

# ARTRODESIS TIBIOTALOCALCÁNEA CON CLAVO RETRÓGRADO MEDIANTE CIRUGÍA DE MÍNIMA INCISIÓN. ANÁLISIS PRELIMINAR DE UNA SERIE DE CASOS

S. Tejero García, A. Carranza Bencano, J.J. Fernández Torres, G. Castillo Blanco, A. Alegrete Parra, J.R. Fernández Velázquez, P. García Parra

Universidad de Sevilla. Facultad de Medicina. Servicio Andaluz de Salud. Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla

La artrodesis tibiotalocalcánea (TTC) se cuenta entre las técnicas más exigentes en el tratamiento de pacientes con artrosis grave con o sin mala alineación del retropié y dolor incapacitante asociado. La cirugía mínimamente invasiva sin isquemia del miembro es potencialmente beneficiosa en estos pacientes. Revisamos aquí los resultados funcionales, la calidad de vida percibida y las complicaciones en una serie consecutiva de 55 pacientes intervenidos de artrodesis TTC con clavo retrógrado mediante cirugía mínimamente invasiva.

**PALABRAS CLAVE:** Artrosis del retropié. Tratamiento quirúrgico. Artrodesis tibiotalocalcánea. Cirugía mínimamente invasiva.

## TIBIOTALOCALCANEAL ARTHRODESIS WITH RETROGRADE NAIL THROUGH MINIMALLY INVASIVE SURGERY. PRELIMINARY ANALYSIS OF A CASE SERIES

The tibiotalocalcaneal (TTC) arthrodesis ranks among the most demanding techniques in the treatment of patients with severe osteoarthritis with or without hindfoot misalignment and associated incapacitating pain. Minimally invasive surgery without limb ischaemia is potentially beneficial in these patients. We here review the functional results, the perceived quality of life and the complications in a consecutive series of 55 patients who had undergone TTC arthrodesis with retrograde nail through minimally invasive surgery.

**KEY WORDS:** Hindfoot osteoarthritis. Surgical management. Tibiotalocalcaneal arthrodesis. Minimally invasive surgery.

## INTRODUCCIÓN

La artrodesis tibiotalocalcánea (TTC) es una de las técnicas más exigentes en el tratamiento de los pacientes con artrosis graves con/sin mala alineación del retropié que acompañan a dolor incapacitante. El reto del cirujano en estos casos es conseguir un pie indoloro, estable y funcional, siendo la artrodesis TTC la única alternativa a la amputación en los casos más complejos<sup>(1-3)</sup>. Para conseguir la fusión de las articulaciones subastragalina y tibioastragalina pueden utilizarse diversos implantes (placas, tornillos, fijadores externos...), pero el clavo retrógrado bloqueado a compresión ha conseguido un alto índice de consolidación ósea en pocas semanas<sup>(4-9)</sup>. Sin embargo esta intervención no está exenta de una alta tasa de complicaciones (30-80% según las

series)<sup>(10-14)</sup>, ya que las diferentes vías de abordajes empleadas predisponen a problemas relacionados con la herida quirúrgica, principalmente en los pacientes cuyo aporte vascular distal es deficitario<sup>(15,16)</sup>.

La cirugía mínimamente invasiva (CMI) realizada sin isquemia del miembro puede ser potencialmente beneficiosa para estos pacientes. El propósito de este trabajo es analizar los resultados funcionales, la calidad de vida percibida y las complicaciones en una serie consecutiva de 55 casos intervenidos de artrodesis TTC con clavo retrógrado mediante CMI.

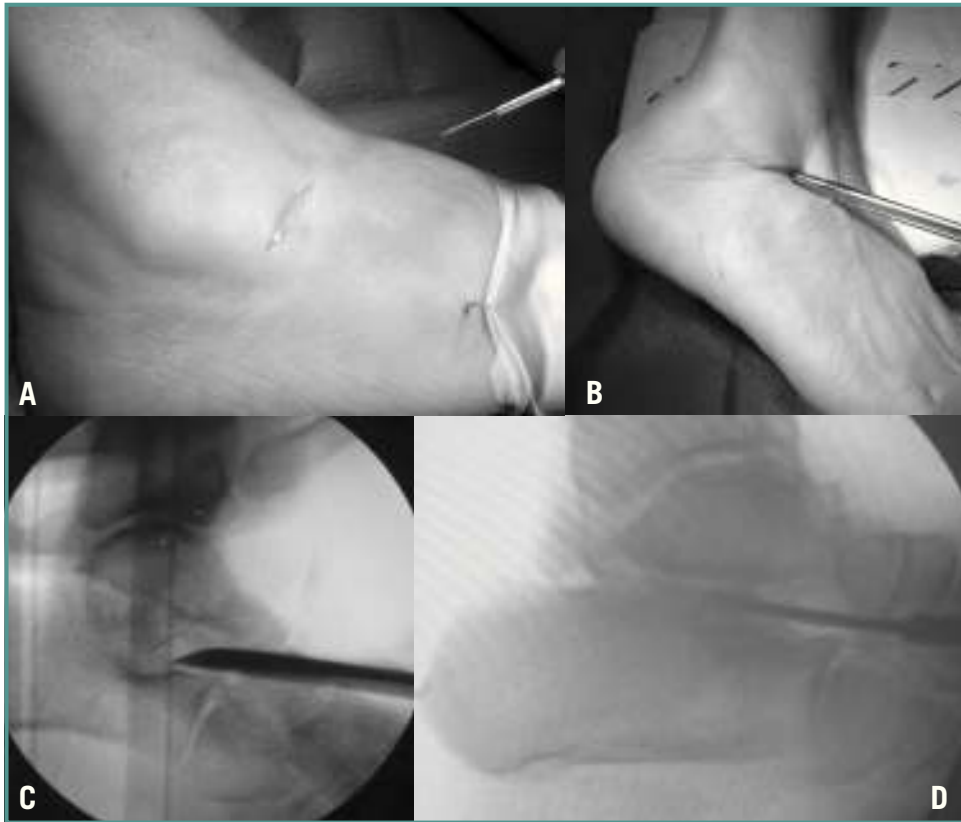
## MATERIAL Y MÉTODOS

55 casos fueron intervenidos de artrodesis TTC en el Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla entre junio de 2005 y mayo de 2010. Se realizó un seguimiento medio de 31,25 ± 12,5 meses. Se incluyeron pacientes con secuelas de fracturas de pión tibial, tobillo, astrágalo o calcáneo, necrosis de astrágalo, pie diabético (Charcot), parálisis flácida o espástica, secuelas de síndrome compartimental, artrosis

### Correspondencia:

Dr. Andrés Carranza Bencano  
Hospital Universitario Virgen del Rocío  
c/ Cardenal Ilundain. 41013 Sevilla  
Correo-e: [acarranz@us.es](mailto:acarranz@us.es)

Fecha de recepción: 13/10/2011



**Figura 1.** Incisión cutánea de 1 cm en el seno del tarso (A) para penetrar en la articulación subastragalina por disección roma (B) y realizar la cruentación de las superficies articulares con escoplo (C) y brocas motorizadas (D), bajo control fluoroscópico.

**Figure 1.** One-cm skin incision in the tarsal sinus (A) for penetration into the subtalar joint using blunt dissection (B); roughening of the articular surfaces with chisel (C) and motor bits (D) under fluoroscopic control.

idiopáticas avanzadas, artritis reumatoide, pie plano adulto por síndrome de insuficiencia de tibial posterior de grado IV y artropatía por hemofilia. Se excluyeron los pacientes con signos radiológicos y clínicos de osteomielitis y aquellos que no cumplieron criterios radiológicos y clínicos de afectación de las articulaciones subastragalina y tibioastragalina. Se recogieron datos clínicos (edad, sexo, lateralidad, diagnóstico y cirugías previas), de la exploración física inicial (recogidas según el sistema para valoración del pie y tobillo de la American Orthopaedic Foot and Ankle Society [AOFAS]), radiografías anteroposterior y lateral de tobillo en carga (en los casos en que era posible) y se realizó un cuestionario de salud SF-36 (versión española 1.4, junio de 1999). Tras la cirugía se recogieron las complicaciones, la puntuación del test de la AOFAS (dolor, función y alineación, sobre 86 puntos, eliminando los ítems de movilidad sagital del tobillo y del tarso) y la puntuación SF-36. Por diversos motivos, el cuestionario de salud SF-36 sólo pudo recogerse antes y después de la intervención en 31 pacientes. Los resultados de

las variables se mostraron como la media  $\pm$  DE cuando los datos siguieron una distribución normal, y como la mediana P50 (P25-P75) en los que se distribuyeron de forma asimétrica. Se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov (SPSS versión 16.0) y el test de Levene de homogeneidad de las varianzas para establecer los criterios de normalidad. Se aplicó el test de la *t* de Student para muestras apareadas y se estableció  $p < 0,05$  para detectar diferencias con significación estadística.

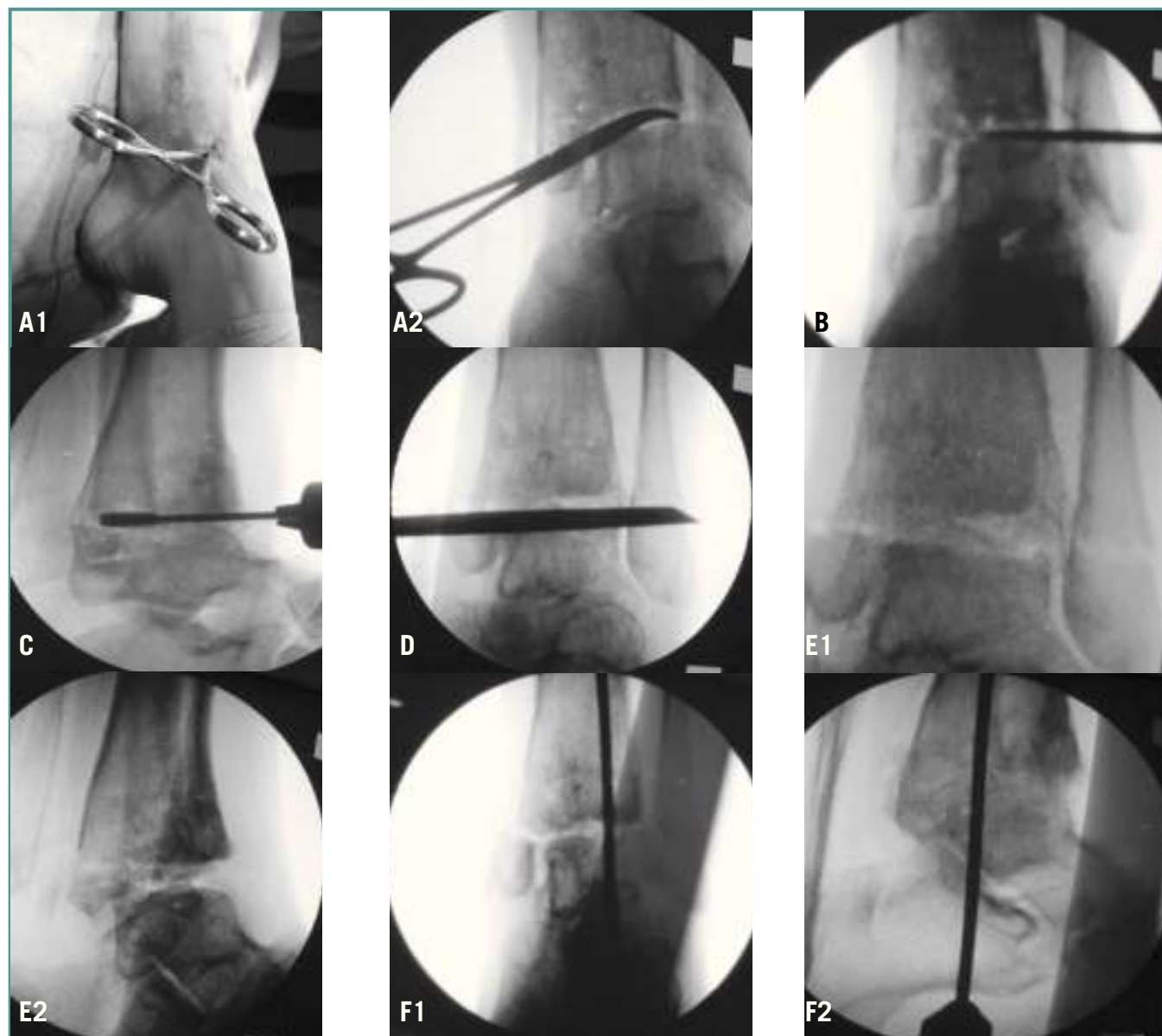
### TÉCNICA QUIRÚRGICA

Los pacientes fueron posicionados en decúbito supino sin torniquete de isquemia preventiva (únicamente se realizó isquemia preventiva en pacientes sin riesgo vascular y sin cirugías previas), en mesa operatoria radiotransparente para permitir el control con fluoroscopia durante la intervención quirúrgica.

En los casos necesarios, por la presencia de equino, se realizó tenotomía por técnica CMI de alargamiento del tendón de Aquiles.

Se inició la cirugía mediante incisión cutánea de 1 cm en el seno del tarso (Figura 1A) para realizar disección roma y penetración en la articulación subastragalina (Figura 1B) cruentando inicialmente las superficies articulares con escoplos (Figura 1C) y, posteriormente, con brocas motorizadas (Figura 1D). Mediante estos dos gestos quirúrgicos se obtiene dentro de la cavidad articular una "papilla" de tejido osteocartilaginoso. El abordaje de la articulación tibioastragalina se realizó a través de los portales anteriores de artroscopia (Figura 2A), para, igualmente, realizar cruentado articular con escoplos (Figura 2B) y brocas motorizadas (Figura 2C). En los casos de desviación de ejes, se realizó osteotomía del maléolo medial desde el portal externo, y del maléolo lateral desde el portal interno (Figura 2D).

Tras el cruentado de las superficies articulares (Figura 2E) se procedió a la corrección manual de la deformidad y la introducción de la aguja guía del clavo retrógrado, por fuera del eje del 2.º metatarsiano para evitar las lesiones de la arteria o las ramas de división nerviosa del pedículo tibial posterior, bajo control fluoroscópico en dos proyecciones



**Figura 2.** Abordaje de la articulación tibiotalar a través del portal anteromedial de artroscopia (A1) bajo control fluoroscópico (A2). Cruentación de las superficies articulares de tibia y astrágalo con escoplos (B) y brocas motorizadas (C). Osteotomía del maléolo medial desde el portal lateral (D). Aspecto radiográfico de la cruentación articular con osteotomía de maleolos en proyección anteroposterior (E1) y lateral (E2). Comprobación radiográfica en proyección anteroposterior (F1) y lateral (F2) de la reducción de la deformidad y colocación correcta de la aguja guía del clavo retrógrado.

**Figure 2.** Approach to the tibiotalar joint via the anteromedial arthroscopy portal (A1) under fluoroscopic control (A2). Roughening of the articular surfaces of the tibia and talus with chisels (B) and motor bits (C). Osteotomy of the lateral malleolus via the lateral portal (D). Radiographic appearance of the articular roughening with malleolar osteotomy in anteroposterior (E1) and lateral (E2) projections. Radiographic verification in anteroposterior (F1) and lateral (F2) projections of the reduction of the deformity and the correct placement of the guide needle for the retrograde nail.

(Figura 2F). Una vez comprobada la posición correcta de la aguja guía, se procedió al fresado progresivo hasta 12 mm para la introducción de un clavo PANTA® de 11 mm y 150 cm de longitud en todos los casos.

Tras la cirugía se aplicó un vendaje compresivo y una férula de yeso en descarga durante 2 semanas. Posteriormente se aplicó un vendaje enyesado para permitir la carga durante 6-8 semanas. En los pacientes diabéticos, con neuroartropa-

**Tabla 1. Diagnósticos de los pacientes con artrodesis TTC (N = 55)**

Postraumáticos (secuelas de fractura de calcáneo, pión tibial...)	17
Parálisis flácida	8
Osteonecrosis de astrágalo	6
Parálisis espástica	5
Artrosis idiopática avanzada	4
Artropatía de Charcot (diabéticos)	3
Secuela de síndrome compartimental	2
Síndrome tibial posterior de grado IV	2
Artritis reumatoide	1
Charcot-Marie-Tooth	1
Parálisis del nervio ciático-poplíteo externo	1
Mielomeningocele	1
Hemofilia	1
Otros pies neuropáticos no filiados	3

tía de Charcot, se mantuvo la inmovilización durante 12-16 semanas.

En los primeros casos de la serie, la hospitalización se mantuvo durante 6-7 días. Posteriormente, dada la ausencia de dolor y edema postoperatorio, se ha ido reduciendo progresivamente el tiempo de hospitalización.

## RESULTADOS

De los 55 casos (54 pacientes) que fueron revisados, el 53,7% (29/54) eran hombres y el 46,3% (25/54) mujeres, con una edad media de 52 años. El 51,8% (28/54) de los pacientes presentaron lateralidad derecha; el 46,3% (25/54) lateralidad izquierda; y 1 paciente fue intervenido de ambos pies. El 34,5% (19/55) de los casos presentó deformidad previa en varo del retropié ( $> 15^\circ$ ); el 25,5% (14/55), deformidad previa en valgo ( $> 15^\circ$ ); mientras que el 40% (22/55) no exhibió desalineación del retropié en el plano coronal. El 11,1% de los pacientes de la serie (6/54) habían sido intervenidos previamente en más de 2 ocasiones; el 25,9% (14/54) tuvo 2 cirugías previas en el mismo pie, y el 22,2% (12/54) una sola cirugía. La artrodesis TTC fue la intervención primaria en el 40,7% (22/54) de los pacientes. El tiempo de hospitalización medio fue de  $4,7 \pm 2,4$  días.

Los diagnósticos de la patología de base de los pacientes se muestran en la **Tabla 1**.

**Tabla 2. Complicaciones de los pacientes con artrodesis TTC (N = 55)**

Retraso de la consolidación de la articulación tibioastragalina	4
Retraso de la consolidación de la articulación subastragalina	3
No unión	1
Infección profunda	1
Úlcera plantar persistente	1
Deformidad residual en el plano coronal (varo/valgo)	2
Deformidad residual en el plano sagital (equino)	3
Protrusión de material que precisó retirada	1
Rotura de tornillo del bloqueo distal	2

Se observó consolidación radiológica a las 12 semanas de la intervención en el 85,5% (47/55) de los casos tanto de la articulación subastragalina como de la tibioastragalina (**Figura 3**). En 7 casos se observó un retraso de la consolidación radiológica (4 casos de tibioastragalina y 3 casos de subastragalina), 5 de los cuales fueron asintomáticos. Los casos de retraso de la consolidación subastragalina coincidieron con los primeros de la serie donde sólo se cruentó la articulación tibioastragalina. En los 4 casos de retraso de la consolidación tibioastragalina se realizó una dinamización del clavo, observándose fusión radiológica a los 6 meses en 3 pacientes. Un caso asintomático presentó ausencia de unión radiológica pasados 9 meses a pesar de la dinamización del clavo retrógrado (**Tabla 2**). Un paciente con pie insensible postraumático presentó, a los 6 meses de la cirugía, una infección profunda tras un traumatismo banal y precisó una limpieza quirúrgica y la aplicación de VAC, con lo que se solucionó.

La deformidad residual en equino de 2 pacientes afectos de parálisis flácida tenía el objeto de compensar su dismetría. Las roturas de tornillos de bloqueo distal corresponden a pacientes diabéticos con gran deformidad (**Figura 4**).

La media preoperatoria del test de la AOFAS fue de  $27,24 \pm 15,64$ , y la media posquirúrgica, de  $67,14 \pm 17,85$ . Se estableció un incremento medio de 39,9 (IC 95%: 34,4-45,5) ( $p = 0,001$ ) a los  $12 \pm 2$  meses de la intervención (**Figura 5**). Al año de la intervención el cuestionario de salud SF-36 sufrió un incremento medio de 22,05 puntos ( $p = 0,02$ ).

## DISCUSIÓN

La artrodesis con clavo retrógrado TTC por cirugía de mínima incisión podría estar especialmente indicada en pacientes con gran deformidad del retropié y tobillo que presentan



**Figura 3.** Paciente de 34 años con secuela de fractura de pilón tibial multiintervenida. Aspecto clínico en visión lateral (A), anterior (B) y posterior (C) que muestra la deformidad en varo y aducto y las cicatrices de cirugías previas. Aspecto radiográfico anteroposterior (D) y lateral (E) con restos de material de osteosíntesis y pseudoartrosis en mala posición de artrodesis de tibiaastragalina con necrosis ósea del margen anterior de la tibia. Aspecto postoperatorio clínico (F) y radiografía anteroposterior (G) y lateral (H) de artrodesis con clavo retrógrado realizada mediante cirugía de mínima incisión, tras cirugía previa de extracción de material.

**Figure 3.** Thirty-four year old patient with sequels of a multi-operated tibial pile fracture. Clinical aspect in lateral (A), anterior (B) and posterior (C) views, showing the varus and adductus deformity and the scars of previous surgical interventions. Radiographic aspect in anteroposterior (D) and lateral (E) projections with fragments of osteosynthesis material and malpositioned pseudoarthrosis of a tibiotalar arthrodesis with bone necrosis of the anterior tibial margin. Postoperative results, clinical (F) and radiographical in anteroposterior (G) and lateral (H) projections of the arthrodesis with retrograde nail through minimally invasive surgery, performed after previous surgery for material and debris extraction.

grave alteración de los tejidos blandos (cirugías previas, diabetes, inmunodeprimidos) que predispone a la infección secundaria y/o trastornos de cicatrización de las heridas. Algunos de estos pacientes presentan úlceras cutáneas persistentes debido a prominencias óseas, por lo que salvar el miembro constituye un auténtico reto para el cirujano.

Nuestro trabajo presenta la serie más larga de pacientes intervenidos de artrodesis TTC con clavo retrógrado a com-

presión mediante cirugía de mínima incisión y no tenemos conocimiento de estudios previos que describan esta técnica quirúrgica.

Desde que Russotti y Johnson<sup>(17)</sup> documentaron su trabajo sobre la artrodesis TTC en 21 pacientes empleando múltiples tornillos o fijadores externos con resultados aceptables (75% buenos resultados), se han publicado diversos trabajos en los que se han empleado placas, clavo-placa y fijadores





**Figura 4.** Aspecto clínico (A) y radiográfico (B) preoperatorio de grave destrucción de tobillo por neuroartropatía de Charcot en paciente diabético insulino-dependiente. Aspecto clínico (C) y radiográfico en proyección anteroposterior (D) y lateral (E) postoperatorio con rotura del tornillo proximal del calcáneo.

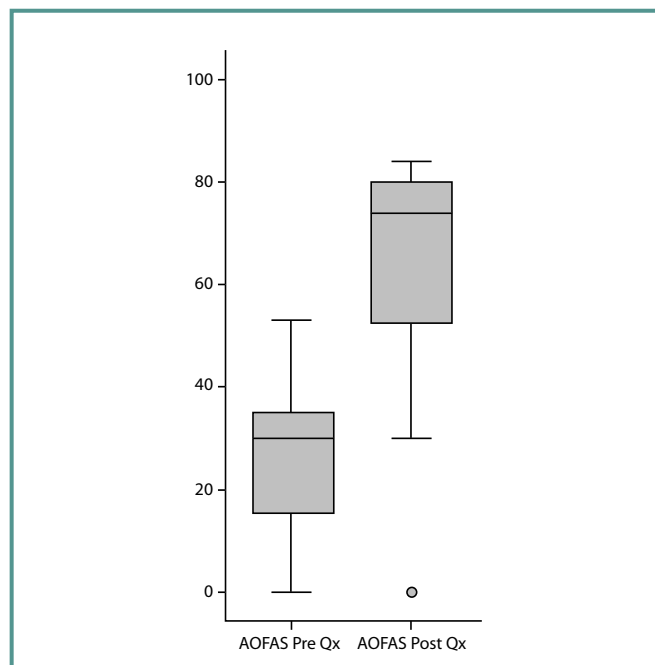
**Figure 4.** Preoperative clinical (A) and radiographic (B) aspect of a severe ankle destruction secondary to Charcot's neuro-arthritis in an insulin-dependent diabetic patient. Postoperative clinical (C) and radiographic aspect in anteroposterior (D) and lateral (E) projections, with breakage of the proximal calcaneus screw.

externos (FF. EE.) con o sin injerto<sup>(17-19)</sup>. La mala tolerancia de los FF. EE. por parte del paciente así como la alta tasa de infección de los pines reducen el empleo de este método como alternativa en casos de infecciones<sup>(19)</sup>. Sin embargo, en estos últimos años, el clavo retrógrado bloqueado a compresión es el implante más utilizado para estabilizar las grandes deformidades de retropié<sup>(20)</sup>. En este sentido, Fleming *et al.*<sup>(21)</sup> ya evidenciaron, hace más de una década, en un análisis biomecánico, la mayor estabilidad y rigidez del montaje con clavo intramedular frente a tres tornillos canulados.

Kamath *et al.*<sup>(22)</sup> documentaron que las tasas de unión, tanto radiológicas como clínicas, se ven favorecidas por el cruentado de las superficies articulares tibial y astragalina. La vía de abordaje más utilizada para el cruentado es la vía transfibular, pero se constata una no desdeñable tasa de complicaciones de las partes blandas. Los pacientes inmunodeprimidos debido a fármacos para el control de enfermedades inflamatorias, la diabetes y el alto número de cirugías previas son los principales factores de riesgo que se asocian a estas complicaciones de la herida quirúrgica<sup>(15,16,22)</sup>. K. Chettiar *et al.*<sup>(23)</sup> documentaron 7 pacientes con complicaciones de la herida (2 pacientes requirieron cobertura con injerto de piel) en los 31 pacientes a los que se realizó la artrodesis TTC.

En consecuencia, pensamos que la cirugía de mínima incisión es una técnica interesante en este sentido si los resultados de la corrección de las desaxaciones y de la fusión ósea son superponibles a los de la cirugía abierta. Sólo Mader *et al.*<sup>(24)</sup> han empleado la cirugía de mínima incisión para la artrodesis TTC. Este trabajo descriptivo incluyó sólo a 10 pacientes, no documentándose ninguna complicación asociada a la herida quirúrgica. Recientemente se ha introducido el empleo de la artroscopia para el cruentado de las superficies articulares, con lo que se minimizan las complicaciones asociadas a las partes blandas, pero exige la utilización de isquemia preventiva y no permite la corrección de grandes deformidades axiales comunicada en estudios preliminares<sup>(25)</sup>. Nuestra serie de 55 casos incluye sujetos diabéticos con artropatía de Charcot, inmunodeprimidos en el contexto de enfermedades inflamatorias y un paciente diagnosticado de sida. No hemos observado complicaciones relacionadas con la herida quirúrgica. Sin embargo, sí documentamos una infección profunda en una paciente con úlcera persistente previa a la cirugía, por lo que no está clara su relación con el procedimiento.

Los resultados de la tasa de consolidación radiológica (85,5%) que presentamos se superponen a los expuestos por otros autores<sup>(22)</sup>. Nuestros pacientes con retraso de la



**Figura 5.** Comparación entre la puntuación AOFAS prequirúrgica (Pre Qx) y la AOFAS posquirúrgica (Post Qx) representadas mediante cajas y bigotes. Test de la *t* de Student para muestras apareadas.  $P = 0,001$ .

**Figure 5.** Comparative representation of the pre-surgical (Pre Qx) and post-surgical (Post Qx) AOFAS scores. Student's *t*-test for paired samples.  $P = 0.001$ .

consolidación subastragalina resultaron ser los primeros de la serie en los que no se hizo cruentado de esta articulación, aunque no hubo correlación clínica de este hallazgo radiológico. Sí hemos observado en 9 pacientes un dolor soportable y autolimitado en las articulaciones del mediopié coincidiendo con los sujetos más activos que justificamos mediante el principio de afectación yuxtaarticular que puede acompañar a las grandes fusiones articulares de pie y tobillo. Hasta el momento ningún paciente de nuestra serie ha necesitado una amputación del miembro a diferencia otras series<sup>(13)</sup>. Los resultados de la escala de la AOFAS y SF-36 también son similares a los exhibidos en otros trabajos<sup>(23)</sup>. Aunque mejora el dolor y la deformidad en comparación con el preoperatorio, la artrodesis del retropié y tobillo supone una importante restricción de movilidad y, por tanto, hay que asumir que son raros los resultados excelentes.

Destacamos la buena tolerancia postoperatoria inmediata, con mínimo dolor y edema, lo que permite una hospitalización muy corta, lo que supone un alto beneficio en la situación actual de la sanidad.

Entre las limitaciones de esta técnica se encuentra exclusivamente la osteomielitis. Las grandes desalineaciones no constituyen una contraindicación, pues no se pretende una

reconstrucción anatómica perfecta, sino salvar el miembro y conseguir un pie plantígrado y funcional con ausencia de úlceras. Informamos al paciente por escrito sobre la posibilidad de amputación del miembro y de la afectación diferida de las articulaciones vecinas con las consiguientes molestias residuales. No obstante, se ha obtenido un alto índice de satisfacción por parte de los pacientes ya que, con esta técnica, un pie doloroso e inestable se convierte en un miembro menos doloroso, estable y plantígrado.

## CONCLUSIÓN

Se presenta una técnica para la artrodesis TTC por cirugía de mínima incisión altamente reproducible en manos experimentadas. Esta técnica ha conseguido reducir la estancia hospitalaria de estos pacientes descendiendo el número de complicaciones relacionadas con las partes blandas, con unos resultados funcionales superponibles a los de las series que han sido descritas en la literatura.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chou LB, Mann RA, Yaszay B, Graves SC, McPeake WT, Dreeben SM, et al. Tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2000; 21: 804-8.
2. Shah KS, Younger AS. Primary tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Clin* 2011; 16: 115-36.
3. Haaker R, Kohja EY, Wojciechowski M, Gruber G. Tibiototalcalcaneal arthrodesis by a retrograde intramedullary nail. *Ortop Traumatol Rehabil* 2010; 12: 245-9.
4. Ebraheim NA, Elgafy H, Stefancin JJ. Intramedullary fibular graft for tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Clin Orthop* 2001; 385: 165-9.
5. Chiodo CP, Acevedo JI, Sammarco VJ, Parks BG, Boucher HR, Meyerson MS, Schon LC. Intramedullary rod fixation compared with blade-plate-and screw fixation for tibiototalcalcaneal arthrodesis: a biomechanical investigation. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A: 2425-8.
6. Miller S. Techniques and prevention of complications for intramedullary nailing arthrodesis of the ankle. *Tech Orthop* 2001; 16: 372-80.
7. Berson L, McGarvey WC, Clanton T. Evaluation of compression in intramedullary hindfoot arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2002; 16: 372-80.
8. Mückley T, Hoffmeier K, Klos K, Petrovitch A, con Oldenburg G, Hofmann GO. Angle-stable and compressed angle-stable locking for tibiototalcalcaneal arthrodesis with retrograde intramedullary nails. *Biomechanical evaluation. J Bone Joint Surg Am* 2008; 90: 620-7.
9. Gavaskar AS, Chowdary N. Tibiototalcalcaneal arthrodesis using a supracondylar femoral nail for advanced tuber-

- culous arthritis of the ankle. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2009; 17: 321-4.
10. Millett PJ, O'Malley MJ, Tolo ET, Gallina J, Fealy S, Helfet DL. Tibiotalocalcaneal fusion with a retrograde intramedullary nail: clinical and functional outcomes. *Am J Orthop* 2002; 31: 531-6.
  11. Hammett R, Hepple S, Forster B, Harries WJ, Winson I. Tibio-talo-calcaneal (hindfoot) arthrodesis by intramedullary nailing. Results of 54 cases. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85 Suppl: 246.
  12. Niinimäki TT, Klemola TM, Leppilahti JI. Tibiotalocalcaneal arthrodesis with a compressive retrograde intramedullary nail: a report of 34 consecutive patients. *Foot Ankle Int* 2007; 28: 431-5.
  13. Tavakkolizadeh A, Klinkle M, Davies MS. Tibiotalocalcaneal arthrodesis in treatment of hindfoot pain and deformity. *Foot Ankle Surg* 2006; 12: 59-64.
  14. Mückley T, Klos K, Drechsel T, Beimel C, Gras F, Hofmann GO. Short-term outcome of retrograde tibiotalocalcaneal arthrodesis with a curved intramedullary nail. *Foot Ankle Int* 2011; 32: 47-56.
  15. Wukich DK, Shen JY, Ramirez CP, Irrgang JJ. Retrograde ankle arthrodesis using an intramedullary nail: a comparison of patients with and without diabetes mellitus. *J Foot Ankle Surg* 2011. Article in press.
  16. Pinzur MS, Klelikian A. Charcot ankle fusion with a retrograde locked intramedullary nail. *Foot Ankle Int* 1997; 18: 699-704.
  17. Russotti GM, Johnson KA, Cass JR. Tibiotalocalcaneal arthrodesis for arthritis and deformity of the hind part of the foot. *J Bone Joint Surg* 1988; 70A: 1304-7.
  18. Alvarez RG, Barbour TM, Perkins TD. Tibiocalcaneal arthrodesis for non braceable neuropathic ankle deformity. *Foot Ankle Int* 1994; 15: 354-9.
  19. Laughlin RT, Calhoun JH. Ring fixators for reconstruction of traumatic disorders of the foot and ankle. *Orthop Clin North Am* 1995; 26: 287-94.
  20. Papa JA, Myerson MS. Pantalar and tibiotalocalcaneal arthrodesis for post-traumatic osteoarthritis of the ankle and hindfoot. *J Bone Joint Surg Am* 1992; 74: 1042-9.
  21. Fleming SS, Moore TJ, Hutton WC. Biomechanical analysis of hindfoot fixation using an intramedullary rod. *J South Orthop Assoc* 1998; 7: 19-26.
  22. Kamath S, Ramamohan N, Kelly IG. Tibiotalocalcaneal arthrodesis in rheumatoid arthritis using the supracondylar nail. *Foot and Ankle Surgery* 2005; 11: 75-9.
  23. Chettiar K, Halder S, Bowman N, Cottam H, Armitage A, Skyrme A. Tibio-talo-calcaneo using a locked intramedullary coimpressive nail. *Foot Ank Surg* 2010. Article in press.
  24. Mader K, Verheyen CC, Gausepohl T, Pennig D. Minimally invasive ankle arthrodesis with a retrograde locking nail after failed fusion. *Strat Traum Limb Recon* 2007; 2: 39-47.
  25. Bevernage BD, Deleu PA, Maldague P, Leemrijse T. Technique and early experience with posterior arthroscopic tibiotalocalcaneal arthrodesis. *Orthop Traumatol Surg Res* 2010; 96: 469-75.