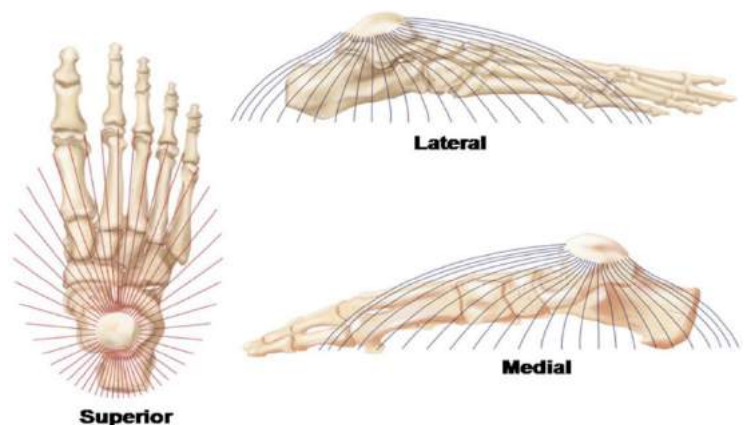


Recientemente se han descrito las estrategias de la estabilidad del core lumbopelvico en componentes de “control” y de “capacidad”.

- ***La estrategia de control tiene por objeto restablecer la coordinación de los músculos que actúan sobre el core lumbopelvico mientras que...***
- ***La estrategia de capacidad tiene como objetivo proporcionar la fuerza muscular y la resistencia adecuada para evitar que la columna vertebral sea mecánicamente inestable bajo cargas variables.***

Las estrategias de control y de capacidad se complementan entre sí en la prestación de un core lumbopelvico estable y estos mismos principios se pueden aplicar al sistema core del pie.

## Subsistema pasivo del core del pie



# Subsistema Activo

Los músculos intrínsecos del pie se presentan en su orientación anatómica dentro de las cuatro capas plantares y el músculo intrínseco dorsal.

Si bien hay músculos intrínsecos en las caras dorsal y plantar, los músculos intrínsecos plantares se describen más comúnmente debido a su enlace funcional con los arcos longitudinales y transversales de la media cúpula del pie. Los músculos intrínsecos plantares del pie se componen de cuatro capas de músculos profundos, debajo de la aponeurosis plantar. Las dos primeras capas tienen configuraciones musculares que se alinean con los arcos longitudinales medial y lateral del pie, mientras que las capas más profundas configuran más con los arcos transversales anterior y posterior.

Los números corresponden a los músculos de la siguiente manera:

- (1) abductor dedo gordo.
- (2) flexor corto de los dedos.
- (3) abductor digital mínimo.
- (4) cuadrado plantar (inserción en el tendón del flexor digital).
- 5) lumbricales (nótese su origen desde el tendón flexor largo de los dedos).
- (6) flexor digital mínimo.
- (7) aductor del dedo gordo oblicuo (a) y cabeza transversal (b).
- (8) flexor corto dedo gordo.
- (9) interóseo plantar.
- (10) dorsal interóseo.
- (11) extensor de los dedos corto.



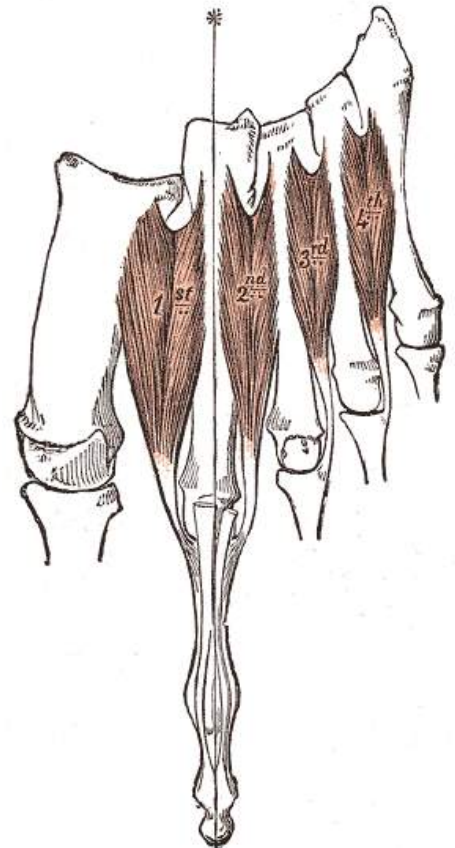
Los músculos extrínsecos del pie funcionan como los movilizadores globales del core del pie para generar el movimiento del pie a través de sus tendones largos y modulan las estructuras dentro del subsistema pasivo.

Las orientaciones de los tendones de los músculos extrínsecos del pie ilustran claramente su capacidad para proporcionar estabilidad dinámica. Estos movilizadores globales proporcionan tanto capacidades de absorción como de propulsión durante las actividades dinámicas.

## Músculos interóseos Pie

Los músculos interóseos dorsales del pie son cuatro músculos situados entre los huesos metatarsianos. Los cuatro músculos interóseos son músculos que se originan individualmente por dos cabezas de la mitad proximal de los lados de los huesos metatarsianos adyacentes.

La abducción tiene poca importancia en el pie, pero junto con los interóseos plantares, produce también la flexión de las articulaciones metatarsofalángicas. También, junto a ellos, controlan la dirección de los dedos durante la actividad violenta, permitiendo a los flexores cortos y largos realizar sus acciones.



## Músculos Lumbricales del Pie

Los músculos lumbricales del pie son cuatro músculos accesorios a los tendones del flexor largo de los dedos. Se encuentran en la región plantar interna, entre los tendones flexores, por abajo, en la parte interna del extremo posterior de la primera falange de los cuatro últimos dedos.

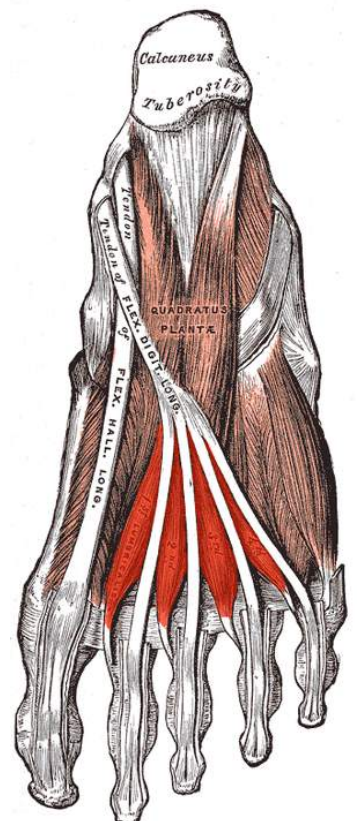
**Su función es flexión de la primera falange y extensión de las otras.**

## Subsistema neuronal

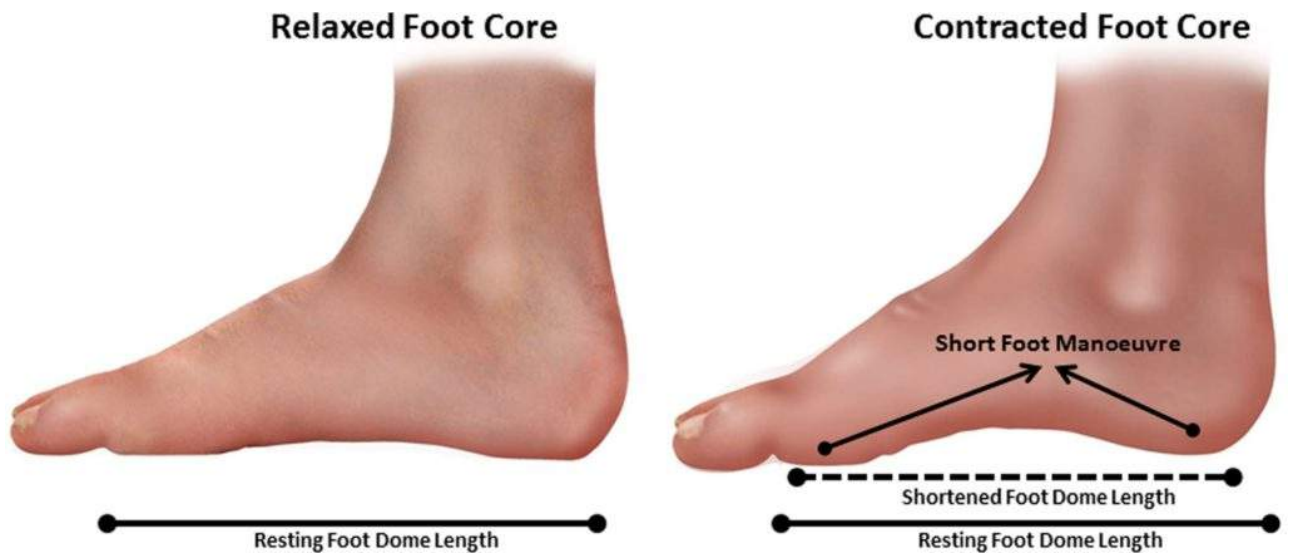
El subsistema neural consta de los receptores sensoriales de la fascia plantar, de los ligamentos, de las cápsulas articulares, de los músculos y de los tendones que participan en los subsistemas activos y pasivos.

Las contribuciones motoras de estos músculos cuando están fatigados, conducen al cambio en la postura de pie, pero esto puede estar más asociado con un cambio en la información sensorial. Se ha demostrado que la fatiga muscular provocada por contracciones repetitivas disminuye el sentido de la posición articular en otras áreas de la extremidad inferior.

Esto puede indicar que no sólo los músculos proporcionan apoyo directo al subsistema pasivo a través de la contracción muscular, sino que también puede proporcionar información sensorial relevante acerca de la postura de la cúpula del pie de una manera similar a los músculos lumbo pélvicos en relación con la postura del tronco.



El ejercicio terapéutico de los músculos plantares intrínsecos del pie se han descrito ejercicios de flexión del dedo del pie, “las flexiones de toalla” y “juntar bolitas”. Si bien estos ejercicios sin duda hacen activar algunos de los músculos intrínsecos plantares, también implican la activación sustancial de los músculos flexor largo de los dedos y flexor largo del dedo gordo. Recientemente, el “ejercicio de pie corto” ha sido descrito como un medio para aislar la contracción de los músculos plantares intrínsecos. El pie se “acorta” mediante el uso de los músculos intrínsecos para tirar de la primera articulación metatarsofalángica hacia el calcáneo a medida que el arco longitudinal medial se eleva. Como el arco aumenta durante este ejercicio, que también se conoce como “pie doming’.



Se ha demostrado que aumenta la actividad del abductor del dedo gordo, del flexor corto de los dedos y del cuadrado plantar considerablemente con el aumento de la demanda de activación postural.

ESTUDIO DEL CORE REALIZADO The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. 2015. Br. J. Sports Med. 49:290.

- Por ejemplo, 4 semanas de entrenamiento del ejercicio pie corto en individuos sanos reduce el colapso del arco según la evaluación de las medidas de caída de escafoides y el índice de la altura del arco, y mejora el equilibrio.
- En otro estudio, los individuos sanos que completaron 4 semanas de ejercicios pie corto, mostró una mejora en el equilibrio dinámico en comparación con los que realizaron 4 semanas del ejercicio de flexionar la toalla.
- Sin embargo, las ganancias del control postural después de un programa de 4 semanas de entrenamiento de ejercicios de equilibrio en el hogar fueron equivalentes entre los grupos de entrenamiento sanos que realizaron y no realizan el posicionamiento de pie corto durante sus ejercicios de equilibrio.





Durante mucho tiempo se ha reconocido que la información sensorial tiene una gran importancia en la estabilidad postural y en los patrones dinámicos de la marcha. En un estudio sobre la posición en una sola pierna, se observó que la estabilidad postural mejoraba significativamente cuando se estaba descalzo en comparación a cuando se utilizaban calcetines delgados. Esto sugiere que los calcetines delgados filtran información sensorial importante que nos ayuda con nuestra estabilidad estática. Este estímulo sensorial también sería importante para la estabilidad dinámica.

En resumen, un pie fuerte muscularmente es un pie sano, del mantenimiento de sus correctas funciones depende mucha y buena parte de la salud de nuestro cuerpo.

La columna, nuestros órganos, la fascia y la posibilidad de desplazarnos...

