

# BIOMECÁNICA DE LA ARTROSIS ASIMÉTRICA DEL TOBILLO. POSIBILIDADES DE CIRUGÍA DE PRESERVACIÓN ARTICULAR

M. Domínguez Meléndez<sup>1</sup>, J. A. Constantino Cabrera<sup>2</sup>, C. Quiles Casas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Tobillo y Pie. Complejo Hospitalario Universitario de Badajoz

<sup>2</sup> Unidad de Ortopedia Infantil. Complejo Hospitalario Universitario de Badajoz. Departamento de Cirugía. Facultad de Medicina. Universidad de Extremadura

## 1

### Introducción

La biomecánica del tobillo y de la artrosis del mismo son materia en constante evolución, como se demuestra por la aparición de los trabajos de Barnett<sup>(1)</sup>, Perry<sup>(2)</sup> y Nüesch<sup>(3)</sup>.

La concepción simplista de Fick<sup>(4)</sup> de principios del siglo XX, que consideraba la articulación tibioperoneoastragalina como bisagra, cambió al comprenderse en la mitad del siglo pasado que la articulación subastragalina era indisociable de la del tobillo. Nació el concepto biomecánico de junta de cardán, que aún hoy sigue vigente con algunos matices.

Se realizaron trabajos descriptivos y funcionales sobre piezas anatómicas al final del siglo pasado<sup>(5)</sup> y aún hoy continúan apareciendo estudios *in vivo* de la biomecánica del tobillo, con la investigación de nuevas tecnologías, como la aportación de Montefiori<sup>(6)</sup>.

La artrosis de la articulación tibioperoneoastragalina suele tener una etiología traumática, no siendo infrecuente la desaxación asociada del retropié<sup>(7,8)</sup>. Esta mala alineación es más frecuente en varo que en valgo.

Se habla de artrosis asimétrica de tobillo cuando coexiste una mala alineación del tobillo-retropié con una zona sana de cartílago tibioperoneoastragalino de al menos el 50% de la superficie de la articulación. La historia natural de una artrosis asimétrica de tobillo consiste en la progresión a una artropatía de toda la articulación con mala alineación, que empeora la funcionalidad, así como de las articulaciones vecinas, y por consiguiente la calidad de vida del paciente empeora de forma sustancial<sup>(9)</sup>.



<https://doi.org/10.24129/j.mact.1201.fs2005001>

© 2020 SEMCPT. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® ([www.fondoscience.com](http://www.fondoscience.com)).

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND ([www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/](http://www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)).

El abanico terapéutico quirúrgico que podemos ofrecer a un paciente con artrosis asimétrica de tobillo es muy amplio y comprende la cirugía de realineación con fijación externa, interna, cirugía artroscópica, combinada...

### Conceptos anatómicos relevantes y biomecánica de un tobillo sano

La articulación tibioperoneoastragalina es una articulación troclear, difícilmente separable de la articulación subastragalina y astragaloescafoidea desde el punto de vista biomecánico. Es imperativo tener siempre presente el concepto de complejo articular periastragalino, así como otras consideraciones anatómicas:

- El grosor medio del cartílago tibioastragalino es de unos 0,8 mm<sup>(10)</sup>, muy por debajo de los 6-8 mm de la rodilla o los 4-5 mm de la cadera.

- El astrágalo tiene un rango de flexoextensión de unos 40-60° dentro de la mortaja, pero también realiza un importante movimiento de rotación de unos 10-15° dentro de la pinza tibioperonea. Este momento articular otorga un segundo plano de movimiento que, añadido a la basculación en valgo o varo que puede experimentar, convierten definitivamente al tobillo en una articulación poliaxial.

- La cara lateral del astrágalo es mayor que la medial.

- El grosor de la tróclea astragalina es mayor en su zona anterior que en su parte más posterior<sup>(7)</sup>. Estos dos últimos aspectos anatómicos justificarían que al realizar un movimiento de flexión plantar se produzca una aducción y al realizar un movimiento de flexión dorsal se asocie una abducción del tobillo.

- El comportamiento del cartílago de la articulación del tobillo con la edad difiere con respecto al de otras articulaciones del miembro inferior, como la cadera. Así, el cartílago tibioastragalino se deteriora más lento que el cartílago femoroacetabular<sup>(11)</sup>, a pesar de tener un grosor mucho menor.

El astrágalo en el centro de tobillo no solo configura una triple articulación con movilidad en los 3 planos, sino que es una estructura biomecánica fundamental que transforma fuerzas de carga verticales transmitidas por la tibia en fuerzas de carga horizontales al pie<sup>(2)</sup>. La sindesmosis permite el acoplamiento en esta compresión, teniendo

la movilidad fibular un papel esencial. Es también en el centro del astrágalo donde se sitúa el centro de rotación del segundo *rocker* de la marcha, durante la fase de apoyo.

La marcha puede dividirse en 2 fases principales: contacto y balanceo. A su vez, en la fase de contacto pueden distinguirse los 3 *rockers* de la marcha.

En el primer *rocker*, el talón (punto de giro de esta fase) está en una posición neutra o ligeramente en flexión dorsal, que es seguida por un momento inicial de plantarflexión pasiva en la fase de contacto. La articulación metatarsofalángica del primer radio tiene un leve momento dorsiflexor. El retropié está en inversión, bloqueando la articulación de Chopart. El contacto del talón se realiza normalmente en inversión, debido a la acción del músculo tibial anterior (principal dorsiflexor del tobillo, que en eje subastragalino normal suele ser también inversor del mismo) y del cuádriceps, que al dispararse en este punto final de la fase de balanceo mantiene la rodilla en extensión en contracción excéntrica, con un momento de rotación externa de la misma.

Antes de que el pie adopte una posición plantigrada y termine la primera fase de contacto, se produce un momento de torsión tibial interna que desbloquea el astrágalo y permite al retropié adoptar una posición neutra o ligeramente en evasión.

Durante la segunda fase de contacto o segundo *rocker*, el tobillo –que actúa como bisagra gradualmente gira en dorsiflexión hasta la posición neutra. El sóleo funciona como estabilizador de la tibia arrastrada por la inercia.

Al final del segundo *rocker* se dispara el tibial posterior como rotador externo tibial, provocando de forma indirecta un momento de inversión del retropié. El tríceps sural se contrae inmediatamente después para, una vez bloqueado el retropié, comenzar la elevación del talón.

Al final de esta fase, cuando el talón deja de contactar con el suelo, el centro de rotación se traslada al antepié, iniciándose la dorsiflexión de la primera articulación metatarsofalángica. Es en este punto donde se produce el despegue, el *toe-off* o tercer *rocker* de la marcha, con punto de giro situado en el centro de la articulación metatarsofalángica del primer radio.

En cambio, durante la fase de balanceo, el tobillo adopta en sujetos sanos una posición de

dorsiflexión máxima, con objeto de asegurar el aclaramiento de la marcha.

Estos movimientos de dorsiflexión y plantarflexión de tobillo no son aislados, sino que van ligados a movimientos coordinados con ante- y retropié. De hecho, la posición del retropié en inversión o eversión va a condicionar el grado de movilidad del mediopié y el tobillo, y viceversa. Se estima en unos 30-40° aproximadamente la flexoextensión necesaria del tobillo durante un ciclo de la marcha.

Aunque la movilidad en el plano sagital tiene evidentemente un papel destacado en la biomecánica del tobillo, no hay que olvidar la movilidad en los planos transversal y coronal. Así, existen estudios que avalan la movilidad media de unos 21° en el plano coronal y de unos 8° en el plano transversal<sup>(12)</sup>.

### Biomecánica de la artrosis asimétrica de tobillo y de la cirugía de preservación articular

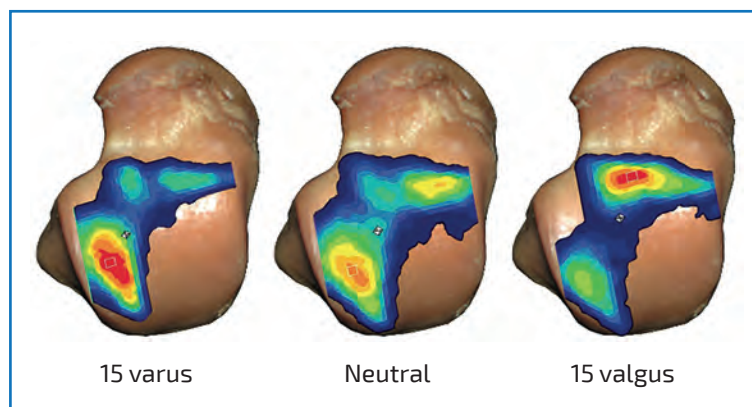
La artrosis asimétrica de tobillo se define como una mala alineación de tobillo-retropié con al menos un 50% de superficie cartilaginosa sana.

Al evaluar el tobillo debemos evitar importar una visión simplista paralela a la de la rodilla, en la que una desaxación en valgo provocaría una artrosis unicompartimental de tobillo en su cara externa y una afectación del aspecto medial de la plataforma tibial y la cúpula astragalina con la deformidad en varo. En articulaciones congruentes sin deformidad fibular, un varo de 15° provoca un aumento de cargas importante en la zona posterolateral, mientras que un valgo de 15° aumenta la carga en el cartílago de la zona anteromedial<sup>(13,14)</sup>. Esto indica que actuar solamente a nivel tibial distal en pacientes con artrosis asimétrica de tobillo probablemente conduzca a un resultado mediocre, porque se estaría obviando al peroné y a todas las partes blandas que impiden también llevar al astrágalo en una posición centrada en la mortaja (**Figura 1**).

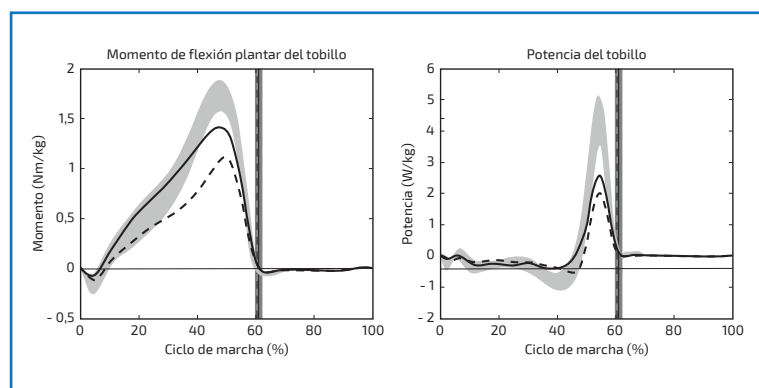
Estudios recientes<sup>(3)</sup> muestran que el comportamiento de la artrosis asimétrica de tobillo, desde el punto de

vista biomecánica y funcional, difiere de forma notable en relación con la alineación del tobillo-retropié. En estas investigaciones, se tuvo en cuenta la alineación del retropié en dinámico, la fuerza de flexión plantar del tobillo y la velocidad de la marcha, comparándose grupos de pacientes con mala alineación en varo, valgo y grupo control con alineación normal. Se encontró que había una disminución de la variable fuerza de flexión plantar de tobillo en pacientes con artrosis asimétrica, en comparación con el grupo control, pero que esta diferencia era aún mayor en pacientes con alineación en valgo. No se encontraron diferencias en cuanto a la velocidad de la marcha. También demostraron que, en pacientes que fueron sometidos posteriormente a cirugía de preservación articular, la movilidad subastragalina y el momento de fuerza en el despegue a costa de la flexión plantar del tobillo seguían siendo menores que en el tobillo contralateral sano. La activación y la adaptación musculares no mostraban diferencias tras la cirugía de preservación articular (**Figura 2**).

En estudios con un mayor número de pacientes<sup>(15)</sup>, donde se reflejaron otras variables como la velocidad de la marcha, la longitud del paso o la longitud de la zancada en relación con la alineación



**Figura 1.** Tres lecturas del sensor de presión proyectadas sobre el astrágalo. La cabeza y cuello astragalinos apuntan hacia arriba, derecha es medial. Los colores más cálidos indican presiones más altas. En varo de 15° sin osteotomía de peroné hay un cambio de presión en dirección posterolateral; en valgo de 15° sin osteotomía de peroné hay un cambio de presión en dirección anteromedial. Del artículo Knupp M, Stufkens SA, van Bergen CJ, Blankevoort L, Bolliger L, van Dijk CN, Hintermann B. Effect of supramalleolar varus and valgus deformities on the tibiotalar joint: a cadaveric study. Foot Ankle Int. 2011;32:609-15.



**Figura 2.** Momento medio de flexión plantar externa del tobillo y potencia del tobillo durante un ciclo de la marcha (comienzo y final de contacto del talón) para pacientes con artrosis de tobillo en varo (línea continua) y con artrosis de tobillo en valgo (línea discontinua). Las líneas verticales indican el tiempo de despegue. Las zonas sombreadas en gris representan datos normales (media  $\pm$  desviación típica) de controles sanos del momento y potencia (área gris clara) y tiempo de despegue (área gris oscura).

ción de retropié, no se encontraron, sin embargo, diferencias estadísticamente significativas ni clínicamente relevantes.

Enlazando con el concepto que abordamos inicialmente de articulación periastragalina, hay trabajos<sup>(16)</sup> que sugieren que los pacientes con artrosis tibioastragalina aislada tienen, durante la fase de apoyo, una disminución importante de la movilidad subastragalina. En concreto, se observó una disminución de la movilidad tibioastragalina durante el primer *rocker* de la marcha, así como una disminución importante de la movilidad subastragalina durante el segundo y tercer *rocker*.

Estudios biomecánicos recientes<sup>(17)</sup> demuestran que la artroplastia total de tobillo disminuye de forma importante el dolor y aumenta la movilidad en relación con la articulación artrósica, pero no es suficiente para restaurar valores normales de movilidad subastragalina o tibioastragalina, momento de reacción del suelo y grado máximo de flexión plantar de tobillo.

Ante una artrosis unilateral de tobillo, la realización de una artrodesis aumenta la carga biomecánica en el tobillo contralateral<sup>(18,19)</sup>, aunque puede mejorar ciertas anomalías de función de la marcha<sup>(20)</sup>, especialmente ante una artrosis tibioastragalina y subastragalina<sup>(21)</sup>, en la que mejoran velocidad de la marcha, movilidad de la cadera o momento de fuerza soportado.

## Opciones de cirugía de preservación articular

El concepto de cirugía de preservación articular del tobillo incluye todas aquellas técnicas que no sustituyen ni fusionan la articulación tibioastragalina, siendo las más relevantes las osteotomías realineadoras de tobillo-retropié.

El interés creciente por las osteotomías alrededor del tobillo se ve reflejado en el reciente aumento de las publicaciones relativas a estas técnicas quirúrgicas. En algunas ocasiones, por todo lo comentado hasta ahora, no se limitan a procedimientos locales o intraarticulares, dentro de la articulación del tobillo, sino que se extienden al calcáneo, a nivel supramaleolar, etc., y pueden además combinarse entre sí, dependiendo del tipo de contexto lesivo que esté padeciendo el paciente.

No existe un guión estricto a la hora de tratar una artrosis asimétrica de tobillo. Por ello, es extremadamente importante detectar ciertas lesiones que pueden acompañar a la artrosis asimétrica de tobillo. No diagnosticar la coexistencia de inestabilidad periastragalina, lesión peroneal, inestabilidad sindesmal, malunión fibular, etc., puede comprometer el resultado final del tratamiento de la artrosis asimétrica de tobillo.

A lo largo de la monografía, tendremos la oportunidad de ahondar en las distintas opciones para abordar cada uno de estos escenarios posibles.

La artroscopia de tobillo es, para muchos autores<sup>(22)</sup>, una herramienta esencial para tratar la artrosis asimétrica de tobillo, sobre todo para la extracción de cuerpos extraños, lesiones osteocondrales focales, lesiones sindesmales o compromisos anterolaterales. Para otros, forma parte de una rutina de tratamiento, dentro del mismo acto quirúrgico de la osteotomía supra- o infra-maleolar: para valorar la cantidad de capital cartilaginoso del tobillo, reparar lesiones intraarticulares concomitantes, etc.

Aunque la complicación más frecuente es la lesión del nervio por el portal anterolateral<sup>(23)</sup>, se han descrito lesiones secundarias a la resección artroscópica del compromiso o choque anterior de tobillo, tales como un aumento del grado de inestabilidad periastragalina.

Ya desde 1995 aparecieron los primeros trabajos<sup>(24)</sup> con resultados favorables en el tratamiento de la artrosis parcial de tobillo con fijación externa circular, al importarse desde la cadera al tobillo el concepto de artrodiastasis. Exige una curva de aprendizaje o una familiarización con la técnica de fijación externa circular, pero su uso sigue en aumento, gracias a la tasa de resultados predecibles. La fijación externa circular móvil sigue siendo el estándar, si bien hay múltiples montajes descritos<sup>(25)</sup> para el tratamiento de la artrosis asimétrica de tobillo con buena alineación mediante la artrodiastasis.

Desde los trabajos de Takakura<sup>(26)</sup>, las osteotomías supra- o inframaleolares para tratar la artrosis asimétrica ha experimentado un interés creciente<sup>(27-29)</sup>, siendo en muchas ocasiones el tratamiento de elección<sup>(30)</sup>. Se ha superado así el uso exclusivo de artroscopia, técnicas de reconstrucción ligamentosa, transferencias tendinosas para restaurar un equilibrio de fuerzas deformantes o el uso de fijación externa circular.

## Bibliografía

- Barnett CH, Napier JR. The axis of rotation at the ankle joint in man. Its influence upon the form of the talus and the mobility of the fibula. *J Anat.* 1952;86:1-9.
- Perry J. *Gait Analysis: normal and pathological function.* 1992. pp. 3-51.
- Nüesch C, Barg A, Pagenstert G, Valderrábano V. Biomechanics of asymmetric ankle osteoarthritis and its joint-preserving surgery. *Foot Ankle Clin N Am.* 2013;18:427-36.
- Fick R, Eisler, Bardeleben K. *Anatomie und mechanik der gelenke.* Vol II. 1904. pp. 405-22.
- Sanz Gómez TA. Estudio anatómico y funcional de la articulación subastragalina. [Tesis doctoral Universidad de Extremadura].
- Montefiori E, Modenese L, Di Marco R, Magni-Manzoni S, Malattia C, Petrarca M, et al. An image-based kinematic model of the tibiotalar and subtalar joints and its application to gait analysis in children with Juvenile Idiopathic Arthritis. *J Biomech.* 2018;12:1-10.
- Valderrábano V, Horisberger M, Russell I, Dougall H, Hintermann B. Etiology of ankle osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467:1800-6.
- Saltzman CL, Salamon ML, Blanchard M, Huff T, Hayes A, Buckwalter JA, Amendola A. Epidemiology of ankle arthritis. *Iowa Orthop J.* 2005;25:44-6.
- Hayes BJ, Gonzalez T, Smith JT, Chiodo CP, Bluman EM. Ankle arthritis: You can't always replace it. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24:29-38.
- Akiyama K, Sakai T, Sugimoto N, Yoshikawa H, Sugamoto K. Three-dimensional distribution of articular cartilage thickness in the elderly talus and calcaneus analyzing the subchondral bone plate density. *Osteoarthritis Cartilage.* 2012;20:296-304.
- Kempson GE. Age-related changes in the tensile properties of human articular cartilage: a comparative study between the femoral head of the hip joint and the talus of the ankle joint. *Biochim Biophys Acta.* 1991;1075:223-30.
- Nester CJ, Findlow AF, Bowker P, Bowden PD. Transverse plane motion at the ankle joint. *Foot Ankle Int.* 2003;24:164-8.
- Knupp M, Stufkens SA, van Bergen CJ, Blankevoort L, Bolliger L, van Dijk CN, Hintermann B. Effect of supramalleolar varus and valgus deformities on the tibiotalar joint: a cadaveric study. *Foot Ankle Int.* 2011;32(6):609-15.
- Stufkens SA, van Bergen CJ, Blankevoort L, van Dijk CN, Hintermann B, Knupp M. The role of the fibula in varus and valgus deformity of the tibia. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg (Br).* 2011;93B:1232-9.
- Nüesch C, Huber C, Pagenstert G, von Tscharnar V, Valderrábano V. Muscle activation of patients suffering from asymmetric ankle osteoarthritis during isometric contractions and level walking – A time-frequency analysis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22:939-46.
- Kozanek M, Rubash HE, Li G, de Asla RJ. Effect of post-traumatic tibiotalar osteoarthritis on kinematics of the ankle joint complex. *Foot Ankle Int.* 2009;30:734-40.
- Queen R. Directing clinical care using lower extremity biomechanics in patients with ankle osteoarthritis and ankle arthroplasty. *J Orthop Res.* 2017;35(11):2345-55.
- Kerkhoff YRA, van Boxtel W, Louwerens JWK, Keijsers NLW. Asymmetries in gait and balance control after ankle arthrodesis. *J Foot Ankle Surg.* 2018;57(5):899-903.
- Segal AD, Cyr KM, Stender CJ, Whittaker EC, Hahn ME, Orendurff MS, et al. A three-year prospective comparative gait study between patients with ankle arthrodesis and arthroplasty. *Clin Biomech.* 2018;2018:42-53.
- Tenenbaum S, Coleman SC, Brodsky JW. Improvement in gait following combined ankle and subtalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:1863-9.
- Brodsky JW, Tenenbaum S, Coleman SC. Improvement in gait caused by ankle arthritis are improved by ankle arthrodesis. *Bone Joint J.* 2016;98-B:1369-75.

22. Barp EA, Erickwon JG, Hall JL. Arthroscopic treatment of ankle arthritis. *Clin Podiatr Med Surg*. 2017;1:1-12.
23. Zwiers R, Wiegerinck JI, Murawski CD, Fraser EJ, Kennedy JG, van Dijk CN. Arthroscopic treatment for anterior ankle impingement: a systematic review of the current literature. *Arthroscopy*. 2015;31:1585-96.
24. Valburg AA, Roermund PM, Lammens J, Melkebeek J, Verbout AJ, Lafeber FPIG, Bijlsma JWJ. Can Ilizarov joint distraction delay the need for an arthrodesis of the ankle? *J Bone Joint Surg (Br)*. 1995;77-B:720-5.
25. Kluesner AJ, Wukich DK. Ankle arthrodiastasis. *Clin Podiatr Med Surg*. 2009;26:227-44.
26. Takkakura Y, Tanaka Y, Kumai T, Tamai S. Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. *J Bone Joint Surg (Br)*. 1995;77-B:50-4.
27. Espinosa N. What leads to failure of joint-preserving surgery for ankle osteoarthritis? *Foot Ankle Clin N Am*. 2013;18:555-69.
28. Hinterman B, Knupp M, Barg A. Joint-preserving surgery of asymmetric ankle osteoarthritis with peritalar instability. *Foot Ankle Clin N Am*. 2013;18:503-16.
29. Barg A, Pagenstert GI, Horisberger M, Paul J, Gloyer M, Henninger HB, Valderrábano V. Supramalleolar osteotomies for degenerative joint disease of the ankle joint: indication, technique and results. *Int Orthop*. 2013;37:1683-95.
30. Pagenstert GI, Hintermann B, Barg A, Leumann A, Valderrábano V. Realignment surgery as alternative treatment of varus and valgus ankle osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;462:156-68.