

## Biomecánica de la extremidad inferior

### Articulaciones de la cintura pelviana

Los dos huesos ilíacos se unen entre sí en la línea media anterior mediante la sínfisis del pubis y unen a las extremidades inferiores con la columna vertebral a nivel de las articulaciones sacroilíacas. A diferencia de las articulaciones de unión de la cintura escapular, estas articulaciones son escasamente móviles para dotar de máxima estabilidad a esta región, para contrarrestar el peso del cuerpo y la fuerza de la gravedad, durante la bipedestación y la marcha. Esto condiciona que la máxima capacidad móvil tenga lugar en la articulación coxofemoral, en la que, igual que en el resto de articulaciones del miembro inferior, coincidirán robustas estructuras de estabilización con elementos anatómicos que permiten el movimiento.

Otros elementos de unión entre los huesos de la cintura pelviana son los ligamentos a distancia: **ligamentos sacrotuberoso y sacroespinoso**.

#### Sínfisis púbica.

Articulación cartilaginosa de tipo sínfisis entre las ramas de ambos pubis. Las superficies articulares corresponden a las caras articulares mediales de cada uno de los pubis, recubiertas por cartílago hialino y unidas por el **disco interpubiano**, fibrocartílago interpuesto entre ambos.

Los elementos de refuerzo de esta articulación son los ligamentos: **anterior, posterior, superior del pubis e inferior del pubis**.

Es una articulación con movimiento casi nulo. La presencia de una luxación de esta articulación, tiene lugar en traumatismos severos, en ocasiones, su lesión puede verse acompañada de lesiones en la uretra.

#### Articulación sacroilíaca.

Articulación de entre los huesos sacro e ilion. Une la **carilla auricular del sacro** con la **carilla auricular del coxal**. Ambas superficies encajan perfectamente dejando entre sí una pequeña cavidad articular.

Los refuerzos articulares son los: **ligamentos sacroilíacos anteriores; ligamentos sacroilíacos posteriores; y ligamentos sacroilíacos interóseos** que rellenan el espacio entre los huesos, por detrás de la articulación.

A distancia, también colaboran en la estabilidad de esta articulación los ligamentos:

- **Iliolumbar**, entre la apófisis transversa de LV y la cresta ilíaca.
- **Sacroespinoso**, entre la espina ciática y el borde lateral del sacro
- **Sacrotuberoso**, entre el sacro y el ilion y la tuberosidad del isquion.

Estos últimos ligamentos delimitan entre los huesos coxal, sacro y ellos mismos, dos espacios de importantes relaciones anatómicas que serán estudiadas más adelante: el **foramen ciático mayor** y el **foramen ciático menor**.

La clasificación de esta articulación es difícil, algunos tratados la califican como diartrosis de superficies planas (artrodias) y otros como anfiartrosis. De todas formas, es una articulación con movimientos limitados que consisten en desplazamiento del extremo distal del sacro (y en consecuencia el coxis) hacia atrás (**nutación**) o hacia delante (**contranutación**), más amplios en

la mujer en el momento del parto. Probablemente, la función más importante de esta articulación es repartir las cargas procedentes del resto del cuerpo entre los dos huesos coxales. En determinadas enfermedades articulares, las articulaciones sacroilíacas se ven afectadas de forma específica.

### **Articulación de la cadera.**

Se conoce como articulación de la cadera a la **articulación coxofemoral**, es una articulación que guarda ciertas similitudes con la articulación del hombro pero que no sólo actúa durante el movimiento, sino que contribuye a mantener la posición y sostener el peso del cuerpo, especialmente en posición bípeda.

#### **Superficies articulares.**

- **Cabeza del fémur**, que se halla revestida por cartílago hialino con excepción de la parte central de la misma (fosita de la cabeza del fémur).
- **Ligamento de la cabeza del fémur**, completa la superficie articular de la cabeza femoral y la fosa acetabular, asegura la irrigación de la cabeza femoral.
- **Acetábulo del coxal**, por su parte articular (cara semilunar) recubierta de cartílago hialino.
- **Ligamento transverso del acetábulo**, completa la cara semilunar del acetábulo para convertirla en una superficie esférica, permite el paso de los vasos sanguíneos hacia la cabeza del fémur.
- **Rodete (Labrum) acetabular**, es un fibrocartílago que amplía la superficie articular del acetábulo para hacerla más congruente con la cabeza femoral.

#### **Medios de unión.**

##### ***Cápsula articular***

Se inserta alrededor de todo el perímetro de la cavidad cotiloidea y en el cuello del fémur. En la parte anterior se fija sobre la **línea intertrocantérea** del fémur, mientras en la parte posterior, lo hace en el cuello del fémur, siendo algo menos extensa. Este hecho condiciona la amplitud de movimiento de la articulación a través del eje transversal (flexión y extensión).

##### ***Sinovial***

Recubre el interior de la cápsula articular. Rodea el ligamento de la cabeza del fémur por lo que éste es intra-articular y extrasinovial. Presenta en su parte anterior una comunicación con la bolsa sinovial del ilopsoas.

##### ***Ligamentos***

Intra-articular, extrasinovial: Lig. de la cabeza del fémur

Extra-articulares:

Intrínsecos:

- **Lig. Iliofemoral**, se extiende desde la espina ilíaca anteroinferior formando dos fascículos: transverso hacia el trocánter mayor y descendente que se fija en el trocánter menor, se tensa en los movimientos de extensión.

- **Lig. Pubofemoral**, se extiende desde la eminencia iliopúbica, cresta pectínea y cuerpo del pubis, hasta el trocánter menor del fémur.
- **Lig. Isquiofemoral**, situado en la parte posterior e inferior de la articulación, entre el isquion y el trocánter mayor (en la fosa trocantérica)

Extrínsecos:

- **Músculos de la cintura pelviana.** Los músculos de la cadera también pueden actuar como ligamentos activos de la misma. En las zonas de deslizamiento presentan bolsas sinoviales. Las más importantes son las del músculo iliopsoas en la parte anterior; las bolsas trocantéreas de los músculos glúteos mayor y medio en la parte lateral y; las del obturador interno, obturador externo y cuadrado femoral en la parte posterior.

#### Tipo articular.

Se trata de una enartrosis (superficies esféricas) con tres grados de libertad.

#### Mecánica articular.

##### *Movimiento de flexión:*

Lleva la cara anterior del muslo hacia el tronco, su amplitud depende de varios factores.

- Posición de la rodilla. Cuando la rodilla está en extensión, la flexión de la cadera alcanza los 90°, en cambio cuando está en flexión, el movimiento se amplía a los 120°.
- Si la flexión de la cadera se realiza de forma activa (sólo con la acción muscular) no es tan amplia como si se efectúa de forma pasiva (con la ayuda de algún elemento externo, p.ej: las manos), en este caso también interviene la posición de la rodilla. Si la rodilla está en extensión la flexión pasiva de la cadera es mucho menos acusada que con la rodilla en flexión (145°).

##### *Movimiento de extensión:*

Conduce al miembro inferior por detrás del plano frontal, su amplitud es mucho más reducida que la flexión debido a la tensión del ligamento iliofemoral.

- La extensión activa es mucho menos amplia que la pasiva. Cuando la rodilla está en extensión es más amplia (20°) que cuando está en flexión (10°)
- La extensión pasiva ayudada con la mano y flexión de la rodilla consigue alcanzar los 30°.
- La inclinación de la pelvis hacia adelante facilita el aumento de la extensión de la cadera.

En sujetos entrenados la extensión puede alcanzar un grado más amplio gracias a la flexibilidad adquirida con el entrenamiento.

##### *Movimiento de Abducción:*

Aleja el miembro inferior de la línea media del cuerpo. El movimiento puro de abducción respecto al eje medio del cuerpo no es posible sin abducción de la cadera contralateral o

actitud compensatoria por basculación de la pelvis especialmente a partir de los 30° o inclinación lateral de la columna vertebral para llegar a la amplitud máxima (90°). Es posible por medio de adiestramiento aumentar la amplitud de este movimiento tanto de forma activa como pasiva.

#### ***Movimiento de Aducción:***

Lleva el miembro inferior hacia adentro, solo se puede realizar en combinación con un movimiento previo, así podemos considerar: la aducción tras abducción, la aducción combinada con extensión o flexión, la aducción combinada con abducción de la cadera opuesta y la aducción combinada con flexión y rotación externa (cruzar las piernas sentado).

#### ***Movimientos de Rotación:***

La rotación de la cadera siempre se asocia a flexión previa de la rodilla, tiene mayor amplitud la rotación medial (interna) (60°) que la lateral (externa) (30°). Con el individuo sentado (cadera en flexión) estos movimientos se pueden ampliar por relajación de los ligamentos anteriores de la articulación coxofemoral y también se puede ampliar gracias al entrenamiento (p. ej. Yoga) y la intervención de factores pasivos (p.ej. ayuda de la mano).

#### ***Movimiento de Circunducción:***

La combinación de todos los movimientos puros conlleva al movimiento de circunducción de la cadera.

### **Articulación de la rodilla.**

---

La articulación de la rodilla se compone de los diferentes medios de unión entre el fémur, la tibia y la rótula que se articulan constituyendo una unidad funcional. En algunos tratados se la considera como dos articulaciones por separado (femorotibial y femorrotuliana) aunque desde el punto de vista funcional actúa como una sola articulación. Es una articulación con gran importancia en su función estática ya que sostiene todo el peso del cuerpo, por ello está dotada de un aparato ligamentoso muy robusto y potente.

#### **Superficies articulares.**

- **Extremidad inferior del fémur**, los dos cóndilos femorales junto con la cara articular rotuliana revestidos por cartílago hialino.
- **Extremidad superior de la tibia**. En la **carilla articular superior** se localizan dos superficies laterales sostenidas por los dos **cóndilos de la tibia**. La región central de la carilla articular superior está sobreelevada formando la **eminencia intercondílea**, con dos tubérculos intercondíleos.
- **Menisco medial y menisco lateral**, entre ambas superficies articulares, para hacerlas congruentes, se observa la presencia de dos elementos fibrocartilaginosos de forma semicircular que permiten adaptarse a los cóndilos femorales sobre la tibia. Son estructuras escasamente vascularizadas lo que explica sus dificultades de cicatrización tras desgarros o roturas.

Son triangulares al corte, con una cara superior cóncava, para adaptarse a los cóndilos, y una inferior plana que se apoya sobre la parte periférica de la carilla articular superior de la tibia. Los extremos de los meniscos, reciben el nombre de **cuernos** y se fijan en la eminencia

intercondílea de la tibia. La parte anterior de los meniscos está unida por el ligamento transverso de la rodilla. En esta zona se presentan fibras conjuntivas más o menos densas que los unen a la rótula formando los **ligamentos meniscorrotulianos**.

1. **Menisco lateral.** Tiene forma casi circular, se fija a la cápsula articular por su parte lateral. El cuerno anterior se fija en el área intercondílea anterior, el cuerno posterior lo hace en el área intercondílea posterior. Del cuerno posterior se desprende el **ligamento meniscofemoral posterior** que se inserta en la parte lateral del cóndilo medial del fémur, formando una estructura adherida al ligamento cruzado posterior (tercer ligamento cruzado). De forma inconstante, se presenta un ligamento meniscofemoral anterior, hacia el cóndilo medial, por delante del ligamento cruzado posterior.
  2. **Menisco medial.** Su forma es similar a una "C". Su cuerno anterior se fija en el área intercondílea anterior por delante de la fijación del cuerno anterior del menisco lateral. El cuerno posterior lo hace en el área intercondílea posterior, por detrás del menisco lateral. En su periferia se fija firmemente sobre el ligamento colateral tibial.
- **Rótula**, la cara posterior de la rótula se articula sobre la superficie patelar del fémur.

#### Medios de unión.

##### *Cápsula articular:*

Se extiende desde el fémur a la tibia insertándose en la rótula. En general es bastante laxa para permitir los movimientos de flexión-extensión. Esto exige de mayor participación a los ligamentos para mantener la estabilidad.

##### *Membrana sinovial:*

Recubre la cara profunda de la cápsula formando unos fondos de saco perifemorales que facilitan la amplitud de los movimientos. Es muy extensa y compleja, se refleja sobre los ligamentos cruzados de forma que quedan extrasinoviales e intra-articulares. En su interior presenta divertículos o recesos y zonas rellenas por masas adiposas que, en ocasiones se comportan como verdaderos ligamentos. El más relevante es el **cuerpo adiposo infrarrotuliano**, que se interpone en forma de cuña en la parte anterior e inferior de la articulación. De él se desprende el **pliegue sinovial infrarrotuliano** (ligamento adiposo) que lo une con la fosa intercondílea.

##### *Ligamentos:*

Intra-articulares :

- **Ligamentos Cruzados Anterior y Posterior.** Se extienden desde los cóndilos femorales hasta las áreas intercondíleas anterior y posterior respectivamente, el ligamento cruzado anterior se inicia en el cóndilo femoral lateral y el ligamento cruzado posterior lo hace sobre el cóndilo medial.

Extra-articulares:

- Anteriores:
  1. **Retináculos rotulianos lateral y medial.** También conocidas como aletas rotulianas. Son extensiones laterales de los músculos vasto lateral y medial del cuadriceps femoral

2. **Ligamento Rotuliano** (Tendón del Cuadriceps femoral), une el vértice de la rótula con la tuberosidad de la tibia, es la prolongación del tendón del músculo cuadriceps femoral, tras fijarse en el borde superior de la rótula.
- Laterales
    1. **Ligamento colateral tibial**, desde el epicóndilo medial del fémur a la tibia con fijación en la cápsula articular y en parte periférica del menisco medial.
    2. **Ligamento colateral peroneal**, desde el epicóndilo lateral fémur a la cabeza del peroné, está francamente separado de la cápsula articular y carece de fijación en el menisco. Está cubierto en su superficie por el tendón del músculo bíceps femoral y por su parte inferior, es cruzado por el tendón del músculo poplíteo que lo separa del menisco lateral.
  - Posteriores
    1. **Ligamento Poplíteo Oblicuo**. Corresponde al tendón recurrente del músculo semimembranoso que cruza oblicuamente desde la parte medial de la rodilla hasta fijarse en el cóndilo lateral del fémur.
    2. **Ligamento Poplíteo Arcuato**. Formado por dos fascículos a caballo del tendón del músculo poplíteo, en la cara posterior del cóndilo lateral del fémur. Se extiende desde la tibia al cóndilo lateral (fascículo medial) y desde el cóndilo lateral a la cabeza del peroné (fascículo lateral).

#### **Tipo y Mecánica articular.**

La rodilla desde el punto de vista funcional, es una articulación que presenta dos grados de libertad: flexión y extensión a través de un eje transversal y rotación interna y externa a través de un eje longitudinal, éste último movimiento solo se realiza con la rodilla en flexión.

Desde el punto de vista anatómico se trata de dos articulaciones superpuestas, por un lado una articulación de tipo tróclea entre el fémur y los meniscos y una articulación tipo trochus entre la tibia y los meniscos, que sólo tiene actividad con la rodilla en flexión.

#### ***Movimientos de flexión-extensión:***

Es el movimiento principal de la rodilla. La **extensión** es el movimiento que aleja la cara posterior de la pierna de la cara posterior del muslo que se realiza siempre a partir de movimiento de flexión inicial, supone recuperar la posición anatómica de referencia. La **flexión** es el movimiento que acerca la cara posterior de la pierna a la cara posterior del muslo, su amplitud varía dependiendo de la posición inicial de la cadera. La flexión activa alcanza los 140° si la cadera está en flexión previa y solo los 120° con la cadera en extensión. La flexión pasiva alcanza los 160° y permite el contacto del talón con la nalga. Durante los movimientos de flexo-extensión, los meniscos se deslizan hacia atrás o hacia delante según se realice uno u otro movimiento. La articulación femoro-patelar participa en este tipo de movimientos, actuando como polea sobre la que se desliza el ligamento rotuliano.

#### ***Movimientos de rotación axial:***

Este movimiento solo se puede realizar en flexión. La **rotación interna** conduce la punta del pie hacia adentro, por lo tanto contribuye a la aducción del pie. La **rotación externa** lleva la punta del pie hacia fuera interviniendo en la abducción del

pie. En los movimientos de rotación, los meniscos siguen con exactitud los desplazamientos de la tibia sobre el fémur. La articulación femoropatelar en los movimientos de rotación está sometida a movimientos de desplazamiento lateral.

#### **Estabilidad articular.**

La rodilla no solo tiene un papel fundamental como elemento activo, sino que actúa como elemento pasivo para mantener la estática de la posición erecta, para ello existen una serie de mecanismos que la fijan y mantienen la estabilidad articular tanto en situación estática como dinámica.

La **estabilidad transversal** de la rodilla evita que las fuerzas laterales y la ejercida por los extremos óseos actúen desplazando lateralmente las superficies articulares, los elementos fundamentales para mantenerla son:

- **Ligamento colateral peroneal** junto con el tendón del **Ms. Tensor de la fascia lata**.
- **Ligamento colateral tibial** junto con los tendones de los músculos que se fijan en la cara interna de la extremidad proximal de la tibia (**pata de ganso superficial**).
- **Tendón del cuádriceps (ligamento rotuliano)**

La **estabilidad anteroposterior** de la rodilla evita que los extremos óseos se desplacen hacia delante o atrás. La limitación de la hiperextensión se realiza a través de:

- Plano fibroso posterior de la cápsula: **Ligamento poplíteo oblicuo y arcuato**
- Ligamentos colaterales y ligamento cruzado posterior.
- Músculos flexores de la rodilla

Durante la flexión los elementos que impiden la luxación anterior son básicamente el **ligamento rotuliano** y el **ligamento cruzado anterior**.

La **estabilidad rotatoria** de la rodilla, cuando ésta se halla en extensión está impedida por los **ligamentos laterales y cruzados**.

#### **Articulaciones tibioperoneas.**

El peroné y la tibia se hallan unidos por la articulación **tibioperonea** y la **sin-desmosis tibioperonea** y la **membrana interósea de la pierna**.

La **articulación tibioperonea** se establece entre la cabeza del peroné y la carilla articular para el peroné de situación postero-lateral del cóndilo lateral de la tibia, es una articulación del tipo de las artrodias con muy escaso movimiento. Con dos refuerzos articulares ligamentosos: los ligamentos anterior y posterior de la cabeza del peroné.

La **sin-desmosis tibioperonea** constituye la unión de tibia y peroné por una articulación del tipo de las sinartrosis en la que las superficies articulares se unen por un ligamento interóseo (**sin-desmosis**), las partes anterior y posterior se ven reforzadas por los **ligamentos tibioperoneos anterior y posterior**. Desde el punto de vista funcional, prácticamente no tiene movimientos, solo realiza pequeños movimientos de deslizamiento vertical relacionados con la articulación del tobillo. Su integridad es fundamental para la estabilidad de la articulación del tobillo.

La **membrana interósea de la pierna** es una membrana fibrosa formada por fibras oblicuas que se dirigen de arriba abajo y unen las diáfisis de tibia y peroné. Su borde superior no cierra

totalmente el espacio entre ambos huesos, formando un orificio a través del que pasa la arteria tibial anterior.

### **Articulación del tobillo.**

Se trata de una unidad funcional formada por la conjunción de varias articulaciones anatómicas:

- **Art. Talocrural (tibioperoneoastragalina)**
- **Art. Subastragalina o subtalar**
- **Art. Transversa del tarso**

#### **Articulación talocrural**

Se trata de una articulación de tipo troclear formada por la cara superior del astrágalo y la conjunción de los maléolos tibial y peroneal.

##### ***Superficies articulares.***

- **Pinza (o Mortaja) tibio-peronea**, unidad formada por la unión de los maléolos medial y lateral, facilitada por la presencia de la sindesmosis tibio-peronea. Se compone de tres elementos articulares: maléolo medial, maléolo lateral (a los lados) y superficie articular inferior de la tibia (formando el techo).
- **Tróclea astragalina**, formada por la cara articular superior del astrágalo y las caras maleolares lateral y medial

##### ***Medios de unión.***

- **Cápsula articular**, se inserta alrededor de las superficies articulares, es laxa y se halla reforzada en sus partes anterior, posterior y laterales por ligamentos.
- **Ligamentos:**
  1. **Ligamento colateral lateral**, formando por tres fascículos:
    - Lig. Taloperoneo anterior (peroneoastragalino anterior).
    - Lig. Calcaneoperoneo (peroneocalcáneo)
    - Lig. Taloperoneo posterior (peroneoastragalino posterior)
  2. **Ligamento colateral medial o deltoideo** formado por dos capas:
    - Superficial o Ligamento deltoideo formado por varias porciones: Tibiotalar posterior, tibiotalar anterior y tibionavicular.
    - Profunda, cubierta por la precedente, se extiende desde el maléolo medial hasta la cara medial del astrágalo.

#### **Articulación subastragalina o subtalar**

Es una articulación sinovial del tipo trochus que une los huesos astrágalo y calcáneo, formada por tres carillas articulares de la cara inferior del astrágalo (anterior, media y posterior), unidas con tres carillas articulares superiores del calcáneo (anterior media y posterior). Estas carillas están separadas por el **surco astragalino** y el **surco del calcáneo** que al unirse forman el **seno del tarso**. De esta forma, quedan constituidas dos articulaciones independientes. La sinovial de la articulación anterior está en comunicación con la de la articulación talocalcaneonavicular.

Tres ligamentos mantienen en posición a las superficies articulares:

- Ligamento talocalcáneo interóseo
- Ligamento talocalcáneo lateral
- Ligamento talocalcáneo posterior

#### **Articulación transversa del tarso, mediotarsiana o de Chopart.**

Formada a su vez por dos articulaciones yuxtapuestas, la **talocalcaneonavicular** y la **calcaneocuboidea**.

##### ***Articulación Talocalcaneonavicular.***

- Cara articular para el navicular de la Cabeza del astrágalo.
- Cavidad glenoidea del navicular
- Ligamento calcaneonavicular plantar que ocupa el espacio entre el navicular y el sustentaculum tali, amplía la cavidad glenoidea del navicular para adaptarse al astrágalo.

##### ***Articulación Calcaneocuboidea.***

- Cara anterior del calcáneo.
- Cara posterior del cuboides.

Ambas articulaciones poseen refuerzos articulares propios y medios de unión comunes:

1. Ligamentos talonaviculares superior e inferior
2. Ligamentos calcaneocuboideos superior e inferior (o plantar), éste último, muy resistente, se halla compuesto por una lámina superficial y una profunda.
3. Ligamento bifurcado, es común a ambas articulaciones, se inserta por su parte posterior en la cara superior del calcáneo y se divide en dos porciones que se insertan en el navicular y el cuboides respectivamente.

#### **Mecánica articular del tobillo.**

Los movimientos posibles a nivel del tobillo se realizan fundamentalmente a través de dos ejes de movimiento: un eje horizontal a través del que se realizarán los movimientos de flexión y extensión del tobillo en la articulación tibioperoneoastragalina y un eje longitudinal oblicuo de delante hacia atrás y de adentro hacia fuera que se extiende desde el cuello del astrágalo hasta el tubérculo externo del calcáneo (eje de Henke) a través del cual se verifican movimientos de rotación (inversión y eversión del pie).

##### ***Movimiento de flexión y extensión (flexión dorsal y flexión plantar)***

Se ejecutan fundamentalmente por la articulación talocrural, a través de un eje transversal, habitualmente reciben la denominación de flexión plantar (extensión) y flexión dorsal (flexión). Cuando se intentan aumentar estos movimientos intervienen las articulaciones del tarso que permiten amplificar estas actitudes y añaden un componente de eversión del pie a la flexión plantar e inversión a la flexión dorsal.

### ***Movimientos de rotación y lateralidad del pie***

Dada la dirección del eje de Henke se comprende que los movimientos de rotación pura no existen a nivel del tobillo, por lo que al ejecutar un movimiento de rotación siempre se acompaña, en mayor o menor grado, de uno de lateralidad y de flexión, así la rotación interna (pronación) se acompaña de una abducción y flexión dorsal (movimiento de **eversión**) y la rotación externa (supinación) se acompaña de aducción y flexión plantar (**inversión** del pie).

### **Estabilidad articular.**

El tobillo, tiene un papel muy importante, igual que la rodilla y la cadera, en mantener la posición erecta tanto en la estática como en la dinámica, existiendo una serie de factores que facilitan su estabilidad articular.

La *estabilidad anteroposterior* se mantiene por los factores que limitan la flexo-extensión del tobillo:

La *limitación de la flexión* depende de:

- **Factores óseos**, básicamente el choque del astrágalo con la superficie tibial.
- **Factores capsuloligamentosos**, tensión de la parte posterior de la cápsula y los fascículos posteriores de los ligamentos colaterales.
- **Factores musculares**, resistencia del Tendón de Aquiles.

La *limitación de la extensión* obedece a idénticos factores:

- **Factores óseos**, choque del astrágalo con la tibia.
- **Factores capsuloligamentosos**, tensión de la parte anterior de la cápsula y de los fascículos anteriores de los ligamentos laterales.
- **Factores musculares**, resistencia de los músculos flexores.

La *estabilidad transversal* de la articulación del tobillo depende de tres elementos:

- **Pinza bimalleolar**, mantenida por la integridad de la sindesmosis tibioperonea.
- **Integridad de los ligamentos laterales**
- **Maléolos lateral y medial.**

### **Articulaciones del pie.**

Las articulaciones del pie son escasamente relevantes desde el punto de vista del movimiento, debido a la pérdida de función de los dedos del pie comparativamente con la mano. En cambio, su integridad es fundamental en el mantenimiento de la estática y del correcto funcionamiento del resto de articulaciones implicadas en esta función incluidas las de la columna vertebral.

Se distinguen:

- **Articulaciones intertarsianas**, establecidas entre el resto de los huesos del tarso, son del tipo artrodias y de escasa movilidad e importancia. Se distinguen la articulación cubonavicular; la cuneonavicular; las articulaciones intercuneiformes y; la articulación cuneocuboidea.
- **Articulaciones tarsometatarsianas (Articulación de Lisfranc)**. Unión entre los huesos metatarsianos y los huesos cuneiformes y cuboides. El metatarsiano I se articula con el cuneiforme medial, el metatarsiano II con los tres cuneiformes; el

metatarsiano III con el cuneiforme lateral y los metatarsianos IV y V con la cara anterior del cuboides.

- *Articulaciones intermetatarsianas.* Salvo el metatarsiano I que es independiente, los otros cuatro se articulan entre sí por su extremidad posterior. La extremidad anterior está unida por un ligamento
- *Articulaciones metatarsofalángicas e interfalángicas,* idénticas a las de los dedos de la mano.

De gran importancia en las articulaciones del pie es el mantenimiento de la denominada *bóveda plantar*, estructura arquitectónica que asocia de forma armónica los elementos osteoarticulares, ligamentosos y musculares del pie. Gracias a su curvatura y elasticidad, la bóveda se puede adaptar a las irregularidades del terreno, mejorando las condiciones mecánicas de la marcha. Actúa a modo de amortiguador indispensable para la suavidad de la marcha, las alteraciones de sus curvaturas afectan al apoyo plantar y tienen repercusión en la marcha y la bipedestación.

La bóveda plantar se sostiene por tres arcos que se apoyan en el suelo por tres puntos. Un arco anterior entre las cabezas de los metatarsianos primero y quinto, un arco externo entre la cabeza del quinto metatarsiano y el talón y un arco interno entre la cabeza del primer metatarsiano y el talón.

Durante la marcha la bóveda plantar sufre una serie de deformaciones dinámicas que determinan un mayor o menor contacto de la planta del pie con el suelo y de las características del terreno pisado.