

# Artrodesis tibio-astrágalo-calcánea con clavo endomedular retrógrado compresivo

## Tibio-talo-calcaneal arthrodesis with compressive retrograde intramedullary nail

Javier Zaourak<sup>1</sup>, Paz A.<sup>1</sup>, Chahla J.<sup>1</sup>, Arroquy D.<sup>1</sup>, Vago Anaya F.<sup>1</sup>, Loncharich E.<sup>1</sup>

### Descriptores:

Artritis; Artrodesis; Calcáneo/cirugía; Astrágalo/cirugía; Tibia/cirugía; Clavos ortopédicos/utilización

### Keywords:

Arthritis; Arthrodesis; Calcaneus/surgery; Talus/surgery; Tibia/surgery; Bone nails/utilization

<sup>1</sup> Hospital Británico Central, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

### Autor correspondiente:

Javier Zaourak.  
calle Perdriel 74, Buenos Aires, Argentina.  
E-mail: javierzk@yahoo.com.ar

### Conflictos de interés:

no

### Recibido en:

16/7/2016

### Aceptado en:

4/11/2016

### RESUMEN

**Objetivo:** El objetivo del siguiente estudio fue describir los resultados clínicos-funcionales, complicaciones, tiempo, índices de consolidación y corrección del eje en pacientes sometidos a artrodesis tibio-astrágalo-calcánea (ATAC) con clavo endomedular retrógrado compresivo (CEMRC).

**Métodos:** Se realizaron 14 ATAC con CEMRC en 13 pacientes. Los resultados clínicos-funcionales se evaluaron a través de la escala AOFAS con un promedio de 2 años de seguimiento. Se estudiaron las complicaciones post operatorias en base a las historias clínicas. Se evaluó el porcentaje de artrodesis consolidadas y el grado de corrección del eje en base a radiografías pre y post operatorias.

**Resultados:** Se analizaron un total de 14 ATAC con CEMRC en 13 pacientes. El promedio de mejoría del score AOFAS fue de 45,75 puntos (pre operatorio de 27,15 y post operatorio de 72,9 puntos). Se registraron dos complicaciones mayores (infección de sitio quirúrgico) y una menor (aflojamiento de cerrojos). Se obtuvo un 100% de consolidación tibio-astragalino. El promedio de corrección de las deformidades en varo fue de 8,86° y de 13,6° en valgo. **Conclusiones:** La ATAC con CEMRC es una técnica efectiva para alcanzar una mejoría clínica significativa, con buenos índices de consolidación y adecuada corrección de deformidades de tobillo y retro pie.

### ABSTRACT

**Objective:** The purpose of this study was to assess the clinical and functional results, postoperative complications, time to fusion, union rate and axis correction in patients undergoing tibio-talo-calcaneal arthrodesis with compressive retrograde intramedullary nail. **Methods:** Fourteen tibio-talo-calcaneal arthrodesis with compressive retrograde intramedullary nail were performed in 13 patients. The clinical and functional results were evaluated through the AOFAS scale both preoperative and after an average of 2 years of follow-up. Complications were assessed based in our clinical records. Radiographic alignment, time to fusion and union rate was recorded. **Results:** The AOFAS average improvement was 45,75 points (pre surgical average of 27,15 points and post surgical average of 72,9 points). Two major complications were registered (two deep infections) and one minor complication (locking screws loosening). Tibio-talar union was achieved in 100% of cases. The mid deformity correction in varus was 8,86° and 13,6° in valgus. **Conclusions:** The tibio-talo-calcaneal arthrodesis with compressive retrograde intramedullary nail is an effective technique to achieve a significant clinical improvement, with good union rates and adequate ankle and hind-foot deformity correction.

## INTRODUCCIÓN

La artrodesis tibio-astrágalo-calcánea (ATAC) es un procedimiento quirúrgico que tiene excelentes resultados a mediano y largo plazo en patologías tales como secuela de fracturas de tobillo y pilón tibial,<sup>(1)</sup> necrosis ósea avascular del astrágalo,<sup>(2)</sup> deformidad neurológica rígida, artroplastia y artrodesis de tobillo fallidas.<sup>(3)</sup>

Las diferentes técnicas quirúrgicas desarrolladas a lo largo del tiempo tienen el objetivo común de lograr la consolidación ósea, en

una posición biomecánicamente favorable, no dolorosa y funcional.<sup>(4)</sup> Múltiples métodos de fijación para la ATAC han sido descriptos y estudiados, desde clavos de Steinman,<sup>(5)</sup> tornillos a compresión<sup>(6,7)</sup> placas y tornillos,<sup>(1)</sup> fijación externa<sup>(1,21)</sup> y enclavijado endomedular.<sup>(7-9)</sup>

La ATAC con clavo endomedular retrógrado compresivo (CEMRC) es una de las técnicas quirúrgicas más ampliamente utilizada para el tratamiento concomitante de la artropatía tibioastragalina y subastragalina en la actualidad. La principal ventaja del CEMRC es la gran estabilidad primaria que brinda, particularmente contra las fuerzas rotacionales, así como la capacidad de dar compresión a nivel de las superficies a fusionar sin comprometer las partes blandas.<sup>(10-12)</sup>

El objetivo del siguiente estudio es describir los resultados clínicos-funcionales, complicaciones post operatorias, tiempo, índices de consolidación y corrección del eje en pacientes sometidos a ATAC con CEMRC.

## MÉTODOS

Se realizó un estudio de características retrospectivas en el período comprendido entre Agosto del año 2010 y Septiembre del año 2013.

Los criterios de inclusión fueron pacientes a los que se realizó ATAC con CEMRC con un seguimiento mínimo de 12 meses. Se excluyeron pacientes mayores de 70 años, con colagenopatías, articulación subastragalina sana o asintomática e infección activa.

La población analizada quedó conformada por 16 pacientes de los cuales 3 no cumplían con los criterios anteriormente expuestos (2 por seguimiento menor a 12 meses y 1 por presentar deformidad secuelar a esclerodermia), por lo cual quedaron incluidos en el análisis solo 13 pacientes. Las características demográficas de la población se detallan en la tabla 1.

Se citó a todos los pacientes y se evaluó el resultado clínico-funcional y radiográfico.

Para evaluar los resultados clínicos y funcionales se realizó el score AOFAS de tobillo y retropié pre operatorio y post operatorio a la fecha del último control, tomando como valor máximo post operatorio 86 puntos ya que no fue contabilizado el ítem que evalúa la movilidad de tobillo y retropié.

Se evaluaron las historias clínicas de los pacientes en busca de complicaciones mayores y menores.

### Se establecieron como complicaciones mayores:

- Infección profunda de sitio quirúrgico.
- Pseudoartrosis sintomática que requiera reintervención.

**Tabla 1.** Características demográficas

Características demográficas	
Sexo	
Masculino	7
Femenino	6
Edad (promedio y rango) Promedio	48,7 años (28-70)
Miembro afectado	
Derecho	11 (78,57%)
Izquierdo	3 (21,43%)
Diagnóstico pre operatorio	
Secuela fractura de tobillo	5 (35,7%)
Enfermedad de charcot	3 (21,43%)
Deformidad neurológica	2 (14,29%)
Rigidez post trauma	2 (14,29%)
Noa de astrágalo	1 (7,14%)
Artrosis de tobillo	1 (7,14%)
Clavos por paciente	
Unilateral	13
Bilateral	1

- Daño vasculonervioso.
- Fracturas peri protésicas.

### Se establecieron como complicaciones menores:

- Dehiscencia de la herida/retardo en la cicatrización.
- Aflojamiento de los cerrojos.
- Atrofia grasa plantar.
- Retracción tisular de la fascia plantar.

Se evaluó la consolidación de las superficies de fusión por medio de radiografías de tobillo de frente y perfil realizadas en el post operatorio inmediato y en los controles post operatorios en las semanas 2, 4, 8 y luego en los meses 3, 6 y 12, considerándose artrodesis radiográficamente consolidada aquellos casos en que se observó imágenes compatibles con trabeculado óseo entre las superficies de fusión así como continuidad en al menos 3 corticales de la tibia con la superficie del astrágalo.

Para la evaluación del grado de corrección se realizaron radiografías preoperatorias y postoperatorias con carga, evaluando la angulación varo-valgo de la articulación tibio astragalina, midiendo el ángulo que surge del entrecruzamiento de una línea que pasa por el eje anatómico de la tibia con otra que pasa perpendicular a la tangencial del borde cefálico del domo astragalino, utilizando como soporte digital el sistema Agfa Web 1000, versión v5.1.2.

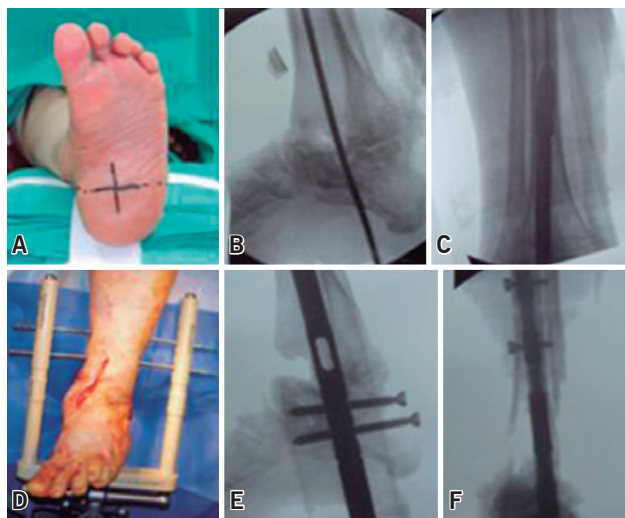
## Técnica quirúrgica

En todos los casos se utilizó el clavo endomedular retrógrado compresivo PANTA (INTEGRA®, NJ, Plainsboro), que provee compresión tanto a nivel tibioastragalino como subastragalino a través de un marco con fijación ósea, sin generar compresión de partes blandas.

Cada paciente se colocó en decúbito dorsal, con un realce a nivel del glúteo ipsilateral en mesa radiotransparente. En los casos de rigidez de tobillo neurológica o post traumática sin gran deformidad pre operatoria (4 casos en total), se realizó un único abordaje anterior. El resto de los casos se realizó un doble abordaje, lateral directo y medial.

Se realizó la osteotomía del peroné distal (aproximadamente 4cm.) y osteotomía del maléolo medial, para poder abordar íntegramente la superficie articular tibioastragalina. Se realizó resección con sierra laminar del cartílago articular realizando en el mismo acto la corrección de las deformidades varo-valgo en caso de que la hubiera.

El punto de entrada para el clavo retrógrado se hizo mediante una incisión transversal de unos 3cm de longitud, localizado en el punto de intersección de una línea que une en el plano sagital el segundo metatarsiano y el centro del talón con otra línea en el plano coronal entre el tercio medio y el tercio distal del talón<sup>(9,13)</sup> (Figura 1 A). Disección roma hasta el calcáneo. Localizado el punto de entrada se marcó con



**Figura 1.** A) Sitio de entrada del clavo retrógrado. B) Colocación de clavija guía. C) Fresado del canal medular. D) Colocación del marco de compresión. E) Colocación de cerrojos distales. F) Colocación de cerrojos proximales

un punzón e introdujo una guía del clavo con punta roscada bajo control radioscópico y manteniendo la posición del tobillo en 5° de valgo, dorsiflexión neutra y 5° de rotación externa, posición óptima en que debe quedar el tobillo tras la colocación del clavo (Figura 1 B). Se realizó el fresado progresivo del canal endomedular, colocándose un clavo 0,5cm más fino que la última fresa utilizada (Figura 1 C). Una vez introducido el clavo deseado se comprobó la alineación y se colocó la guía externa para introducir los tornillos de fijación para el calcáneo (Figura 1 E). Previo a la colocación de los cerrojos proximales (Figura F), se dio compresión a nivel del foco a través de un marco que se fija a la tibia y al calcáneo diseñado para tal fin (Figura 1 D).

## Control postoperatorio

La herida quirúrgica se revisó a las 48 horas, y posteriormente a los 7,14 y 21 días, momento de retirar las suturas.

Se colocó una bota corta de yeso por 8 semanas sin carga y posteriormente se colocó una bota plástica por 4 semanas más, comenzando a dar carga parcial con asistencia de muletas en la 8va semana. Se permitió dar carga total sin asistencia al momento de observar consolidación radiográfica de la artrodesis.

## RESULTADOS

Se analizaron un total de 14 ATAC con CEMRC en 13 pacientes con un seguimiento promedio de 26 meses (rango 12-49).

Se realizó el score AOFAS de tobillo y retropié pre operatorio y post operatorio a los 13 pacientes. El promedio del score AOFAS pre operatorio fue de 27,15 (rango 0-50) y de 72,9 post operatorio (rango 59-82), con un promedio de mejoría de 45,75 puntos.

Durante el seguimiento de nuestra serie, registramos solamente 2 complicaciones mayores y 1 menor. Dos pacientes intercurrieron con infección profunda del sitio quirúrgico (14,28%) y un paciente con aflojamiento de los cerrojos distales al calcáneo asociado a una pseudoartrosis asintomática, no dolorosa, de la articulación subastragalina, que requirió el retiro de los mismos por molestias con el calzado (7,14%).

Las complicaciones se resumen en el gráfico 1.

De las 28 superficies articulares a artrodesar en 14 miembros inferiores, se logró la consolidación en 27 de las mismas (100% de consolidación tibio astragalina y 92,86% de consolidación subastragalina). Como previamente se comentó, la pseudoartrosis subastragalina

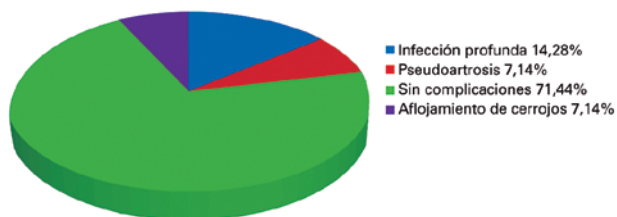


Gráfico 1. Resumen de complicaciones post-operatorias

no generó dolor en el paciente y estuvo acompañada del aflojamiento de los cerrojos calcáneos, que debieron ser retirados por generar molestias con el calzado.

El tiempo promedio para lograr la consolidación fue de 18 semanas (rango 16-40 semanas).

Cinco tobillos presentaban una deformidad pre operatoria en varo, con un promedio de 10,2° (rango de 5-15°) (Figura 2 A-B). La deformidad post operatoria promedio fue de 1,3° de varo (rango 0-3°) con un promedio de corrección de la deformidad de 8,86°.

Cinco tobillos se presentaron con una deformidad pre operatoria en valgo, con un promedio de 15,2° (rango de 10-20°). La deformidad post operatoria promedio fue de 1,8° de valgo (rango 3° de varo - 3° de valgo), con un promedio de corrección de 13,6°.

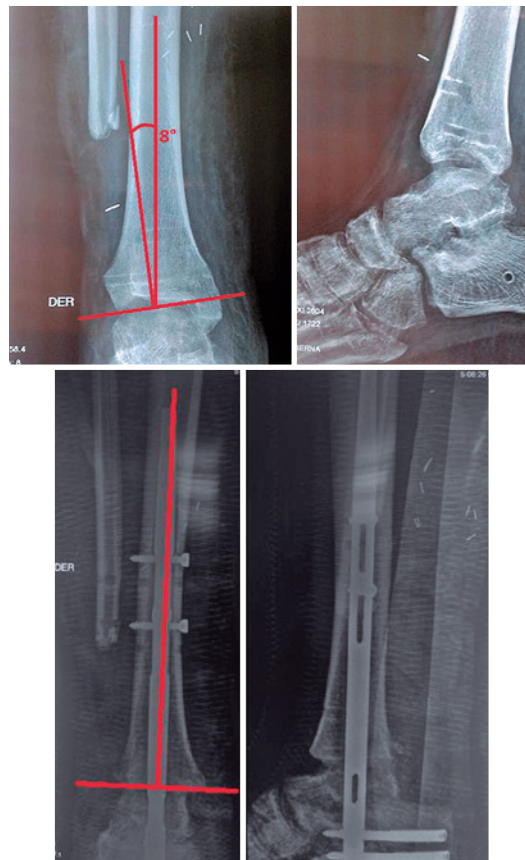


Figura 2. A) Deformidad en varo pre-operatoria de 8°. B) Artrodesis con CEMRC con eje neutro

## DISCUSIÓN

La ATAC con CEM retrogrado ha evolucionado considerablemente desde su primera descripción por Adams en el año 1948, especialmente en los últimos años, con el desarrollo de clavos diseñados específicamente para tal fin.

En cuanto a los resultados clínicos-funcionales, Goebel et al.<sup>(14)</sup> reportó una mejoría en el score AOFAS de 46 puntos a 71 puntos con la utilización de un CEM retrogrado de fémur en un total de 29 pacientes. Mückley et al.<sup>(15)</sup> informó una mejoría del score AOFAS de 30 puntos a 69,6 puntos en un año de seguimiento sobre 55 pacientes estudiados. Budnar et al.<sup>(16)</sup> describió una mejoría de 32 puntos pre operatoria a 69 puntos post operatorio en un estudio sobre 45 pacientes tratados también con CEM retrogrado. En nuestro estudio, obtuvimos una mejoría en el score AOFAS de 45,75 puntos en promedio (de 27,15 a 72,9), coincidente con el resto de la literatura.

Las principales complicaciones asociadas con esta técnica son infecciones superficiales y profundas, neuromas del sural, retracción de la fascia plantar, atrofia

grasa, síndromes compartimentales, prominencias del clavo en la planta del pie, reacciones de estrés en la zona proximal del clavo o de los tornillos de acerrojado proximal, roturas o aflojamiento de los tornillos distales, pseudoartrosis, consolidaciones en mala posición y acortamientos.<sup>(5,8,17)</sup>

Goebel et al.<sup>(14)</sup> publicó complicaciones en 6 paciente de su serie (21%). En la misma, 2 pacientes presentaron infecciones profundas de sitio quirúrgico (7%) y 3 pacientes pseudoartrosis (10%). En uno de los pacientes se observó una consolidación viciosa de la artrodesis, con una flexión plantar tibio astragalina mayor a 10°.

Sánchez-Alepuz et al.<sup>(18)</sup> en su serie de 5 casos presentó una infección profunda de sitio quirúrgico, así como un caso de acortamiento de más de 1,5cm que requirió el uso de un realce en el calzado.

En nuestra serie hubo 2 infecciones profundas del sitio quirúrgico (14,28%), ambas en pacientes con antecedentes de defecto de cobertura grave; uno de ellos como resultado de una luxofractura expuesta

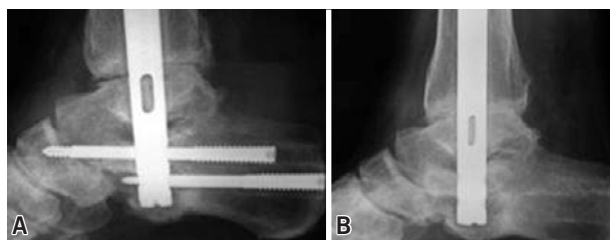
de tobillo Gustilo IIIB que evolucionó con una infección profunda del sitio de exposición, que luego de múltiples desbridamientos requirió la realización de un colgajo libre para tratar el defecto, posterior al cual se logró realizar la artrodesis; y el otro como resultado de quemaduras graves a nivel de ambos miembros inferiores que requirieron desbridamiento en múltiples oportunidades así como múltiples injertos de piel (Figura 3 A-B). Actualmente, este paciente presenta una osteomielitis crónica controlada con tratamiento antibiótico supresivo (Figura 3 C).

Por último, también se observó en nuestra serie un caso de pseudoartrosis subastragalina asintomática (7,14%) con aflojamiento de los cerrojos distales en el calcáneo, los cuales debieron ser retirados (Figura 4 A-B).

El tiempo de consolidación de la artrodesis en este trabajo fue de 18 semanas en promedio (rango de 16-40 semanas), algo menor que las 19 semanas de Chou et al.<sup>(8)</sup> En todos los casos hubo fusión de la artrodesis a nivel tibioastragalino, con un caso de retardo de la consolidación (40 semanas) en un paciente con antecedente de esclerosis múltiple con neuropatía



**Figura 3.** A) Deformidad de tobillo en varo-equino rígidos asociados a defecto tegumentario. B) Rx. pre-operatorias y post operatorias inmediatas. C) Rx. 3 años post-operatoria donde se evidencia la artrodesis consolidada asociada a una alteración en la forma y estructura óseas compatible con osteomielitis de tercio medio de tibia.



**Figura 4.** A) Aflojamiento de cerrojos distales. B) Post operatorio retiro de osteosíntesis

periférica, el cual presentó también una pseudoartrosis no dolorosa a nivel subastragalino con aflojamiento de los cerrojos distales que debió ser retirado.

En nuestro estudio obtuvimos un índice de consolidación del 100% a nivel tibioastragalino y del 92,85% a nivel subastragalino. Los mismos varían considerablemente en diferentes reportes.

Mientras la mayoría de los mismos reportan índices de consolidación que van del 70% al 100%,<sup>(19-21)</sup> hay otros con índices tan bajos como el 52%.<sup>(22)</sup> Teniendo en cuenta que muchos pacientes tratados con ATAC suelen tener diferentes comorbilidades como diabetes mellitus o colagenopatías, que pueden afectar la consolidación ósea, la comparación entre estudios que utilizan diferentes criterios de inclusión, técnica quirúrgica y diferentes diseños de clavos endomedulares, suele ser poco concluyente.

Jehan et al.<sup>(23)</sup> realizó una revisión sistemática de la literatura para identificar los índices de consolidación y complicaciones relacionadas con la ATAC con CEM. En su reporte, de 641 articulaciones, constató pseudoartrosis en 85 de ellas (13,3%), siendo esta la complicación mayor más frecuente e incluso la más frecuente de todas con excepción de los síntomas menores relacionados con la osteosíntesis.

Atribuimos los altos índices de consolidación en nuestra serie a la fijación con dos cerrojos distales colocados en dirección posterior-anterior en el calcáneo y a la ventaja biomecánica que provee el marco diseñado para dar compresión a nivel de las superficies a artrodesar.

Los resultados del presente estudio refuerzan la capacidad del CEMRC de corregir las deformidades coronales mayores del tobillo y retropié, en concordancia con estudios previos.<sup>(8,14,16)</sup>

Chou et al.<sup>(8)</sup> reportó un promedio post operatorio de 3° de valgo en 56 pacientes. Este resultado es difícil de interpretar ya que solo 37 de las ATAC fueron realizadas con CEMR y no se especifica la deformidad pre operatoria. Budnar et al.<sup>(16)</sup> reportó un 40% de pacientes con deformidad pre operatoria de más de 15° en su serie de casos, con un 84% de los pacientes alcanzando un promedio de corrección post operatorio de 5° de varo o valgo.

Rammelt et al.<sup>(24)</sup> expuso su experiencia en ATAC con CEMR sobre 38 pacientes. Según los autores, se consiguió una corrección anatómica en el 92% de los casos. Sin embargo, no se describe en su estudio la deformidad pre-operatoria de los mismos, por lo cual el grado de corrección post operatorio promedio no puede ser establecido.

En nuestro estudio, la deformidad en varo pre operatoria fue de 10,2° (rango de 5-15°), con una deformidad post operatoria promedio de 1,3° y un promedio de corrección de 8,86°. En los casos que se presentaron con deformidad en valgo, el promedio de la deformidad pre operatoria fue de 15,2° y de 1,8° de deformidad post operatoria, con un promedio de corrección de 13,6°.

La mayoría de los estudios en la literatura no especifican sobre el grado de corrección de las deformidades en los pacientes a los que se les realizó ATAC con CEM retrogrado, y en los casos en que si lo especifican, la deformidad pre operatoria no fue cuantificada o fue estimada como un rango de deformidad. Es por eso que una de las fortalezas de nuestro estudio es que en el mismo se especifican tanto la deformidad pre-operatoria y post-operatoria así como el promedio de corrección. Otra de las fortalezas es el hecho de haber tenido un seguimiento completo de toda la serie, sin perder el registro de los pacientes durante la misma.

Como debilidades del estudio, encontramos que el mismo es de características retrospectivas, con un seguimiento promedio corto y una serie con una cantidad limitada de pacientes.

## CONCLUSIONES

En este estudio hemos podido establecer a la ATAC con CEMRC como una técnica indicada para aquellos pacientes con dolor entre moderado e intenso y con importante incapacidad funcional que tengan afectadas las articulaciones tibioastragalina y subastragalina, y como cirugía de rescate en fracasos de artrodesis con otras técnicas y artroplastias, brindando excelentes resultados clínicos-funcionales, y muy buenos resultados en cuanto a consolidación y corrección del eje.

## BIBLIOGRAFÍA

- Lemon M, Somayaji HS, Khaleel A, Elliott DS. Fragility fractures of the ankle: stabilisation with an expandable calcaneotalotibial nail. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(6):809-13.
- De Vries JG, Philbin TM, Hyer CF. Retrograde intramedullary nail arthrodesis for avascular necrosis of the talus. *Foot Ankle Int.* 2010;31(11):965-72.
- Johl C, Kircher J, Pohlmann K, Jansson V. Management of failed total ankle replacement with a retrograde short femoral nail: a case report. *J Orthop Trauma.* 2006;20(1):60-5.
- Burks JB. Tibiotalocalcaneal arthrodesis. *Clin Podiatr Med Surg.* 2012;29(4):529-45.
- Russotti GM, Johnson KA, Cass JR. Tibiotalocalcaneal arthrodesis for arthritis and deformity of the hind part of the foot. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70(9):1304-7.
- Acosta R, Ushiba J, Cracchiolo A 3rd. The results of a primary and staged pantalar arthrodesis and tibiotalocalcaneal arthrodesis in adult patients. *Foot Ankle Int.* 2000;21(3):182-94.
- Papa JA, Myerson MS. Pantalar and tibiotalocalcaneal arthrodesis for post-traumatic osteoarthritis of the ankle and hindfoot. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74(7):1042-9.
- Chou LB, Mann RA, Yaszay B, Graves SC, McPeake WT 3rd, Dreeben SM, et al. Tibiotalocalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2000;21(10):804-8.
- McGarvey WC, Trevino SG, Baxter DE, Noble PC, Schon LC. Tibiotalocalcaneal arthrodesis: anatomic and technical considerations. *Foot Ankle Int.* 1998;19(6):363-9. Erratum in: *Foot Ankle Int* 1998;19(11):787.
- Mann MR, Parks BG, Pak SS, Miller SD. Tibiotalocalcaneal arthrodesis: a biomechanical analysis of the rotational stability of the Biomet Ankle Arthrodesis Nail. *Foot Ankle Int.* 2001;22(9):731-3.
- Means KR, Parks BG, Nguyen A, Schon LC. Intramedullary nail fixation with posterior-to-anterior compared to transverse distal screw placement for tibiotalocalcaneal arthrodesis: a biomechanical investigation. *Foot Ankle Int.* 2006;27(12):1137-42.
- Mückley T, Eichorn S, Hoffmeier K, von Oldenburg G, Speitling A, Hoffmann GO, Bühren V. Biomechanical evaluation of primary stiffness of tibiotalocalcaneal fusion with intramedullary nails. *Foot Ankle Int.* 2007;28(2):224-31.
- Stephenson KA, Kile TA, Graves SC. Estimating the insertion site during retrograde intramedullary tibiotalocalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 1996;17(12):781-2.
- Goebel M, Gerdesmeyer L, Mückley T, Schmitt-Sody M, Diehl P, Stienstra J, Bühren V. Retrograde intramedullary nailing in tibiotalocalcaneal arthrodesis: a short-term, prospective study. *J Foot Ankle Surg.* 2006;45(2):98-106.
- 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(1):47-56.
- Budnar VM, Hepple S, Harries WG, Livingstone JA, Winson I. Tibiotalocalcaneal arthrodesis with a curved, interlocking, intramedullary nail. *Foot Ankle Int.* 2010;31(12):1085-92.
- Cooper PS. Complications of ankle and tibiotalocalcaneal arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(391):33-44. Review.
- Sánchez-Alepuz E, Sánchez-González M, Martínez-Arribas M. Artrodesis tibioastragalina con clavo retrógrado de reconstrucción. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2004;48(2):137-44.
- Hammett R, Hepple S, Forster B, Winson I. Tibiotalocalcaneal (hindfoot) arthrodesis by retrograde intramedullary nailing using a curved locking nail. The results of 52 procedures. *Foot Ankle Int.* 2005;26(10):810-5.
- Pelton K, Hofer JK, Thordarson DB. Tibiotalocalcaneal arthrodesis using a dynamically locked retrograde intramedullary nail. *Foot Ankle Int.* 2006;27(10):759-63.
- Thomas RL, Sathe V, Habib SI. The use of intramedullary nails in tibiotalocalcaneal arthrodesis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012;20(1):1-7.
- De Vries JG, Berlet GC, Hyer CF. Union rate of tibiotalocalcaneal nails with internal or external bone stimulation. *Foot Ankle Int.* 2012;33(11):969-78.
- Jehan S, Shakeel M, Bing AJ, Hill SO. The success of tibiotalocalcaneal arthrodesis with intramedullary nailing--a systematic review of the literature. *Acta Orthop Belg.* 2011;77(5):644-51. Review.
- Rammelt S, Pyrc J, Agren PH, Hartsock LA, Cronier P, Friscia DA, et al. Tibiotalocalcaneal fusion using the hindfoot arthrodesis nail: a multicenter study. *Foot Ankle Int.* 2013;34(9):1245-55.