

Versatilidad del clavo endomedular retrógrado largo de tibia para artrodesis tibio-talo-calcánea en pacientes con lesiones asociadas en el mismo segmento

Marisol Alberti, Guido Carabelli, Jonathan Verbner, Danilo Taype Zamboni, Jorge D. Barla, Carlos F. Sancineto

Sector de Trauma, Instituto de Ortopedia y Traumatología "Prof. Dr. Carlos E. Ottolenghi", Hospital Italiano de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Introducción: La afección articular que lleva a la necesidad de una artrodesis tibio-calcánea puede estar acompañada de una segunda lesión en el mismo segmento óseo, y los clavos de diseño para artrodesis no tienen la longitud adecuada para cubrir ambas lesiones. No hallamos opciones terapéuticas para este tipo de lesiones en la bibliografía. **Objetivo:** Presentar una serie de casos en los que se utilizó un único clavo de tibia (de colocación anterógrada) de forma retrógrada, con el doble objetivo de efectuar una artrodesis tibio-talo-calcánea, sumada al tratamiento de una lesión asociada en un mismo tiempo quirúrgico. **Materiales y Métodos:** Se evaluó, en forma retrospectiva, desde septiembre de 2009 hasta junio de 2019, a un grupo de 12 pacientes que requirió una artrodesis tibio-talo-calcánea sumada a la necesidad de resolver simultáneamente un defecto secundario local. La edad promedio fue de 43.7 años, y el seguimiento global fue de 43.9 meses. **Resultados:** Todos los pacientes lograron una artrodesis tibio-calcánea constatada en radiografías de frente y de perfil, y el 83,3% recuperó el stock óseo de manera completa. **Conclusión:** Ante la ausencia en el mercado de osteosíntesis para resolver las patologías asociadas en un mismo paciente, proponemos el uso del clavo endomedular largo de tibia colocado de manera retrógrada como una opción de tratamiento, porque se ha demostrado que es eficaz para lograr la artrodesis tibio-calcánea. Además, se lo pudo utilizar como guía en el alargamiento y el transporte óseo, y como estabilización para tratar lesiones simultáneas.

Palabras clave: Artrodesis tibio-talo-calcánea; alargamiento óseo; transporte óseo; clavo endomedular retrógrado; fractura de tibia.

Nivel de Evidencia: IV

Versatility of the Tibia Long Retrograde Intramedullary Nail for Tibiototalcalcaneal Arthrodesis in Patients with Associated Lesions in the Same Segment

ABSTRACT

Background: The joint condition that leads to the need for a tibiototalcalcaneal arthrodesis may be accompanied by a second injury in the same bone segment, and design nails for arthrodesis are not of adequate length to cover both injuries. We have not found therapeutic options for this type of injury in the literature. **Objective:** To present a series of cases where a single tibia nail (anterograde placement) was used retrogradely, with the dual objective of performing a tibiototalcalcaneal arthrodesis added to the treatment of an associated injury in the same surgical stage. **Materials and Methods:** We retrospectively evaluated a group of 12 patients who required a tibiototalcalcaneal arthrodesis as well as to simultaneously resolve a local secondary defect from September 2009 to June 2019. The average age was 43.7 (27-61) years, and the global follow-up was 43.9 months. **Results:** All patients achieved a tibiototalcalcaneal arthrodesis confirmed in antero-posterior and lateral radiographs, and 83.3% of the patients recovered their bone stock completely. **Conclusion:** Faced with the lack of osteosynthesis in the market to resolve associated pathologies in the same patient, we propose the use of a long tibial intramedullary nail placed in a retrograde manner as a treatment option since it has proven to be efficient in achieving tibiototalcalcaneal arthrodesis. In addition, it could be used as a rail for bone lengthening and transport, and as stabilization to treat simultaneous injuries.

Keywords: Tibiototalcalcaneal arthrodesis; bone lengthening; bone transport; retrograde nail; tibial fracture.

Level of Evidence: IV

Recibido el 13-7-2020. Aceptado luego de la evaluación el 8-1-2021 • Dra. MARISOL ALBERTI • sol_alb@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-2266-8138>

Cómo citar este artículo: Alberti M, Carabelli G, Verbner J, Taype Zamboni D, Barla JD, Sancineto CF. Versatilidad del clavo endomedular retrógrado largo de tibia para artrodesis tibio-talo-calcánea en pacientes con lesiones asociadas en el mismo segmento. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2021;86(3):349-355. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2021.86.3.1159>

INTRODUCCIÓN

La artrodesis tibio-talo-calcánea es un procedimiento indicado a pacientes con artrosis postraumática, artritis reumatoide, secuela de infecciones, cuadros neuromusculares y falla de la artroplastia de tobillo.¹ Su meta es lograr una fusión sólida e indolora en una posición biomecánicamente estable que le permita a la persona una deambulación independiente² y para ello, la fijación endomedular retrógrada es el implante de elección.³

El procedimiento descrito hace referencia a la fijación tibio-talo-calcánea en el contexto de una lesión en dicho nivel, elemento que motiva el uso de clavos de longitudes adecuadas para este fin; sin embargo, la afección articular puede estar acompañada de una extensión o una segunda lesión ósea a nivel diafisario del mismo segmento óseo, y los clavos de diseño para artrodesis no tienen la longitud adecuada para cubrir ambas lesiones; por ende, se hace necesario adicionar un implante o aplicar una táctica que permita adecuar una sola osteosíntesis para el manejo de las lesiones agregadas.

No hemos hallado en la bibliografía opciones terapéuticas para este tipo de lesiones, por lo que hemos implementado una estrategia que se adecua a las necesidades de la posible combinación de lesiones que pueda presentar el paciente. Por este motivo, presentamos una serie de casos en los que se utilizó un clavo de tibia tradicional de colocación anterógrada, colocado, en forma retrógrada, con el objetivo principal de efectuar una artrodesis tibio-talo-calcánea adicionando la función de tratar las lesiones asociadas con una única osteosíntesis como objetivo secundario.

Al mismo tiempo, intentamos esbozar una forma de clasificar las posibles indicaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Nuestra serie de casos fue evaluada, en forma retrospectiva, desde septiembre de 2009 hasta junio de 2019. Se incluyó a pacientes >18 años, con indicación de artrodesis tibio-talo-calcánea, que presentaban una afección concomitante en dicho segmento óseo en donde no fuera posible el uso de un clavo para artrodesis de longitud convencional. También debían contar con una historia clínica completa. Se excluyó a quienes no cumplieran alguna de estas tres condiciones.

Utilizando los datos proporcionados por la historia clínica electrónica de nuestra institución, se evaluaron las variables demográficas, el tipo de trauma inicial y la cantidad de cirugías previas al ingresar en nuestra institución.

Asimismo, se evaluaron la longitud del defecto óseo, si existía, y la corrección alcanzada al final del tratamiento, y también la presencia o no de infección concomitante y el tipo de germen, si correspondía. Luego de recabar la información, se conformó un grupo de 12 pacientes que fueron clasificados según los defectos óseos y las necesidades terapéuticas, a saber:

1. Miembro con conservación de la longitud del segmento
 - A. Con defecto segmentario
 - B. Sin defecto segmentario
2. Miembro que no conserva la longitud del segmento

A modo de ejemplo, se describe el tratamiento de cada una de las posibles secuelas, mostrando la versatilidad de la técnica según el problema en cada caso.

Problema 1.A. Miembro con conservación de la longitud más defecto segmentario

Este grupo está integrado por cinco pacientes con déficit de stock óseo en la tibia, cuya estrategia reconstructiva principal, en la mayoría de los casos, fue el transporte óseo.

En estas situaciones, se utilizó el mismo clavo endomedular para la artrodesis tibio-talo-calcánea y como eje mecánico para guiar el segmento óseo transportado para la reconstrucción ósea.

Hombre de 35 años con antecedentes de fractura expuesta de tibia distal con compromiso articular y pérdida ósea. Fue tratado en otro centro y evolucionó a una pseudoartrosis infectada (Figura 1A-B).

Al ingresar en nuestra institución, fue sometido a un desbridamiento (Figura 1C), luego se le colocó un espaciador de cemento con antibióticos y se estabilizó con un clavo de tibia con colocación retrógrada a nivel tibio-talo-calcáneo (Figura 1D).

Ante una evolución favorable y luego del control del proceso séptico local, se procedió a la reconstrucción del defecto con un transporte óseo sobre clavo (Figura 1E).

Finalizado el transporte se decidió proteger la zona con una placa con tornillos (Figura 1F).



Figura 1. A y B. Radiografías de pierna, de frente y de perfil. Se visualiza el foco de pseudoartrosis en la tibia distal. C. Radiografía de pierna, de frente, luego del desbridamiento inicial. Se observa el déficit de stock óseo. D. Radiografía de pierna, de frente, luego de la colocación de un espaciador de cemento con antibióticos y la estabilización con un clavo de tibia retrógrado a nivel tibio-calcáneo. E. Radiografía de pierna, de frente. Se observa la reconstrucción del defecto con un transporte óseo sobre clavo. F. Finalizado el transporte se decide proteger la zona con una placa con tornillos.

Problema 1.B. Miembro con conservación de la longitud y sin defecto segmentario

Este grupo incluye a dos pacientes con dos o más lesiones en la tibia, que conservan la longitud del miembro y no tienen defecto óseo segmentario.

Mujer de 46 años que presenta una fractura del pilón tibial derecho asociada a una fractura de peroné (Figura 2A-B). Se procedió a la reducción y osteosíntesis. El resultado posoperatorio se muestra en la Figura 2C-D. A los cuatro meses de la cirugía, sufrió una infección del sitio quirúrgico, y requirió múltiples limpiezas durante cuatro meses. En un control tomográfico (Figura 2E-F), se observó una articulación con importantes cambios degenerativos; por lo tanto, se decidió extraer la osteosíntesis.

Para el momento del reimplante, por la artrosis postraumática y el antecedente infectológico, se decidió realizar una artrodesis tibio-talo-calcánea retrógrada con un clavo recubierto de cemento con antibiótico. El resultado posoperatorio se muestra en la Figura 2G-H.

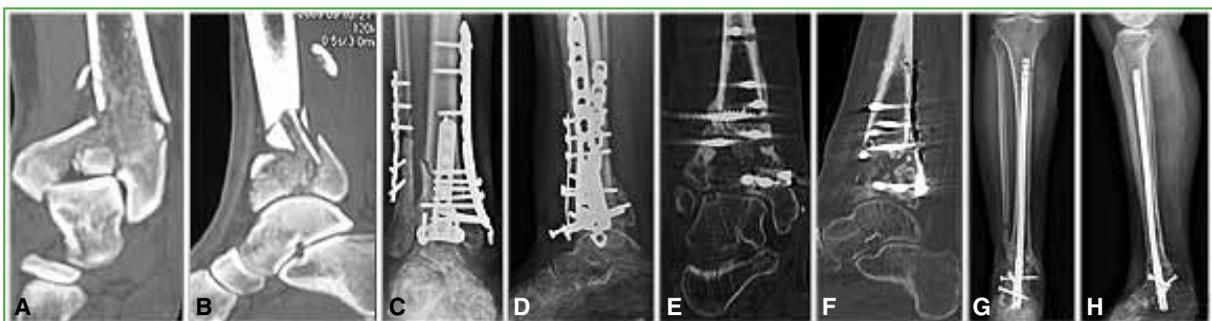


Figura 2. Tomografía computarizada de tobillo, cortes coronal (A) y sagital (B). Se observa la fractura del pilón tibial derecho asociada a una fractura de peroné. C y D. Radiografías de tobillo, de frente, luego de la reducción y osteosíntesis. E y F. Tomografía computarizada de tobillo, cortes coronal y sagital. Control luego de múltiples limpiezas por un foco infeccioso. Se detectan importantes cambios degenerativos articulares. G y H. Radiografías de pierna, de frente y de perfil, luego de una artrodesis tibio-calcánea retrógrada con un clavo recubierto de cemento con antibiótico.

Problema 2. Miembro que no conserva la longitud del segmento más defecto óseo segmentario

A este grupo pertenecen cinco pacientes que tienen una discrepancia de longitud a expensas de un defecto óseo en el miembro inferior afectado. En los pacientes con defectos que no podían ser compensados con un realce, se realizó el alargamiento por callotasis sobre el mismo clavo endomedular retrógrado que se usó para la artrodesis de tobillo.

Hombre de 59 años con antecedentes de enfermedad vascular periférica, que sufre una fractura expuesta del pilón tibial. Inicialmente fue tratado en otro centro, requirió múltiples procedimientos quirúrgicos óseos y de partes blandas, evolucionó con pérdida del stock óseo a nivel articular (Figura 3A-B) y la falla de dos colgajos de cobertura. En ese momento, se le indicó una amputación infrarrotuliana, que fue rechazada por el paciente.

Fue derivado a nuestra institución con un defecto de partes blandas en la cara lateral del tobillo derecho, sumado a la exposición ósea y articular de larga evolución. Se realizó la reconstrucción a través de una resección ósea de tibia y peroné distal con acortamiento en agudo del miembro y artrodesis tibio-talo-calcánea con clavo largo (Figura 3C-D). Ante la mejoría de las partes blandas, se procedió con el alargamiento por callotasis según técnica (Figura 3E). El resultado final se observa en la Figura 3F-G.



Figura 3. A y B. Radiografías de tobillo, de frente y de perfil. Se observa la secuela de una fractura expuesta del pilón tibial que, tras múltiples cirugías, evolucionó con pérdida de stock óseo articular. C y D. Radiografías de tobillo, de frente y de perfil, luego de la reconstrucción a través de una resección ósea de tibia y peroné distal con acortamiento en agudo del miembro y artrodesis tibio-calcánea con clavo largo. E. Escanograma de ambos miembros inferiores al iniciar el alargamiento por callotasis según técnica. F. Escanograma de ambos miembros inferiores. G. Radiografía de pierna, de frente. Resultado final.

RESULTADOS

Se presenta una serie de 12 pacientes (8 hombres y 4 mujeres). La edad promedio era de 43.7 años (rango 27-61); la edad promedio de los pacientes del grupo 1 era de 40.8 años (rango 27-61) y de 47.6 años (rango 31-59) para el grupo 2.

El seguimiento global fue de 43.9 meses desde septiembre de 2009 hasta junio de 2019.

En cuanto al trauma inicial, las fracturas expuestas de tibia y peroné, y las fracturas del pilón tibial fueron las más frecuentes (4 pacientes cada una), seguidas de la fractura expuesta de fémur, fractura de tobillo, fractura aislada de peroné y luxación expuesta de astrágalo (1 paciente cada una).

En cuanto al número de cirugías antes de ingresar en nuestra institución, tres pacientes no tenían cirugías o tenían hasta dos intervenciones previas, los nueve pacientes restantes tenían más de dos intervenciones en otros centros.

Con respecto al análisis de la longitud de los defectos óseos en centímetros, observamos que, en el grupo de pacientes con conservación de la longitud del miembro, en aquellos que tenían un defecto segmentario (subgrupo A), la media del defecto fue de 6,02 cm. El subgrupo B no presentaba un defecto óseo segmentario asociado. Por último, los pacientes sin conservación de la longitud del miembro tenían una media de acortamiento de 4,07 cm.

La corrección final alcanzada en los pacientes que no conservaban la longitud del miembro fue completa en dos de los cinco casos, un acortamiento residual de 2 cm en un paciente y de 4 cm en los dos restantes.

Como se puede observar en la **Tabla 1**, se comenzó, en la mayoría de los casos, con la estadificación infectológica de los pacientes. El 91,6% sufrió una infección concomitante, y el germen más frecuente fue *Staphylococcus aureus* (**Tabla 2**). Por este motivo, todos los clavos utilizados para las artrodesis estaban recubiertos de cemento con antibiótico. Además, todos los pacientes tuvieron un seguimiento multidisciplinario junto a los médicos del Servicio de Infectología quienes determinaban el antibiótico indicado, según los resultados de los cultivos. Cumplían un tratamiento por vía intravenosa u oral de, al menos, 6 semanas, según el microorganismo aislado en la cirugía, y se los controlaba periódicamente con análisis de laboratorio que incluían recuento de glóbulos blancos, eritrosedimentación y proteína C reactiva, así como un control traumatológico para evaluar la evolución del sitio quirúrgico.

En el momento de la cirugía, a todos los pacientes se los colocó en decúbito dorsal, sobre una mesa quirúrgica radiolúcida y se utilizó el punto de entrada plantar convencional.

En cuanto a las complicaciones, se documentaron las que requirieron de un tratamiento quirúrgico. Dichas complicaciones estuvieron asociadas principalmente con el antecedente infeccioso más que con la técnica de artrodesis retrógrada con clavo de tibia (**Tabla 3**).

En los 12 pacientes, se logró una artrodesis tibio-calcánea satisfactoria constatada en las radiografías de frente y de perfil, y el 83,3% recuperó su stock óseo de manera completa.

Tabla 1. Cirugía inicial realizada en nuestra institución

Cirugía inicial	+/N° pacientes
Punción biopsia	9/12
Tutor externo	3/12
Reducción y osteosíntesis	1/12

Tabla 2. Microorganismo detectado en las muestras tomadas en la cirugía inicial

Microorganismo	Cantidad de pacientes
<i>Staphylococcus aureus</i>	8/12
<i>Enterococcus faecalis</i>	7/12
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3/12
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	3/12

Tabla 3. Complicaciones que requirieron de un nuevo procedimiento

Complicaciones/Procedimiento	Cantidad de pacientes afectados
Infección/Limpieza quirúrgica	8/12
Infección/Recambio clavo endomedular	
x1	4/12
x2	2/12
varios	2/12
Deseje/Osteotomía	5/12

DISCUSIÓN

Se sabe que, ante una fractura diafisaria de tibia, el tratamiento de referencia es el clavo endomedular.⁴ En cuanto a la artrodesis tibio-talo-calcánea, pese a que se ha descrito la fijación interna con tornillo y otros dispositivos, se han comunicado resultados satisfactorios con el uso de un clavo endomedular para lograr la artrodesis. Estudios biomecánicos demuestran una fuerza superior con un clavo endomedular que con la fijación con tornillos.⁵ Se comercializan implantes de hasta 465 mm de largo para las fracturas de tibia, no así para la artrodesis de tobillo en donde los clavos diseñados no superan los 300 mm.

El problema surge en pacientes que necesitan artrodesis de tobillo asociada a una patología que requiera fijación proximal. No se ha publicado un método para resolver ambas patologías en simultáneo con un mismo implante, como así tampoco encontramos implantes diseñados para tratarlas en conjunto.

Los estudios biomecánicos demuestran que un área susceptible de estrés se localiza inmediatamente proximal a la fijación con clavos cortos. Esto ocurre porque luego de la artrodesis de la articulación tibio-calcánea y la articulación subtalar se genera una disminución del grado de movilidad y, sin la habilidad de acomodar las fuerzas de ambas articulaciones, se genera un momento de flexión a lo largo de la tibia.⁶

Otro factor que contribuye a las fracturas por estrés de la tibia tras una artrodesis es el aumento de las fuerzas de flexión que se transmiten a la porción distal de la tibia por un brazo de palanca más largo en un pie más rígido, asociado a una disminución de la fuerza mecánica del hueso.⁶

Por otro lado, con los años, se ha demostrado que el punto proximal del clavo coincide con un punto de estrés de la tibia, el istmo (transición entre metáfisis y diáfisis), lugar donde se localiza el tornillo de bloqueo proximal, y sitio donde se producen las fracturas por fatiga.⁶

Thordarson y Chanq identificaron un área radiolúcida proximal a la punta del clavo retrógrado estándar, utilizado en las artrodesis de tobillo, que se correlaciona con episodios de dolor, manifestado por los pacientes en dicha área. Su teoría plantea que esta área es la zona con mayor concentración de estrés.⁵

En un estudio biomecánico de Noonan y cols.⁶ se postuló que, en comparación con el clavo estándar de 15 cm, un clavo más largo llevaría la concentración de estrés a la tibia proximal, evitando así potenciales fatigas. Otros autores sugieren que el clavo debe alcanzar la tuberosidad tibial anterior.⁸

Burns y Dunse⁹ hallaron que la longitud estándar del clavo corto incrementa la fuerza en la cortical posterior de la tibia a nivel del bloqueo proximal unas 5,3 veces más que un clavo largo bloqueado. Por esto, muchos usan un clavo endomedular largo para una fijación y estabilidad mejores, en la diáfisis, reduciendo el estrés y la posibilidad de fractura.

Otro potencial beneficio del clavo endomedular retrógrado es la carga temprana, esto se transforma en un punto fundamental a la hora de realizar una artrodesis en pacientes ancianos con baja demanda funcional, ya que está demostrado de la movilidad precoz disminuye la mortalidad en este grupo etario.⁸

Según la bibliografía, se han utilizado clavos largos de fémur de manera retrógrada, pero en escenarios diferentes de los nuestros, así como también clavos de tibia de manera retrógrada, pero en pacientes que solo presentaban un defecto secundario a una enfermedad oncológica.

Baker y cols.⁸ estudiaron el uso de un clavo femoral retrógrado largo para fracturas de tobillo inestable en 16 pacientes ancianos (media de la edad 73 años). Con un seguimiento promedio de 21 meses, demostraron que el uso del clavo endomedular femoral retrógrado es una opción segura y efectiva, no hubo casos de falla de la osteosíntesis, ni fracturas alrededor del implante ni infecciones de la herida.

Pinzur y cols.⁷ evaluaron a nueve pacientes con diabetes tipo 2 más artropatía de Charcot, que fueron sometidos a una artrodesis de tobillo utilizando un clavo femoral retrógrado. La edad promedio era de 52 años. Se confirmó la consolidación en las radiografías, en todos los pacientes, en un tiempo promedio de 10.5 semanas. Ningún paciente sufrió una fractura o tenía evidencia de estrés. Con un seguimiento promedio de 32 meses, todos deambulaban utilizando zapatos ortopédicos.

Xu y cols.¹⁰ evaluaron a cinco pacientes con osteosarcoma de tibia a los que se le realizó una resección más aloinjerto sumado a una artrodesis con clavo endomedular tibial retrógrado. Con un seguimiento de 42 meses, cuatro de los cinco pacientes se sintieron satisfechos con los resultados. A los 6 meses de seguimiento, todos tenían signos radiográficos de consolidación.

Una fortaleza de nuestro trabajo es que presentamos una novedosa manera de resolver múltiples cuadros concomitantes en un mismo segmento óseo, con un mismo implante y en un solo tiempo quirúrgico. Nuestra serie de casos tiene un tiempo de seguimiento similar al de las series publicadas, con la salvedad de que ninguna de las descritas es igual a la que aquí presentamos. Como debilidades, mencionamos su carácter retrospectivo, con una serie de casos heterogéneos entre sí.

CONCLUSIONES

En nuestra serie de casos, el clavo de tibia colocado de manera retrógrada no solo ha logrado su objetivo principal (la artrodesis tibio-talo-calcánea), sino que también ha permitido, al mismo tiempo, tratar un amplio rango de cuadros asociados, lo que demuestra la gran versatilidad de esta técnica. Tal como lo comunicamos, una misma osteosíntesis permitió, a su vez, realizar el transporte óseo, ser guía ante un alargamiento y ayudar al control infeccioso local como se ha presentado en los diferentes casos.

Consideramos que, en el futuro, sería necesario el desarrollo de una osteosíntesis diseñada específicamente para este tipo de técnica. Ante la ausencia actual en el mercado, sugerimos el uso de clavos de tibia colocados de manera retrógrada, con los cuales, en nuestros casos, hemos obtenido buenos resultados, de manera segura y con mínimas complicaciones.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

ORCID de G. Carabelli: <http://orcid.org/0000-0002-7049-0688>

ORCID de J. Verbner: <https://orcid.org/0000-0001-7040-2097>

ORCID de D. Taype Zamboni: <https://orcid.org/0000-0001-8293-9879>

ORCID de J. D. Barla: <https://orcid.org/0000-0001-9233-5278>

ORCID de C. F. Sancineto: <https://orcid.org/0000-0002-5190-4312>

BIBLIOGRAFÍA

1. Caixeta TB, Oliveira Calabria C Jr, de Castro RV, Martins JS, Costa EN, Albieri AD, et al. Tibiotalocalcaneal arthrodesis with retrograde intramedullary nailing: 29 patients clinical and functional evaluation. *Rev Bras Ortop* 2014;49(1):56-61. <https://doi.org/10.1016/j.rbo.2013.11.002>
2. Hsu AR, Ellington JK, Adams SB. Tibiotalocalcaneal arthrodesis using a nitinol intramedullary hindfoot nail. *Foot Ankle Spec* 2015;8(5):389-96. <https://doi.org/10.1177/1938640015598838>
3. Francesch F, Franceschetti E, Torre G, Papalia R, Samuelsson K, Karlsson J, et al. Tibiotalocalcaneal arthrodesis using an intramedullary nail: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(4):1316-25. <https://doi.org/10.1111/os.12171>
4. Aggerwal S, Soni A, Saini UC, Gahlot N. Removal of a bent tibial intramedullary nail: a rare case report and review of the literature. *Chin J Traumatol* 2011;14(2):107-10. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1008-1275.2011.02.009>
5. Thordarson DB, Chang D. Stress fractures and tibial cortical hypertrophy after tibiotalocalcaneal arthrodesis with an intramedullary nail. *Foot Ankle Int* 1999;20(8):497-500. <https://doi.org/10.1177/107110079902000806>
6. Noonan T, Pinzur M, Paxinos O, Havey R, Patwardhin A. Tibiotalocalcaneal arthrodesis with a retrograde intramedullary nail: a biomechanical analysis of the effect of nail length. *Foot Ankle Int* 2005;26(4):304-8. <https://doi.org/10.1177/107110070502600406>
7. Pinzur MS, Noonan T. Ankle arthrodesis with a retrograde femoral nail for Charcot ankle arthropathy. *Foot Ankle Int* 2005;26(7):545-9. <https://doi.org/10.1177/107110070502600709>
8. Baker G, Mayne AIW, Andrews C. Fixation of unstable ankle fractures using a long hindfoot nail. *Injury* 2018;49(11):2083-6. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.07.028>
9. Burns PR, Dunse A. Tibiotalocalcaneal arthrodesis for foot and ankle deformities. *Clin Podiatr Med Surg* 2017;34(3):357-80. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2017.02.007>
10. Xu L, Zhou J, Wang Z, Xiong J, Qiu Y, Wang S. Reconstruction of bone defect with allograft and retrograde intramedullary nail for distal tibia osteosarcoma. *Foot Ankle Surg* 2017;24(2):149-53. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2017.01.006>