

Seudoartrosis después de una osteotomía en chevron: incidencia, tratamiento, seguimiento y evolución

María Alejandra Córdoba, Carlos Mendoza Puello, Eduardo Costanza, Matías Devoto, Alejandro Iglesias, Fernando Rodríguez Castells

Unidad de Pierna, Tobillo y Pie, Hospital Universitario CEMIC, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Introducción: El hallux valgus es el trastorno más común del primer dedo del pie. Provoca dolor, discapacidad funcional y altera los patrones de la marcha. Las deformidades leves o moderadas se han corregido con osteotomías distales del primer metatarsiano, como la osteotomía en chevron, un procedimiento seguro, pero no exento de complicaciones. Los objetivos de este estudio fueron determinar la incidencia de pseudoartrosis por dicha osteotomía y comunicar nuestro método terapéutico, el seguimiento y la evolución. **Materiales y Métodos:** Se realizó un estudio multicéntrico, retrospectivo que incluyó a pacientes operados entre 2009 y 2018. Se evaluaron 1156 osteotomías en chevron como tratamiento del hallux valgus leve o moderado en 1017 pacientes (rango etario 16-83 años; promedio 57,5) realizadas por 4 cirujanos experimentados. El criterio de inclusión fue que el paciente contara con estudios por imágenes compatibles con pseudoartrosis a los 6 meses de la cirugía. **Resultados:** Se evaluó a 5 pacientes con diagnóstico de pseudoartrosis después de una osteotomía en chevron para tratar el hallux valgus. Los puntajes promedio de la AOFAS fueron 51 antes del tratamiento del hallux valgus y 87,8 después del tratamiento de la pseudoartrosis. **Conclusiones:** La incidencia de pseudoartrosis fue del 0,4% en el posoperatorio alejado. Nuestro abordaje y el tratamiento de la pseudoartrosis lograron una excelente mejoría clínica y funcional en todos los pacientes operados.

Palabras clave: Hallux valgus; osteotomía en chevron; pseudoartrosis.

Nivel de Evidencia: III

Nonunion After Chevron Osteotomy: Incidence, Treatment, Follow-up, and Outcomes

ABSTRACT

Introduction: Hallux valgus is the most common disorder of the first toe. It causes pain, functional impairment, and alters gait patterns. Mild to moderate deformities are typically corrected with distal osteotomies of the first metatarsal, such as the chevron osteotomy, a safe procedure, but not without complications. The objectives of this study were to determine the incidence of pseudoarthrosis following this osteotomy and report our therapeutic method, follow-up, and outcomes. **Materials and Methods:** A retrospective multicenter study was carried out, which included patients operated on between 2009 and 2018. A total of 1156 chevron osteotomies were evaluated as a treatment for mild to moderate hallux valgus in 1017 patients (age range 16 -83 years; average 57.5 years) performed by 4 experienced surgeons. The inclusion criterion was that the patient had imaging studies compatible with pseudoarthrosis six months after surgery. **Results:** We evaluated five patients who met our criterion. The average AOFAS (American Orthopedic Foot and Ankle Society) scores were 51 before hallux valgus treatment and 87.8 after pseudoarthrosis treatment. **Conclusion:** The incidence of pseudoarthrosis was 0.4% in the distant postoperative period. Our approach and treatment of pseudoarthrosis achieved excellent clinical and functional improvements in all operated patients.

Keywords: Hallux valgus; Chevron osteotomy, nonunion.

Level of Evidence: III

Recibido el 7-9-2022. Aceptado luego de la evaluación el 17-1-2023 • Dra. MARÍA ALEJANDRA CÓRDOBA • mariaalejandra.cordoba85@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-2887-6226>

Cómo citar este artículo: Córdoba MA, Mendoza Puello C, Costanza E, Devoto M, Iglesias A, Rodríguez Castells F. Seudoartrosis después de una osteotomía en chevron: incidencia, tratamiento, seguimiento y evolución. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2023;88(2):177-186. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2023.88.2.1664>

INTRODUCCIÓN

El hallux valgus es la deformidad del pie más relevante clínicamente, tiene una prevalencia del 2-4%,¹ y predomina en el sexo femenino.² Puede deberse a causas extrínsecas (calzado) e intrínsecas (herencia).³ A menudo, produce dolor, discapacidad funcional y altera los patrones de la marcha.^{4,5}

Tradicionalmente, las deformidades leves y moderadas se han tratado con un procedimiento de osteotomía distal.⁷ Los primeros informes de este tipo de técnica en el área del primer metatarsiano para la corrección del hallux valgus se pueden atribuir a Reverdin (1881), quien describió una osteotomía en cuña de cierre subcapital. Otros informes aparecen en el contexto de una osteotomía retrocapital distal en forma de V del primer metatarsiano, descrita por Austin y Leventen.⁸ Con este procedimiento se obtenía una buena estabilidad primaria por el tipo de osteotomía y fue Johnson quien acuñó el término osteotomía en chevron, en 1979.⁹ Esta técnica proporciona estabilidad, permite una recuperación rápida y logra un acortamiento mínimo del primer metatarsiano.¹⁰ Se ha comunicado una baja tasa de complicaciones, como necrosis avascular de la cabeza metatarsiana, una de las complicaciones más temidas, con una frecuencia del 0,8%; movilidad restringida (12,1%), recurrencia del hallux valgus (6,9%), hallux varus (4,8%), metatarsalgia de transferencia (3,2%), pseudoartrosis (3,1%), trastornos de la cicatrización de las heridas (1,8%) e infecciones (1,5%).¹¹

Como la pseudoartrosis es una complicación rara y hay pocos casos publicados, nuestro objetivo fue determinar la incidencia de pseudoartrosis después de la osteotomía en chevron y comunicar nuestro método terapéutico, el seguimiento y la evolución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo, multicéntrico que incluyó a los pacientes sometidos a una osteotomía en chevron y de Akin (Figura 1) como tratamiento del hallux valgus leve o moderado, entre 2009 y 2018. Se evaluaron 1156 osteotomías en chevron en 1017 pacientes (355 bilaterales). El 95% eran mujeres y el 5% hombres, el rango etario era de 16 a 83 años (promedio 57.5). El procedimiento estuvo a cargo de cuatro cirujanos experimentados. Se realizó la osteotomía en V modificada por Johnson. La osteotomía se estabilizó con un tornillo de 3,0 mm con dirección de proximal a distal y de medial a lateral. A todos los pacientes se les tomaron radiografías en el posoperatorio inmediato, al mes, y a los tres y seis meses. Los pacientes con signos radiográficos de consolidación de la osteotomía fueron dados de alta a los seis meses de la cirugía.



Figura 1. Radiografías de pie, de frente y de perfil en el posoperatorio inmediato. Osteotomía en chevron, de Akin y artrodesis interfalángica distal del segundo dedo.

Los criterios de inclusión fueron pacientes con alteraciones clínicas y radiográficas compatibles con signos de seudoartrosis.

De esta manera, la serie quedó conformada por cinco pacientes (4 del sexo femenino y 1 del sexo masculino) que contaban con estudios por imágenes compatibles con seudoartrosis a los seis meses de la operación (Figuras 2 y 3). Se empleó el puntaje de la escala de la AOFAS (*American Orthopaedic Foot and Ankle Society*) antes de ambos procedimientos (cirugía inicial del hallux valgus y cirugía de la seudoartrosis) y después.



Figura 2. Radiografías de pie, de frente y de perfil a los seis meses de la cirugía. Se observa un foco de seudoartrosis a nivel de la osteotomía en chevron.

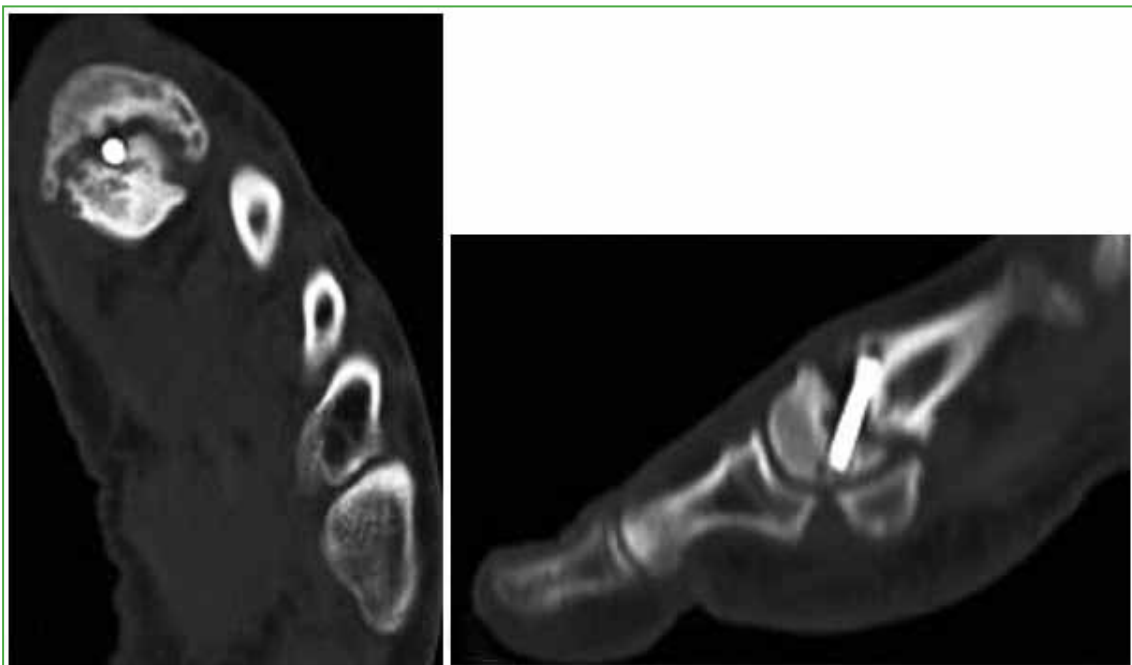


Figura 3. Tomografía computarizada de pie, cortes axial y sagital. Se observa el foco de seudoartrosis a nivel de la osteotomía en chevron.

Todos los pacientes fueron tratados con cirugía (Figuras 4 y 5). El seguimiento de este tratamiento fue >24 meses.



Figura 4. Radiografías de pie, de frente y de perfil en el posoperatorio inmediato. Se observa la osteosíntesis con placa y tornillo para el tratamiento de la pseudoartrosis.



Figura 5. Control radiográfico a los dos meses de la cirugía. Se visualiza la consolidación del foco de pseudoartrosis.

Técnica quirúrgica y posoperatorio

Se ubica al paciente en decúbito dorsal sobre la mesa de cirugía general. Se administra profilaxis antibiótica en la inducción anestésica, embrocado con gluconato de clorhexidina al 2% con alcohol isopropílico al 70%. Se colocan campos dobles según técnica y un vendaje de Smarch en el tobillo. Se realiza una incisión lateral sobre el calcáneo para la toma del injerto óseo autólogo (Figura 6).



Figura 6. Incisión lateral sobre el calcáneo para la toma del injerto óseo autólogo.

Se efectúa un abordaje longitudinal medial del hallux sobre la incisión anterior y se procede a la capsulotomía y la identificación del foco de seudoartrosis (Figura 7).



Figura 7. Abordaje longitudinal medial del hallux sobre la incisión anterior, capsulotomía e identificación del foco de seudoartrosis.

Se retira el material de osteosíntesis y se procede al curetaje óseo (Figura 8).



Figura 8. Retiro del material de osteosíntesis y posterior curetaje óseo.

Se coloca un injerto autólogo de calcáneo sobre el foco pseudoartrósico; se fija, de manera transitoria, con clavija, y se reduce y estabiliza con placa anatómica y tornillos (Figura 9). Se continúa con la capsulorrafia, la liberación del vendaje de Smarch, una prolija hemostasia, el cierre de la piel y la curación plana. Se aplica un vendaje elástico, y se coloca una bota Walker.

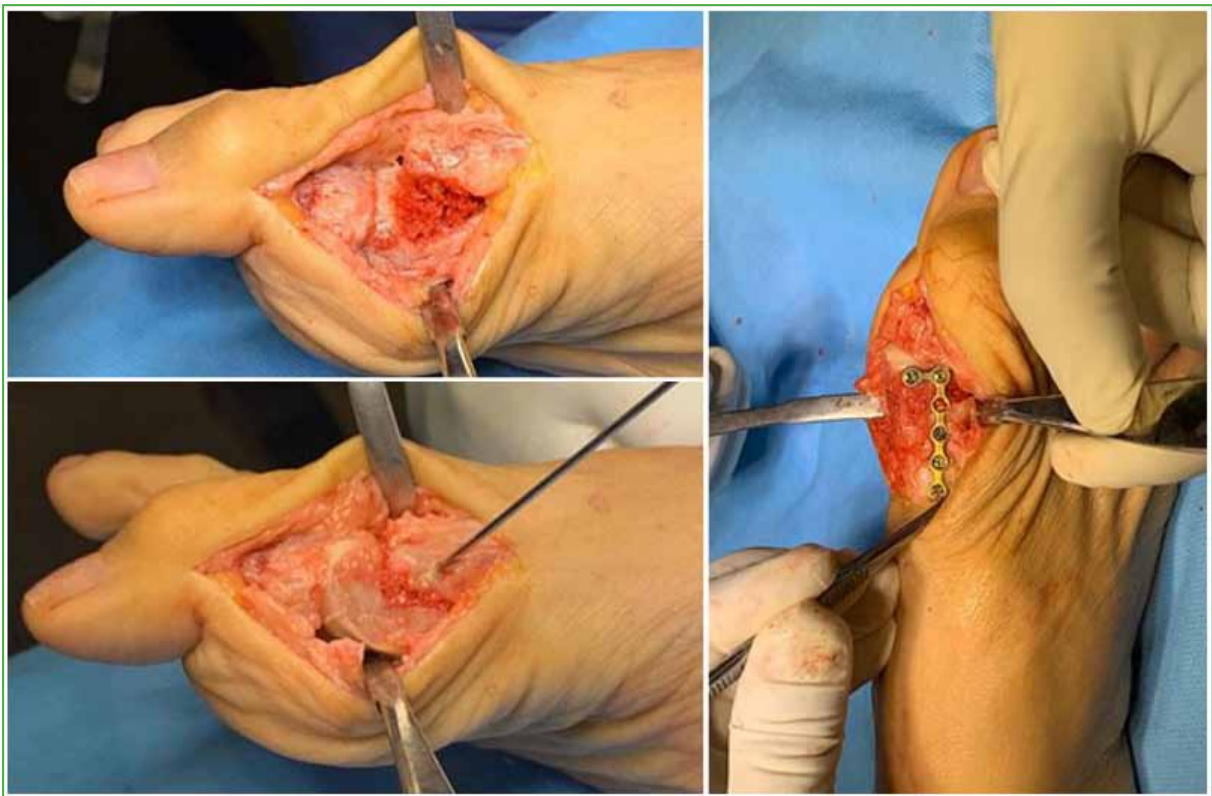


Figura 9. Colocación de injerto autólogo de calcáneo sobre el foco pseudoartrósico, fijación transitoria con clavija, reducción y estabilización con placa anatómica y tornillos.

A la primera semana, se realiza el control posquirúrgico para la curación. A la tercera semana, se retiran los puntos de sutura y, a la cuarta semana, se toman radiografías de control y se retira la bota Walker. En adelante, los pacientes usan una sandalia de suela rígida durante cuatro semanas más, y se realiza un control clínico y radiográfico al tercero y sexto mes para constatar la consolidación del foco de seudoartrosis.

RESULTADOS

Se utilizó la escala de la AOFAS (Tabla) antes del tratamiento del hallux valgus y después del tratamiento de la seudoartrosis. Esta escala valora el hallux operado, en porcentaje, con respecto a la función de un hallux normal (100%). Al aplicar esa puntuación, se obtiene un valor numérico absoluto que no es otra cosa que el porcentaje de recuperación del pie operado con respecto a un pie normal.

La escala de la AOFAS evalúa el dolor (40 puntos) y la función (60 puntos). Este último ítem está subdividido en: limitación de la actividad, requerimientos del calzado, movilidad metatarsofalángica e interfalángica, estabilidad metatarsofalángica, callosidades y alineación final.

De los cinco pacientes evaluados por la complicación de seudoartrosis (Tabla), cuatro eran mujeres y uno, hombre (rango etario 55-75 años).

Se obtuvo un promedio de 51 puntos antes del tratamiento del hallux valgus y de 87,8 después del tratamiento de la seudoartrosis.

Con respecto al dolor, un paciente refirió que remitió totalmente, tres continuaron con dolor leve y uno, con dolor moderado.

En cuanto a la función del hallux operado, cuatro pacientes no tuvieron limitación de la actividad y un paciente, limitación de la actividad recreativa deportiva. Un paciente podía utilizar calzado de moda y cuatro, de confort.

La movilidad metatarsofalángica estaba conservada en tres de los pacientes, uno presentó una restricción leve y el otro evolucionó con artrosis metatarsofalángica grave que requirió artrodesis. Los mismos resultados se obtuvieron al analizar la articulación interfalángica. La articulación fue estable en el 100% de los casos.

Cabe destacar que ninguno de los pacientes operados por hallux valgus presentó seudoartrosis de la osteotomía de Akin.

Tabla. Serie de pacientes con seudoartrosis

	Edad	Sexo	Tratamiento inicial	Puntaje de la AOFAS preoperatorio	Puntaje de la AOFAS posoperatorio	Comorbilidades	Tabaquismo
1	73	Femenino	Chevron + Akin	63	90	Hipotiroidismo, hipertensión arterial	No
2	61	Femenino	Chevron + Akin	58	88	Hipertensión arterial	No
3	55	Femenino	Chevron + Akin	57	89	Diabetes	No
4	75	Femenino	Chevron + Akin	10	87	Asma, gota, hipertensión arterial	No
5	73	Masculino	Chevron + Akin	70	85	Hipertensión arterial, diabetes	No

AOFAS = American Orthopaedic Foot and Ankle Society.

DISCUSIÓN

La rigidez articular, la recurrencia del hallux valgus, el hallux varus, la metatarsalgia de transferencia, la necrosis avascular de la cabeza metatarsiana, los trastornos en la cicatrización de las heridas y las infecciones son algunas de las complicaciones documentadas tras la osteotomía en chevron para el tratamiento del hallux valgus.⁸ La seudoartrosis es una complicación poco frecuente y hay escasa documentación bibliográfica sobre el tema. Se define

como la falta de consolidación ósea definitiva de una fractura o artrodesis, cuyo proceso patológico corresponde a la formación de una cicatriz por medio de un tejido fibroso no osificado, la alteración patológica aparece cuando no hay integración osteoblástica que le confiera al tejido cicatricial fibroso características del tejido óseo. Esto ocurre por la falta de inmovilización perfecta e ininterrumpida, la separación excesiva de fragmentos óseos, la interposición de partes blandas, vascularización insuficiente o fractura de hueso patológica.¹¹

Existen otros factores que han sido clasificados como mecánicos y biológicos. Entre estos últimos, se agrupan los antecedentes clínicos y farmacológicos que cursan con alteraciones del metabolismo óseo y, por consiguiente, del proceso de consolidación normal,¹¹ por lo cual su identificación y consideración es relevante, tanto por el costo agregado como por el número adicional de intervenciones quirúrgicas que requieren los pacientes con pseudoartrosis, sin dejar de lado las complicaciones asociadas que interfieren con las actividades diarias, tanto personales como laborales.^{12,13}

El hábito tabáquico se ha asociado con retraso de la consolidación de fracturas en numerosos estudios. Se ha identificado uno de los mecanismos causante de dicho efecto que es la disminución en la mineralización ósea.¹⁴ Los fumadores, que comúnmente requieren más tiempo para la consolidación de una fractura u osteotomía, sufren un mayor número de complicaciones durante la recuperación (de 2,5 a 3 veces las de los no fumadores) y necesitan más tiempo de curación, según estudios realizados en diferentes articulaciones y huesos.¹⁴ No obstante, hay estudios que no muestran dicha asociación; W-Dahl y Toksvig-Larsen publicaron que no observaron una relación directa entre el tabaquismo y la génesis de la pseudoartrosis.¹⁵

El punto exacto de la osteotomía distal del primer metatarsiano y los efectos del incremento de la temperatura durante el corte óseo con la microsierra podrían estar relacionados con la aparición de esta complicación.¹⁶⁻²⁰

La localización de la osteotomía es un factor determinante importante en la incidencia de pseudoartrosis. Las osteotomías distales reciben fuerzas de carga mínimas que favorecen una baja incidencia de pseudoartrosis secundaria al desplazamiento biomecánico. Sin embargo, una de las desventajas de estas osteotomías radica en que la proximidad a la articulación metatarsofalángica limita su capacidad de rotación. Por su parte, las osteotomías proximales reciben mayor fuerza de carga, y esto conduce a una incidencia significativamente mayor de pseudoartrosis.^{21,22}

Se sabe que la exposición del hueso a incrementos excesivos de temperatura durante el fresado o el corte puede producir la necrosis térmica del hueso. Temperaturas por encima de 50 °C durante 60 segundos provocan cambios irreversibles en la estructura y las propiedades físicas del hueso, como la degeneración de los osteocitos, el incremento de la actividad osteoclástica, la aparición de fibrosis y de necrosis ósea.¹⁸ El empleo de hojas de corte en mal estado o a revoluciones no adecuadas generan un incremento de la temperatura o un tiempo prolongado que provocan alteraciones locales y pueden conducir al retraso de la consolidación y la pseudoartrosis.¹⁸⁻²⁰

Las pseudoartrosis metatarsianas después de la cirugía del hallux valgus suelen ser sintomáticas y pueden provocar un primer rayo doloroso e insuficiente que conduce a la metatarsalgia de transferencia. El tratamiento de esta puede restaurar un primer rayo mecánicamente sano. En la mayoría de los casos, la remoción del material de osteosíntesis, el desbridamiento del foco pseudoartrosico, el injerto óseo, la realineación y la fijación estable ayudan a promover la consolidación.^{20,21}

Como fortaleza de este estudio se destaca su diseño multicéntrico y que es la primera serie nacional de casos sobre el tema, con una amplia muestra de pacientes. Sin embargo, es un estudio retrospectivo, las intervenciones quirúrgicas estuvieron a cargo de cuatro cirujanos especialistas en pie diferentes y se utilizó un solo puntaje funcional para evaluar a los pacientes.

CONCLUSIONES

Dada la baja prevalencia específica de este cuadro, hay muy poca bibliografía nacional sobre su incidencia, diagnóstico y manejo quirúrgico. En este trabajo, se discute cuán importante es considerar la pseudoartrosis como una complicación real posterior a una osteotomía en chevron para el tratamiento del hallux valgus y la importancia del diagnóstico, para su apropiado tratamiento quirúrgico.

Considerando esto, es fácil entender que, a fin de contar con una casuística que permita conocer la causa real de esta complicación, son necesarios el registro y el análisis retrospectivo de todos los pacientes, que nos permitan aumentar el número de casos evaluados.

Desde el punto de vista epidemiológico, se tienen estimadores que predisponen a la pseudoartrosis, como el tabaco, el lugar anatómico de la osteotomía, el aumento de la temperatura y el estado de la sierra. Sin embargo, es solo una aproximación, por lo que la predicción puede fallar y es más dificultoso de estudiar dada la baja incidencia.

Nuestra experiencia nos demuestra que la osteotomía en chevron para el tratamiento del hallux valgus es una

técnica segura con una baja tasa de complicaciones, y una incidencia de seudoartrosis del 0,4% en una casuística de 1017 pacientes, en comparación con el 3,1% publicado. Consideramos que nuestro método terapéutico que consiste en el retiro del material de osteosíntesis, el curetaje del foco de la seudoartrosis, la decorticación y el uso de injerto autólogo de calcáneo; todo esto asociado a una fijación adecuada con placa y tornillo es un procedimiento seguro y eficaz que requiere de un tiempo quirúrgico relativamente corto.

Los pacientes sometidos a este procedimiento tuvieron una buena evolución más allá de los 24 meses posteriores a la cirugía, e imágenes radiográficas favorables, con consolidación del foco de seudoartrosis.

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

ORCID de C. Mendoza Puello: <https://orcid.org/0000-0003-4655-4896>

ORCID de E. Costanza: <https://orcid.org/0000-0002-7632-6088>

ORCID de M. Devoto: <https://orcid.org/0000-0002-4216-8296>

ORCID de A. Iglesias: <https://orcid.org/0000-0002-6487-436X>

ORCID de F. Rodríguez Castells: <https://orcid.org/0000-0002-8207-5852>

BIBLIOGRAFÍA

1. Wanivenhaus A, Bock B, Gruber F, Ivanic G, Klein C, et al. Associated treatment of the hallux valgus complex. *Orthopäde* 2009;38(11):1117-26. <https://doi.org/10.1007/s00132-009-1526-3>
2. Coughlin MJ, Smith BW. Hallux valgus and first ray mobility. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 2008; 90(Suppl 2, Pt 2):153-70. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00095>
3. Coughlin MJ, Roger A. Mann Award. Juvenile hallux valgus: Etiology and treatment. *Foot Ankle Int* 1995;16(11):682-97. <https://doi.org/10.1177/107110079501601104>
4. Bai LB, Lee KB, Seo CY, Song EK, Yoon TR. Distal chevron osteotomy with distal soft tissue procedure for moderate to severe hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int* 2010;31(8):683-8. <https://doi.org/10.3113/FAI.2010.0683>
5. Chuckpaiwong B. Comparing proximal and distal metatarsal osteotomy for moderate to severe hallux valgus. *Int Orthop* 2012;36(11):2275-8. <https://doi.org/10.1007/s00264-012-1656-9>
6. Yee G, Lau J. Current concepts review: hallux rigidus. *Foot Ankle Int* 2008;29(6):637-46. <https://doi.org/10.3113/FAI.2008.0637>
7. Deenik A, van Mameren H, de Visser E, de Waal Malefijt M, Draijer F, et al. Equivalent correction in scarf and chevron osteotomy in moderate and severe hallux valgus: a randomized controlled trial. *Foot Ankle Int* 2008;29(12):1209-15. <https://doi.org/10.3113/FAI.2008.1209>
8. Austin D, Leventen E. A new osteotomy for hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res* 1981;(157):25-30. PMID: 7249456
9. Wirth CJ, Mutschler W-E, Bischoff H-P. *Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie*. Stuttgart: Thieme; 2010.
10. Schneider W, Aigner N, Pinggera O, Knahr K. Chevron osteotomy in hallux valgus. Ten-year results of 112 cases. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86(7):1016-20. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b7.15108>
11. Cueva-del Castillo JF, Valdés-Gutiérrez GA, Elizondo-Vázquez F, Pérez-Ortiz O, Piña BMC. Tratamiento de pérdidas óseas, pseudoartrosis, artrodesis y tumores óseos benignos con un xenoinplante mexicano (estudio clínico). *Cir Ciruj* 2009;77(4):287-91. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/circir/cc-2009/cc094f.pdf>
12. Rodríguez-Merchan EC, Forriol F. Nonunion: general principles and experimental data. *Clin Orthop Relat Res* 2004;(419):4-12. PMID: 15021125
13. Gelalis ID, Politis AN, Arnaoutoglou CM, Korompilias AV, Pakos EE, Vekris MD, et al. Diagnostic and treatment modalities in nonunions of the femoral shaft: A review. *Injury* 2012;43(7):980-8. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.06.030>
14. Benazzo F, Mosconi M, Bove F, Quattrini F. Treatment of femoral diaphyseal non-unions: Our experience. *Injury* 2010;41(11):1156-60. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2010.08.010>

15. W-Dahl A, Toksvig-Larsen S. Cigarette smoking delays bone healing: A prospective study of 200 patients operated on by the hemicallotaxis technique. *Acta Orthop Scand* 2004;75(3):347-51. <https://doi.org/10.1080/00016470410001303>
16. Kempf I, Grosse A, Rigaut P. The treatment of noninfected pseudarthrosis of the femur and tibia with locked intramedullary nailing. *Clin Orthop Relat Res* 1986;(212):142-54. PMID: 3769280
17. Salinas Gilabert JE, Lajara Marco F, Ruiz Herrera M. La osteotomía distal percutánea en el tratamiento de la metatarsalgia de los radios menores. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 2009;53(3):192-7. <https://doi.org/10.1016/j.recot.2008.04.001>
18. Mifsut D, Franco E, Turowicz M, Subías A, Cutillas B. Osteotomía de Weil percutánea en el tratamiento de las metatarsalgias: correlación clínico-radiológica. *Rev Esp Cir Osteoart* 2009;44(237):30-5. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10550/40727>
19. Piqué-Vidal C. The effect of temperature elevation during discontinuous use of rotatory burrs in the correction of hallux valgus. *J Foot Ankle Surg* 2005;44(5):336-44. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2005.07.009>
20. Krause WR, Bradbury DW, Kelly JE, Lunceford EM. Temperature elevations in orthopaedic cutting operations. *J Biomech* 1982;15(4):267-75. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(82\)90173-7](https://doi.org/10.1016/0021-9290(82)90173-7)
21. Richardson EG. Complications after hallux valgus surgery. *Instr Course Lect* 1999;48:331-42. PMID: 10098059
22. Vora AM, Myerson MS. First metatarsal osteotomy nonunion and malunion. *Foot Ankle Clin* 2005;10(1):117-27. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2004.10.001>