

Biomecánica de la extremidad inferior. 5. Exploración de las articulaciones del pie

M^a Teresa Angulo Carrere. Ana Álvarez Méndez.

E.U. de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad Complutense de Madrid.
Avenida Ciudad Universitaria s/n. 28040-Madrid
anguloa@enf.ucm.es anaalvarez@enf.ucm.es

Resumen: Descripción anatómica de los componentes del pie: estructura, ligamentos y articulaciones. Introducción a la anatomía palpatoria del pie. Exploración funcional y mecánica de las articulaciones y los movimientos que tienen lugar en el pie en condiciones de normalidad.

Palabras clave: Pie. articulación subastragalina (ASA). articulación de Chopart. articulación astrágalo-escafoidea. articulación calcáneo cuboidea. maleolo peroneo. maleolo tibial. escafoides. astrágalo. calcáneo. tibia. fascia plantar. articulación metarsofalángica. articulación interfalángica. hallux. sesamoideos. tendón de Aquiles. varo. valgo. flexión dorsal. flexión plantar. pronación y supinación.

Abstract: Description of foot anatomy components: structure, ligaments and joints. Introduction to palpatory anatomy of the foot. Functional and biomechanical examination of joints and movements of the foot under normal conditions.

Keywords: Foot. subtalar joint (ASA). Chopart joint. talus-navicular joint. calcaneal cuboid joint. fibular malleolus. tibial malleolus. talus. navicular. metatarsals. plantar fascia. metatarsophalangeal joint. interphalangeal joint. hallux. sesamoids. Achilles tendon. varus. valgus. dorsiflexion. plantarflexion. pronation. supination.

INTRODUCCIÓN

El **pie** es un órgano de **soporte** del cuerpo, tanto cuando estamos en bipedestación, como cuando realizamos la marcha o la carrera. También tiene función de **propulsión**, actuando como una palanca rígida que permite el impulso del cuerpo hacia delante cuando nos desplazamos en la marcha, durante la carrera y en el salto.

Además de estas dos funciones, el pie es responsable de la **amortiguación** de las fuerzas que actúan sobre él durante el apoyo sobre el suelo, permitiendo la **adaptación** de las estructuras del pie a las superficies irregulares de la superficie sobre la que se encuentre.

El pie está constituido por varias articulaciones, unas dedicadas a la función de amortiguación (las 3 primeras) y otras articulaciones a la función de movimiento (4 y 5):

- **Articulación subastragalina (ASA).** Unión del astrágalo con el calcáneo.
- **Articulación mediotarsiana (AMT) Articulación de CHOPART.** Constituida por dos articulaciones: medial o astragalo-escaloidea y lateral o calcaneo-cuboidea.
- **Articulación tarsometatarsiana (ATMT) o Articulación de LISFRANC.** Uniones entre los tres huesos cuneiformes y el cuboidea, con las bases de los cinco metatarsianos.
- **Articulaciones metatarsofalángicas (AMTF).** Unión de las cabezas metatarsales con sus respectivas falanges.
- **Articulaciones interfalángicas (AIF).** Existen dos articulaciones interfalángicas en cada dedo: interfalángica proximal y distal, excepto en el hallux que sólo tiene una.

PALPACIÓN ANATÓMICA

Cara medial del pie

La exploración de la cara medial pie comienza por el borde del maléolo medial (tibial), el cual se localiza en el centro de la cara medial del tobillo (Fig. 1 y 2●).



1. Calcáneo
2. Maléolo medial
3. Sustentaculum tali
4. Cabeza del astrágalo
5. Tuberosidad del escafoidea
6. Primera cuña
7. Primer Metatarsiano
8. Articulación metatarso-falángica del hallux

Figura 1. Cara medial del pie.

Desde el vértice del maléolo tibial se desciende un poco para palpar la cara medial del astrágalo y si se dirige el dedo del explorador hacia atrás, se alcanzará el tubérculo medial del astrágalo (Fig. 2●).



Figura 2. Localización del maléolo tibial (●) y del tubérculo medial del astrágalo (●).

Desde el vértice del maléolo tibial (Fig. 3 ●), y dirigiendo la mano como a un centímetro hacia abajo, encontraremos un relieve que corresponde a la apófisis menor del calcáneo (*sustentaculum tali*) (Fig. 3 ●), el cual da apoyo al astrágalo. En esta apófisis menor se inserta el ligamento calcáneo escafoideo plantar (*spring ligament*) (Fig. 2 ●) y parte del fascículo superficial del ligamento deltoideo.

Desde el maléolo tibial progresamos hacia abajo y hacia adelante con la mano, para alcanzar un relieve que corresponde a la tuberosidad del escafoides (Fig.3 ●) punto de inserción del tendón del músculo tibial posterior. Entre esta tuberosidad y el maléolo tibial, se localiza el cuello y cabeza del astrágalo (Fig.3 ●).

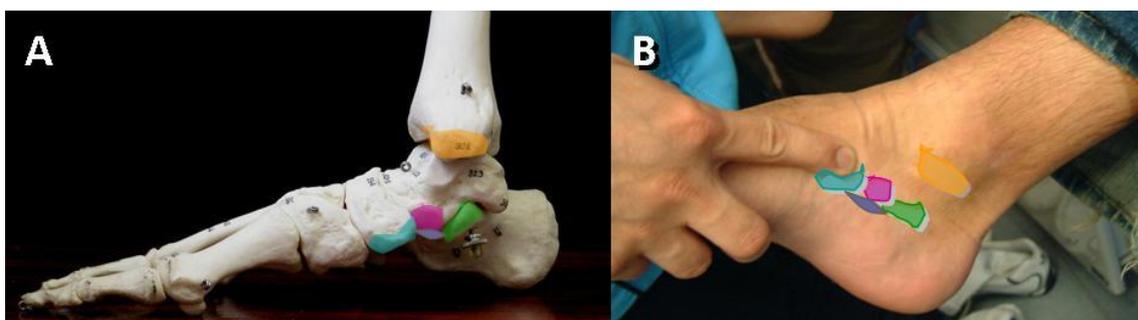


Figura 3. Cara medial del pie: maléolo tibial (●); apófisis menor del calcáneo (●); ligamento calcáneo escafoideo plantar (●); astrágalo (●) y tuberosidad del escafoides (●).

Siguiendo la exploración medial del pie hacia distal encontramos la articulación cuneo-escafoidea (Fig. 4 ●), cara medial de la primera cuña y base y diáfisis del primer metatarsiano (Fig. 4 ●). Se prosigue la exploración hacia distal y se llega a la cabeza de primer metatarsiano (Fig. 4 ●), la cual puede estar deformada medialmente por la

existencia de una exóstosis (**bunion**), como en el caso del Hallux Abductus Valgus (HAV) (Fig. 4).

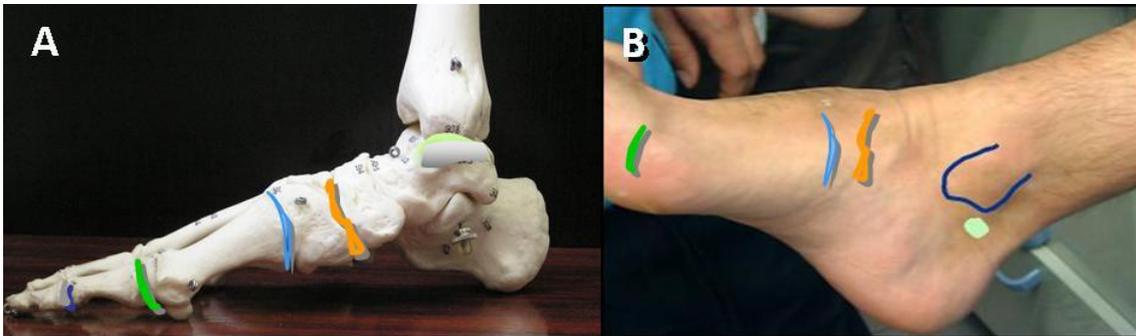


Figura 4. Cara medial del pie: articulación cuneo-escafoidea (●); articulación cuneo-metatarsal (●); articulación metatarsofalángica del hallux (●) y articulación interfalángica (●).

Tras palpar la primera articulación metatarso falángica (1AMTF), asiento de mucha patología reumática (Fig. 5), se palparán las dos falanges del hallux y los tejidos periungueales (Fig. 6).

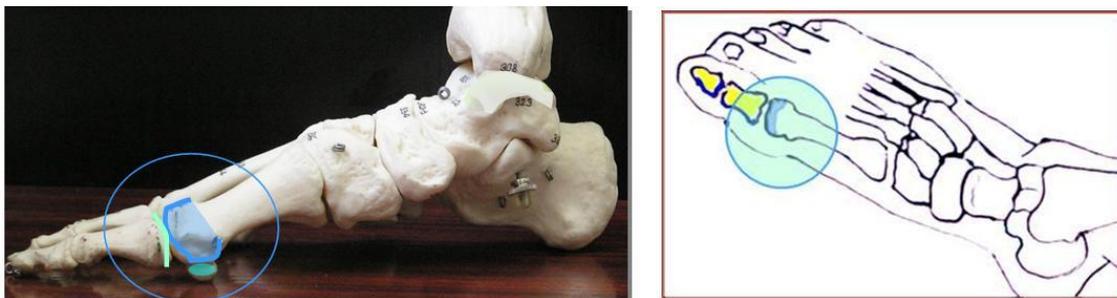


Figura 5. Articulación metatarsofalángica del hallux con sesamoideo tibial (●).

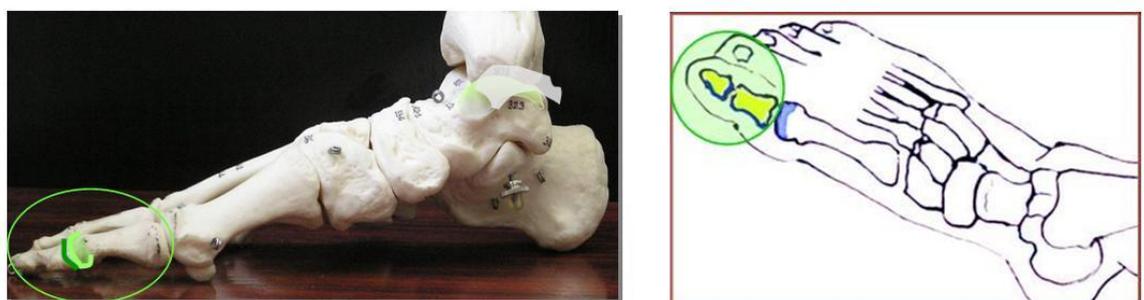


Figura 6. Articulación interfalángica del hallux (●).

En la cara posterior del talón se debe palpar la cara posterior y superior del astrágalo y calcáneo, zona de frecuentes bursitis por la existencia de muchas bolsas

serosas (Fig.7 ●) y posibles exóstosis calcáneas. También se debe palpar el trayecto del tendón de Aquiles (Fig. 7 ●).

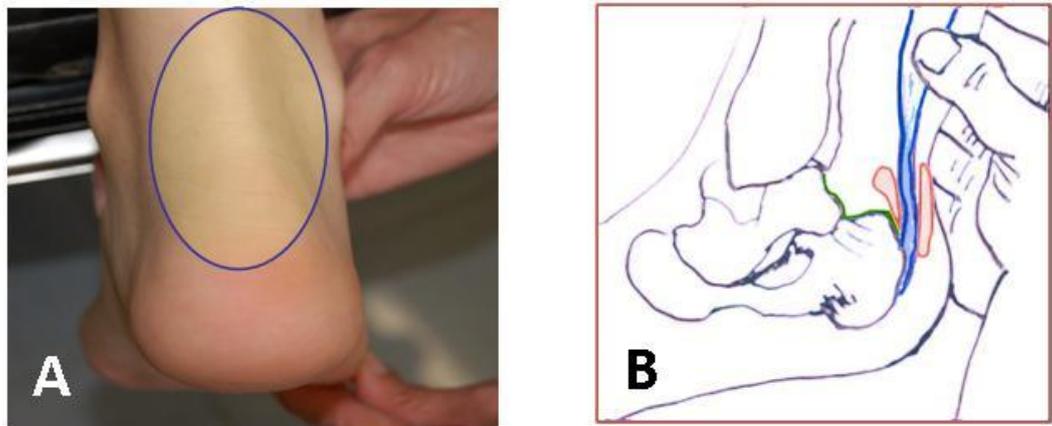


Figura 7. Tendón de Aquiles (A); exploración del tendón B (●) y de las bolsas serosas (●).

Tras la palpación de las estructuras óseas se palparán las partes blandas retromaleolares. Detrás del maléolo tibial encontraremos el tendón del músculo tibial posterior (Fig. 8 ●).

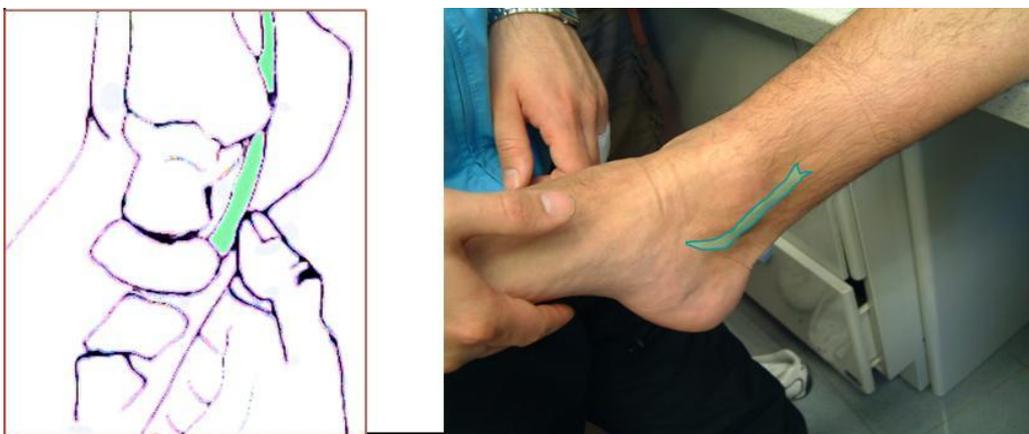


Figura 8. Tendón del músculo Tibial Posterior (●).

Con un poco de habilidad, puede palparse también el trayecto del [spring ligament](#) (Fig. 9 ●).

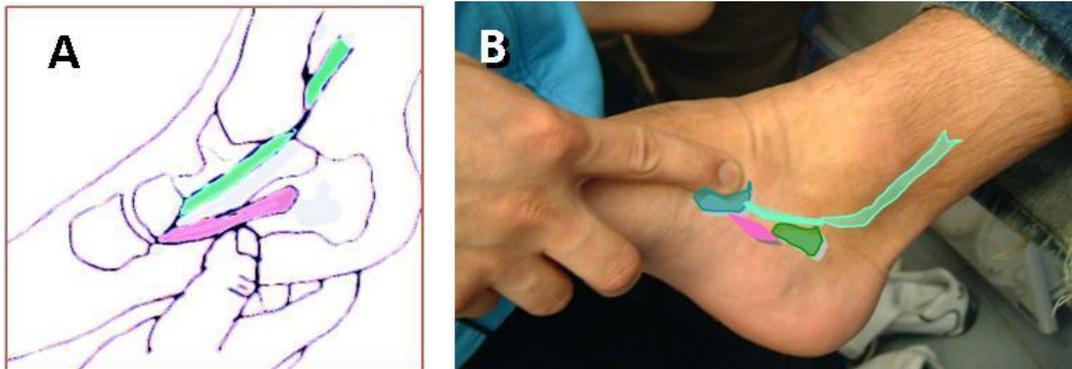


Figura 9. Ligamento calcaneoescafoideo plantar (*spring ligament*) (●) y tendón del músculo Tibial Posterior (●).

Detrás del tendón del músculo tibial posterior, encontramos el tendón del flexor largo común de los dedos. Posterior a éste, y más profundo en su situación, encontramos el tendón del músculo flexor largo del hallux. Entre los dos tendones de los músculos flexores se encuentra el paquete vasculonervioso: nervio tibial posterior, vena y arteria tibial posterior. También se puede palpar el ligamento deltoideo (Fig. 10●).

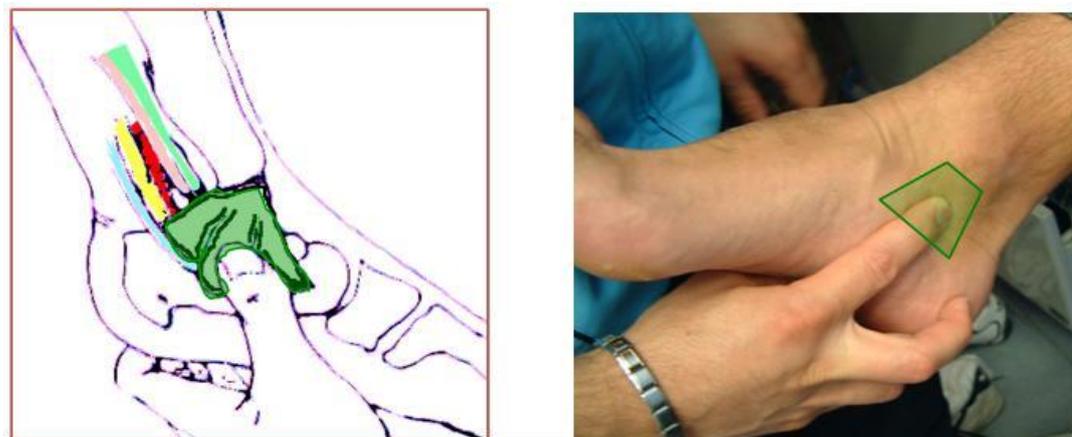


Figura 10. Ligamento deltoideo (●).

La palpación de la arteria tibial posterior se realiza detrás del maléolo tibial. Se debe explorar de forma sistemática ya que es la arteria que más riego aporta al pie (Fig. 11●).

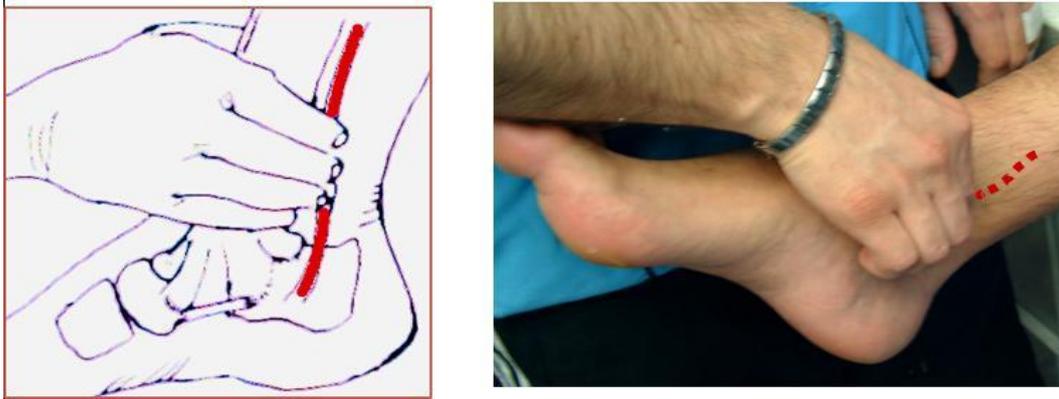


Figura 11. Trayecto de la arteria Tibial Posterior (•).

Cara dorsal del pie

En el dorso del pie encontramos, desde medial a lateral, el tendón del músculo tibial anterior (Fig. 12 •). Lateral a este tendón encontraremos el tendón del músculo extensor largo del hallux (Fig. 13 •). Más próximo al maléolo peroneo, encontraremos el tendón del músculo extensor largo común de los dedos (Fig. 13 •). Entre los tendones de ambos extensores se encuentra la arteria pedia (Fig. 13 •) que se palpa entre los tendones del extensor propio del hallux y el común de los dedos, a nivel del inicio del primer espacio intermetatarsiano.

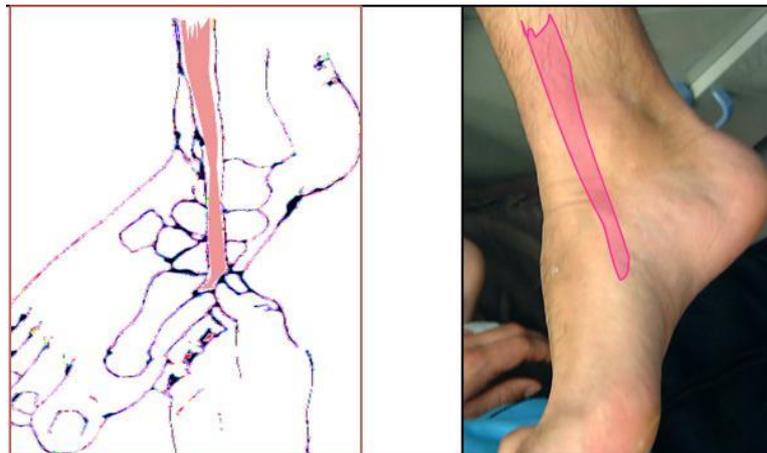


Figura 12. Músculo Tibial Anterior.

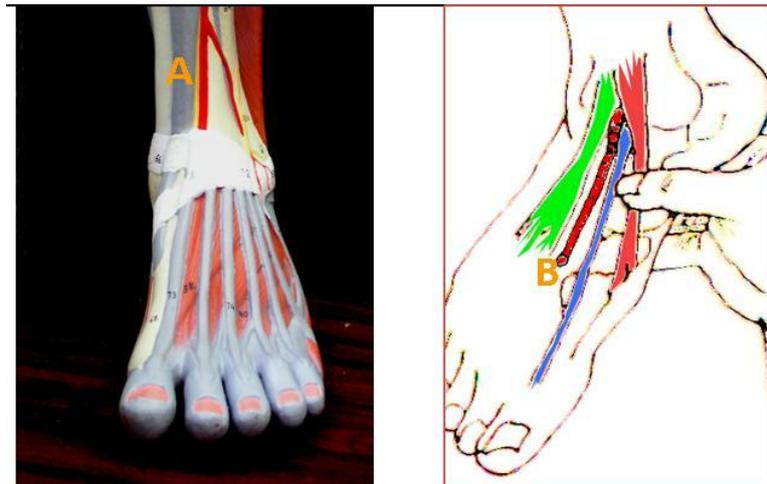


Figura 13. Arteria Tibial anterior (A●) y arteria Pedia (B●); tendón del músculo extensor largo del hallux (●); Músculo extensor largo común de los dedos (●).

Cara lateral del pie

Se comienza la exploración desde el maléolo peroneal ((Fig. 14●) y se continúa hacia delante por la interlínea articular. Realizando una Flexión Plantar del tobillo, se pone de manifiesto a la palpación la cúpula astragalina por su parte más lateral (Fig. 13●). Inmediatamente por debajo del relieve de la cúpula astragalina, se encuentra una depresión que corresponde a la entrada del seno del tarso (Fig. 14●).

Desde el maléolo peroneo (Fig. 14●) se desciende por la cara lateral del calcáneo palpándose desde su parte más posterior y avanzando hacia delante se observará un relieve óseo que corresponde al tubérculo externo del calcáneo (Fig. 14●).

Continuando la palpación, y dirigiendo la mano hacia delante, encontramos una depresión que corresponde a la corredera del cuboides (Fig.14●) y más hacia delante, encontraremos un relieve importante que corresponde a la apófisis estiloides del quinto metatarsiano (Fig. 14●). Palpando la superficie del 5º metatarsiano se alcanza la quinta articulación metatarsofalángica (5AMTF), terminando con la palpación de las falanges del quinto dedo (Fig. 14●).

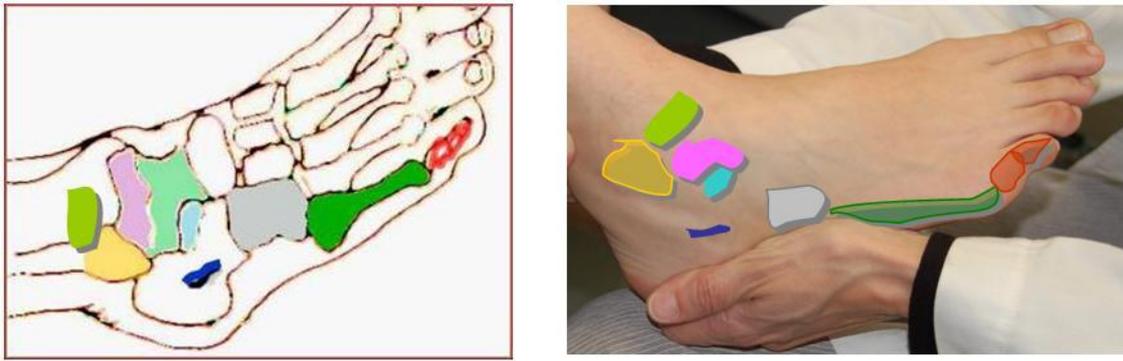


Figura 14. Maléolo peroneal (●), cúpula astragalina (●), seno del tarso (●), tubérculo externo del calcáneo (●), corredera del cuboides (●), quinto metatarsiano (●); falanges del 5º dedo (●).

El ligamento lateral externo del tobillo (LLE) presenta tres fascículos: el ligamento peroneo astragalino anterior (Fig. 15 ●), el ligamento peroneo calcáneo (Fig.15 ●) y el ligamento peroneo astragalino posterior (Fig. 15 ●).

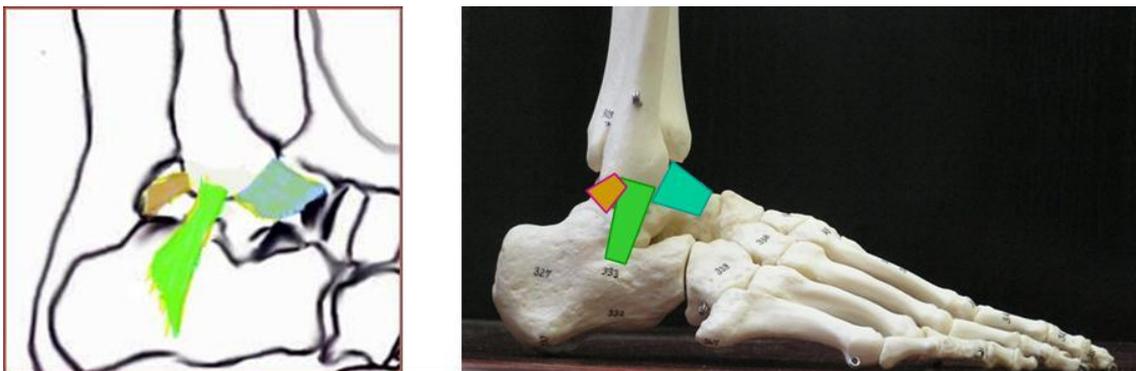


Figura 15. Ligamento lateral externo del tobillo: fascículo peroneo astragalino anterior (●), fascículo peroneo calcáneo (●) y el ligamento peroneo astragalino posterior (●).

En esta cara se palpan los tendones de los músculos peroneos. El tubérculo externo del calcáneo (Fig. 14 ●) separa los tendones del músculo peroneo lateral largo (Fig. 16 ●) y del músculo peroneo lateral corto (Fig. 16 ●).

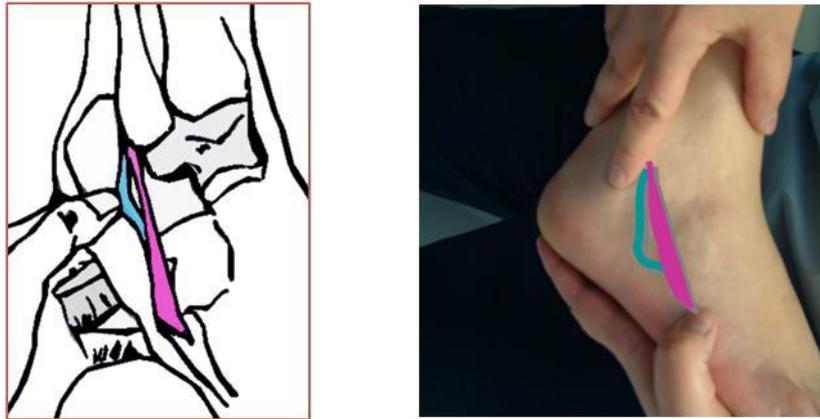


Figura 16. Tendones del músculo peroneo lateral largo (●) y del músculo peroneo lateral corto (●).

Cara plantar del pie

Se comienza la exploración de la planta del pie a nivel proximal. El tubérculo medial del calcáneo es el punto proximal de inserción de la fascia plantar (Fig.17 A y B ●). Se debe palpar todo el trayecto de la fascia, para ello, se debe tensar la misma colocando las articulaciones metatarsofalángicas (MTF) en flexión dorsal (Fig.17 C).

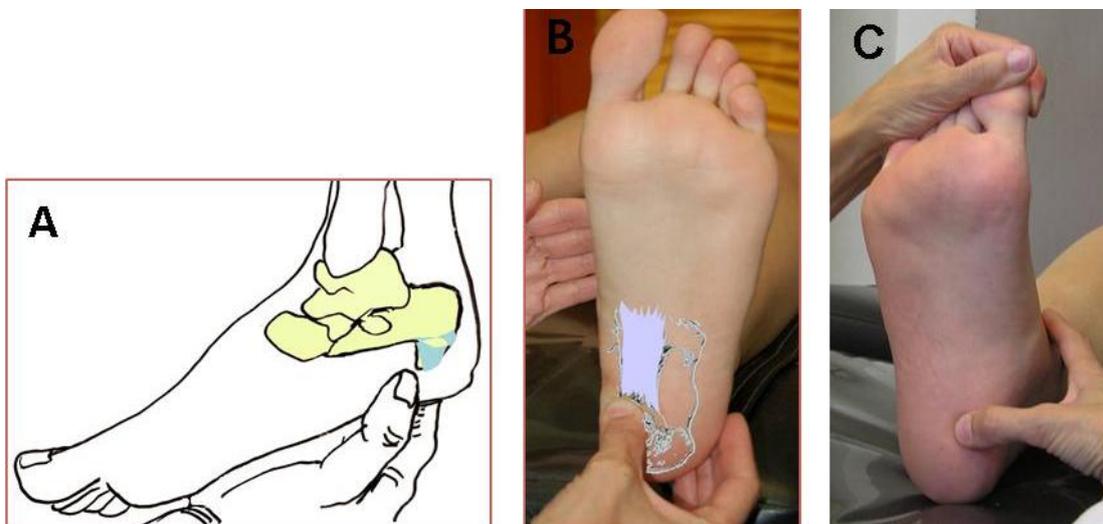


Figura 17. Tubérculo medial del calcáneo (●A y B). Flexión dorsal de las articulaciones metatarsofalángicas (MTF) para tensar la fascia plantar.

Una vez alcanzado la inserción distal de la fascia plantar (MTF), se deben palpar todas las cabezas de los metatarsianos (Fig. 18 ●), haciendo especial hincapié en la palpación de los sesamoideos del hallux que se realiza manteniendo en flexión dorsal la 1ª articulación MTF (Fig. 19). Además, se deben palpar los espacios intremetarsales para descartar dolor o existencia de neuromas, como en el caso del

tercer espacio intermetatarsal, donde es frecuente la aparición de un neuroma: neuroma de *Morton* (Fig. 20).



Figura 18. Palpación de las cabezas de los metatarsianos (•).

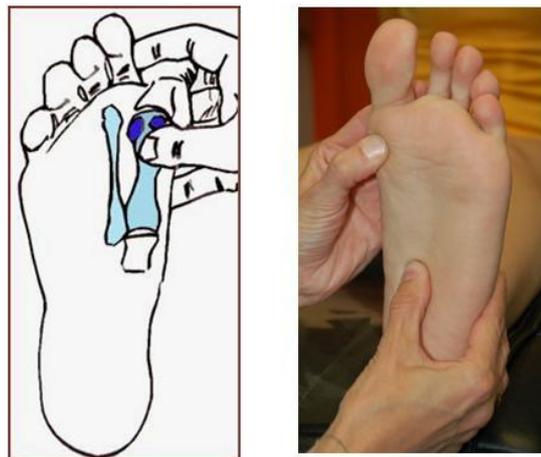


Figura 19. Palpación de los sesamoideos del hallux



Figura 20. Palpación de los espacios intermetatarsales (•). Palpación del Neuroma de Morton.

MOVIMIENTOS DEL PIE y PRUEBAS FUNCIONALES SIN CARGA

Las articulaciones del pie son las citadas al inicio del capítulo, en este apartado sólo se hará referencia a la valoración clínica de alguna de ellas.

Movimiento de prono-supinación de la articulación subastragalina (ASA)

La amplitud total del movimiento de la **asa** es de unos 30°. Corresponde a un movimiento de Supinación (SUP) de la **asa** de 20° (el movimiento de **supinación** de la **asa** es aquél que eleva el borde medial del pie) (Fig. 21 A), mientras que el movimiento de Pronación (PRON) de la **asa** (aquél que eleva el borde lateral del pie del suelo) es sólo de 10° (Fig. 21 B).

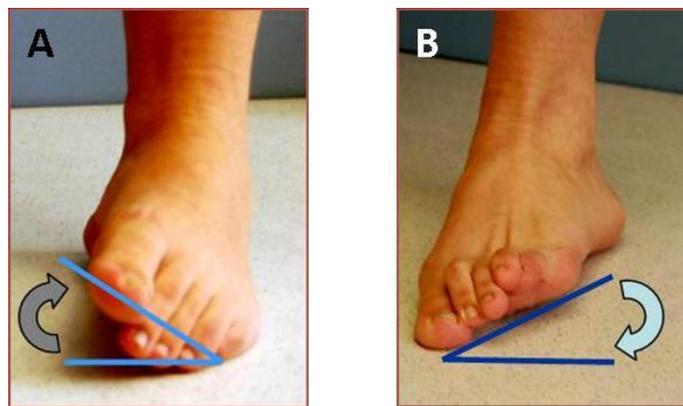


Figura 21 Movimiento de supinación (A); Movimiento de Pronación (B).

Para la valoración de la goniometría de la **prono-supinación** de la **asa** se coloca al paciente en la posición de partida (decúbito prono, con los pies fuera de la camilla) y se marca con un lápiz dérmico la bisectriz del tercio distal de la pierna y la bisectriz del calcáneo (Fig. 22 A). El fulcro del goniómetro se coloca sobre la inserción del tendón de Aquiles en el calcáneo. Mientras el brazo fijo del goniómetro se coloca sobre la bisectriz de la tibia y el brazo móvil sobre la bisectriz del talón (Fig. 22 B).

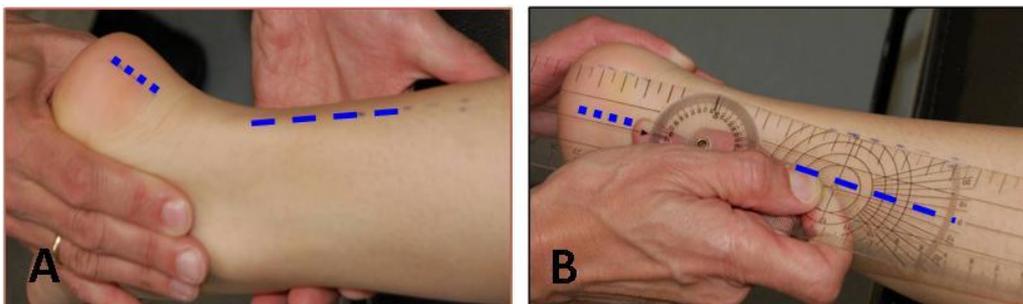


Figura 22. Valoración del movimiento de la ASA: bisectriz del calcáneo y del tercio distal de la tibia (A); colocación del goniómetro (B).

Para la valoración pasiva de los movimientos de **prono-supinación** de la **asa**, tomando de referencia las marcas anteriormente señaladas, se fija el extremo distal de la pierna, con la otra mano se sujeta el calcáneo, y se realiza el movimiento de supinación (SUP) o (PRON) y se cuantifica con el goniómetro (Fig. 23).



Figura 23. Valoración del movimiento de la ASA: sujeción a nivel del calcáneo para realizar pronación y supinación.

Para valorar la posición neutra de la **asa** (PNASA) se coloca al paciente igual que para la valoración de la movilidad de la **asa** y se realiza también el marcaje de la bisectriz del tercio distal de la tibia y del calcáneo. Se coloca la **asa** neutra pinzando el cuello del astrágalo en el dorso del pie y con la otra mano se realizan movimientos de pronación y supinación de la **asa** hasta notar que la cabeza del astrágalo no hace relieve ni hacia medial ni hacia lateral, buscando la máxima congruencia de la articulación astrágalo-escafoidea. (Fig.24 A). Cuando se alcance la máxima congruencia entre astrágalo y escafoides, se realiza una flexión dorsal (FD) sobre la cabeza del 4-5MT con la finalidad de bloquear la columna externa (Fig. 24 B).

Para cuantificar la PNASA, se coloca el fulcro del goniómetro en el tendón de Aquiles, un brazo sobre la bisectriz de la pierna y el otro sobre la bisectriz del calcáneo (Fig. 24 C).

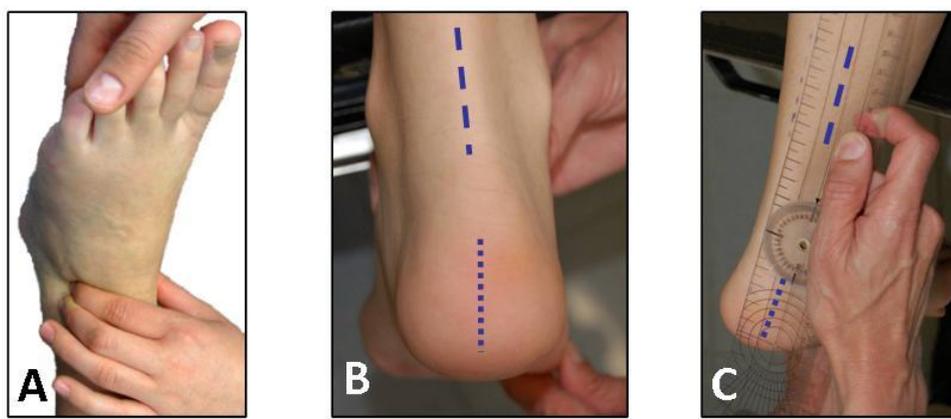


Figura 24. Posición neutra de la ASA (A); bisectrices del tercio distal de la tibia y del calcáneo (B); medida de la PNASA (C).

Cuando el explorador coloca la ASA en posición neutra, ésta puede presentar una PNASA de 0° (neutra), o puede estar en valgo (VL) o varo (VR), debiendo cuantificarse los grados en VR/VL.

Cuantificación de la relación antepié-retropié

En condiciones de normalidad el plano perpendicular al retropié y el plano tangente al antepié deben ser paralelos, lo que se considera posición neutra (0°) del antepié, pero también puede orientarse en valgo (VL) o en varo (VR), respecto al retropié. Si la relación retropié-antepié no es paralela se deben cuantificar los grados de desviación en VR o VL del antepié, respecto al retropié neutro.

Para la valoración de la relación antepié-retropié, se parte de una posición neutra del retropié. Se valora la relación del plano frontal del retropié respecto al plano frontal del antepié, formado entre una línea que une la cabeza del 1MT y la cabeza del 5MT. Cuando en esta posición neutra la línea que une cabeza del 1MT y cabeza del 5MT es paralela a la del retropié se habla de **antepié neutro** (Fig. 25●); cuando está elevada la cabeza del 1MT se habla de **antepié varo** (Fig. 25●), cuando la cabeza del 1MT desciende más se habla de **antepié valgo** (Fig. 25●).

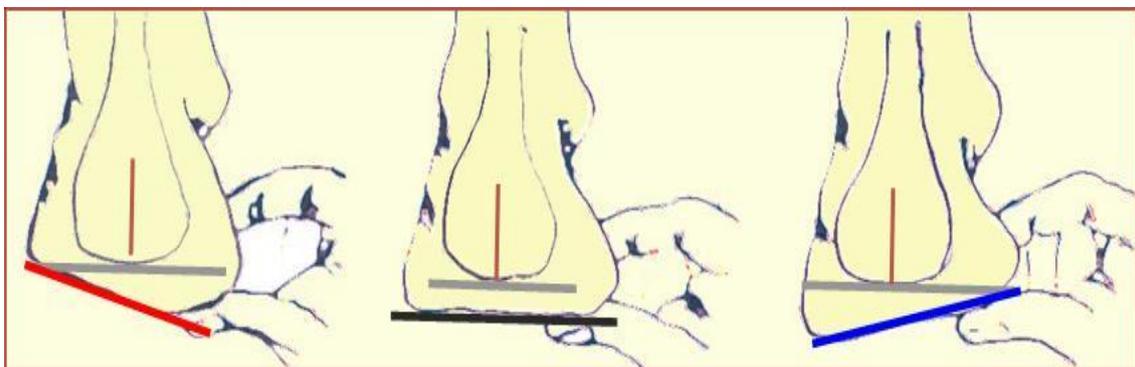


Figura 25. Antepié varo (●); antepié neutro (●); antepié valgo (●).

Movimiento del primer radio del pie (articulación de LISFRANC)

Es importante determinar tanto la posición del primer radio como su movilidad a nivel de la articulación de Lisfranc (tarsometatarsiana). En relación a la posición del primer metatarsiano (1MT), éste puede estar posicionado en FD o en flexión plantar (FP). Para la valoración de la posición del 1MT el explorador abarca con una mano todas las cabezas metatarsales 2-3-4-5 y con la otra mano pinza la cabeza del 1MT (Fig. 26A). Si la mano que pinza al 1MT está más alta, el 1MT estará en FD, mientras que si está más baja, el 1MT estará en FP (Fig. 26B).

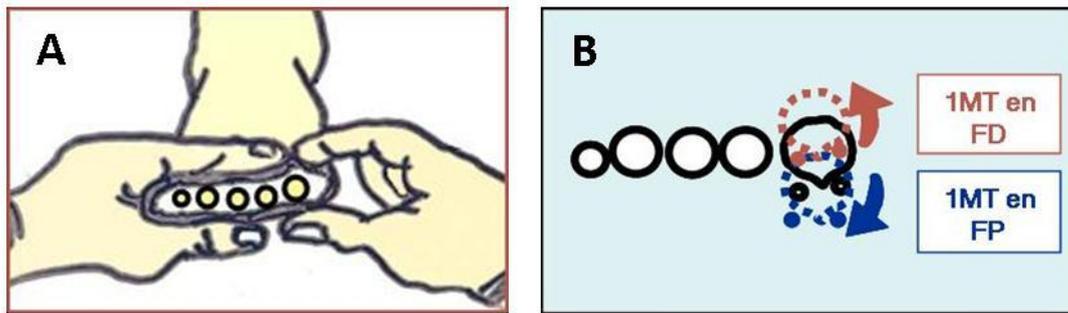


Figura 26. Maniobra para la exploración del primer radio del pie (A); Posiciones del primer metatarsiano (B).

El rango de movilidad del 1MT se cuantifica en milímetros y no en grados. Se valora la capacidad de mover el 1MT hacia dorsal y hacia plantar. En condiciones de normalidad debe existir una movilidad desde máxima FD a máxima FP de 10 mm; relación 1:1 (la falta de FP del 1MT se conoce como *Metatarsus primus elevatus*). Para valorar la movilidad del primer metatarsiano (1MT) el explorador abarca con una mano todas las cabezas metatarsales y con la otra mano pinza la cabeza del 1MT, desde la posición de partida en la que la cabeza del 1MT y de los otros MT están alineadas, se desplaza el 1MT hacia arriba para cuantificar el rango de FD (Fig. 27 A), y luego hacia abajo para cuantificar la amplitud de la FP del 1MT (Fig. 27 B).

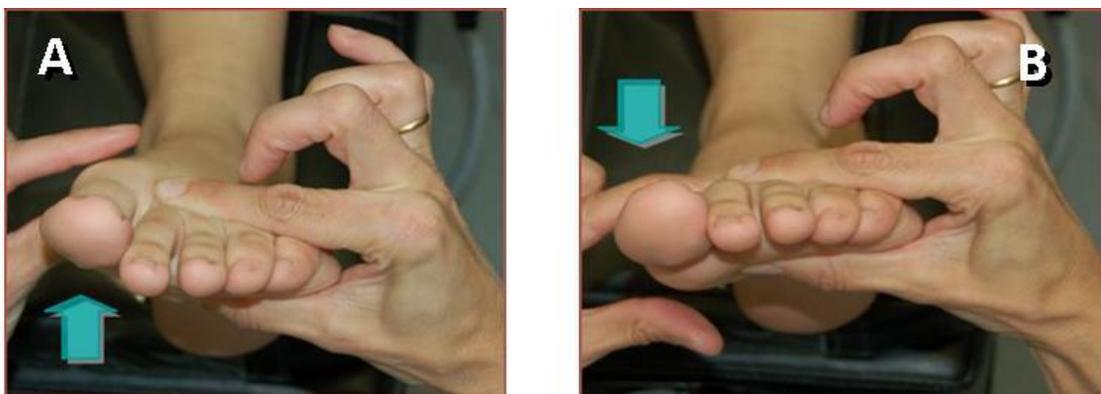


Figura 27. Valoración de la flexión dorsal del primer metatarsiano (A) y de la flexión plantar (B).

Movimiento de la articulación metarsofalángica del hallux (1AMTF)

La AMTF del hallux realiza movimientos de FD/FP a través de un eje transversal. La amplitud del movimiento de FD de la primera AMTF es de 70°-90°. La amplitud del movimiento de FP de la 1AMTF es de 20°-30° (la disminución de movimiento de FD de la primera AMTF se conoce como *hallux limitus* y la ausencia completa como *hallux rigidus*).

La primera articulación metatarsofalángica juega un papel muy importante durante la marcha. La valoración de la FD de la 1AMTF se realiza colocando el fulcro del goniómetro en la cara medial de la cabeza del 1MT, el brazo fijo se dirige siguiendo la diáfisis del primer metatarsiano y el móvil sobre la bisectriz de 1ª falange en la cara medial del hallux. Teniendo en cuenta la posición de partida, se cuantifica la amplitud del movimiento de FD (Fig. 28 A). Luego se desplaza el dedo hacia abajo para cuantificar la amplitud de la FP (Fig. 28 B).

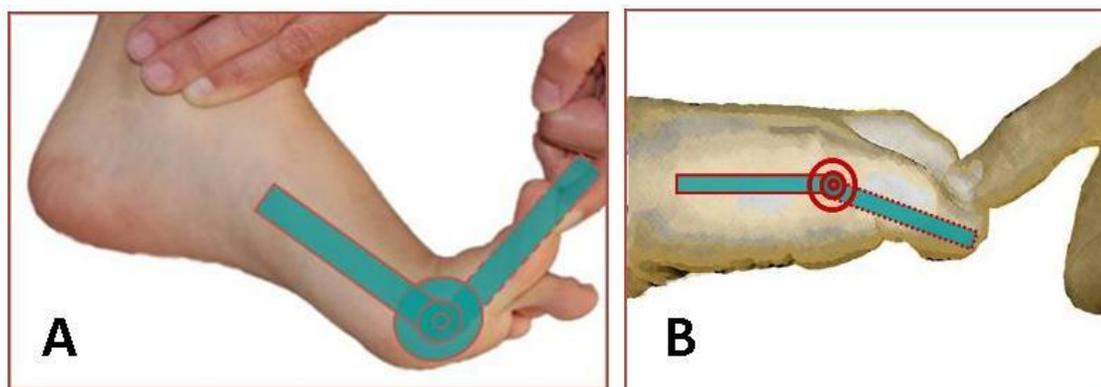


Figura 28. Valoración de la flexión dorsal (A) y de la flexión plantar (B) de la metatarsofalángica del hallux.

PRUEBAS FUNCIONALES BAJO CARGA

Durante el apoyo, la mecánica del pie se modifica, por lo que se debe valorar también el pie en carga. Para realizar las mediciones, se deben tomar como referencia las marcas realizadas con el lápiz dérmico tal y como se comenta la página 61 (Fig. 22).

La posición relajada del calcáneo en carga (PRCC) valora el ángulo que forma la bisectriz del calcáneo respecto al suelo cuando el paciente está en posición anatómica. Esta posición es un indicador de la posición de la ASA con carga. Para valorar la posición relajada del calcáneo en carga (PRCC), con el paciente en bipedestación se coloca el goniómetro formando un ángulo de 90°, con un brazo apoyado en el suelo y el otro perpendicular al mismo, desde esta posición se dirige el brazo móvil hasta que coincida con la bisectriz del calcáneo y se cuantifica los grados que presenta la posición del calcáneo en relación a la posición de partida (Fig. 29). Se considera normal entre 0 y 4° de valgo. Valores mayores de 4° indican la presencia de PRON anómala.

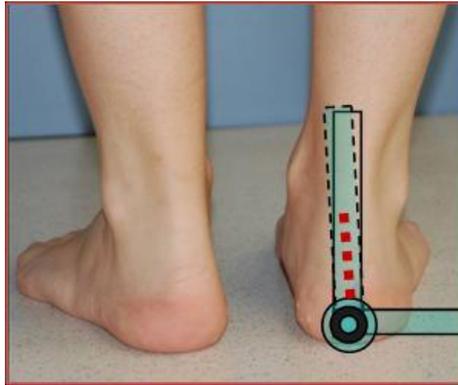


Figura 29. Cuantificación de la posición relajada del calcáneo en carga (PRCC).

La posición neutra del calcáneo en carga (PNCC) valora el ángulo que forma la bisectriz del calcáneo respecto al suelo cuando el paciente pone la ASA en posición neutra. Generalmente la PNCC suele presentar un ligero grado de SUP. Para valorar la posición neutra del calcáneo en carga (PNCC), con el paciente en bipedestación, desde la PRCC se le pide que realice un suave movimiento de supinación, mientras el explorador palpa el cuello del astrágalo para determinar el grado de congruencia de la articulación astrágalo-escafoidea, cuando ésta congruencia es completa se le pide al paciente que mantenga el pie en esa posición.

Se coloca el goniómetro formando un ángulo de 90° , con un brazo apoyado en el suelo y el otro perpendicular al mismo, desde esta posición se dirige el brazo móvil hasta que coincida con la bisectriz del calcáneo y se cuantifica los grados de la posición del calcáneo (Fig. 30A). Se considera normal de 0 a 2° de varo.

Después de valorar la PNCC y sin quitar esta posición, se debe el VR/VL de tibia. Esto se realiza valorando la bisectriz del tercio distal de la tibia respecto al suelo. Para ello, se coloca el goniómetro formando un ángulo de 90° , con un brazo apoyado en el suelo y el otro perpendicular al suelo, desde esta posición, el brazo móvil se dirige hacia la bisectriz del tercio distal de la tibia previamente marcada. Se cuantifica los grados de la posición de la tibia respecto al suelo (Fig. 29B). Se consideran valores normales hasta $\pm 2^\circ$. Cuando la parte proximal de la bisectriz de la pierna se aleja del eje longitudinal de la pierna (Fig. 30B). Existirá una tibia valga cuando esta bisectriz se aproxima eje longitudinal de la pierna.

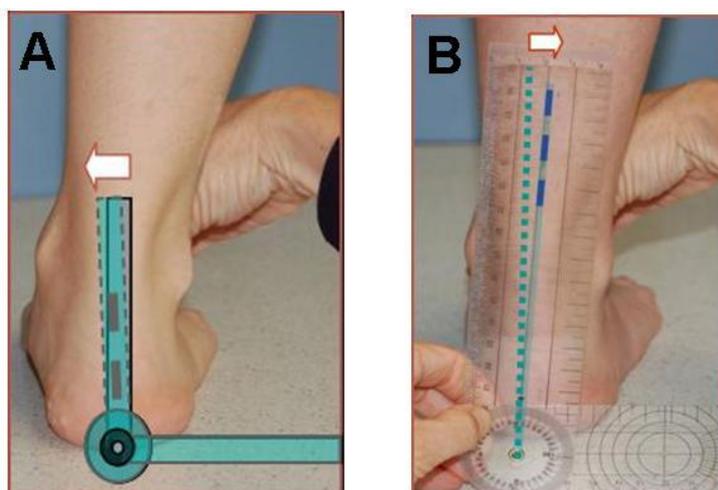


Figura 30. Cuantificación de los grados de la posición neutra del calcáneo en carga (PNCC) (A); y de la posición de la tibia (B).

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- Kapandji, I.A. *Fisiología articular: esquemas comentados de mecánica humana. V.2. Miembro inferior.* 5ª ed., 6ª reimp. Madrid: Médica Panamericana; 2007.
- Root, M.L.; Orien W.P.; Weed J.H. y Hughes, R.J. *Exploración biomecánica del pie.* Madrid: Ortocen; 1991.
- Hoppenfeld, S. *Exploración física de la columna vertebral y las extremidades.* 28ª reimp. México D.F.: El Manual Moderno; 2008.
- Dufour, M. *Anatomía del aparato locomotor. T.I. Miembro inferior.* Barcelona: Masson; 2003.
- Miralles Marrero, R.C. y Puig Cunillera, M. *Biomecánica clínica del aparato locomotor.* Barcelona: Masson; 2002.
- Buckup, K. *Pruebas clínicas para patología ósea, articular y muscular: exploraciones, signos y síntomas.* 3ª ed. Barcelona: Masson; 2007.
- Shünke, M.; Schulte, E. y Schumacher, U. *Prometheus: texto y atlas de anatomía.* Madrid: Médica Panamericana; 2005.
- Porter S. *Tidy fisioterapia.* Elsevier-Churchill: Barcelona; 2009.

Recibido: 1 octubre 2009.
Aceptado: 13 noviembre 2009.