

Clavos elásticos de titanio en fracturas diafisarias de radio y cúbito ocurridas en niños

Karla Talavera Velázquez,* David Escudero Rivera**

RESUMEN

Antecedentes: el clavo elástico de titanio para tratar las fracturas de antebrazo en niños es un implante que ofrece una invasión mínima, disminución de daño al músculo y al periostio, mantenimiento del hematoma fracturario, adecuada formación de callo óseo, bajo riesgo de infección, cicatrices cosméticamente aceptables, y disminución de la estancia hospitalaria y de la necesidad de una nueva intervención quirúrgica para retirar el clavo.

Objetivo: analizar los resultados de los pacientes de 8 a 14 años con diagnóstico de fractura diafisaria de radio y cúbito y con tratamiento quirúrgico en el Hospital de Traumatología y Ortopedia de Lomas Verdes mediante enclavado intramedular con clavos elásticos de titanio.

Pacientes y método: estudio retrospectivo en el que se incluyeron pacientes tratados del 1 de enero de 2004 al 1 de agosto de 2006. Se evaluó la consolidación ósea mediante la clasificación radiológica de Meller, así como los arcos de movilidad –de flexión y extensión– de la muñeca y el codo, la prono-supinación del antebrazo y la existencia de dolor –por actividad física– mediante la escala funcional de Price.

Resultados: se incluyeron 12 pacientes con promedio de edad de 12 años y predominó el sexo masculino en una relación de 3:1. El tiempo de consolidación promedio fue de ocho semanas y todos los niños recobraron su funcionalidad y actividad física previas, con resultados excelentes en 75% de ellos y buenos en 25%; no hubo resultados regulares ni malos.

Conclusiones: el tratamiento con clavos elásticos de titanio de las fracturas diafisarias de radio y cúbito en niños es otra opción quirúrgica. Se requiere hacer un adecuado análisis del paciente y del tipo de fractura para establecer una indicación precisa.

Palabras clave: clavo elástico de titanio, clavo intramedular elástico estable, radio, cúbito, niños.

ABSTRACT

Background: The titanium elastic nail for the treatment of the forearm fractures in children is an implant that offers a minimum invasion, damage decrease of muscles and periostium, maintenance of the hematoma, appropriate formation of bone callus, low infection risks, scars cosmetically acceptable, and decrease of hospital stay and the possibility of a new intervention for its extraction.

Objective: To analyze the outcome of the patients from 8 to 14 years with diagnosis of radio and ulna shaft fractures, that were treated surgically in the Traumatology and Orthopedic Hospital of Lomas Verdes with titanium elastic nails.

Patients and method: A retrospective study with pediatric patients treated from January 1st 2004 to August 1st 2006. The bone consolidation was evaluated with the Meller's radiological classification. The range of motion of the wrist and elbow in flexion and extension, the range of rotation of the forearm and the pain during the physical activity were evaluated using the functional scale of Price.

Results: 12 patients were included, with an average age of 12 year-old, with a predominance in the masculine sex 3:1 and an average of 8 weeks to obtain bone consolidation. All the children returned to their previous level of functionality and physical activity having an excellent result in 75%, good in 25%, without regular or bad results.

Conclusions: The treatment with titanium elastic nails in the forearm fractures in children is a good surgical option. It requires the appropriate analysis of the patients and fracture type for the precise indication, as well as for the surgeon an appropriate knowledge of the technique and their complications.

Key words: titanium elastic nails, elastic stable intramedullary nail, radio, ulna, children.

* Médica traumatóloga y ortopedista.

** Médico traumatólogo y ortopedista adscrito al servicio de Ortopedia Pediátrica.
Hospital de Traumatología y Ortopedia de Lomas Verdes,
Instituto Mexicano del Seguro Social, Estado de México, México.

Estado de México. Correo electrónico:

drescudorid@prodigy.net.mx

Recibido: enero, 2010. Aceptado: agosto, 2011.

Este artículo debe citarse como: Talavera-Velázquez K, Escudero-Rivera D. Clavos elásticos de titanio en fracturas diafisarias de radio y cúbito ocurridas en niños. Rev Esp Med Quir 2011;16(4):193-198.

Correspondencia: Dr. David Escudero Rivera. Valle de Lerma 178, colonia Valle de Aragón, 1^{ra} sección, CP 57100, Nezahualcóyotl,

Las fracturas de radio y cúbito, que son las más frecuentes en el hueso largo de un niño, representan entre 15 y 20% de todas las fracturas ocurridas en los niños, así como 62% de las fracturas ocurridas en la extremidad superior. Aproximadamente 75 a 84% ocurren en el tercio distal; 15%, en el tercio medio, y 5%, en el tercio proximal.

Aproximadamente 50% de las fracturas de la diáfisis del radio y el cúbito son en la rama verde y ocurren más frecuentemente en niños menores de ocho años. Predominan en el varón en una relación de 2:1.^{1,2} El mecanismo de lesión más frecuente es una caída por accidente en el hogar, por realizar actividades deportivas o por un mecanismo indirecto sobre la palma de la mano o el dorso.^{2,3} Más de 90% de todas las fracturas estables de antebrazo ocurridas en pacientes pediátricos pueden ser tratadas mediante reducción cerrada e inmovilización con aparato de yeso braquipalmar. La angulación menor se corrige en forma espontánea y por remodelación durante el crecimiento. Sin embargo, en 5% de los casos se han reportado resultados funcionales deficientes después de un tratamiento conservador.^{4,5} Algunos autores han referido que las fracturas de antebrazo en pacientes menores de 10 años tienen una gran capacidad de remodelación en comparación con las de los mayores de 10 años, de ahí que en niños menores se aceptan mayores grados de desplazamiento. La angulación mayor de 10°, la mala rotación y el desplazamiento completo son susceptibles de tratamiento quirúrgico.^{2,6} Price y col. recomendaron el tratamiento quirúrgico en niños mayores de nueve años que tenían más de 10° de angulación, una rotación mayor de 30° y pérdida de la curvatura radial.²

En casos en que es necesario el tratamiento quirúrgico el propósito del tratamiento es prevenir futuras deformidades angulares y de rotación y conseguir un funcionamiento máximo. Las indicaciones para el tratamiento quirúrgico de las fracturas de antebrazo incluyen: fracturas expuestas, fracturas irreductibles, fracturas inestables en adolescentes, fractura segmentaria desplazada, múltiples traumatismos, codo flotante, síndrome compartimental, fractura asociada con fractura de Monteggia inestable, Galeazzi o supracondílea, fractura patológica, refractura, afectación neurovascular, mala unión, complicaciones cutáneas que no pueden tratarse

con yeso cerrado, desplazamientos secundarios en el yeso, mujeres mayores de 14 años y hombres mayores de 15 años.^{1-3,6} Los métodos utilizados para tratar este tipo de fracturas son: los clavos intramedulares y la fijación con placas y tornillos; se ha reportado que se obtienen buenos resultados con estos tratamientos quirúrgicos.^{4,6,7} En la actualidad se prefiere la reducción cerrada y la fijación intramedular, ya que el tiempo quirúrgico es mínimo, los resultados cosméticos son excelentes, la disección de tejidos blandos es mínima, el retiro de los clavillos es fácil, el tiempo de hospitalización es breve, la movilidad es temprana después del retiro y la extracción del implante es sencilla.^{4,7-10}

Vrsansky y Bourdelat reportaron los resultados de un estudio retrospectivo realizado con 308 pacientes con fracturas de huesos largos, quienes fueron tratados con clavos elásticos de titanio; de éstos, en 99 hubo fractura de radio y cúbito y se obtuvieron excelentes resultados funcionales, por lo que se reportó como una técnica simple y rápida con fijaciones estables y suficientes, con mínimas incisiones y con movilización temprana.¹¹ Lieber y col. reportaron los resultados de un estudio retrospectivo en el que cuatro departamentos de Cirugía Pediátrica trataron con clavos elásticos de titanio un total de 163 fracturas de radio y cúbito; a saber, los arcos de movilidad resultaron excelentes y las complicaciones fueron mínimas.⁷ Morote y la escuela española de Sevilla fueron los primeros en usar el método de reducción de mínima invasión y en fijar con técnica de Kirschner la diáfisis media y proximal de las fracturas de antebrazo (Pérez-Sicilia y col., 1977). En 1982 se desarrollaron en Nancy, Francia, los implantes y la técnica del enclavado intramedular flexible estable (*flexible stable intramedullary pinning*) de clavos de titanio; éstos se diferencian de los clavos de Ender o Rush (fabricados en acero), principalmente, por las propiedades elásticas del titanio. La elasticidad del titanio y la conformación de los clavos limitan la deformación permanente que se produce al introducirlos en el canal intramedular; además, el titanio promueve la formación de callo óseo y tiene una excelente biocompatibilidad, ya que no existen reportes de reacción ocasionada por este material.^{10,12} El objetivo de aplicar este sistema biológico de osteosíntesis de mínima invasión es reducir y estabilizar la fractura de manera apropiada a la edad del niño. Los

clavos elásticos de titanio, que funcionan con base en el principio biomecánico de férula interna y sostén, mantienen —como propiedades biomecánicas— la estabilidad frente al desplazamiento perpendicular, la estabilidad y la estabilidad axial frente a la flexión, y la estabilidad frente a la rotación. El principio biomecánico del enclavado intramedular elástico y estable se basa en la colocación simétrica de dos clavos elásticos predoblados (cada uno de ellos con tres puntos de apoyo en la superficie interna del hueso) que se insertan en la metáfisis. En el antebrazo se introduce un clavo por hueso. El diámetro de los clavos predoblados debe corresponder a 60% del espacio intramedular que exista en el istmo y las puntas de los clavos predoblados deben quedar enfrentadas. De esta manera, la membrana interósea quedará tensa y ovalada y los huesos adoptarán su curva fisiológica.^{13,14} La indicación quirúrgica del enclavado intramedular elástico y estable es el tratamiento de las fracturas de diáfisis y metáfisis y puede ser colocado en pacientes con una edad límite inferior de tres a cuatro años y con una edad límite superior de 13 a 15 años, así como en estos tipos de fracturas: transversas, transversas oblicuas cortas en forma de mariposa, oblicuas largas con posibilidad de apoyo cortical, espiroideas multifragmentadas, y bifocales espontáneas en casos de quistes óseos.¹³

OBJETIVOS

General: analizar los resultados de los pacientes de 8 a 14 años con diagnóstico de fractura diafisaria de radio y cúbito y con tratamiento quirúrgico en el Hospital de Traumatología y Ortopedia de Lomas Verdes mediante enclavado intramedular con clavos elásticos de titanio.

Específico: conocer el tiempo de consolidación de la fractura, los arcos de movilidad del antebrazo —pronación y supinación—, la flexión y extensión del codo y la muñeca, así como la existencia de dolor debido a la actividad física; además, evaluar estas condiciones con la escala funcional de Price.

PACIENTES Y MÉTODO

Este estudio de reporte de casos se realizó en forma retrospectiva, observacional y transversal. En el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2004 y el 1 de

agosto de 2006 los pacientes con diagnóstico de fractura diafisaria de radio y cúbito fueron intervenidos quirúrgicamente con clavos elásticos de titanio en el servicio de Urgencias o en el de Ortopedia Pediátrica de la Unidad de Alta Especialidad del Hospital de Traumatología y Ortopedia de Lomas Verdes.

Como criterios de inclusión, se consideró a todos los pacientes de 8 a 14 años de uno y otro sexo que sufrieron fracturas diafisarias de radio y cúbito —expuestas o cerradas y tratadas con reducción abierta o cerrada— y que aceptaron participar en el estudio; se excluyeron los pacientes con lesiones asociadas (neurovasculares o músculo-esqueléticas), con refractura de radio o cúbito, con padecimientos sistémicos y con fracturas patológicas. Se tomó en cuenta la edad, el sexo, el lado afectado, el hueso fracturado, el mecanismo de la lesión y la actividad que el niño realizaba cuando se produjo la fractura, el tiempo de consolidación con base en una evaluación radiológica completa, el tiempo de estancia hospitalaria, el tipo y tiempo de inmovilización posquirúrgica, la duración de los implantes y el lugar donde se retiraron, así como las complicaciones. Se revisaron los expedientes clínicos, se evaluaron clínicamente los arcos de movilidad del codo, la muñeca y el antebrazo, así como la existencia de dolor y se tomaron radiografías de las áreas anteroposterior y lateral del antebrazo para evaluar la consolidación. Para valorar la consolidación se tomó en cuenta la clasificación radiológica de Meller.¹⁵ Los resultados clínicos, que se clasificaron de acuerdo con la escala descrita por Price y col.,¹⁶ se consideraron así: *excelentes* si no existía dolor con actividad física intensa o si la pérdida de pronosupinación del antebrazo era menor de 10°, *buenos* si había dolor leve con actividad física intensa o si la pérdida de pronosupinación era de 11 a 30°, y *regulares* si había dolor leve durante la actividad diaria o si la pérdida de pronosupinación era de 31 a 90°; todos los demás resultados se consideraron *malos* (Cuadro 1). Se capturó la información en una hoja de recolección de datos y se aplicó estadística descriptiva para realizar el análisis estadístico mediante medidas de resumen.

RESULTADOS

Se trataron 14 pacientes con fracturas diafisarias de radio y cúbito, pero a dos pacientes no se les pudo localizar

Cuadro 1. Clasificación de resultados clínicos de acuerdo con el sistema de Price y col.

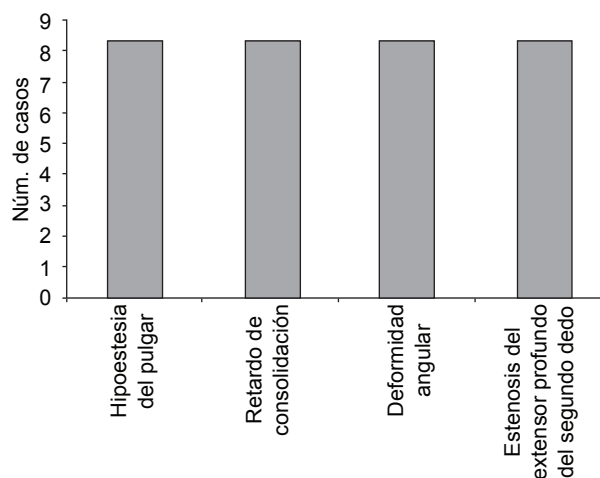
Excelentes	Sin dolor con actividad física intensa o pérdida de pronosupinación menor de 10°
Buenos	Dolor moderado con actividad física intensa o pérdida de pronosupinación de 11 a 30°
Regulares	Dolor moderado durante la actividad diaria o pérdida de pronosupinación de 31 a 90°
Malos	Todos los demás resultados

después; por tanto, sólo se estudió a 12 pacientes, de los cuales nueve (75%) correspondían al sexo masculino, y tres (25%), al sexo femenino; su promedio de edad era de 12.25 ± 2.09 años. El mecanismo de lesión en siete casos (58.4%) fue directo y en cinco casos (41.6%) fue indirecto; en cuatro casos (33.4%) la fractura se produjo por caída en el hogar; en cinco casos (41.6%), durante la práctica deportiva; en dos casos (16.7%), durante una actividad recreativa, y en un caso (8.3%), por caída de una litera. De las 12 fracturas, 11 (91.7%) fueron radiocubitales, y una (8.3%), de radio; la región más afectada de la diáfisis en siete casos (58.3%) fue el tercio medio; en cuatro casos (33.3%), el tercio proximal, y en un caso (8.3%), el tercio distal. Según la clasificación de Gustilo y Anderson, las fracturas de dos pacientes (16.7%) fueron expuestas tipo II, y las de 10 pacientes (83.3%), cerradas. Once pacientes (91.6%) fueron intervenidos quirúrgicamente en las primeras 24 horas en que ingresaron al hospital y un paciente (8.3%) fue intervenido a los ocho días debido a que tenía infección de las vías respiratorias altas.

Respecto al tratamiento quirúrgico, se realizó reducción cerrada en siete casos (58.4%) y reducción abierta en cinco casos (41.6%) por interposición de tejidos blandos. El tiempo de estancia hospitalaria fue de uno a ocho días, con promedio de 2.33 ± 2.06 días. Once pacientes (99.7%) fueron inmovilizados con una férula braquial como protección posquirúrgica, con promedio de inmovilización de 4.33 ± 1.78 semanas; en un caso (8.3%) no se aplicó ninguna inmovilización posquirúrgica. En dos casos (16.7%) se observó a las seis semanas consolidación ósea completa de grado III, según la clasificación radiológica de Meller; en siete casos (58.3%), a las ocho semanas, y en tres casos (25%), a las 10 semanas, con promedio de consolidación de 8.17

± 1.34 semanas. Los clavos se retiraron en un tiempo promedio de 9.75 ± 5.22 semanas, en 10 casos (83.3%) se retiraron en el consultorio –sin necesidad de una nueva intervención quirúrgica–, y en dos casos (16.7%), en el quirófano porque los clavos estaban incrustados en el radio. Respecto a los arcos de movilidad, 100% de los pacientes flexionaba y extendía completamente la muñeca y el codo; 10 pacientes (83.3%) experimentaron en el antebrazo una pronosupinación de 180°, y dos pacientes (16.7%), una pérdida de pronosupinación de 11 a 20°. En 10 casos (83.3%) no hubo dolor y en dos casos (16.7%) hubo dolor leve debido a actividad física intensa.

Según la escala funcional de Price, los resultados clínicos fueron: excelentes en nueve casos (75%) y buenos en tres casos (25%), y no se obtuvieron resultados regulares o malos (Cuadro 1). Las complicaciones ocurridas fueron: un paciente (8.3%) con hipoestesia en el pulgar por lesión en la rama sensitiva del nervio radial ocurrida durante el abordaje distal y lateral del radio; un paciente (8.3%) con fibrosis en el extensor largo del segundo dedo, un paciente (8.3%) con retardo de la consolidación del cúbito y con consolidación completa del radio y un paciente (8.3%) con deformidad angular de 16° en el cúbito; el porcentaje de complicaciones fue de 33.2% (Figura 1).

**Figura 1.** Complicaciones derivadas de una mala colocación quirúrgica de los clavos elásticos de titanio.

DISCUSIÓN

El enclavado intramedular con clavo elástico de titanio es una opción para manejar las fracturas de antebrazo que en la edad pediátrica requieren estabilización quirúrgica. El tratamiento de las fracturas diafisarias de antebrazo con clavos elásticos de titanio es un método que se utiliza poco en este hospital, ya que en un periodo de dos años sólo se han tratado 14 pacientes, 12 de los cuales los incluimos en nuestro estudio. En esta revisión predominó el sexo masculino, lo que coincidió con otros estudios.^{1-4,11} El tiempo quirúrgico, que difirió considerablemente, dependió de la complejidad de la fractura, del grado de desplazamiento y de la experiencia del cirujano; en ocasiones fue imposible realizar una reducción cerrada por interposición de tejidos blandos;^{4,11,17} por ello, en nuestro estudio tuvimos la necesidad de realizar una reducción abierta en 41.3% de los pacientes, en quienes no hubo complicaciones secundarias. Además, en 99.7% de los pacientes de nuestro estudio utilizamos, independientemente de que estabilizáramos los dos huesos, una férula braquial como protección posquirúrgica, cuyo tiempo de retiro promedio fue de 4.3 semanas. En la bibliografía mundial se menciona que el uso de la férula posquirúrgica es antiálgico los primeros días o tres semanas después, cuando existe una fractura que no desplaza el otro hueso sin estabilizar; sin embargo, también se menciona que la inmovilización con férula es innecesaria.^{4,11} La consolidación ósea ocurrió en ocho semanas en promedio, lo que coincidió con lo reportado en otros estudios.^{18,19} En el presente estudio el implante se retiró a las 9.7 semanas en promedio, tiempo en el que se observaron –como en la bibliografía– datos radiográficos de consolidación; en 10 casos (83.3%) el implante se retiró en el consultorio y en dos casos (16.7%) la extracción de los clavos se hizo en el quirófano debido a la inclusión de éstos en el radio. Slongo⁴ reportó que el implante lo retiró en un tiempo promedio de 11.7 semanas; otros autores han mencionado que los datos radiológicos de consolidación son una pauta para extraer los clavos; también han reportado que se produce refractura y retardo de la consolidación cuando se retiran tempranamente los clavos.^{4,11}

En nuestro estudio tuvimos algunas complicaciones que coinciden con lo expuesto por la mayoría de los autores y que pueden ser prevenidas con la realización

adecuada de la técnica y con la indicación precisa de la misma;^{4,6,11,16,17,19} un paciente padeció hipoestesia en el pulgar, que durante la inserción del clavo en la parte distal del radio probablemente se causó al lesionar la rama superficial del nervio radial; la hipoestesia persistió un año y medio después del tratamiento, tiempo en que fue revisada; en la radiografía de un paciente de 14 años de edad con fractura expuesta cubital tipo II, según la clasificación de Gustilo y Anderson, se observaron un retardo de consolidación de grado II del cúbito –según la clasificación de Meller– y una consolidación completa del radio; los clavos –a pesar del retardo de unión en el cúbito– se retiraron a los cuatro meses posquirúrgicos; este hecho, aunado al grado de exposición inicial, pudo causar dicha complicación. Otro paciente padeció fibrosis en el extensor profundo del segundo dedo, con limitación de la extensión interfalángica, disminución de la misma mediante rehabilitación y recuperación de la función. Un paciente con fractura (no desplazada) de radio y cúbito, en quien se fijó únicamente el radio y se protegió con una férula braquial durante cuatro semanas, tuvo una consolidación completa de hueso a las seis semanas, aunque en el cúbito hubo una deformidad angular residual de 16°. En dos pacientes, quienes no padecieron ninguna de las complicaciones mencionadas, la pérdida de pronosupinación fue de 11 a 20°. Los reportes indican que en 85 a 95% de las fracturas de antebrazo en niños se obtienen resultados clínicos funcionales excelentes cuando se fijan con clavos elásticos intramedulares;^{4,10,11,17-19} por tanto, los clavos son un soporte cuando se usa esta técnica en las fracturas de antebrazo de niños; esto coincide con nuestro estudio, en el que obtuvimos resultados excelentes en 75% y buenos en 25%, y no obtuvimos resultados regulares o malos. En nuestro hospital hemos tratado quirúrgicamente con los clavos elásticos de titanio a pocos niños con fracturas de antebrazo debido a que empezamos a usar este implante hace poco. Consideramos que este estudio es el inicio de un tratamiento que puede difundirse en los médicos; para el tratamiento se requiere hacer un adecuado análisis del paciente y del tipo de fractura para establecer la indicación precisa; también se requiere que el cirujano conozca adecuadamente la técnica y sus complicaciones. Consideramos que es necesario contar

con un mayor número de casos para no caer en falsas conclusiones respecto a los resultados funcionales y al porcentaje de las complicaciones; asimismo, es necesario emprender nuevas líneas de investigación en las que se analicen los diferentes implantes que se utilizan actualmente, como las placas DCP 3.5 y los clavos de Steiman y Kirschner.

REFERENCIAS

- Vittas D, Larsen E, Torp-Pedersen S. Angular remodeling of midshaft forearm fractures in children. *Clin Orthop Relat Res* 1991;(265):261-264.
- Vorlat P, De Boeck H. Bowing fractures of the forearm in children: a long-term followup. *Clin Orthop Relat Res* 2003;413:233-237.
- Schmittenebecher PP, Dietz HG, Linhart WE, Slongo T. Complications and problems in intramedullary nailing of children's fractures. *Eur J Trauma* 2000;26(6):287-293.
- Slongo TF. Complications and failures of the ESIN technique. *Injury* 2005;36(Suppl 1):A78-A85.
- Ramírez JA, Berumen NE, Núñez JÁ, Vallejo J y col. Clavos centromedulares flexibles en el tratamiento de fracturas pediátricas. *Rev Mex Ortop Ped* 2004;6(1):6-17.
- Richter D, Ostermann PA, Ekkernkamp A, Muhr G, Hahn MP. Elastic intramedullary nailing: a minimally invasive concept in the treatment of unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1998;18(4):457-461.
- Lieber J, Joeris A, Knorr P. ESIN in forearm fractures, clear indications, often used, but some avoidable complications. *Eur J Trauma* 2005;31:1.
- Rockwood y Wilkins. *Fracturas en el niño*. 5ª ed. Madrid: Marbán, 2003.
- Peter VK, Garg NK, Bruce CE. Flexible intramedullary nailing in unstable forearm fractures in children. *Br Orthopaedic Assoc* 2003;85-B(Suppl II):108.
- Peter V, Carter P, et al. Flexible intramedullary nailing in pediatric forearm fractures. *J Bone Joint Surg* 2004;86-B(Suppl. III):285.
- Vrsansky P, Bourdelat D, Al Faour A. Flexible stable intramedullary pinning technique in the treatment of pediatric fractures. *J Pediatr Orthop* 2000;20(1):23-27.
- Fernandez FF, Egenolf M, Carsten C, Holz F, et al. Unstable diaphyseal fractures of both bones of the forearm in children: plate fixation *versus* intramedullary nailing. *Injury* 2005;36(10):1210-1216.
- Van der Reis WL, Otsuka NY, Moroz P, Mah J. Intramedullary nailing *versus* plate fixation for unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1998;18(1):9-13.
- Sponseller PD. OKU : orthopaedic knowledge update. *Pediatrics* 2. 1ª ed. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2002.
- Burgos FJ, González Herranz P, Amaya Alarcón S. Lesiones traumáticas del niño. Madrid: Panamericana, 1995;379-394.
- Meller Y, Kestenbaum RS, Mozes M, Mozes G, et al. Mineral and endocrine metabolism during fracture healing in dogs. *Clin Orthop Relat Res* 1984;187:289-295.
- Price CT, Scott DS, Kurzner ME, Flynn JC. Malunited forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1990;10(6):705-712.
- Synthes SMP. Técnica Quirúrgica TEN. Instrumentos e implantes originales de la asociación para el estudio de la osteosíntesis-AO/ASIF.
- Schmittenebecher PP. State-of-the-art treatment of forearm shaft fractures. *Injury* 2005;36(Suppl 1):A25-34.