

7 ¿Por qué no coloco prótesis de tobillo en la artropatía degenerativa?

Ernesto Maceira Suárez

*Unidad de Cirugía del Pie y Tobillo. Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología.
Hospital Universitario Quirón Madrid. Pozuelo de Alarcón*

El presente texto, atendiendo a su título, corresponde a un argumentario del autor y no pretende más que justificar su opinión en el momento actual (abril de 2014). El desacuerdo con su contenido no sólo es perfectamente razonable, sino necesario. A medio plazo, la artroplastia de tobillo será el tratamiento de elección en la mayoría de los casos de artropatía degenerativa, pero usará implantes y técnicas distintas de las actuales.

Artropatía degenerativa del tobillo. Líneas generales de tratamiento

La **artropatía degenerativa del tobillo** es una condición clínica a la que se puede llegar como secuela de un traumatismo (forma más frecuente), una alteración mecánica (alineación y geometría articular), una enfermedad sistémica (ya sea reumática, metabólica o de cualquier otro origen) o de forma idiopática (poco frecuente). La historia natural de la artropatía degenerativa del tobillo es muy variable, de modo que deterioros articulares graves pueden tolerarse muy bien, y otros con mínimo deterioro aparente resultan discapacitantes. En mi experiencia, la mayoría de los pacientes conviven con la lesión razonablemente bien con **tratamiento incruento**, e incluso sin tratamiento. La elección de un calzado adecuado, capaz de paliar la pérdida del segundo *rocker* del pie, permite a la mayoría de los pacientes realizar una marcha prácticamente normal, desde el punto de vista clínico, y con mejoría franca de los parámetros mecánicos cuantificables. En este sentido, resultan especialmente eficaces los zapatos con suela en mecedora, si el paciente se adapta a ellos. El tratamiento ortésico es una de las piedras angulares en la mejora de la calidad de vida de estos pacientes, tanto antes como después de una eventual intervención. La rehabilitación consigue mantener una función adecuada y mejoría sintomática en muchos casos.

No soy partidario del tratamiento de estas lesiones con la **infiltración intrarticular** de sustancias de diversa

naturaleza, por motivos que incluyen, en mayor o menor medida: el riesgo potencial de empeorar la situación de la articulación o comprometer un futuro tratamiento quirúrgico, la falta de evidencia clínica en los beneficios que teóricamente proporcionan, la mala experiencia clínica y el coste económico que representan⁽¹⁻⁴⁾. No obstante, son métodos de tratamiento aceptados por la comunidad ortopédica, y parecen funcionar mejor en otras localizaciones. Los problemas mecánicos articulares, necesitan soluciones mecánicas.

En los pocos casos en que la sintomatología resulta discapacitante, está indicado el **tratamiento quirúrgico**. Sus objetivos son, en orden de prioridad, la consecución de un pie indoloro, plantígrado y flexible⁽⁵⁾. Las intervenciones pueden agruparse en técnicas conservadoras y destructivas. Obviamente, las **intervenciones conservadoras** son aquellas en las que al terminar el procedimiento el paciente sigue teniendo su propia articulación. La artroscopia aislada o asociada a otras técnicas es una herramienta útil. La artrodiástasis es un procedimiento recomendado por algunos cirujanos, como medio de ganar tiempo o incluso evitar un tratamiento destructivo^(6,7). Sin embargo, todavía no es un procedimiento aceptado en general, probablemente por motivos técnicos y de tolerancia del paciente. Las osteotomías de realineación son imprescindibles siempre que exista una desviación angular intersegmentaria o una desalineación del esqueleto de la pierna o el pie. Esta premisa es válida con independencia de que consideremos una intervención destructiva o conservadora. Una artrodesis o una artroplastia probablemente fracasen si el pie no es plantígrado.

Cuando el paciente afecto de artropatía degenerativa de tobillo tiene dolor a la movilización pasiva en descarga, la superficie articular probablemente tendrá que ser eliminada para conseguir un pie indoloro. Si los tratamientos conservadores han fracasado y el paciente se encuentra discapacitado, se hace necesaria una **intervención destructiva**. El segundo objetivo quirúrgico, tras la consecución de un pie indoloro, es que sea plantígrado, es decir, capaz de adoptar la postura anatómica con



el sujeto en bipedestación estática. Si además de conseguir un pie con apoyo plantígrado se puede mantener flexible el tobillo, se habrán alcanzado los tres objetivos quirúrgicos, lo que actualmente sólo puede conseguirse con la artroplastia total de tobillo, cada vez más perfeccionada y sin duda primera indicación en el futuro. Pero ¿actualmente es mejor que una artrodesis tibiotarsoalcalcánea en posición adecuada? Una paciente delgada, con secuelas de una enfermedad reumática, con una demanda de actividad física moderada o reducida, en la actualidad debe ser sometida a una artroplastia total de tobillo por un cirujano ortopédico experimentado en la técnica quirúrgica. Pero no muchos de los pacientes que por su situación clínica precisan de un procedimiento destructivo corresponden a ese perfil. El paciente que precise de una extremidad preparada para soportar solicitaciones importantes, probablemente tenga un resultado más predecible con una artrodesis tibiotarsoalcalcánea que con una artroplastia. La prótesis de tobillo se encuentra actualmente en la cuarta generación: los implantes de resuperficialización tibial⁽⁶⁾, que pueden mejorar el stock óseo y la fijación del componente tibial.

Una tercera intervención destructiva, inicialmente prometedora, pero actualmente poco fiable, es la sustitución de la articulación por un aloinjerto. En la actualidad puede estar indicada en casos muy seleccionados y realizados por cirujanos altamente especializados, pero incluso en sus manos los resultados son mediocres⁽⁹⁾.

Prácticamente la totalidad de los pacientes que pierden la articulación del tobillo pierden también la subastragalina. Probablemente quede bloqueada en varo en el plazo de unos 5 años, con independencia de que haya o no alteraciones artrósicas en ella, debido, entre otras cosas, al predominio de la acción de los músculos inversores sobre los eversores, que, una vez fusionado el tobillo, ejercen toda su acción sobre la subastragalina⁽¹⁰⁾. Este bloqueo en varo empeora notablemente la capacidad de suplencia de la articulación de Chopart, que idealmente podría proporcionar una cierta dorsiflexión pasiva al pie con respecto de la pierna⁽¹¹⁾. La fusión simultánea de la articulación subastragalina en valgo, al realizar la fusión del tobillo, puede facilitar el funcionamiento de la articulación mediotarsiana como reservorio de dorsiflexión, tan preciada para el paciente con un tobillo enfermo. Por eso pienso que la artroplastia de tobillo debe compararse con una artrodesis tibiotarsoalcalcánea con subastragalina en valgo, y no con una simple artrodesis de tobillo.

El motivo por el que, en general, creo que actualmente la artrodesis tibiotarsoalcalcánea es mejor indicación que la artroplastia total para la mayoría de los pacientes, es que el resultado de la fusión es más predecible y puede precisar de un menor número de

reintervenciones a medio y largo plazo⁽¹²⁾. Es una intervención más resolutiva, que hace más probable que el paciente llegue a olvidarse del nombre de su cirujano. Si al paciente se le explican verdaderamente las ventajas e inconvenientes de cada técnica, sin limitarse a ofrecer las opciones de fijar o no el tobillo, probablemente opte por no operarse y resistir un poco más, o por una fusión como segunda opción preferida. Pienso que son pocos los que realmente necesitan conservar el movimiento que le queda antes de la intervención, porque mucho más no va a ganar, aunque se haga una artroplastia⁽¹³⁾. Obviamente es el balance entre riesgos y beneficios de cada tipo de procedimiento el que me lleva a preferir la artrodesis tibiotarsoalcalcánea. Los riesgos incluyen las complicaciones de ambos procedimientos. Los beneficios de la artroplastia se refieren a la normalización de la mecánica de la marcha del paciente, lo que implica que el tobillo debe ser flexible y estable. Si el resultado final es un tobillo rígido, la artroplastia habrá fracasado en su objetivo funcional y no será más que una artrodesis cara.

¿Qué se le pide a la prótesis? Que proporcione un punto de apoyo estable, al tiempo que permita la progresión. La artrodesis de tobillo supone la pérdida del segundo *rocker* del pie durante el apoyo. Desde el punto de vista mecánico, la justificación de la artroplastia de tobillo es la conservación del segundo *rocker*.

¿Qué pide la prótesis? Evitar los peligros mecánicos del implante (aflojamiento aséptico, hundimiento, inestabilidad articular y desgaste excesivo), un sustrato limpio, bien alineado, con buen estado de las partes blandas y con suficiente arco de movimiento.

Prótesis de tobillo

La sustitución de las superficies articulares del tobillo del paciente por otras artificiales se encuentra actualmente en pleno auge, y sus resultados mejoran espectacularmente, pero sigue suponiendo un elevado número de reintervenciones debido a las complicaciones tanto mecánicas como biológicas que conlleva.

Peligros mecánicos del implante

1. **Aflojamiento aséptico:** habitualmente debido a solicitaciones por cizalleo en la interfaz hueso-implante.
- En las prótesis cementadas, el fallo puede ser de origen biológico (respuesta inflamatoria) o mecánico; el polimetil-metacrilato soporta bien las solicitaciones compresivas puras, pero no las tensiles ni por cizalleo.

- Las prótesis por fijación biológica se basan en superficies porosas o con recubrimiento de hidroxiapatita. La compresión estimula la formación de hueso, pero las fuerzas tensiles o por cizalleo producen tejido fibroso en la interfase.

La superficie articular del implante tibial puede o no estar fija al anclaje óseo. En los diseños de soporte fijo (*fixed-bearing*), las articulaciones congruentes constreñidas generan momentos rotacionales de cizalleo en la interfase implante-hueso. En los implantes con soporte móvil (*mobile-bearing*) se establecen dos articulaciones congruentes separadas que funcionan al unísono para reducir el cizalleo en la interfase. La interfaz ideal debe estar basada en la fijación biológica (p.ej.: superficie porosa o con revestimiento de hidroxiapatita), con solicitaciones fundamentalmente compresivas y reducción al mínimo del cizalleo y solicitaciones tensiles⁽¹⁴⁾.

2. **Hundimiento:** debido a debilitación de los sistemas trabeculares.

El soporte que proporcionan la tibia y el astrágalo decrece a medida que nos separamos de la articulación. Por término medio, la tibia distal resiste la compresión un 40% menos que el astrágalo. El uso de tetones y la resección amplia de hueso pueden debilitar la estructura trabecular. Los defectos de alineación agravan el problema⁽¹⁵⁾.

La resistencia trabecular disminuye tremendamente a medida que se profundiza en la tibia⁽¹⁶⁾. Parece lógico, si consideramos que sus trabéculas epifisarias se disponen a modo de arco de punta invertido y las paredes a ese nivel tienen una cortical muy fina; ésta no se engrosa hasta la diáfisis. Aquí no hay un calcar que ayude a soportar el implante como en la cadera, ni una amplia superficie de sustentación como en la rodilla.

La estructura interna del astrágalo ofrece mejor soporte al implante. Los de superficialización resecan una cantidad mínima de hueso y se toleran muy bien, pero no deben usarse en casos de osteonecrosis. Los de resección obviamente suponen una pérdida de hueso que puede ser vital en un eventual rescate, pero pueden ser útiles en revisiones de artroplastias previas o en el tratamiento de algunas necrosis⁽¹⁵⁾.

3. **Inestabilidad articular:** grados de libertad de movimiento.

La alineación intersegmentaria es clave en la estabilidad articular y en el desgaste del implante. La desalineación o desaxación tibiotalariana, en cualquiera de los planos, conducirá a un fracaso del implante; por tanto, si la alineación preoperatoria es defectuosa, debe resolverse simultáneamente a la implantación de la prótesis o diferir el implante a un segundo tiempo⁽¹⁷⁾.

La geometría articular es el principal elemento estabilizador del tobillo. Las partes blandas juegan un papel

importante, pero secundario, de forma que una mala alineación segmentaria o una mala cobertura esquelética someterán a las partes blandas a un estrés que no podrán soportar⁽¹⁵⁾. Por otra parte, la correcta cobertura esquelética, junto con la reducción de los momentos externos generados por el par fuerza de reacción del suelo/peso corporal, hará prácticamente innecesaria la participación de algunas de las partes blandas en el funcionamiento del tobillo.

Los grados de libertad de movimiento de un sistema representan el número de coordenadas que es necesario definir para determinar la posición y orientación de un objeto en el mismo. A mayor número de grados de libertad, menores solicitaciones en la interfaz con el hueso y mayor inestabilidad del implante.

4. **Tribología del implante:** fricción, lubricación y desgaste.

El **desgaste** excesivo y la enfermedad de las partículas son los principales problemas relacionados con la tribología del implante. El polietileno tolera muy mal las cargas puntuales. Nuevamente es crucial la geometría articular: a mayor superficie de contacto, menor presión. Además, es necesario asegurar un grosor mínimo del polietileno. Según la congruencia de las superficies articulares de la prótesis, pueden ser constreñidas o no constreñidas; el desgaste es mayor en las semiconstreñidas de dos piezas. La alineación intersegmentaria es importante para asegurar una correcta distribución de fuerzas, evitando las cargas puntuales⁽¹⁸⁾. Los defectos de alineación intersegmentaria son una causa muy importante de fracaso en la artroplastia total de tobillo⁽¹³⁾.

En los diseños *mobile-bearing* (Star®, Mobility®), la congruencia articular es mayor. El constreñimiento es mínimo, pero suponen riesgo de sobrecarga de los bordes y luxación. Teóricamente su desgaste es menor y el aflojamiento también, pero la segunda articulación contribuye a la formación de partículas.

En los diseños *fixed-bearing* (Agility®), la superficie de contacto con el hueso es mayor, pero también lo son el estrés por cizalleo en la interfase con el hueso y la resección ósea. Una eventual artrodesis de rescate probablemente precise de aporte masivo de injerto. Estos implantes precisan de la fusión de la sindesmosis. Es evidente que un paciente que haya tenido la desgracia de perder un tobillo, no pierde mucho más si también pierde la sindesmosis tibioperonea. Con independencia de su estado de conservación preoperatorio, la fusión de la sindesmosis proporciona una mayor superficie de contacto y soporte disponible para el implante, aunque lo hace con módulos elásticos no uniformes⁽¹⁵⁾.

Recientemente se han desarrollado implantes de resuperficialización tibial a través de un acceso lateral transfibular⁽⁶⁾. Se trata de un diseño que reduce al



mínimo la resección ósea, aumentando por tanto la resistencia estructural al hundimiento y mejorando la estabilidad articular.

En otras ocasiones, aunque el implante haya superado los riesgos que conlleva su implantación, puede que no cumpla con las expectativas funcionales esperadas. La **rigidez** postoperatoria puede conducir a un resultado similar o peor que el de una artrodesis. La prótesis de tobillo puede conservar el arco de movimiento preoperatorio, pero no mejorarlo. En el mejor de los casos, la ganancia media de movilidad está en torno a los 5°⁽¹³⁾, incluyendo gestos complementarios como el alargamiento del Aquiles.

Entre los **riesgos biológicos** de la artroplastia de tobillo, cabe destacar la infección y las alteraciones cicatriciales de las partes blandas.

Artrodesis de tobillo

Actualmente sigue siendo la técnica de elección entre la mayoría de los cirujanos ortopédicos, pero la tendencia a la artroplastia parece imparable y parece tener asegurada indicación de patrón de oro en el futuro.

La fusión de la articulación del tobillo supone siempre la pérdida del segundo *rocker* de la fase de apoyo del ciclo de la marcha. Las articulaciones vecinas conforman el *pool* funcional; se verán obligadas a compensar en lo posible la falta de movimiento en la articulación fusionada⁽¹⁹⁾. Obviamente, el plano en el que se produce el mayor arco de movimiento en el tobillo durante la marcha es el sagital, para permitir la progresión. Se dice, equivocadamente, que la subastragalina es buena articulación de suplencia del tobillo, pero la movilidad que la subastragalina puede proporcionar en el plano sagital una vez fusionado el tobillo, se realiza exclusivamente en flexión plantar, mediante una subluxación anterior, y el movimiento que realmente necesita el paciente con una artrodesis de tobillo es la dorsiflexión pasiva; ésta podrá realizarse en la interlínea de Chopart, siempre que la subastragalina esté en valgo⁽¹¹⁾. Por este motivo, y para reducir al mínimo la aparición de lesiones por sobrecarga en las estructuras vecinas con las consiguientes reintervenciones, considero que el éxito de la fusión del tobillo está en la posición de la fusión (pie plantigrado) y la inclusión de la subastragalina en la artrodesis (en cierto valgo, cerrando el seno del tarso), con independencia de su estado de conservación preoperatorio.

Tras una artrodesis de tobillo, el paciente caminará muy mal cuando esté descalzo, pero un calzado adaptado puede permitir un movimiento talón-dedos prácticamente normal⁽²⁰⁾. Hay dos estrategias muy útiles de adaptación del calzado tras una artrodesis de tobillo:

el uso de tacones SACH (*solid ankle cushion heel*) y las suelas en mecedora (*rocker bottom*), que pueden mejorar los parámetros cinéticos y cinemáticos de la marcha hasta valores casi normales⁽²¹⁾ (Figura 1).

El complejo periastragalino funciona como un cardán o articulación universal en condiciones normales. Tras la fusión de la tibiotarsiana, no sólo se pierde su función, sino también la de la articulación subastragalina, que tenderá a bloquearse en varo con el tiempo, independientemente de que la subtalar presente o no cambios artrósicos⁽²²⁾. Mientras la subastragalina esté en valgo, lo que equivale a decir que la columna astragalina quedará al lado medial de la columna calcánea, la mediotarsiana tendrá capacidad de proporcionar una cierta dorsiflexión pasiva durante el apoyo intermedio de la marcha, lo que puede compensar parcialmente la falta de dorsiflexión en el tobillo. Pero si la subastragalina se bloquea en varo, la dorsiflexión pasiva en Chopart se perderá, anulando la posible compensación de la movilidad en el plano sagital entre la pierna y el pie. Por este motivo, Viladot recomienda la fusión simultánea de la subastragalina en valgo, cuando se pierde la articulación del tobillo^(11,23). Antes de la aparición de los clavos retrógrados para la fusión tibiotarso-calcánea, la fusión del tobillo con el bloqueo en valgo de la subastragalina se conseguía con técnicas como la de Putti, en la que se usaba una pastilla deslizante de la tibia distal que, perforando el astrágalo, conectaba directamente la tibia con el calcáneo⁽¹¹⁾. Con la aparición de los clavos retrógrados se facilita la fusión simultánea de tobillo y subastragalina: lo que debemos asegurar, antes de la implantación del clavo, es que la subastragalina esté en valgo, para lo cual es útil, después de preparar las superficies subastragalinas, cerrar el seno del tarso, lo que supone mantener un adecuado descruzamiento de astrágalo y calcáneo en el plano transversal.

Las complicaciones más frecuentes e importantes de las artrodesis se deben a alineaciones o angulaciones incorrectas⁽²⁴⁾. Entre ellas, el equino y el varo son probablemente las más frecuentes y discapacitantes. La metatarsalgia y el dolor a lo largo del borde externo del pie se presentarán en mayor medida a lo largo de la evolución postoperatoria. Pueden hacerse necesarias intervenciones adicionales y habrá que considerar dónde y cómo se actúa para mejorar la sintomatología. Puede que haya que modificar la posición de la artrodesis, o puede que sea adecuado actuar sobre la consecuencia.

El clavo intramedular retrógrado, como técnica de artrodesis tibiotarso-calcánea, conlleva unos riesgos importantes, incluyendo defectos de alineación, fracturas agudas y diferidas, pseudoartrosis, lesión de elementos neurovasculares (especialmente el nervio plantar externo), infección, rotura del implante, etc. Se trata de una

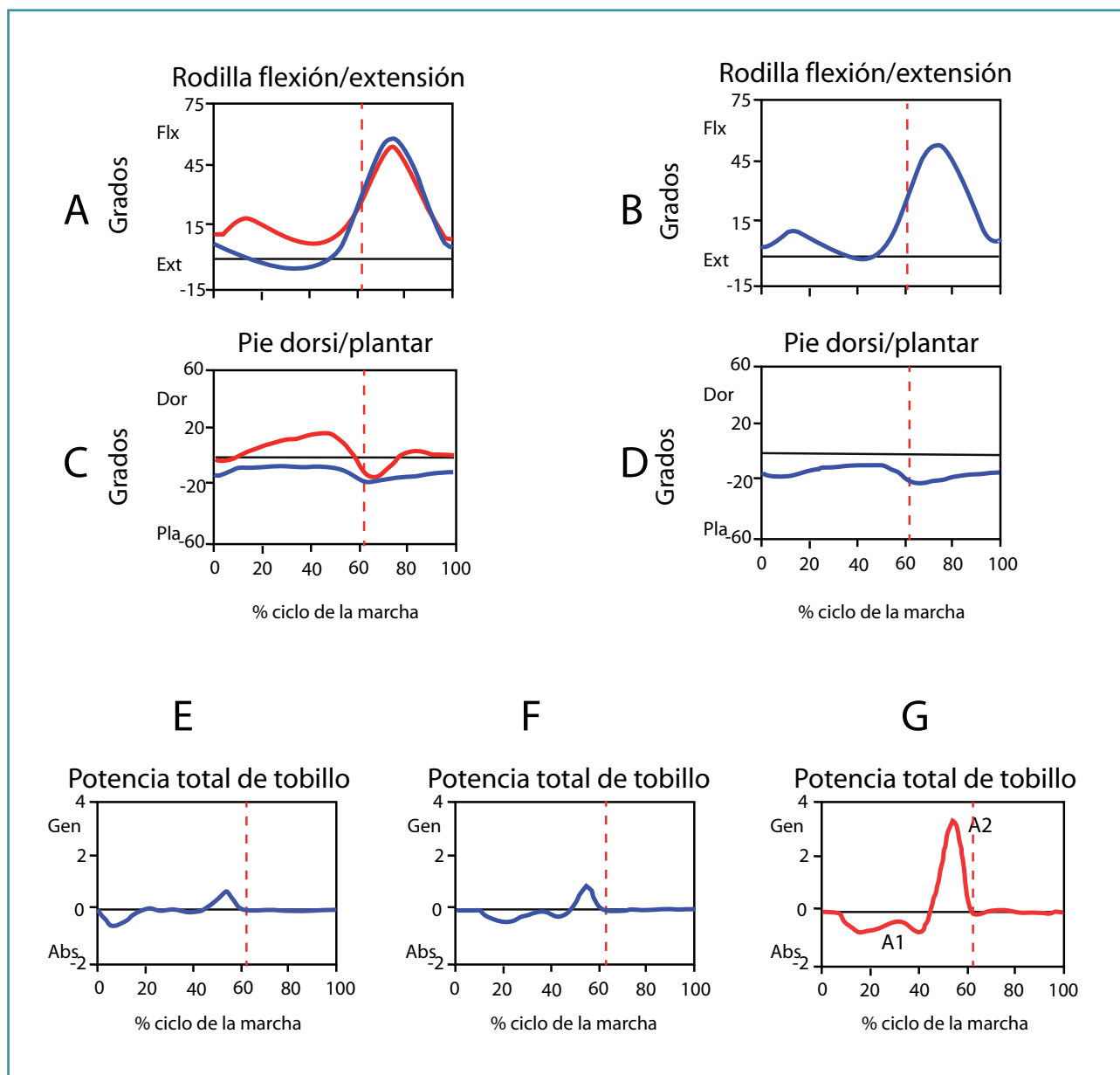


Figura 1. Registros cinemáticos y cinéticos de la marcha de una paciente con artrodesis de tobillo calzada y descalza. **A)** Cinemática de la rodilla en el plano sagital, descalza; la curva roja representa el miembro sano y en ella se identifican perfectamente los dos picos de flexión, en el apoyo y el balanceo. La curva azul corresponde al miembro con artrodesis de tobillo; su rodilla permanece hiperextendida durante el apoyo, por lo que falta el primer pico de flexión. **B)** Cinemática de la rodilla ipsilateral a la artrodesis de tobillo, usando el calzado habitual de la paciente. Plano sagital. La mejora de la cinemática de la rodilla calzada es evidente, restableciéndose el primer pico de flexión y reduciendo la hiperextensión. **C)** Cinemática de los tobillos en el plano sagital, descalza. La curva roja corresponde al miembro sano. La curva azul, al tobillo artrodesado. Hay una marcada flexión plantar del tobillo fusionado, que pese a la artrodesis parece moverse al principio y al final del apoyo. Este hecho se debe a que en realidad el equipo identifica como movimiento del tobillo la variación angular entre los segmentos pierna y pie, recogiendo también el movimiento intrínseco de éste (Vicon; *Hellen Hayes marker set*). En el tobillo artrodesado, la curva es asintótica a lo largo de todo el apoyo intermedio; no hay movimiento en el plano sagital entre la pierna y el pie. **D)** Cinemática sagital del tobillo artrodesado, con la paciente usando su calzado habitual. La amplitud total del movimiento aparente del tobillo sigue siendo reducida, pero su perfil reproduce los tres *rockers* del pie. **E)** Cinética del tobillo artrodesado en el plano sagital, descalza. No se registra ninguno de los picos normales de frenada ni de aceleración. **F)** Con la paciente calzada, el pico de generación de potencia sigue siendo mínimo, pero aparece una cierta absorción de potencia durante el apoyo intermedio, que no existía cuando caminaba descalza. **G)** El registro cinético del tobillo sano de la paciente en el plano sagital, descalza, muestra unos picos A1, de absorción de potencia, y A2, de generación de potencia, perfectamente normales.



intervención que exige de una planificación y ejecución lo más precisas posible. En los casos simples, sin necesidad de aporte de injerto estructural, el paciente puede apoyar con ortesis de tipo Walker larga no articulada y bastones a las dos semanas de la intervención, siendo preferible la compresión dinámica. La artrodesis puede precisar del aporte de injerto estructural, fundamentalmente en casos de pérdida de stock óseo. Entonces la consolidación está más comprometida, siendo preferible usar compresión estática y no autorizar el apoyo hasta bien iniciada la consolidación, en torno a los tres meses de postoperatorio.

Conclusiones

La mayoría de los pacientes con artropatía degenerativa de tobillo toleran la enfermedad relativamente bien, salvo que haya desaxaciones o angulaciones importantes, fundamentalmente en equino y varo. En caso de desaxación, es necesaria la realización de osteotomías de alineación para conseguir un pie plantigrado; tras la correcta alineación, la tolerancia puede mejorar notablemente incluso sin la sustitución de la superficie articular.

Si la movilidad pasiva del tobillo en descarga le resulta dolorosa al paciente, será necesario recurrir a una intervención destructiva. La realineación mecánica del esqueleto de la pierna y el pie no será suficiente para eliminar el dolor, con independencia de que la alineación previa fuera adecuada o no. Entonces es cuando hay que optar por una artrodesis o una artroplastia.

La artroplastia es el futuro del tratamiento de la artropatía degenerativa del tobillo, pero no estoy muy seguro de que sea el presente. Durante la realización de una artroplastia de tobillo, debe tenerse siempre presente que puede precisar de intervenciones adicionales, incluyendo la posibilidad de una artrodesis como rescate.

Es imprescindible que se siga trabajando en la artroplastia de tobillo por parte de cirujanos con amplia experiencia en este campo, para conseguir que el procedimiento llegue a convertirse en algo tan rutinario y fiable como son las artroplastias de cadera y rodilla en la actualidad.

Bibliografía

1. Wellington KH, Mishra A, Rodeo SR, Fu F, Terry FA, Randelli P, Canale ST, Kelly FB. Platelet-rich plasma in orthopaedic applications: evidence-based recommendations for treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 2013. 21(12): 739-48.
2. Salk, RS, Chang TJ, D'Costa WF, Soomekh DJ, Grogan KA. Sodium hyaluronate in the treatment of osteoarthritis of the ankle: a controlled, randomized, double-blind pilot study. *J Bone Joint Surg* 2006; 88A: 295-302.
3. Abate M, Schiavone C, Salini V. Hyaluronic acid in ankle osteoarthritis: why evidence of efficacy is still lacking? *Clin Exp Rheumatol* 2012; 30 (2): 277-81.
4. Ward ST, Williams PL, Purkayastha S. Intra-articular corticosteroid injections in the foot and ankle: a prospective 1-year follow-up investigation. *J Foot Ankle Surg* 2008; 47 (2): 138-44.
5. Viladot Pericé A. Quince lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Toray; 1989.
6. Paley D, Lamm BM. Ankle joint distraction. *Foot Ankle Clin* 2005; 10: 685-98.
7. Marijnissen AC, van Roermund PM, van Melkebeek J, Lafeber FP. Clinical benefit of joint distraction in the treatment of ankle osteoarthritis. *Foot Ankle Clin* 2003; 8: 335-46.
8. Schon L. Challenges in the future. Baltimore Fellows Foot and Ankle Meeting 2013. Breckenridge, Colorado.
9. Jeng CL, Kadakia A, White KL, Myerson MS. Fresh osteochondral total ankle allograft transplantation for the treatment of ankle arthritis. *Foot Ankle Int* 2008; 29 (6): 554-60.
10. Silver RL, de la Garza J, Rang M. The myth of muscle balance. *J Bone Joint Surg* 1985. 67B (3): 432-7.
11. Viladot Pericé A. Tratamiento de la artrosis de tobillo mediante endoprótesis. *Rev Ortop Traumatol* 1996; 40: 389-96.
12. Krause FG, Windolf M, Bora B, Penner MJ, Wing KJ, Younger AS. Impact of complications in total ankle replacement and ankle arthrodesis analyzed with a validated outcome measurement. *J Bone Joint Surg* 2011; 93A: 830-9.
13. Coetzee JC, DeOrio JK. Total ankle replacement systems available in the United States. *Instr Coures Lect* 2010; 59: 367-74.
14. Buechel FF. Total ankle replacement - State of the art. M. Jahss (ed.). Vol. III. Cap. 97. WB Saunders; 1991. p. 2671-87.
15. Easley ME, Vertullo CJ, Urban WC, Nunley JA. Total ankle arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 2002; 10: 157-67.
16. Hvid I, Rasmussen O, Jensen NC, Nielsen S. Trabecular bone strength profiles at the ankle joint. *Clin Orthop Relat Res* 1985; 199: 306-12.
17. Myerson MS, Won HY. Primary and revision total ankle replacement using custom-designed prostheses. *Foot Ankle Clin N Am* 2008; 13 (3): 521-38.
18. Assal M, Al-Shaikh R, Reiber BH, Hansen ST. Fracture of the polyethylene component in an ankle arthroplasty: a case report. *Foot Ankle Int* 2003; 24 (12): 901-3.
19. Vaquero F. Artrodesis. En: Núñez-Samper M, Llanos Alcázar LF (eds.). *Biomecánica, Medicina y Cirugía del pie*. Barcelona: Masson; 1997.
20. Trouillier H, Hänsel L, Schaff P, Rosemeyer B, Refior HJ. Long-term results after ankle arthrodesis: clinical, radiological, gait analytical aspects. *Foot Ankle Int* 2002; 23 (12): 1081-90.
21. Mazur JM, Schwartz E, Simon SR. Ankle arthrodesis. Long-term follow-up with gait analysis. *J Bone Joint Surg* 1979. 61A(7): 964-75.

22. Lázaro Boleda C, Gastaldi Rodrigo P, Blasco Molla MA, Díaz Almodóvar JL, Monzonis García J. Resultados a largo plazo de las artrodesis de tobillo de etiología postraumática. *Rev Med Cir Pie* 1990; IV (2): 83-7.
23. Ajis A, Tan KJ, Myerson MS. Ankle arthrodesis vs TTC arthrodesis. Patient outcomes, satisfaction, and return to activity. *Foot Ankle Int* 2013; 34 (5): 657-65.
24. Kellikian AS. Ankle arthrodesis. En: *Operative Surgery of the Foot and Ankle*. Chicago: Appleton & Lange; 1999.

