

## ORTOPEDIA

# TRATAMIENTO DE LA NO UNIÓN DE FRACTURAS EN EL HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA (Reporte de 12 casos)

Laura Blanco Arroyo\*  
Paulo Barboza Gómez\*\*

## SUMMARY

**Background:** Non-union is a frequent diagnosis despite an initial orthopedic treatment. This often leads to new surgical interventions, prolonged recovery periods and high hospitalization costs. The development of non-union depends on the initial treatment. For this reason we intend to identify the factors that may have lead to this problem, as well as actions that were taken for resolution.

**Materials and methods:** twelve patients were treated between July 2007 and October 2008 for non union at the Monseñor Sanabria Hospital in Puntarenas.

We review the charts and X-rays in November 2008, pointing age, gender, involved bones, open or closed fracture, date of the fracture, initial treatment, date of diagnosis and type of non-union, deffinitive treatment and date, outcome. Data were entered into an Excel database program for analysis. Results: twelve patients had the diagnosis of non-union. Six were tibial fractures, of which three were open, two treated with external fixation and the other with non-locking intramedullary nail; the remainders were managed with a compression plate (one) and two with cast immobilization.

Three were femur fractures (one open, managed with non-locking intramedullary nail), and the rest of them with dynamic condylar plates. The other corresponded to a fractured ulna and a tibial malleolus that were not recognized at presentation, and a fracture of the proximal fifth metatarsal treated without immobilization. All patients underwent surgery, obtaining fracture healing in an average of 5,2 months after surgery.

**Conclusion:** Proper application of the principles of osteosynthesis, is normally sufficient to achieve fracture healing in patients who develop non-union.

\*Médico General, Servicio de Emergencias, Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia  
E-mail: melisablanca07@hotmail.com

\*\* Médico Ortopedista, Servicio de Ortopedia, Hospital San Juan de Dios  
E-mail: barbozagomez@yahoo.es

**Keywords:** non union, pseu-darthrosis, osteosynthesis, reamed locking intramedullary nail.

## INTRODUCCIÓN

La no unión ha sido definida como una fractura que no ha mostrado evidencia clínica o radiológica de consolidación progresiva en exploraciones clínicas y radiológicas seriadas por un mínimo de cuatro meses desde la lesión inicial <sup>(1,5,7,14,23)</sup>. En 1961 Boyd escribió “No tenemos bases racionales para nuestras medidas terapéuticas para corregir las no uniones. Nuestro tratamiento todavía descansa primordialmente en una base empírica”<sup>(5)</sup>. Este concepto ha cambiado en los años siguientes, sin embargo el manejo de la no unión sigue siendo un desafío para el cirujano Ortopedista. La no unión es una complicación relativamente frecuente, sobre todo en el manejo de las fracturas de tibia, y se han descrito varias opciones de tratamiento no quirúrgico para el manejo de esta complicación, incluyendo inmovilización con yesos, uso de vendajes funcionales y estimulación eléctrica <sup>(1,2,6,7,10,15,20,22,23)</sup>. Las opciones de tratamiento quirúrgico incluyen la osteotomía del peroné en el caso de no unión en la tibia, el uso de autoinjertos o haloinjertos, la fijación externa, el uso de placas

de compresión y los clavos intramedulares bloqueados <sup>(3,7,11,14,15,16,17,20)</sup>. El uso de inmovilizaciones por períodos prolongados de tiempo ha caído en desuso, por el hecho de que la consolidación puede tardar muchos meses, además de que se produce rigidez en las articulaciones inmovilizadas, atrofia muscular, hay mayor incidencia de mala reducción y mayor retraso en la reincorporación a la vida laboral <sup>(4,8,11)</sup>. La estimulación eléctrica se ha asociado con una alta tasa de unión cuando se aplica adecuadamente, con la desventaja de que se necesita inmovilización externa en la mayoría de los pacientes, el tiempo de curación es prolongado (un mínimo de tres a cuatro meses), se debe evitar el apoyo de peso en la extremidad afectada por un periodo prolongado, y no se puede corregir el mal alineamiento en la mayoría de las fracturas con este método <sup>(2)</sup>. La osteotomía del peroné ha sido efectiva para tratar la no unión de las fracturas de tibia. Es un procedimiento técnicamente simple, evita el sitio de fractura y permite la carga de peso en el miembro afectado. Cuando se utiliza sin ningún método de fijación, puede desestabilizar la fractura y provocar angulaciones o acortamientos de la tibia <sup>(10,11,12,15,20)</sup>. Cuando hay problemas de cobertura de tejidos blandos

o infección asociada, la fijación externa es un adecuado tratamiento, que incluso puede ser el definitivo en estos casos <sup>(15,20)</sup>. Las placas de compresión dinámicas son especialmente útiles en el caso de huesos que no soportan carga de peso, proveen una fijación rígida y permiten corregir los problemas de mal alineamiento, pero no se recomiendan en el caso de que exista infección asociada a la fractura <sup>(7,20)</sup>. Muchos autores han recomendado el uso de clavos intramedulares bloqueados rimados para el manejo de las no uniones. Tienen la ventaja de brindar una fijación estable, adecuado alineamiento, mínimo acortamiento, buen control rotacional, soporte de peso temprano y tasas de unión desde 94 hasta 100 por ciento en algunas series reportadas <sup>(3,4,13,14,17,18)</sup>. Recordamos que la no unión ha sido clasificada como hipertrófica, oligotrófica y atrófica <sup>(1,7,20)</sup>. Los elementos básicos que se deben considerar a la hora de realizar una osteosíntesis van a depender de la biología de la fractura y de los objetivos inmediatos y a mediano y largo plazo que pretendemos con la cirugía, pero tradicionalmente se ha señalado a la falta de estabilidad como principal responsable de la no unión hipertrófica; y al compromiso de la vascularidad del hueso afectado como causante

de las pseudoartrosis atrófica y oligotrófica <sup>(1,7,19,20,23)</sup>. Por lo tanto, el respeto del cirujano a la vascularidad del hueso afectado, así como la estabilidad que le dé a la osteosíntesis que realiza, son dos elementos que en la mayoría de los casos pueden ser controlados adecuadamente y por lo tanto ayudan a disminuir en forma considerable el riesgo de llegar a una no unión <sup>(1,5,7,9,20)</sup>. El propósito de este artículo es reportar los casos de no unión de fracturas en el Hospital Monseñor Sanabria (HMS) entre julio del 2007 y octubre del 2008, tratando de señalar las probables causas de la no unión, el manejo que se les dio y el resultado final de los mismos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se incluyeron todos los pacientes que fueron atendidos en la Consulta de Ortopedia del HMS entre el 09 de julio del 2007 y el 09 de octubre del 2008, a los cuales se les hizo diagnóstico de no unión o pseudoartrosis. Se hizo un análisis descriptivo de los pacientes, incluyendo los principales factores relacionados con el desarrollo de la no unión, así mismo el resultado final se valoró de acuerdo a la evolución clínica del paciente según las notas de evolución de

la consulta externa, tomando en cuenta la presencia o no de dolor, la limitación o no de las actividades de la vida diaria y la evidencia radiológica de consolidación de la pseudoartrosis. Un total de 12 pacientes fueron incluidos en el estudio, de estos seis correspondían a fracturas de tibia (tres expuestas), tres fracturas de fémur (una expuesta), una fractura de ulna, una de maléolo tibial y una de la base del quinto metatarsiano. Para ser incluidos en este estudio, los pacientes debían tener al menos cuatro meses desde la fractura inicial, una no unión establecida y una fractura no patológica. Los tratamientos iniciales variaron desde ninguno, ya sea porque la fractura inicial pasó desapercibida en un paciente o porque no se consideró que requiriera tratamiento en otra paciente, hasta el uso de inmovilizaciones en tres pacientes, fijadores externos en dos pacientes, placas de compresión en tres pacientes y clavos intramedulares no bloqueados en otros dos pacientes.

## RESULTADOS

En total fueron 12 pacientes, cuyas principales características se resumen en el siguiente cuadro.

Hueso afectado / cerrada o expuesta	Edad / Sexo	Fecha inicial de fractura	Tratamiento inicial	Fecha diagnóstico pseudoartrosis / Tipo	Tratamiento final / Fecha	Resultado final / Fecha
Ulna (cerrada)	49  Masc	Enero 2007	Ninguno	Agosto 2007  (Hipertrófica)	Resección  pseudoartrosis  Osteosíntesis con placa de estabilización <sup>(1)</sup>  (Octubre 2007)	Fractura  consolidada  (Enero 2008)
Tibia (expuesta)  (Figura 1)	39  Masc	Noviembre  2006	Reducción abierta  más clavo  intramedular de  Küntscher	Junio 2007 (Atrófica)	Retiro Küntscher  Resección  pseudoartrosis  Clavo CTN <sup>(2)</sup> más ostectomía del peroné más Injerto de cresta ilíaca  (Setiembre 2007)	Fractura  consolidada  (Marzo 2008)
Fémur (expuesta)	37  Fem	Junio 2007	Reducción abierta  más Küntscher	Diciembre 2007  (Hipertrófica)	Retiro Küntscher  Clavo bloqueado CFN <sup>(3)</sup>  (Enero 2008)	Fractura  consolidada (Junio 2008)
Maleolo Interno (cerrada)  (Figura 2)	49  Masc	Junio 2007	Ninguno  (desapercibida)	Diciembre 2007  (Hipertrófica)	Resección  pseudoartrosis más colocación de dos tornillos canulados de 4,5mm (Enero 2008)	Fractura  consolidada (Abril 2008)
Base 5º metatarsiano (cerrada)	27  Fem	Junio 2006	Inmovilización	Setiembre 2007  (Atrófica)	Reducción abierta  más Obenque  (Octubre 2007)	Fractura  consolidada  (Mayo 2008)

(Figura 3)						
Tibia (expuesta)	27	Mayo 2007	Reducción abierta	Enero 2008	Ostectomía peroné	Fractura
(Figura 4)	Masc		más fijador externo	(Atrófica)	Clavo bloqueado CTN (Febrero 2008)	consolidada (Julio 2008)
Fémur (cerrada)	52	Julio 2007	Reducción abierta	Enero 2008	Retiro DCS	Fractura
	Fem		más DCS <sup>(4)</sup>	(Atrófica)	Clavo bloqueado DFN <sup>(5)</sup> (Febrero 2008)	consolidada (Setiembre 2008)
Tibia	28	Noviembre	Reducción abierta	Agosto 2007	Clavo bloqueado CTN	Fractura
(expuesta)	Masc	2006	más fijador externo	(Atrófica)	(Noviembre 07)	consolidada (Abril 2008)
Fémur (cerrada)	57	Mayo 2007	Reducción abierta	Enero 2008	Retiro DCS más	Fractura
	Fem		más DCS	(Atrófica)	colocación clavo DFN (Febrero 2008)	consolidada (Octubre 2008)
Tibia	29	Julio 2007	Reducción abierta	Febrero 2008	Retiro de placa y	Fractura
(cerrada)	Masc		más placa DCP <sup>(6)</sup> de 3,5mm	(Atrófica)	colocación de clavo CTN (Marzo 2008)	consolidada (Julio 2008)
Tibia	33	Agosto 2007	Reducción cerrada	Febrero 2008	Clavo bloqueado CTN	Fractura
(cerrada)	Fem		más yeso	(Hipertrófica)	(Marzo 2008)	consolidada (Junio 2008)
Tibia	34	Setiembre 2007	Reducción cerrada	Marzo 2008	Clavo bloqueado CTN	Fractura
(cerrada)	Masc		más yeso	(Hipertrófica)	(Abril 2008)	consolidada (Agosto 2008)

(1) Se utilizó placa de estabilización por no contar con placas de compresión en el HMS

(2) Clavo bloqueado canulado para tibia

(3) Clavo bloqueado canulado para fémur

(4) Placa deslizante condilar para fémur

(5) Clavo bloqueado distal para fémur

(6) Placa dinámica de compresión

El diagnóstico de no unión se hizo en un promedio de 7,6 meses (rango de 6 a 15 meses) después de la fractura. El tiempo promedio transcurrido entre el diagnóstico de no unión y el tratamiento definitivo fue de 1,4 meses (rango de 1 a 3 meses), y el tiempo promedio de consolidación de la no unión a partir del tratamiento final fue de 5,2 meses (rango de 3 a 8 meses). Siete de los pacientes fueron hombres (58%) y cinco fueron

mujeres (42%). El promedio de edad de los pacientes fue de 38,4 años (rango de 27 a 57 años). Ocho fracturas fueron cerradas (67%) y cuatro fueron expuestas (33%). De las cuatro fracturas expuestas, tres eran fracturas de tibia, lo que representó el 50% de las fracturas de tibia. Siete pacientes desarrollaron pseudoartrosis atróficas (58%) y cinco pacientes tuvieron pseudoartrosis hipertróficas (42%). De los doce pacientes

tratados con diagnóstico de no unión en el período julio 2007 – octubre 2008 en el HMS, el 100% tuvo una evolución clínica favorable, pues todos los pacientes manifestaron sentirse sin dolor, sin limitaciones para la realización de sus actividades de la vida diaria, y todos tuvieron evidencia radiológica de consolidación de sus fracturas en un promedio de seguimiento de 5,2 meses.

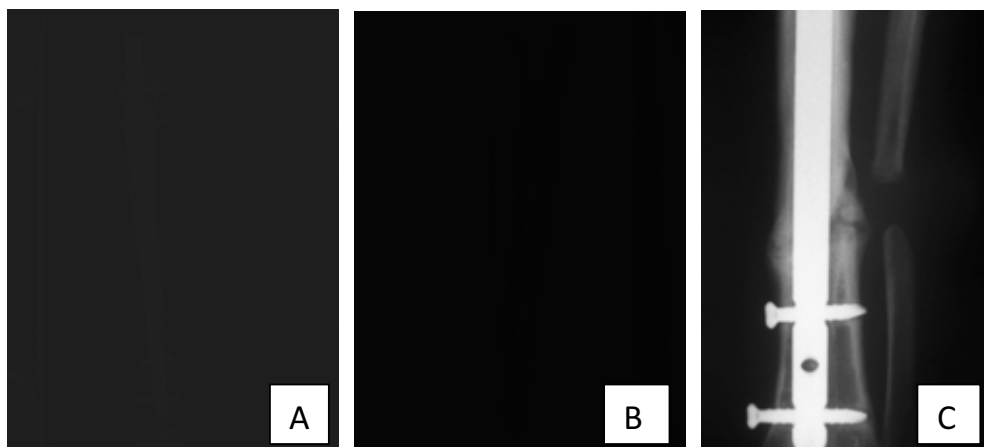


Figura 1. Caso #2: Masculino, 39 años, fractura expuesta de tibia manejada inicialmente con clavo de Küntcher en noviembre 2006. Un mes después del tratamiento de la no unión mediante osteotomía del peroné, autoinjerto de cresta ilíaca y clavo CTN (A y B). Tres meses después del tratamiento ya hay evidencia de formación de callo óseo (C).

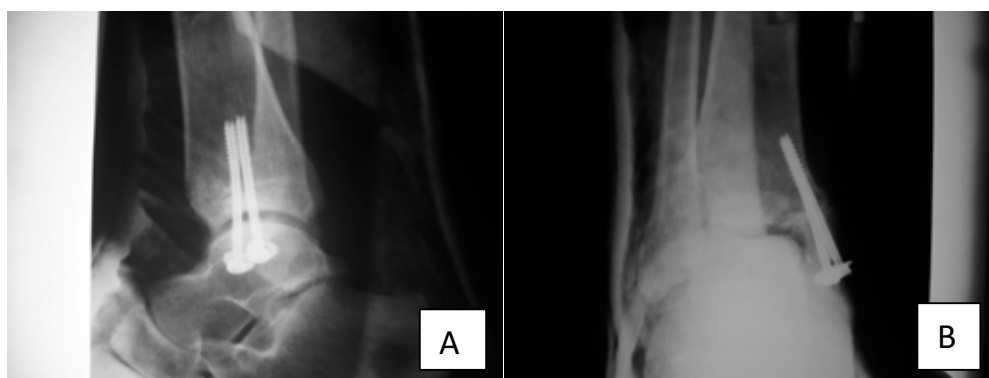


Figura 2. Caso #4: Masculino, 49 años, fractura del maleolo interno que pasó desapercibida desde junio 2007. Se operó en enero 2008 por una no unión hipertrófica, se le colocaron dos tornillos canulados de 4,5mm más autoinjerto de la tibia distal. Un mes después del tratamiento se empieza a evidenciar la consolidación de la fractura (A y B).



Figura 3. Caso #5: Femenina, 27 años, fractura de base del quinto metatarsiano en junio 2006, manejada sin inmovilización. No unión atrófica de la fractura (A). Dos meses después del tratamiento de la no unión (B). Siete meses después del tratamiento se hizo retiro de los metales y se observa la fractura consolidada (C).

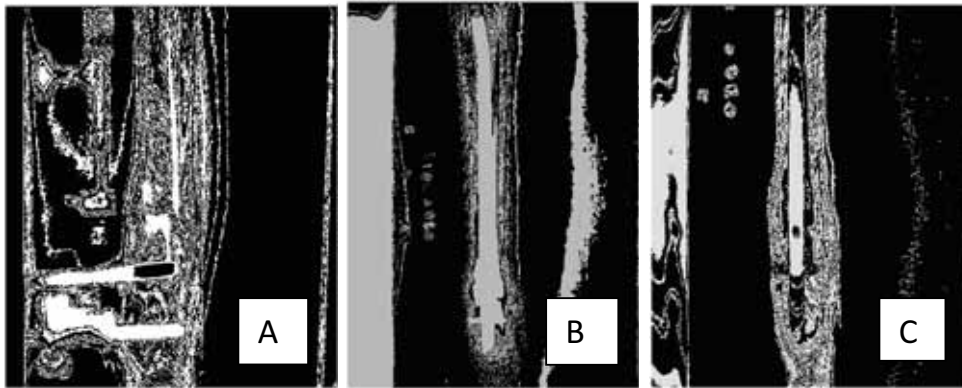


Figura 4. Caso #6: Masculino, 27 años, fractura expuesta de tibia en mayo 2007, tratada con reducción abierta y fijador externo. Ocho meses después hay evidencia de no unión atrófica (A). Cinco meses después del retiro del fijador externo, ostectomía del peroné y colocación de clavo CTN, ya hay evidencia de formación de callo óseo (B y C).

## DISCUSIÓN

En los doce pacientes del presente estudio, el tratamiento inicial de la fractura estuvo relacionado directamente con el desarrollo de la no unión, y fue necesario restablecer los principios básicos de la osteosíntesis para obtener resultados satisfactorios en estos pacientes <sup>(6,7,20)</sup>. Cinco pacientes tuvieron pseudoartrosis hipertróficas (uno de ulna, uno del maléolo interno, uno de fémur y dos de tibia), en los dos primeros las fracturas pasaron desapercibidas inicialmente. El paciente con

la fractura de fémur había sido tratado mediante reducción abierta y colocación de un clavo intramedular no bloqueado. Los dos pacientes con fractura de tibia que desarrollaron una pseudoartrosis hipertrófica, fueron tratados con reducción cerrada e inmovilizados con yeso. La no unión hipertrófica se asocia con la falta de estabilidad de la fractura a pesar de tener un hueso adecuadamente vascularizado; en los primeros dos casos, probablemente una inmovilización adecuada inicial hubiese sido un tratamiento suficiente para darle la estabilidad

necesaria para la consolidación <sup>(1,7)</sup>, sin embargo ante la no unión ya establecida, fue necesario realizar osteosíntesis que le dieran estabilidad a dichas fracturas; una placa de estabilización en el caso de la ulna (esto por no tener placas de compresión en el HMS, que era el tratamiento indicado), y dos tornillos canulados en el caso del maléolo interno (Figura 2). En el caso de la fractura de fémur, el clavo intramedular no bloqueado, provee una insuficiente estabilidad angular y no provee estabilidad rotacional, por lo que el exceso de movilidad en el sitio de fractura



lleva a la no unión hipertrófica<sup>(8,9,20)</sup>, por esta razón se cambió por un clavo intramedular rimado y bloqueado. En los casos de las fracturas de tibia, la inmovilización con yeso no le dio la suficiente estabilidad a la fractura, lo que llevó hacia la pseudoartrosis hipertrófica<sup>(12)</sup>, estos casos se resolvieron con la colocación de clavos intramedulares bloqueados rimados. Fue necesario realizar una fijación interna estable en los cinco casos para conseguir la corrección de la no unión y una adecuada consolidación. Todos los casos tuvieron un resultado final satisfactorio, con adecuada consolidación de las fracturas. Los siete pacientes restantes tenían pseudoartrosis atróficas, seis de ellos correspondían a fracturas de huesos largos, en todos los cuales el común denominador en el manejo inicial fue la reducción abierta; en estos casos, además de la falta de estabilidad por los materiales de osteosíntesis utilizados, el aporte vascular se vio interrumpido por el hecho de hacer reducciones abiertas, con grandes incisiones y abundante desperiostización de los huesos afectados<sup>(14,15,19,20,23)</sup>. Dos pacientes con fracturas supracondíleas de fémur con extensión diafisaria larga fueron tratadas con una placa deslizante condilar, igual con abundante desperiostización y daño de la vascularidad del hueso. Estos seis pacientes con fracturas

de hueso largos, tuvieron una respuesta adecuada al tratamiento con clavos bloqueados rimados, y sólo en uno se utilizó autoinjerto de cresta iliaca asociado al clavo bloqueado. La séptima paciente con pseudoartrosis atrófica, fue una paciente con una fractura por avulsión de la base del quinto metatarsiano, esta paciente fue manejada inicialmente sin una inmovilización, y sin que existiera evidencia de consolidación fue dada de alta hasta que reconsultó (Figura 3-A). A pesar de que se ha publicado que las fracturas por avulsión de la base del quinto metatarsiano tienen una elevada tasa de consolidación con el tratamiento conservador<sup>(6,10)</sup>, el mismo consiste en inmovilización por seis a ocho semanas sin apoyo del miembro afectado; y en este caso no se le colocó la misma. Esta fractura ocurre en la denominada “zona avascular” del quinto metatarsiano, lo que explica la falta de formación de callo óseo y por consiguiente el desarrollo de la no unión atrófica<sup>(6)</sup>. Esta paciente fue tratada con resección de la pseudoartrosis y colocación de un cerclaje en banda de tensión (Figura 3-B), con un resultado final satisfactorio (Figura 3-C). Concluimos que con un adecuado análisis de las causas que llevan a la no unión de las fracturas, se pueden realizar intervenciones que corrijan los factores iniciales que desencadenaron la no unión y

asegurar un adecuado proceso de consolidación de las mismas.

## RESUMEN

**Justificación y objetivo:** La no unión de las fracturas (o pseudoartrosis) ocurre con cierta frecuencia a pesar del tratamiento ortopédico inicial, lo que lleva a nuevas intervenciones quirúrgicas, tiempos prolongados de incapacidad, altos costos de hospitalización y tratamientos. La no unión está relacionada con el tratamiento inicial, razón por la que nos proponemos señalar las fallas en el mismo que llevaron hasta este diagnóstico, así como las acciones terapéuticas que se tomaron para su resolución.

**Materiales y métodos:** Entre julio 2007 y octubre 2008 se trataron doce pacientes con el diagnóstico de no unión, en la consulta de Ortopedia del Hospital Monseñor Sanabria de Puntarenas. Se hizo una revisión de los expedientes y estudios radiológicos de los pacientes en el mes de noviembre de 2008, anotando variables como edad, sexo, hueso afectado, exposición y fecha de la fractura, tratamiento inicial, fecha de diagnóstico y tipo de pseudoartrosis, tratamiento final y fecha del mismo, así como su resultado. Los datos fueron digitados en una base de datos del programa Excel para su respectivo análisis.



**Resultados:** Doce pacientes tuvieron el diagnóstico de no unión entre julio 2007 y octubre 2008, seis fueron fracturas de tibia (tres expuestas, dos manejadas con fijación externa y una con clavo intramedular no bloqueado); una con placa de compresión y dos con yeso. Tres fueron fracturas de fémur (una expuesta, manejada con clavo intramedular no bloqueado), las otras dos con placas deslizantes condilares. Una fractura de ulna y una de maleolo interno que pasaron desapercibidas inicialmente, y una fractura de la base del quinto metatarsiano tratada sin inmovilización. Todos los pacientes fueron operados, obteniéndose consolidación de las fracturas en un promedio de 5,2 meses después de la cirugía.

**Conclusión:** la aplicación de los principios de osteosíntesis de las fracturas, es suficiente para conseguir una consolidación adecuada en los pacientes que desarrollan no unión de las mismas.

**Descriptores:** no unión, pseudoartrosis, osteosíntesis, clavos intramedulares bloqueados rimados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Banks S. The treatments of non-union of fractures of the medial malleolus. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1949;658-662.
2. Bassett C, Mitchell S, Gaston S. Treatment of ununited tibial diaphyseal fractures with pulsing electromagnetic fields. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1981;63-A:511-523.
3. Böhler J. Treatment of nonunion of the tibia with closed and semiclosed intramedullary nailing. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1965;43:93-101.
4. Bone L, Johnson K. Treatment of tibial fractures by reaming and intramedullary nailing. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1986;68-A:877-887.
5. Boyd H, Lipinsky W, Wiley J. Observations on non union of the shafts of the long bones, with a statistical analysis of 842 patients. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1961;43-A:159-168.
6. Bryan D. Fracture of the proximal fifth metatarsal. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2009;17:458-464.
7. Buren N. Causes and treatment of non-union in fractures of the radius and ulna. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1962;44-A:614-625.
8. Christensen N. Küntscher intramedullary reaming and nail fixation for non union of fracture of the femur and the tibia. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1973;55-B:312-318.
9. Clancey G, Winquist R, Hansen S. Non-union of the tibia treated with Küntscher intramedullary nailing. *Clinical Orthopaedics*. 1982;167:191-196.
10. Dameron T. Fractures of the proximal fifth metatarsal: Selecting the best treatment option. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 1995;3:110-114.
11. DeLee J, Heckman J, Lewis A. Partial fibulectomy for ununited fractures of the tibial. *Journal of bone and Joint Surgery*. 1981;63-A:1390-1395.
12. Galpin R, Veith R, Anderson J. Treatment of failures after plating of tibial fractures. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1986;68-A:1231-1236.
13. Gustilo R, Anderson J. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1976;58-A: 453-458.
14. Johnson E, Marder R. Open intramedullary nailing and bone-grafting for non-union of tibial diaphyseal fracture. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1987;69-A:375-380.
15. Johnson K. Management of malunion and nonunion of the tibia. *The Orthopaedic Clinics of North America*. 1987;18:157-171.
16. Jones K. Treatment of infected nonunion of the tibia through the posterolateral approach. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1965;43:103-109.
17. Klemm K. Treatment of infected pseudarthrosis of the femur and tibia with and interlocking nail. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1986;212:174-181.
18. Lottes O. Treatment of delayed or non-union fractures of the tibia by a medullary nail. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1965;43:111-128.
19. Macnab I, Haas W. The role of periosteal blood supply in the healing of fractures of the tibia. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1974;105:27-33.
20. Müller M, Thomas R. Treatment of non-union in fractures of long bones. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1979;138:141-166.
21. Olerud S, Karlström G. Secondary intramedullary nailing of tibial fractures. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1972;54-A:1419-1428.
22. Sarmiento A. A functional below the knee cast for tibial fractures. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1967;49-A:855-875.
23. Trueta J. Blood supply and the rate of healing of tibial fractures. *Clinical Orthopaedics*. 1974;105:11-25.