



ORIGINAL

Representación gráfica del aporte vascular intraóseo y extraóseo del astrágalo. Anatomía ilustrada

Á. Fernández^a, D. Poggio^a, M. Llusá^{b,c}, C. Álvarez^{d,*} y M. Cufí Prat^e

^a Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Clínic de Barcelona, Barcelona, España

^b Departamento de Anatomía Humana y Embriología, Facultad de Medicina, Universidad de Barcelona, Barcelona, España

^c Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Clínic, Barcelona, España

^d Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Universitat Autònoma de Barcelona, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Barcelona, España

^e Hopital du Jura, Delémont, Suiza

Recibido el 25 de enero de 2021; aceptado el 20 de marzo de 2021

Disponible en Internet el 17 de junio de 2021

PALABRAS CLAVE

Astrágalo;
Irrigación vascular;
Intraóseo;
Extraóseo

Resumen

Introducción: La anatomía vascular del astrágalo ha sido motivo de investigación por parte de muchos autores, la complejidad de su análisis ha llevado a que no siempre sea fácil de comprender.

Sus características anatómicas hacen que algunas áreas sean más susceptibles de sufrir daños y compromisos vasculares tras lesiones traumáticas.

El objetivo de este estudio es describir la vascularización del astrágalo, tanto a nivel intraóseo como extraóseo, para obtener una representación gráfica que permita fácilmente conocer su red de irrigación vascular.

Material y métodos: Se han realizado las disecciones y los análisis de 19 piezas anatómicas de cadáver humano. Quince de esas piezas se han seccionado en diferentes planos, y se han preparado utilizando la técnica de Spalteholz modificada con inyección de látex con tinta azul y negra para visualizar la red vascular. Además, el estudio se ha complementado con una revisión bibliográfica exhaustiva sobre el tema.

Resultados: Los hallazgos han permitido concluir que la arteria tibial posterior aporta la irrigación más importante al cuello y cuerpo del astrágalo a través de la arteria del canal tarsiano y la rama deltoidea.

La arteria tibial anterior se divide en la arteria dorsal del pie para la cabeza y el cuello, y la arteria tarsal lateral que a través de las anastomosis origina la arteria del seno del tarso. La arteria peronea perforante, procedente de la arteria peronea, crea una anastomosis intraósea para el cuerpo y el proceso posterior.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: calvarezg@santpau.cat (C. Álvarez).

Conclusión: Los resultados obtenidos han permitido elaborar una representación ilustrada de las áreas de irrigación propias y comunes, que permite comprender de forma gráfica y sencilla la vascularización intraósea y extraósea del astrágalo.

© 2021 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Talus;
Talus blood supply;
Intraosseous;
Extraosseous

Graphic Representation of Intraosseous and Extraosseous Talus Blood Supply. Illustrated Anatomy

Abstract

Background: The vascular anatomy of the talus attracts intense research being not always easy to understand.

The high intraosseous variability together with the anatomical characteristics makes some areas of the talus more prone to vascular compromise.

The aim of this study is to describe the vascularization of the talus, both intraosseous and extraosseous.

Material and methods: From the literature reviewed, we have developed a graphic scheme that allows easy observation of the irrigation distribution. To this end, nineteen anatomical dissections of human cadaveric feet have been carried out. Fifteen fresh-frozen slices have been cut in different planes and prepared using the modified Spalteholz technique and latex injection with blue and black ink to visualize the vascular network. In addition, the study has been complemented with a comprehensive literature review on this subject.

Results: The findings allowed us to conclude that the posterior tibial artery provides the most important blood supply to the neck and body of the talus through the tarsal canal artery and the deltoid branch.

The anterior tibial artery splits in the dorsal pedis artery, for the head and neck, and the lateral tarsal artery which throughout anastomoses breeds the tarsal sinus artery. The perforating peroneal artery branches out from the peroneal artery, creating an intraosseous anastomosis for the body and the posterior process.

Conclusion: The results obtained have contributed to develop a graphical representation that we present in this study, which allows a simple understanding of the intraosseous and extraosseous vascularization of the talus.

© 2021 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El astrágalo es el segundo hueso más grande del tarso¹. Su función en el tobillo y pie, actuando como eslabón intermedio, permite el acoplamiento de los movimientos rotacionales de la tibia y del peroné con el pie. De esta forma participa en la distribución el peso del cuerpo, facilitando el ajuste de los pies en el suelo, y en general determina buena parte del comportamiento del llamado complejo periastragalino^{1,2}.

Este hueso se caracteriza por presentar algunas particularidades que lo hace más vulnerable para la osteonecrosis, especialmente cuando se altera su aporte vascular^{1,3}. Alrededor del 60% de su superficie está recubierta por cartílago articular, donde los vasos no pueden penetrar; no posee ninguna inserción muscular ni tendinosa, y no hay suficientes vasos perforantes ni irrigación colateral para asegurar el aporte vascular intraóseo^{1,2}.

La irrigación vascular del astrágalo, tanto extraósea como intraósea, se ha descrito previamente en otros artículos usando diferentes técnicas descriptivas⁴⁻⁸.

El propósito de este estudio es describir la irrigación vascular intraósea y extraósea del astrágalo a través de una representación ilustrativa, basándonos en los resultados obtenidos de las preparaciones realizadas, así como en la literatura consultada. La finalidad del mapa gráfico que presentamos es la de ilustrar de una forma fácilmente reconocible el aporte vascular de este hueso.

Material y métodos

Se utilizaron para este estudio 15 piezas congeladas de pies humanos cadavéricos procedentes del Servicio de Donaciones del Departamento de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona. El rango de edad fue de 70 a 90 años. Las muestras se cortaron en los 3 planos anatómicos en preparaciones de 0,5 cm. Para estudiar el aporte vascular intraóseo fue utilizada la técnica de Spalteholz modificada. Las piezas fueron deshidratadas en concentraciones ascendentes de etanol del 49 hasta el 99%; de este modo, el etanol se cambió una vez por semana durante 2 meses. Después de la deshidratación, las mues-

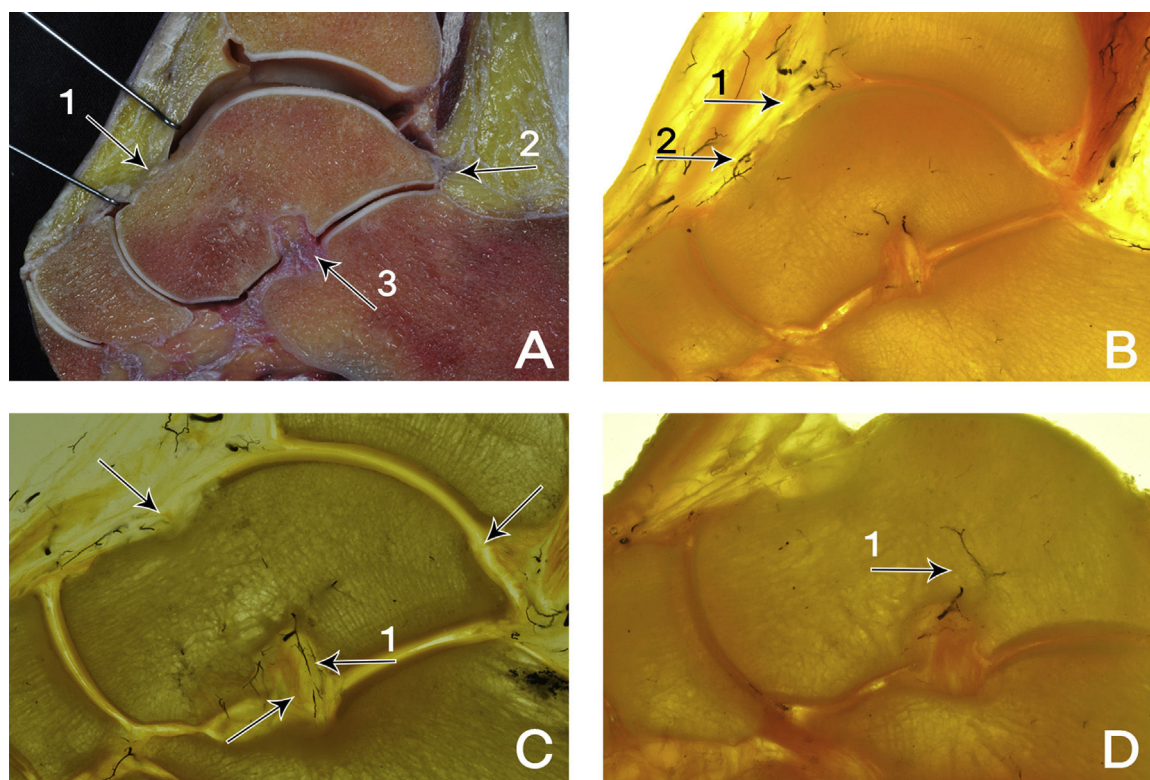


Figura 1 A) Corte sagital. Se observa en corte fresco la gran extensión de la superficie articular cartilaginosa del astrágalo y se muestra la inserción capsular (1), a través del cual penetran los vasos a nivel del cuello. Posteriormente se muestra el ligamento talofibular posterior (2). A nivel inferior, las inserciones del ligamento interóseo talocalcáneo (3). B) Corte sagital. Arteria tibial anterior (1). Rama de la arteria pedia dorsal (2). C) Corte sagital. Corte preparado en el que se demuestra la entrada de las arterias principales que irrigan el astrágalo: Arteria del seno del seno del tarso (1). D) Corte sagital. La arteria del seno del tarso (1) proporciona gran parte del aporte vascular intraóseo, especialmente en la porción medial y plantar del cuello.

tras quedaron sumergidas en etanol hasta que fue sustituido por una solución de tolueno, por 2 veces, en el intervalo de una semana. Finalmente, con el objetivo de visualizar el aporte vascular intraóseo del astrágalo, las piezas fueron sumergidas en salicilato de metilo. Se seleccionaron para ser fotografiadas 6 de las 15 piezas, las que presentaban una mejor definición del árbol vascular, con el objeto de resultar claramente ilustrativas y descriptivas. Las piezas restantes, si bien compartían las características del aporte vascular que describimos en nuestros hallazgos, no fueron fotografiadas para este estudio al presentar alguna desestructuración anatómica que no permitía una óptima caracterización y comprensión gráfica para el lector.

Resultados

El análisis del aporte vascular extraóseo e intraóseo de las piezas preparadas con la técnica de Spalteholz modificada evidenció que dicho aporte proviene de la arteria tibial posterior, la arteria tibial anterior y la arteria peronea. Se pudo demostrar y visualizar en los cortes sagitales los 3 puntos anatómicos de entrada vascular, los cuales son: las inserciones del ligamento interóseo talocalcáneo, el ligamento talofibular posterior y, anteriormente, la inserción capsular articular al cuello del astrágalo (figs. 1 y 2).

Se observó que el cuello talar posee escaso cartílago articular debido a sus inserciones ligamentosas, siendo en este espacio donde los vasos penetran. Este hecho se observa especialmente en los especímenes frescos preparados con inyección de tinta látex azul y negra (figs. 1 y 2). De este modo, las zonas más irrigadas del astrágalo están localizadas en la cara superior e inferior del cuello talar, en el seno del tarso, el canal tarsiano y en el tubérculo posterior del astrágalo (figs. 1A-C).

La arteria tibial posterior da la rama deltoidea para la porción medial superficial del cuerpo, así como algunas ramas para el calcáneo (fig. 1C). La otra rama, la arteria del canal tarsiano irriga la parte inferior del astrágalo a través de la arcada vascular del seno del tarso (figs. 1C y D).

La arteria tibial anterior origina la arteria dorsal del pie para irrigar la parte dorsolateral de la cabeza y el cuello, y sigue su trayecto para irrigar la parte media del pie (figs. 1B y C).

La otra rama de la arteria tibial anterior es la arteria tarsal lateral, la cual se anastomosa con la arteria del seno tarsal para proporcionar vascularización a la cabeza y el cuerpo (fig. 2C).

La arteria del seno del tarso aporta irrigación al cuello talar a través de las anastomosis, especialmente para la porción medial plantar del cuello (figs. 2A-D).

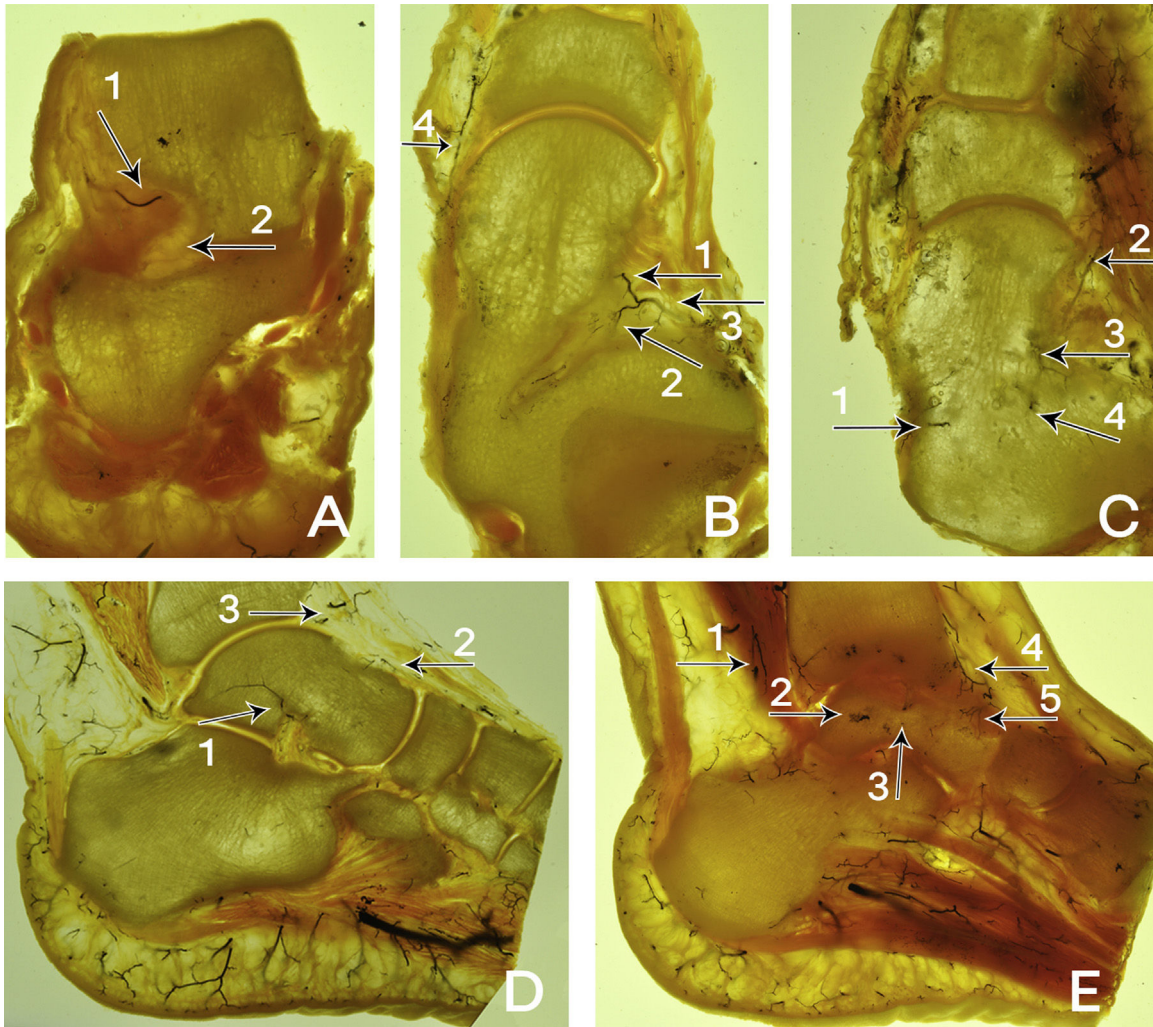


Figura 2 A) Corte coronal. Arteria del canal del tarso (1) y ligamento interóseo talocalcáneo (2). B) Corte transversal. Arteria pedia dorsal (1), arteria lateral tarsal (2), ramas de la arteria tibial anterior (3). C) Corte transversal. Arteria tibial posterior (1). En el otro lado, la arteria tibial anterior (2) que se divide en la arteria pedia dorsal (3) y la arteria lateral tarsal (4). D) Corte sagital. Arteria del seno del tarso (1). Sobre el cuello del talus se observa la arteria pedia dorsal (2) proveniente de la arteria tibial anterior (3). E) Corte sagital. En el lado izquierdo se observa la arteria peronea (1) y la rama perforante de la arteria peronea (2) con la formación de las anastomosis intraóseas (3). En el extremo superior del cuello, la arteria tibial anterior (4) y la rama dorsal de la arteria pedia dorsal (5).

La arteria peronea con su rama, la arteria peronea perforante, forma una anastomosis intraósea para la parte lateral del cuerpo del talus y especialmente para el proceso posterior.

A través de todas las preparaciones mostradas, se demuestra que existe una red vascular extraósea e intraósea que garantiza el aporte en toda la extensión del astrágalo. Existe una alta variabilidad anatómica que condiciona áreas más propensas para la necrosis avascular tras un traumatismo.

En la disección de uno de los especímenes se encontró, como hallazgo casual, signos compatibles con una lesión osteonecótica (figs. 3A y B).

A partir de los hallazgos obtenidos en la disección y preparación de las piezas de este estudio, se ha logrado elaborar una representación pictórica que ilustra, de manera

contrastada, clara y esquemática, la red de irrigación vascular intraósea y extraósea del astrágalo (figs. 4 y 5).

Discusión

Las fracturas del astrágalo representan el 2% de las fracturas de la extremidad inferior⁹.

Entre todas las fracturas de pie y el tobillo, las fracturas del cuello talar son menos del 1%¹⁰, pero son la parte más afectada del astrágalo (hasta en un 50% de los casos)².

Existe una dificultad para comprender el mecanismo del aporte vascular del astrágalo, por las peculiaridades de su anatomía, de su red anastomótica, y por la compleja comprensión con representaciones gráficas y anatómicas sobre el tema.

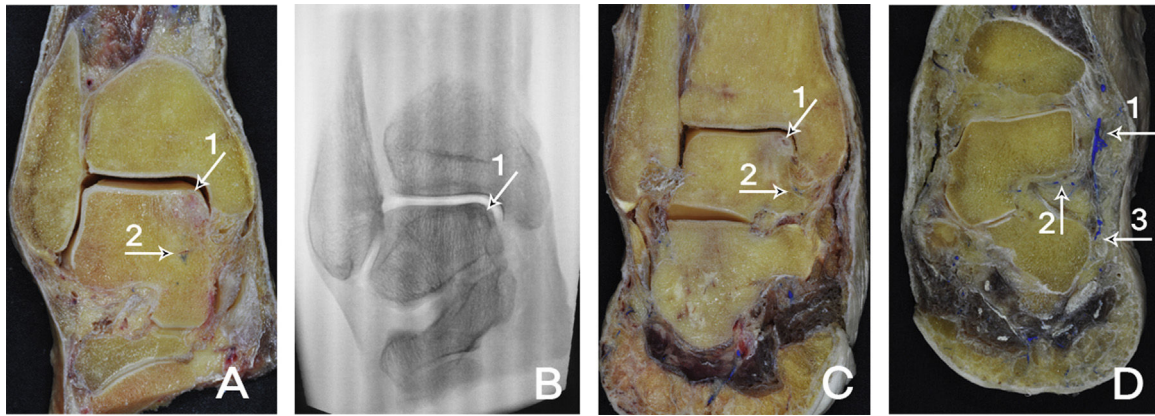


Figura 3 A) Corte coronal. Signos compatibles con osteonecrosis del segmento superomedial del cuerpo del talus (1). Arteria deltoidea (2). B) Corte coronal. Imagen radiológica. Se observa el signo radiológico compatible con lesión osteonecrótica del astrágalo (1). C) Corte coronal. Lesión osteocondral (1). Marcada con tinta de látex azul, se observa la rama deltoidea (2). D) Corte coronal. Arteria tibial posterior (1). Marcada con tinta de látex azul, se observa la rama deltoidea (2). Rama calcánea de la arteria tibial posterior (3).

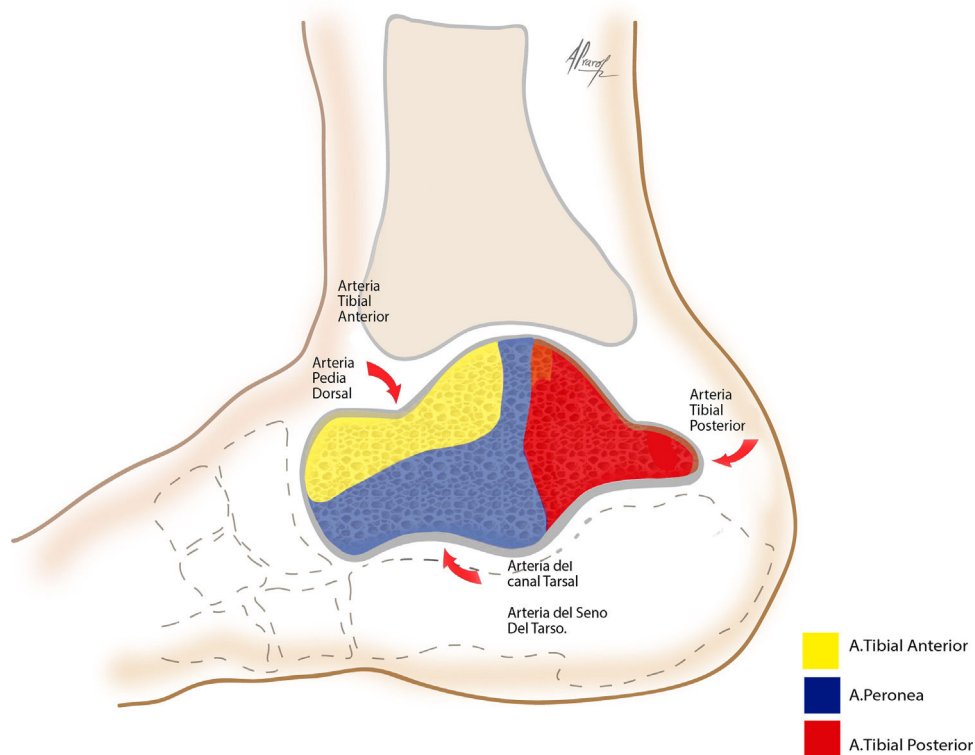


Figura 4 Vista sagital. Se muestra la representación gráfica del aporte vascular del astrágalo en 3 colores. Amarillo: La arteria tibial anterior que abarca la mayor parte de la cabeza y el cuello en el segmento dorsal a través de la arteria pedia dorsal y una porción menor por la rama perforante de la arteria peronea para el cuerpo. Azul: Se muestra el aporte de la arteria peronea, pero la mayor contribución de esta será a través de la perforante peronea junto con la rama tarsal lateral de la arteria tibial anterior para conformar la gran red del seno del tarso, la cual constituye la red más importante intraósea del astrágalo representado con un color intermedio violeta. Rojo: La arteria tibial posterior es la segunda en importancia, abarca toda la red intraósea encargadas de irrigar el tercio posterior del astrágalo a través de la rama deltoidea y calcánea, y que, además, contribuye a formar el plexo del seno del tarso, representado en color violeta.

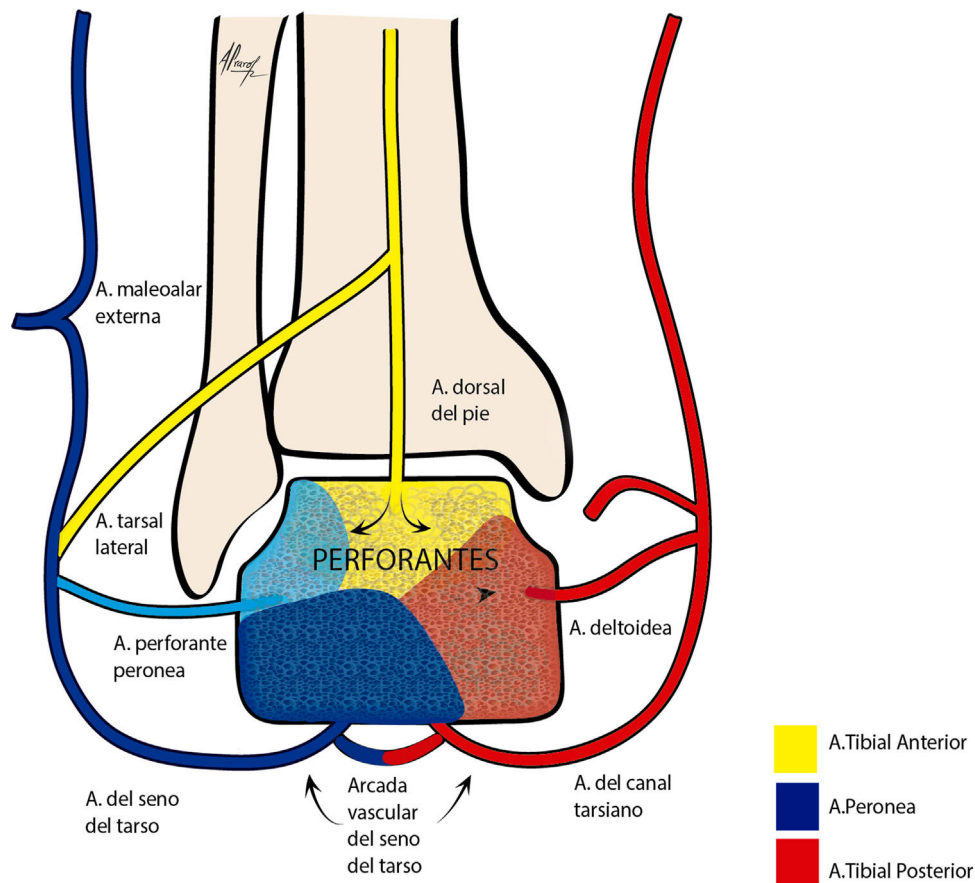


Figura 5 Vista coronal. Representación gráfica del aporte vascular del astrágalo en 3 colores.

Amarillo: La arteria tibial anterior penetra a través de la zona desprovista de cartilago en el cuello del astrágalo con la rama pedia dorsal de la arteria tibial anterior.

Azul: La mayor proporción de irrigación intraósea del astrágalo proviene de la arcada vascular del seno del tarso marcada en color violeta.

Rojo: Arteria tibial posterior representada en las ramas deltoidea, calcánea y del canal tarsiano.

Ya ha sido descrito, y así lo refuerza este estudio, que el astrágalo recibe suministro de sangre a partir de las ramas de las 3 arterias principales del pie: la arteria peronea, la arteria tibial anterior y la arteria tibial posterior⁵.

El principal aporte sanguíneo se dirige a la cabeza del astrágalo, y proviene de la arteria del canal tarsiano y de la arteria deltoidea, ramas de la arteria tibial posterior⁶ y la arteria de seno tarsal⁴.

Este trabajo reproduce lo descrito por otros autores, con respecto al suministro vascular del cuello talar por ramas anastomóticas de la arteria del seno tarsal⁶.

Las principales arterias del cuerpo talar se presentan desde el cuello, por esta razón, fracturas desplazadas de cuello pueden interrumpir la irrigación hacia el cuerpo.

Las fracturas de cuello comprometen el riego sanguíneo de los dos tercios centrales y laterales del cuerpo talar, pudiendo desarrollar una osteonecrosis en este área^{1,5}.

La estrecha relación entre el desplazamiento de la fractura de cuello talar, y el riesgo de dañar el suministro de sangre hacia el cuerpo es debido a que su riego sanguíneo es retrógrado de la cabeza hacia el cuerpo, por lo que, si

se interrumpe, no hay ninguna otra fuente vascular para la irrigar el cuerpo^{3,9,11}.

Dadas las particulares características vasculares y anatómicas del astrágalo, este ha sido objeto de estudio anteriormente por diversos autores⁴⁻⁸.

El método de plastinación utilizado en este estudio, la técnica de Spalteholz modificada, ha demostrado ser de gran utilidad para visualizar la red vascular intraósea.

Los resultados demuestran ser similares con los resultados de otros estudios, revelando que el astrágalo posee un aporte sanguíneo muy vulnerable^{1,5,7,8}.

Ha sido posible, en las piezas objeto de nuestro estudio, encontrar las principales ramas y anastomosis de las tres arterias principales del astrágalo.

Las limitaciones de este estudio incluyen la calidad de los ejemplares asociado a la edad de los especímenes, así como el tamaño de la muestra, limitando la generalización a toda la población. Por otra parte, la descripción de la fuente vascular es un método cualitativo por lo que no se dispone de un método de verificación exacto de la superficie irrigada del astrágalo. Por último, limitaciones de la técnica de

plastinación pueden ocultar la evaluación de la irrigación intraósea.

Conclusión

Podemos determinar que en el astrágalo existe una distribución sanguínea intraósea particular, debido a sus características anatómicas.

Se corrobora en este estudio que el astrágalo posee un aporte vascular vulnerable, ya que la mayoría de su superficie está cubierta por cartílago articular, lo que limita la penetración de los vasos hacia el interior del hueso. De ello deriva que algunas áreas del hueso se vean más fácilmente comprometidas cuando se altera el suministro de sangre.

La vascularización del astrágalo es complicada y no siempre fácil de entender. El mapa gráfico presentado en este trabajo facilita su comprensión.

Creemos que es de gran utilidad en el estudio de esta área, tener un esquema y representación ilustrada que permita comprender de forma rápida y sencilla la irrigación del astrágalo, lo que puede ayudar en el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de las fracturas o lesiones de este hueso.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Financiación

Los autores declaran que no han recibido financiación para la realización de la presente investigación, la preparación del artículo, ni su publicación.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia IV.

Bibliografía

1. Pearce DH, Mongiardi CN, Fornasier VL, Daniels TR. Avascular necrosis of the talus: A pictorial essay. *Radiographics*. 2005;25:399–410.
2. Koehler S. Talus fractures. Wolters Kluwer; 2013 [consultado 2015]. Disponible en: <http://www.uptodate.com/contents/talus-fractures>. 2013.
3. DiGiovanni CW, Patel A, Calfee R, Nickisch F. Osteonecrosis in the foot. *J Am Acad Orthop Surg*. 2007;15:208–17.
4. Tennant JN, Rungprai C, Pizzimenti M, Goetz J, Phisitkul P, Femino J, et al. Risks to the blood supply of the talus with four methods of total ankle arthroplasty: A cadaveric injection study. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96:395–402.
5. Prasarn ML, Miller AN, Dyke JP, Helfet DL, Lorch DG. Arterial anatomy of the talus: A cadaver and gadolinium-enhanced MRI study. *Foot Ankle Int*. 2010;31:987–93.
6. Oppermann J, Franzen J, Spies C, Faymonville C, Knifka J, Stein G, et al. The microvascular anatomy of the talus: A plastination study on the influence of total ankle replacement. *Surg Radiol Anat*. 2014;36:487–94.
7. Mulfinger GL, Trueta J. The blood supply of the talus. *J Bone Joint Surg Br*. 1970;52:160–7.
8. Peterson L, Goldie IF. The arterial supply of the talus: A study on the relationship to experimental talar fractures. *Acta Orthop Scand*. 1975;46:1026–34.
9. Aiyenuro O, Goldberg AJ. Fractures of the foot and ankle. *Surg (United Kingdom)*. 2016;34:460–7.
10. Halvorson JJ, Winter SB, Teasdall RD, Scott AT. Talar neck fractures: A systematic review of the literature. *J Foot Ankle Surg*. 2013;52:56–61.
11. Vallier HA. Fractures of the Talus: State of the Art. *J Orthop Trauma*. 2015;29:385–92.