

## Paleopatología del tendón de Aquiles corto y evolución de la marcha humana

Paleopathology of the short Achilles tendon and the human walking evolution

Antonio Cañellas Trobat<sup>1</sup>, Ramón Viladot Pericé<sup>2</sup>, Antonio Cañellas Ruesga<sup>3</sup>

1- Dr. en Medicina. Cirujano ortopédico. Hospital General Mateu Orfila. Mahón. Menorca  
Laboratorio de Antropología y Paleopatología. Museu de Menorca

2- Dr. en Medicina. Cirujano ortopédico. Clínica Tres Torres. Barcelona

3- Grado en Podología. Grado en Fisioterapia. Hospital General Mateu Orfila.  
Mahón. Menorca.

### Resumen

La brevedad del sistema aquileo-calcáneo-plantar (SACP) es una realidad cada vez más conocida y evaluada. Clínicamente presente en la actualidad en un elevado rango cercano al 50% de pacientes susceptibles de ser tratados. Nuestro estudio analiza las evidencias nosopáticas insercionales del SACP, de un amplio cómputo poblacional de la Edad de Bronce, con un rango global del 84% de presencia de exóstosis entesopáticas. Se establece nuestra clasificación tipológica métrica, con un 54% del grado I en las exóstosis retrocalcáneas y en el 68% de presencia en las subcalcáneas.

Se exponen los resultados de las exóstosis fémoro-tibio-calcáneas consecuentes a las elevadas sollicitaciones de tracción del sistema. Se revisa la literatura científica desde los hábitos posicionales y culturales del ser humano y, su influencia patológica en este decurso evolutivo.

El tendón de Aquiles corto que se observa con frecuencia en la población normal actual; probablemente no es de carácter idiopático, sino directamente relacionado con la evolución de la marcha, desde el inicio de la bipedestación hasta nuestros días. Aquí, nos permitimos exponer algunas reflexiones que vinculan estos procesos desde perspectivas de diversas áreas del conocimiento.

*Palabras Clave:* exóstosis, sistema aquileo-calcáneo-plantar, Aquiles corto, paleopatología, Edad de Bronce.

### Abstract

The brevity of Achilles-calcaneus-plantar system (SACP) is an increasingly known and revised reality. Clinically present today with a frequency near to 50% of patients that can be treated. Our study analyzes the evidence of pathologic insertion spur in SACP, in a large population of the Bronze Age, with a 84% overall presence of the spur exostoses.

It establishes our typological metric classification, with presence of 54% grade I in retrocalcaneus spur exostoses and 68% at the subcalcaneus level.

We show evidence of the femoro-tibial-calcaneal exostoses, as a consequence of a high tensile stresses on the system. We also review the scientific literature on the subject of positional and cultural habits of the human being, and their influence in this pathological evolutionary process.

The short Achilles tendon, often seen in the normal population nowadays, is probably not idiopathic in nature, but directly related to the motion evolution from the onset of the standing up mode to the present time. Here, we would like to offer some reflections that link these processes from the perspectives of different areas of knowledge.

*Key words:* exostoses, Achilles-calcaneus-plantar system, short calcaneus tendon, paleopathology, Bronze Age.

### Correspondencia

Antonio Cañellas Trobat  
Hospital General Mateu Orfila  
Jardins de Malbuger s/n  
07703 Mahón- Menorca Illes Balears  
zonox@telefonica.net

## Introducción

El sistema aquíleo-calcáneo-plantar (S.A.C.P), fue descrito en 1954 por R. Arandes y A. Viladot <sup>1</sup> (Fig. 1). También es conocido como sistema calcáneo-aquíleo-plantar, suro-aquíleo-calcáneo plantar o gastro-sóleo-aquíleo-calcáneo-plantar.

Está formado por el tríceps sural, a su vez compuesto por los músculos gastrocnemio y sóleo, el tendón de Aquiles, la parte posteroinferior del calcáneo, la aponeurosis y la musculatura corta plantar. Se extiende desde los cóndilos femorales hasta los dedos, por lo que, en su recorrido incluye las articulaciones de la rodilla y el tobillo. Dicho sistema es el elemento esencial para la propulsión del pie y constituye una unidad dinámica y funcional indispensable para la carrera y el salto.

Bonnel<sup>2</sup> le atribuye las funciones de suspensión, de sostén del arco interno del pie, de adherencia al suelo a través de la almohadilla grasa plantar y de la propulsión.

Según Llanos y Maceira<sup>3</sup> el S.A.C.P. “sirve para colocar al pie de puntillas en la fase de despegue de la marcha”; es decir, en el 3º rocker en el que actúan conjuntamente gastrocnemio y sóleo, mientras que en el 2º rocker el papel fundamental lo realiza el sóleo<sup>4</sup>.

El tendón de Aquiles corto, también denominado tendón calcáneo corto, se ha puesto de actualidad en los últimos años. Está presente en muchas patologías congénitas y adquiridas del pie como el pie equinovaro congénito, el pie plano astrágalo vertical, el pie cavo, en pies planos infantil y del adulto -por disfunción del tendón tibial posterior-, en determinadas metatarsalgias, etc.

Pero, es muy importante señalar que en estudios sobre población sin patología del pie, el tendón de Aquiles corto se observa en una proporción entre el 40%-50% y, se le atribuye una causa de origen idiopático o desconocido<sup>5</sup>.

En nuestra opinión, este carácter idiopático del acortamiento del tendón del Aquiles es discutible. El objetivo de este trabajo es llamar la atención sobre la gran cantidad de espolones o exóstosis retrocalcáneas, a nivel de la inserción del tendón de Aquiles, que hemos encontrado en un estudio realizado sobre calcáneos procedentes de individuos caucásicos mediterráneos de la Edad de Bronce y que interpretamos, objetivamente por las evidencias, como un signo evolutivo de la marcha humana.

Nuestros predecesores en la escala filogenética y, desde los primeros homínidos -i.e. *ardipithecus ramidus*, *australopithecus afarensis* y *sediba-*, caminaban con las rodillas en cierta flexión, lo que provocaba y condicionaba que el pie estuviera con unos grados de flexión dorsal.<sup>6, 7, 8, 9, 10</sup>

En la Edad del Bronce, encontramos un gran número de espolones retrocalcáneos, que son la traducción patológica de las importantes sollicitaciones biomecánicas del tríceps sural. En la actualidad, podemos extender la rodilla completamente, sin embargo, hay un acortamiento del tendón de Aquiles en muchos casos. (Fig. 2)

Por todo ello, pensamos que el tendón de Aquiles corto no es de causa desconocida y que, posiblemente, sea debido a un estadio en la evolución de la marcha humana; proceso éste que todavía no ha concluido.

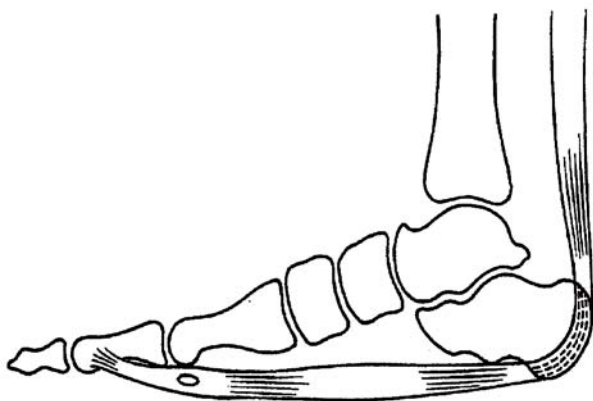


Fig.1.-Sistema aquíleo calcáneo plantar

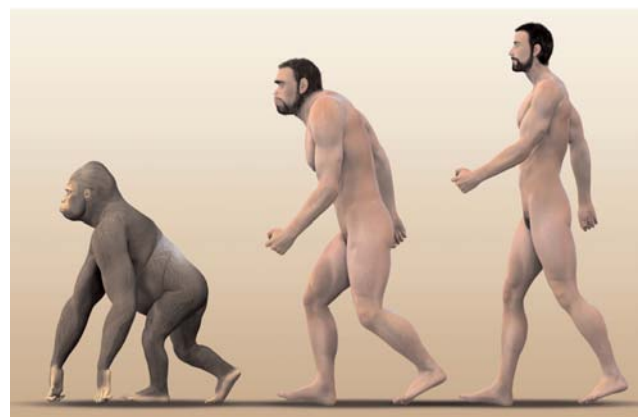


Fig. 2.- Evolución de la marcha humana

Actualmente, todos los científicos admiten las teorías de Darwin<sup>11</sup> sobre la evolución de las especies y, parece evidente que el hombre siga evolucionando. Este supuesto se puede observar y, se manifiesta de manera muy significativa en la adaptación a la bipedestación y en la marcha humana.

## Material y métodos

Bajo los auspicios del Museu de Menorca y de la Universitat de les Illes Balears, hemos tenido la oportunidad de estudiar un grupo de calcáneos, fémures y tibias de un total de 353 individuos caucásicos mediterráneos, inhumados de la Edad de Bronce de Menorca (Balears -España), procedentes de dos excavaciones realizadas en los yacimientos talayóticos de la Cova Gran de Mongofre Nou y, del poblado de Torre d'en Gaumés.

Los restos biológicos fueron datados en tres muestras con C14, tratándose de una población que habitó en la isla entre el 1.100 y 800 (+- 60) a.C., cronología que se confirmó, además, por el estudio de algunos restos analizados de materiales localizados en las excavaciones (ajuar de adorno personal, vasos de cerámica talayótica, etc.).

La edad adulta presentaba un rango de entre 20-40 años (58,76%) y de 40-50 años (9,29%). Muchas piezas óseas fueron rechazadas por el deterioro de las mismas, o por tratarse de niños y adolescentes excluidos de este estudio.

### Calcáneo

Estudiamos 293 piezas, de los que 43,4% correspondían a hombres, 28,4% a mujeres y el 28,2% a alofisos, o de sexo de difícil determinación.

En un gran número de calcáneos observamos la presencia de espolones retrocalcáneos y subcalcáneos.

Se midieron estas exóstosis retrocalcáneas con un calibrador o pie de rey (Fig 3), y establecimos tres grupos:

**Grupo I- hasta 4 mm.**

**Grupo II- de 4 a 8 mm.**

**Grupo III- mayor de 8 mm**



Fig. 3.- Medición comparativa del tamaño de las exóstosis retrocalcáneas.

En 20 piezas se realizaron radiografías de perfil para estudiar el sistema óseo aquíleo trabecular.

### Fémur

Estudiamos 66 piezas íntegras, para investigar las características de las zonas de inserción de ambos tendones gemelos en la parte distal y posterior del fémur.

Se pudo observar una prominencia ósea exostósante o hiperóstosica, generalmente cupuliforme y nunca espiculada.

### Tibia

Se examinaron 43 tibias, para estudiar la zona insercional ad hoc del sóleo de la cara posterior de la tibia.

## Resultados

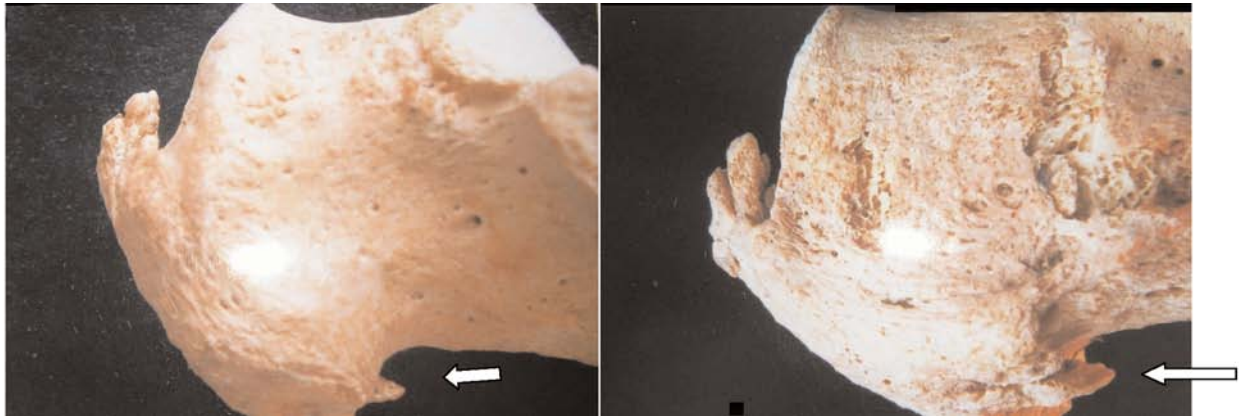
### Calcáneo

En los 293 calcáneos estudiados encontramos espolones retrocalcáneos en el 84% de las piezas examinadas (248 calcáneos). (Figuras 4 a y b).

En cuanto al tamaño de los espolones, 54% eran de grado I, 32% de grado II, y 14 % de grado III. En muchos casos el 68% (201 calcáneos) también estaba presente un espolón subcalcáneo de tamaño mucho menor.

Radiológicamente, en los 20 casos examinados se observó un refuerzo del sistema óseo aquíleo trabecular manifiesto, en el cerrado ángulo de la convexidad ósea. (Figura 5)





Figs. 4a y b.- Exóstosis posterosuperiores y las subcalcáneas de menor orden.

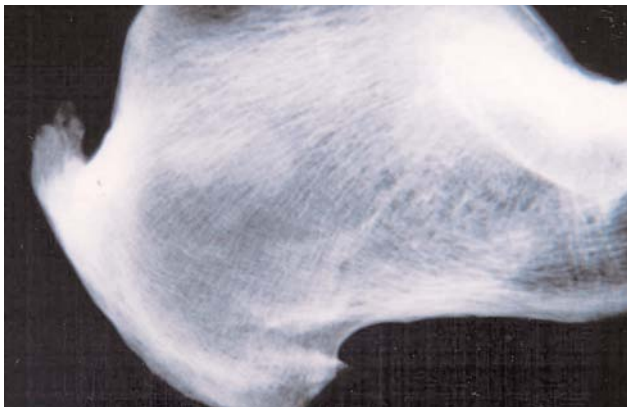


Fig. 5.- Refuerzo relevante del sistema óseo aquileo trabecular

**Fémur**

En el 73% (48 fémures), encontramos una prominencia ósea cupuliforme manifiesta a nivel de la zona de inserción del gemelo interno (figura 6); y en el 20% (13 fémures) la prominencia ósea se presentaba simultánea, tanto a nivel de la inserción del gemelo interno como del externo.



Fig. 6.- Prominencia exostósante en la inserción femoral del gastrocnemio interno.

**Tibia**

En el 44% (19 piezas) era evidente una cresta manifiesta, áspera y extensa en la amplia y oblicua superficie insercional del sóleo en la tibia. (Figura 7 a y b)

**Discusión**

En su trabajo original R. Arandes y A. Viladot<sup>1</sup> afirman que “las trabéculas posteriores del calcáneo serian como un gran sesamoideo, una rótula que transmitiría la potencia flexora del tríceps sural al antepie”.

Sin embargo, es cierto como dice Pascual Huerta “que no existen evidencias de que los sistemas trabeculares óseos puedan transmitir tensiones a distintos segmentos corporales”.

No tenemos dudas sobre la continuidad del S.A.C.P. a nivel del calcáneo en muchas especies animales<sup>12</sup>, en la ontogenia y en los niños. En los adultos, ello es más discutible desde un punto de vista anatómico y en muchos casos no hay continuidad entre el tendón de Aquiles, la fascia y la musculatura corta plantar; pero sin embargo, existe mecánicamente una evidente interrelación por lo que puede hablarse de un auténtico complejo funcional del S.A.C.P.<sup>13,14,15</sup>.

El S.A.C.P. “se adapta a la filogenia humana y evoluciona con la misma”<sup>12</sup>

En los cuadrúpedos, hasta llegar a la posición erecta, el calcáneo se encuentra en equino o de puntillas y es de mayor longitud que el humano. El tríceps tiene menor potencia, con el fin de conseguir mayor velocidad y la marcha se realiza en equinismo.



Figs. 7 a y b.- Cresta insercional del sóleo muy marcada en los dos casos

La longitud del hueso suple la menor función muscular. Cuando existe un buen brazo de palanca “un músculo menos robusto es suficiente”<sup>16</sup>.

En la transición entre un primate antropoide no bípedo a un homínido, el pie presenta una serie de cambios, especialmente a nivel del calcáneo<sup>17</sup>.

Cuando se inicia la bipedestación y la marcha humana, el calcáneo se acorta, desaparece el equinismo y el tendón de Aquiles adquiere mayor grosor.

En la serie estudiada llama la atención el predominio de varones sobre las hembras.

Cañellas<sup>18</sup> en su tesis doctoral sobre la rótula, encuentra una proporción de 3 a 1 en el discriminante sexual, con un claro predominio de varones entre la población de la Edad de Bronce mediterráneo sobre 747 piezas óseas.

La entesopatía humana, asociada en muchas ocasiones a exóstosis, es “un tributo a la bipedestación” en la que el músculo asume un importante papel, por la disminución del brazo de palanca al producirse el acortamiento del calcáneo en la escala evolutiva.

Los espolones retrocalcáneos son debidos a las sollicitaciones mecánicas del tendón de Aquiles. Sin embargo, los espolones subcalcáneos en muchos casos se originan a nivel de la inserción en la musculatura corta plantar (flexor corto, cuadrado plantar, abductor del 1ºdedo) y, no de manera exclusiva en la inserción de la fascia plantar. Buena prueba de ello es la presencia de dobles espolones en un mismo calcáneo<sup>19,20,21</sup>.

La marcha con las rodillas en flexión, era habitual

en las especies que nos han precedido y probablemente también en nuestros antepasados. Las rodillas en flexión obligan al pie a colocarse en flexión dorsal. Por esta manera de andar, el sóleo adquiere un papel importante y como resultado, una evidente patología.

Creemos que es por esta razón que, en bastantes ocasiones, al examinar la zona de inserción del sóleo en tibias de individuos de hace tres mil años, hemos encontrado una cresta insercional del sóleo muy marcada.

En un trabajo de Patel y DiGiovanni<sup>22</sup> encuentran una asociación en muchos casos entre la fascitis plantar y el tendón de Aquiles corto. Se observa una contractura del gastrocnemio y del sóleo en fascitis plantar, tanto en agudas como en crónicas -en un 23% y 30% respectivamente-; siendo mayor sin embargo la contractura aislada del gastrocnemio, entre el 60% y el 52%.

Podemos pues afirmar que el tendón de Aquiles retraído es causado por lo general por un gastrocnemio corto, pero en ocasiones también participa el sóleo. En el momento de la evolución de la marcha humana, en que la rodilla se coloca en extensión completa, disminuye la tensión en el músculo sóleo y aumenta la tensión en el gastrocnemio. Quizás, esto explicaría que en la actualidad existe, por lo general, un acortamiento del gastrocnemio y en menos casos del sóleo. La exploración clínica de la flexión dorsal del pie con la rodilla en extensión y en flexión (maniobra de Silverskjold), es de gran utilidad para determinar si la retracción es provocada sólo por el gastrocnemio o, por el gastrocnemio y el sóleo a la vez. (Figuras 8 a y b).



Figs. 8 a,b.-

- a) con la rodilla y el tobillo flexionados, la mayor tensión se encuentra en el sóleo.  
 b) con la rodilla en extensión, es el gastrocnemio el que sufre mayores sollicitaciones mecánicas.

Como señalan L.S. y P. Barouk,<sup>23,24</sup> no es el tendón el que está retraído o acortado sino el complejo músculo-aponeurótico (del músculo y la aponeurosis); por ello, cuando es necesario recurrir a la cirugía, es suficiente, -siguiendo a estos autores-, realizar una simple sección de la aponeurosis del tríceps sural.

Además del componente de retracción o acortamiento del sistema, podríamos añadir factores microtraumáticos, como la postura en cuclillas con los pies en contacto completo con el suelo y, con el tobillo en hiperextensión -posición en squatting- (Figura 9) que, normalmente utilizaban estos individuos -y utilizan hoy en día determinadas culturas- para descansar y/o manipular, favoreciendo en gran medida, las entesopatías aquí estudiadas.



Fig. 9.- Posición en squatting

### Conclusiones o consideraciones finales

De lo dicho hasta el momento se infieren lógicamente las siguientes conclusiones:

1.- El tendón de Aquiles corto, que se observa con frecuencia en la población normal actual, probablemente no es de carácter idiopático, sino directamente relacionado con la evolución de la marcha, desde el inicio de la bipedestación hasta nuestros días.

2.- Basamos esta idea, desde el estudio de un grupo de piezas esqueléticas humanas (calcáneos, fémures y tibias), de dos colecciones osteológicas del Museu de Menorca y, procedentes de las excavaciones realizadas en las cuevas de inhumación de la Edad de Bronce mediterráneo.

3.- Al iniciar la deambulación, la marcha se realizaba con las rodillas en cierta flexión por lo que, el músculo sóleo tenía mayor relevancia. Después y secundariamente, apareció la gran prevalencia de espolones retrocalcáneos, como patología o nosopatía resultante, que traducían las sollicitaciones mecánicas del tríceps sural sobre el hueso.

4.- En la actualidad la rodilla se dispone en extensión completa, tanto en la bipedestación como en la marcha; si bien, en frecuentes ocasiones, se evidencia y se padece un tendón de Aquiles corto residual.

Podríamos preguntarnos, si la evolución de la marcha humana ha terminado, o quizás, cuanto le queda todavía por concluir a este proceso adaptativo.



## Bibliografía

1. Arandes R, Viladot A. Biomecánica del calcáneo. *Med Quir.* 1954; 21:25.
2. Bonnel F, Pilon F, Claustre J. Le talon :structure et biomécanique. En: Claustre J, ed. *Pathologie du talon*. París. Masson;1986.
3. Llanos Alcázar LF, Maceira E. Biomorfología. En: Nuñez Samper M, Llanos Alcázar LF. *Biomecánica, medicina y cirugía del pie*. 2007.
4. Maceira E. Aproximación al estudio del paciente con metatarsalgia. *Rev. del Pie y tobillo*. 2003;17:14-9.
5. Kowalski C, Diebold P, Penneçot GF. Le tendon calcanéen court. *Encycl. Méd. Chir.* Ed. Elsevier. París. *Podologie*. 27-060-A-60.1999;16.
6. Isidro A. Biomecánica comparativa de la articulación subastragalina en los primates. *Generalidades. Rev. Med. Cir. del Pie*.1995;1(9):71-7.
7. Cazeau C. Faut-il s'intéresser à la bipédie? Analyse anatomique et biomécanique dans diverses classes animales. Utilisé pour la recherche de la phylogénie humaine. *Maîtrise Orthopédique*.2006;155.
8. Viladot A. L'évolution du Pie. *Actualités de Med. et Chirurgie du Pied*. Ed. Masson.1970;9:54-70.
9. Berillon G. Le pied des hominoïdes miocènes et des hominidés fossiles. *Cahiers de paléanthropologie*, CNRS éd. París. 2000.
10. Aout K, Aerts P, Clercq D, Meester K, Elsacker L. Segment and joint angles of hind limb during bipedal and quadrupedal walking of the bonobo (*pan paniscus*). *Am Journ Phys anthropol.*2002;119:37-51.
11. Darwin CH. *The descent of man*. London, 1871.
12. Domingo-Pech J., Girvent F.; Huguet J.: Anatomía comparada del sistema aquileo-calcáneo-plantar. *Chir. del Pie*.1981;1(5):1-8.
13. Snow SW, Bohne WHO, DiCarlo E, Chang VK. Anatomy of the Achilles tendon and plantar fascia in relation of the calcaneus in various age groups. *Foot and Ankle Int.*1995;16(7):418-21.
14. Kim PJ, Richey JM, Wissman LR, Steinberg JS. The variability of the Achilles tendon insertion: a cadaveric examination. *J. Foot Ankle Surg.* 2010 Sep-Oct; 49(59):417-20.
15. Carlson R, Fleming LL, Hutton WC. The biomechanical relationship between the Achilles tendon, plantar fascia and metatarsophalangeal joint dorsiflexion angle. *Foot Ankle Int.*2000;21(1):18-25.
16. Orts Llorca. *Anatomía Humana*. Ed. Científico-Médica. Barcelona,1970.
17. Latimer B, Lovejoy CO. The calcaneus of *Australopithecus afarensis* and its implications for the evolution of bipedality. *Am J. Phys. Anthropol*1989;78: 369-86.
18. Cañellas Trobat A. *La rótula humana: Análisis morfológico, antropológico y patológico*. [tesis doctoral]. Granada. Univ. Granada. 2006.
19. Forman WM, Green MA: The role intrinsic musculature in the formation inferior calcaneal exostoses. *Clin Podiatr Med Surg.*1990;7:217-23.
20. Barret LS, Day SV, Pignetti TT: Endoscopic heel anatomy: analysis of 200 fresh frozen specimens. *J Foot Ankle Surg.*1995; 34:51-5.
21. Abreu MR, Chung CB, Mendes L, Mohana-Borges A, Trudell D, Resnick D. Plantar calcaneal enthesophytes: new observations regarding sites of origin based on radiographic, MR imaging, anatomic, and paleopathologic analysis. *Skeletal. Radiol.* 2003;32:13-21.
22. Patel A, Di Giovanni B. Association between plantar fasciitis and isolated contracture of the gastrocnemius. *Foot Ankle Int.* 2011;32(1):47-54.
23. Barouk LS, Barouk P. *Reconstruction de l'avant-pied*. Springer-Verlag. France, París. 2005;158-67.
24. Barouk LS, Barouk P, Toullec E. Brièveté des gastrocnémiens (gastrocourts) et pathologie de l'avant-pied: La libération proximale chirurgicale. En: *La rétraction du triceps sural. Conséquences podologiques*. Hérisson C, Aboukrat P, Rodineau J. *Souramps Medical*.2005;156-69.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Los dibujos de las figuras 2, 8 y 9 han sido diseñados y confeccionados para este trabajo y por tanto, son propiedad exclusiva de los autores.