

# Fracturas metafiso-diafisarias de radio distal en adolescentes: estudio comparativo entre fijación percutánea con clavijas y clavos elásticos de titanio

Andrés Ferreyra, Felicitas Allende, Juan Emiliano Sánchez Benítez, Franco Gramajo, Bruno Damiguella, Victoria Allende, J. Javier Masquijo

Departamento de Ortopedia y Traumatología Infantil, Sanatorio Allende, Córdoba, Argentina

## RESUMEN

**Objetivo:** Comparar los resultados y las complicaciones entre la fijación percutánea con clavijas (FPC) y el enclavado endomedular elástico (EEE). **Materiales y Métodos:** Se evaluaron las radiografías para determinar deformidades angulares en la consolidación. Se usó el sistema de Clavien-Dindo adaptado para clasificar las complicaciones. **Resultados:** El grupo A (FPC) incluyó a 17 pacientes y el grupo B (EEE), a 19. La edad promedio era de  $12.5 \pm 1.6$  años y el seguimiento promedio fue de  $27.6 \pm 16.6$  meses. Los pacientes con EEE requirieron menos tiempo de inmovilización ( $2.8 \pm 1.8$  vs.  $5.9 \pm 1.3$  semanas,  $p = 0,00029$ ). Un paciente de cada grupo tuvo una angulación  $>10^\circ$  en la consolidación. La tasa de complicaciones fue mayor en el grupo A (18% vs. 5,3%,  $p = 0,27$ ). En el grupo A, hubo 2 complicaciones tipo III (pérdida de corrección) y 2 tipo II (infección y granuloma). Un paciente del grupo B presentó una complicación tipo I (prominencia del implante). Dieciséis pacientes del grupo B se sometieron a una segunda cirugía para extraer el implante. Dos del grupo A requirieron revisión de la fijación por pérdida de alineación. **Conclusiones:** Ambas técnicas son eficaces para estabilizar fracturas metafiso-diafisarias de radio distal en adolescentes. El EEE tiene la ventaja de una inmovilización más corta y menos complicaciones, pero es más caro y requiere otra cirugía para extraer el implante. La FPC no requiere de anestesia para extraer el implante, aunque sí una inmovilización más prolongada y la tasa de complicaciones es más alta.

**Palabras clave:** Fractura de radio distal; adolescentes; tratamiento; clavos elásticos de titanio; clavijas.

**Nivel de Evidencia:** III

## Closed Reduction and Percutaneous Pinning Versus Dorsal-Entry Elastic Intramedullary Nailing

### ABSTRACT

**Objective:** To compare results and complications of closed reduction percutaneous pinning (CRPP) versus dorsal entry elastic intramedullary nails (ESIN). **Materials and Methods:** Radiographs were evaluated to determine angular deformities at the time of radiographic union. Complications were graded with a modification of the Clavien-Dindo classification. **Results:** The CRPP group consisted of 17 patients (Group A) whereas the ESIN group consisted of 19 patients (Group B). The average age of the patient cohort was  $12.5 \pm 1.6$  years. The average follow-up was  $27.6 \pm 16.6$  months. The demographic data revealed no differences between groups ( $p > 0.05$ ). Patients treated with ESIN required a shorter immobilization time ( $2.8 \pm 1.8$  versus  $5.9 \pm 1.3$  weeks,  $p = 0.00029$ ). One patient in each group presented an angulation  $>10^\circ$  at the time of consolidation. The complication rate was higher in group A (18% versus 5.3%,  $p = 0.27$ ). According to the Clavien-Dindo classification, group A presented 2 type II (infection and granuloma), and 2 type III complications (loss of reduction). Group B presented one type I complication (implant prominence). Sixteen patients in group B underwent a second procedure for hardware removal. Two patients (11.8%) in group A required revision due to loss of reduction. **Conclusions:** Both techniques are effective in stabilizing metaphyseal-diaphyseal fractures of the distal radius in the adolescent population. ESIN has the advantage of requiring a shorter immobilization time and fewer complications but needs a second surgery for implant removal. CRPP does not require anesthesia for implant removal, although it requires a longer postoperative immobilization, and has a higher complication rate.

**Key words:** Distal radius fractures; adolescents; treatment; elastic intramedullary nails; percutaneous pinning.

**Level of Evidence:** III

Recibido el 4-11-2021. Aceptado luego de la evaluación el 29-1-2022 • Dr. ANDRÉS FERREYRA • and\_ferreyra@yahoo.com.ar

ID <https://orcid.org/0000-0003-1163-7114>

**Cómo citar este artículo:** Ferreyra A, Allende F, Sánchez Benítez JE, Gramajo F, Damiguella B, Allende V, Masquijo JJ. Fracturas metafiso-diafisarias de radio distal en adolescentes: estudio comparativo entre fijación percutánea con clavijas y clavos elásticos de titanio. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2022;87(3):341-348. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2022.87.3.1458>

## INTRODUCCIÓN

Las fracturas del radio distal son una de las lesiones esqueléticas más frecuentes en los niños. En algunas series, abarcan hasta una quinta parte de todas las fracturas pediátricas y un 80% de las fracturas pediátricas del antebrazo, y tienen una incidencia anual estimada de 1 en 100.<sup>1-3</sup>

Las fracturas localizadas en la unión metafiso-diafisaria representan un problema único. Si bien la mayoría son susceptibles de tratamiento no quirúrgico, suelen ser más inestables que aquellas con una localización más próxima a la fisis. En pacientes más cercanos a la madurez esquelética, algunas fracturas inestables o muy desplazadas pueden requerir estabilización quirúrgica debido a la falla para obtener o mantener una reducción adecuada. Las opciones de fijación incluyen: reducción abierta y fijación interna con placas y tornillos,<sup>4,5</sup> fijación percutánea con clavijas (FPC)<sup>6-8</sup> y enclavado endomedular elástico (EEE) de ingreso dorsal.<sup>9-11</sup> La fijación con clavijas es el método de fijación más popular en la población pediátrico-adolescente. Si bien puede brindar mayor estabilidad que la inmovilización con yeso, el ingreso es dificultoso, pues requiere de un ángulo agudo para tomar el fragmento proximal y evitar ingresar en el trazo de fractura. La fijación con placas es menos popular en este grupo etario debido a una mayor morbilidad y al riesgo de re-fractura.<sup>12</sup> El EEE, por su parte, está ampliamente aceptado como un tratamiento eficaz para las fracturas diafisarias de antebrazo.<sup>13,14</sup> Sin embargo, la aplicación de esta técnica en las fracturas localizadas en la unión metafiso-diafisaria de radio se ha estudiado muy poco.<sup>10,11</sup>

Durante los últimos años, en nuestro Servicio, hemos utilizado alternativamente FPC o EEE en aquellas fracturas metafiso-diafisarias de radio que requirieron estabilización.

El objetivo de este estudio fue comparar los resultados radiográficos y las complicaciones de ambos métodos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio comparativo que fue aprobado por el Comité de Ética de nuestra institución. Se incluyó a 36 pacientes de entre 10 y 16 años de edad con fracturas metafiso-diafisarias cerradas de radio distal quienes fueron sometidos a reducción cerrada y FPC (grupo A, n = 17) o EEE (grupo B, n = 19) en un período de seis años (2012-2018). Se definió a las fracturas metafiso-diafisarias como aquellas que presentaban una distancia desde la fractura hasta la superficie articular de entre 35 y 60 mm (Figura 1).<sup>10</sup>



**Figura 1.** Definición de fractura metafiso-diafisaria de radio: aquellas con una distancia desde la superficie articular hasta la fractura de entre 35 y 60 mm.

Se excluyó del análisis a los pacientes que requirieron otro tipo de tratamiento (enyesado, placa y tornillos, etc.), con reducción abierta de la fractura, fisis cerrada, un seguimiento <6 meses y con información faltante en la historia clínica. Los pacientes fueron operados por cuatro traumatólogos de la misma institución, que tenían un entrenamiento formal en Ortopedia y Traumatología Infantil. La fijación interna se indicó selectivamente para fracturas que se consideraron muy inestables o que no lograron mantener una reducción adecuada en el yeso. La decisión de utilizar una u otra técnica recayó en cada profesional. Dos preferían la FPC, mientras que los otros dos, el EEE, por lo que se consiguió un número similar en cada grupo durante el período evaluado.

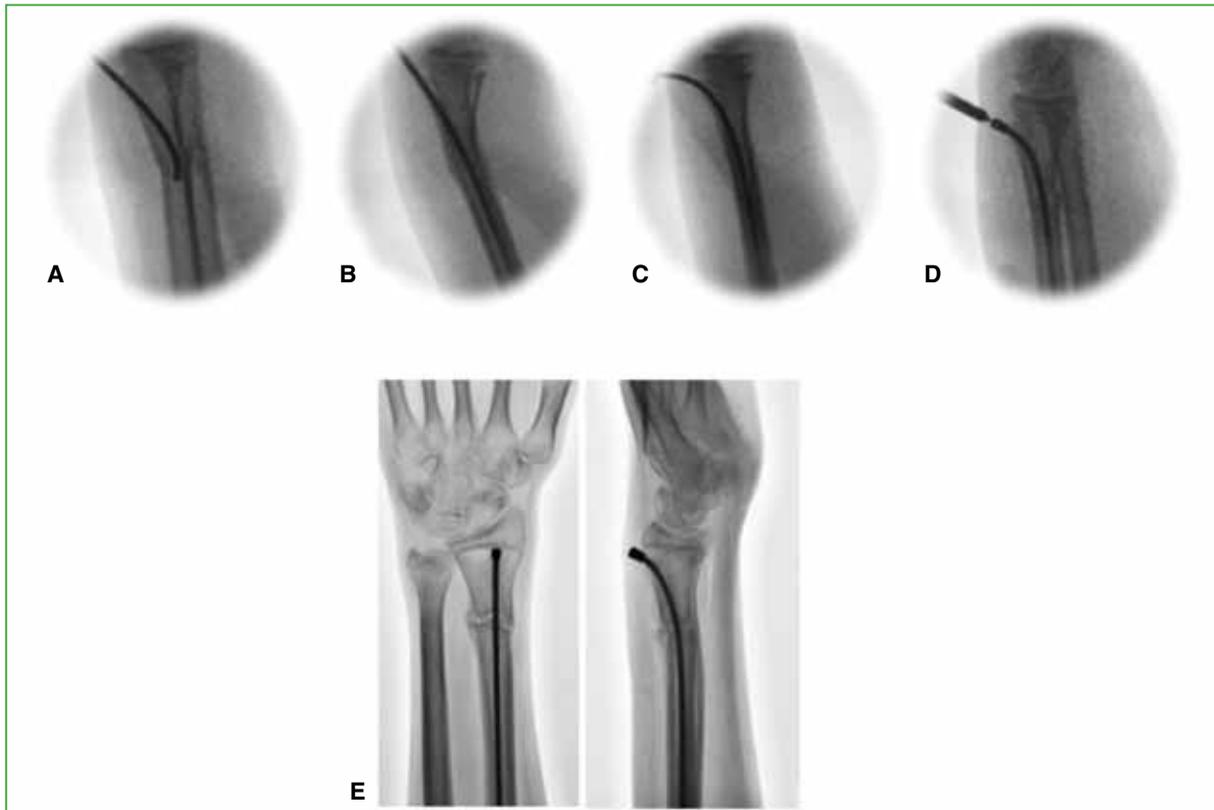
### Técnica quirúrgica

El procedimiento se realiza bajo anestesia general y monitoreo intraoperatorio. Se coloca al paciente en decúbito dorsal con el brazo abducido en la mesa de mano. Se procede a la asepsia y la antisepsia, y se colocan los campos según técnica. El arco en C ingresa paralelo al paciente desde distal y el monitor está frente al cirujano. Se realiza la reducción según técnica y se comprueba la estabilidad. Si, bajo radioscopia, no se logra una reducción satisfactoria o esta se considera muy inestable, se procede a la fijación. En los pacientes sometidos a FPC, se colocó una clavija de 1,8 mm que ingresa por debajo de la fisis radial de distal a proximal (Figura 2).



**Figura 2.** Técnica de fijación percutánea con clavijas. Después de la reducción, se coloca una clavija de 1,8 mm que se ingresa proximal a la fisis del radio distal fijando el fragmento distal y proximal. Luego, se comprueba la estabilidad intraoperatoria mediante radioscopia.

Si no se consigue inicialmente una reducción satisfactoria, se utiliza una clavija de 2,0 mm como *joystick* (técnica de Kapandji). En los pacientes del grupo B (EEE), se utilizó un clavo elástico de titanio de 2,0 o 2,5 mm, según el tamaño del canal endomedular. Se realiza una pequeña incisión de 1-1,5 cm a nivel del tubérculo de Lister, entre el segundo y tercer compartimento dorsal. Se introduce un punzón para perforar el radio distal por debajo de la fisis. Es importante que el ingreso sea exactamente central en el frente para evitar la traslación del fragmento distal. Posteriormente se introduce el clavo seleccionado y se lo pasa a través de la fractura. Luego se lo moldea a 90° en la zona de ingreso (Figura 3).



**Figura 3.** Técnica de fijación con enclavado endomedular elástico. **A.** Después de la reducción, se introduce un clavo elástico de titanio a través de un abordaje a nivel del tubérculo de Lister. **B.** Colocación del clavo en el canal endomedular que haya atravesado la fractura. **C.** Se moldea el clavo a 90° en la zona de ingreso. Se confirma con radioscopia que la fractura está correctamente alineada y estable. **D.** Se corta el clavo con el dispositivo y se coloca el capuchón protector (*endcap*). **E.** Radiografías de muñeca de frente y de perfil que muestran signos incipientes de consolidación a las cuatro semanas de la operación.

Una vez confirmado con radioscopia que la fractura está correctamente alineada y estable, se corta el clavo elástico con el dispositivo de corte y se coloca el capuchón protector (*endcap*) para evitar que el extremo distal del clavo lesione el tendón extensor largo del pulgar. En el grupo A, se coloca un yeso antebraquial; a las cuatro semanas, se retiran el yeso y la clavija en el consultorio. Según el grado de consolidación, se decide si continuar la inmovilización algunas semanas más hasta conseguir la consolidación clínica y radiográfica. En el grupo B, se coloca una férula antebraquial en el posoperatorio, que se retira aproximadamente a las dos semanas y se controla con radiografías cada cuatro semanas para evaluar la consolidación. Se indica el retiro del clavo elástico luego de los seis meses.

### Evaluación de los pacientes

Se registraron datos demográficos de los pacientes (edad, sexo, lado, lesiones asociadas y tratamiento previo). Las radiografías se evaluaron para determinar el tiempo de consolidación, la pérdida de corrección y las deformidades angulares  $>10^\circ$  en el momento de la consolidación. La pérdida de corrección se definió como: una angulación dorsal/volar  $>10^\circ$ , una desviación radial  $>5^\circ$ , una translación  $>3$  mm, o una combinación de estas, entre la reducción inicial y los controles posteriores. Se evaluó el rango de movilidad (flexo-extensión de la muñeca y pronosupinación del antebrazo), con goniómetro, en el miembro afectado y se lo comparó con el contralateral. Se consideró pérdida de rotación del antebrazo cuando la disminución de la movilidad era  $>10^\circ$  al compararla con la contralateral. Las complicaciones se clasificaron con una adaptación del sistema de Clavien-Dindo.<sup>15</sup> La descripción de este sistema de clasificación se muestra en la [Tabla 1](#).

**Tabla 1.** Modificación de la clasificación de Clavien-Dindo de las complicaciones quirúrgicas de fracturas de antebrazo

Grado	Definición	Ejemplos
1	Desviación del curso rutinario del posoperatorio sin la necesidad de intervenir	Retraso de consolidación asintomática Implantes prominentes
2	Resolución después del manejo ambulatorio, terapia farmacológica u observación cercana	Infección superficial Parálisis nerviosa transitoria
3	Requiere manejo hospitalario o reintervención	Infección profunda Migración de implantes que requieren extracción temprana
4	Complicación que pone en riesgo la extremidad o la vida o resulta en un déficit permanente	Síndrome compartimental Parálisis nerviosa permanente Sinostosis radiocubital Rotura tendinosa
5	Muerte del paciente	Muerte posoperatoria secundaria a reacción anestésica

### Cálculo del costo aproximado de cada procedimiento

Los costos totales de tratamiento se estimaron para cada escenario quirúrgico. Se consideraron los cargos del implante, el ingreso hospitalario, los honorarios del cirujano y el anestesista, los costos de quirófano, el diagnóstico por imágenes y la medicación. Los costos se obtuvieron del departamento de facturación del hospital.

### Análisis estadístico

Las variables continuas se analizaron con pruebas de normalidad (Shapiro-Wilks) y se expresan como media y desviación estándar ( $\pm$  DE). Las comparaciones entre grupos se realizaron utilizando la prueba  $\chi^2$  (datos categóricos) o la prueba t de Student (datos continuos) con el programa MedCalc® versión 12.7.8. Se consideró estadísticamente significativo un valor  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

La edad promedio al sufrir la lesión era de  $12.5 \pm 1.6$  años y el seguimiento promedio, de  $27.6 \pm 16.6$  meses. No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, en cuanto a la edad, el sexo, el lado de la lesión, la fractura de cúbito asociada, el tratamiento previo y el seguimiento. El tiempo de inmovilización de los pacientes tratados con EEE fue menor ( $2.8 \pm 1.8$  vs.  $5.9 \pm 1.3$  semanas,  $p 0,00029$ ). Dos pacientes en cada grupo presentaron una angulación  $>10^\circ$  en el momento de la consolidación (Tabla 2).

**Tabla 2.** Datos demográficos y comparación entre ambos grupos

Variable	FPC	EEE	p <sup>§</sup>
n	17	19	-
Edad	12.2	12.7	0,437
Sexo (Femenino/Masculino)	2/15	1/17	0,559
Lado (Izquierdo/Derecho)	10/7	10/8	0,506
Tratamiento previo con yeso*	5 (29,4%)	4 (21%)	0,576
Inmovilización posoperatoria**	5.9 ± 1.3	3.8 ± 1.8	0,00029
Angulación final >10°	2	2	0,91
Seguimiento**	25.06 ± 17.6	31.5 ± 15.04	0,33
Complicaciones*	3 (18%)	1 (5,3%)	0,27
Cirugía de revisión	2	0	0,13
Retiro de material de osteosíntesis bajo anestesia general	0	15	<0,01

Valores expresados en: \*números enteros y porcentaje, \*\*números enteros y desviación estándar. §prueba de  $\chi^2$ /prueba t para datos apareados. FPC = fijación percutánea con clavijas, EEE = enclavado endomedular elástico.

La tasa de complicaciones fue más alta en el grupo A (18% vs. 5,3%; p 0,27). De acuerdo con el sistema de Clavien-Dindo, en el grupo A, hubo dos complicaciones tipo III (pérdida de corrección) y dos tipo II (infección y granuloma). En el grupo B, se detectó una complicación tipo I (prominencia del implante). Dieciséis pacientes del grupo B se sometieron a un segundo procedimiento quirúrgico para la extracción del implante. Dos pacientes del grupo A requirieron revisión de la fijación por pérdida de la alineación. En el último seguimiento, todos presentaban una flexo-extensión completa de la muñeca y dos (uno en cada grupo) tenían una limitación leve de la pronación (10-15°).

El tratamiento fue aproximadamente 2,5 veces más costoso en el grupo B. Este valor se obtiene si consideramos el tratamiento como un evento único, sin incluir en el costo la reintervención (para corregir la pérdida de corrección en el grupo A y para el retiro del material en el grupo B).

## DISCUSIÓN

El tratamiento convencional de las fracturas desplazadas de radio distal consiste en la reducción cerrada y la inmovilización con yeso.<sup>16</sup> Si bien un alto porcentaje de los pacientes pueden obtener resultados satisfactorios con este método, algunas fracturas son tan inestables que no pueden ser inmovilizadas con yeso y, hasta un tercio de aquellas en las que se logra una reducción aceptable, puede presentar redesplazamiento.<sup>17</sup> Las fracturas inestables localizadas en la unión metafiso-diafisaria se pueden tratar con diversos métodos de fijación.<sup>4-11</sup> En nuestro estudio, se comparó la fijación mediante clavijas (FPC) con una técnica de EEE de ingreso dorsal que permite la estabilización de fracturas más distales a la diáfisis. Si bien ambos métodos permitieron lograr resultados clínicos y radiográficos similares, la tasa de complicaciones fue superior en el grupo con FPC.

En un estudio biomecánico que compara ambas técnicas, las fracturas fijadas con clavijas fallaron en niveles menores de desplazamiento.<sup>18</sup> Otros autores<sup>18-20</sup> han publicado inconvenientes con la pérdida de reducción al utilizar clavijas de Kirschner en fracturas diafisarias y metafiso-diafisarias, debido al menor diámetro de los huesos. Cai y cols.<sup>10</sup> evaluaron a un grupo de pacientes con fracturas de radio tratados con fijación intramedular o clavijas. En los pacientes tratados con EEE, la cirugía fue significativamente más corta, la exposición a radioscopia intraoperatoria fue más breve y el redesplazamiento posoperatorio fue menor que en los tratados mediante fijación con clavijas. A los 15 meses de seguimiento, ambas técnicas causaron complicaciones posoperatorias similares y la recuperación de la prono-supinación fue equivalente. En esta misma serie, la mitad de los pacientes tratados con fijación endomedular presentaban una traslación en el plano frontal del 25-50%, con una implicancia clínica incierta a largo plazo. Consideramos esto una falla de la técnica, ya que el ingreso central en el fragmento distal permite evitar la

traslación lateral en el plano frontal. La técnica utilizada en nuestro estudio es diferente de la propuesta por Cai y cols.,<sup>10</sup> ya que no solo presta extrema atención a este punto, sino que el moldeado del clavo se efectúa luego de haber avanzado dentro del canal endomedular del fragmento proximal. Esto permite la corrección del deseje en el plano sagital. Kim y cols.<sup>11</sup> evaluaron a ocho pacientes con fracturas de la unión metafiso-diafisaria tratados con EEE. La media de la edad era de 11.8 años (rango 10-15). Todos evolucionaron favorablemente hacia la consolidación, la cual se produjo a las 8.8 semanas. Ninguno sufrió complicaciones. La angulación promedio fue de 1,8° en la radiografía de frente y de 2° en la proyección de perfil. En nuestro estudio, dos pacientes en cada grupo tenían una angulación >10° en el momento de la consolidación (p 0,91).

La fortaleza de este estudio es que evalúa a un grupo de adolescentes con fracturas metafiso-diafisarias de radio distal. Esta localización ha recibido poca atención en la bibliografía y existen muy pocos estudios que analicen las opciones terapéuticas para este tipo de fracturas en una población etaria tan específica. Los resultados de nuestro estudio deben ser interpretados en el contexto de las limitaciones que presenta. El tamaño de la muestra y su diseño limitan la posibilidad de realizar un análisis estadístico más riguroso. Algunos de los pacientes de la serie provienen del interior de nuestra provincia o de otras provincias, por lo que el seguimiento clínico y radiográfico estuvo supeditado a la posibilidad de retornar al control. Esto pudo haber afectado los tiempos reportados de inmovilización y consolidación. Por último, la clasificación utilizada para complicaciones está validada en adultos, pero no en la población pediátrica. Tampoco está validada en español, aunque ya se ha utilizado en otros estudios.<sup>21,22</sup>

## CONCLUSIONES

Ambas técnicas evaluadas son eficaces para estabilizar las fracturas metafiso-diafisarias de radio distal en adolescentes. Sobre la base de nuestros resultados, no podemos recomendar uno u otro método. El EEE tiene la ventaja de una inmovilización posoperatoria más corta y menos complicaciones, pero su costo es más alto y requiere una segunda cirugía para la extracción del implante. La FPC no requiere de anestesia para extraer el implante, aunque sí una inmovilización posoperatoria más prolongada y la tasa de complicaciones es más alta. La decisión, en última instancia, deberá estar consensuada entre el médico tratante y la familia del paciente para determinar qué tratamiento es más conveniente en cada situación.

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

ORCID de F. Allende: <https://orcid.org/0000-0001-9319-2571>

ORCID de J. E. Sánchez Benítez: <https://orcid.org/0000-0001-7438-5909>

ORCID de F. Gramajo: <https://orcid.org/0000-0001-6215-9787>

ORCID de B. Damiguelia: <https://orcid.org/0000-0003-2136-3364>

ORCID de V. Allende: <https://orcid.org/0000-0003-4893-7276>

ORCID de J. J. Masquijo: <https://orcid.org/0000-0001-9018-0612>

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bailey DA, Wedge JH, McCulloch RG, Martin AD, Bernhardson SC. Epidemiology of fractures of the distal end of the radius in children associated with growth. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71(8):1225-31. PMID: 2777851
2. Cheng JC, Shen WY. Limb fracture pattern in different pediatric age groups: a study of 3350 children. *J Orthop Trauma* 1993;7(1):15-22. <https://doi.org/10.1097/00005131-199302000-00004>
3. Bae DS. Pediatric distal radius and forearm fractures. *J Hand Surg Am* 2008;33(10):1911-23. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2008.10.013>
4. Nielson AB, Simonsen O. Displaced forearm fractures in children treated with AO plates. *Injury* 1984;15(6):393-6. [https://doi.org/10.1016/0020-1383\(84\)90204-3](https://doi.org/10.1016/0020-1383(84)90204-3)
5. Wyrsh B, Mencio GA, Green NE. Open reduction and internal fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1996;16(5):644-50. <https://doi.org/10.1097/00004694-199609000-00018>
6. Lieber J, Schmid E, Schmittenebecher PP. Unstable diametaphyseal forearm fractures: transepiphyseal intramedullary Kirschner-wire fixation as a treatment option in children. *Eur J Pediatr Surg* 2010;20(6):395-8. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1262843>

7. Miller BS, Taylor B, Widmann RF, Bae DS, Snyder BD, Waters PM. Cast immobilization versus percutaneous pin fixation of displaced distal radius fractures in children: a prospective, randomized study. *J Pediatr Orthop* 2005;25(4):490-4. <https://doi.org/10.1097/01.bpo.0000158780.52849.39>
8. Van Leemput W, De Ridder K. Distal metaphyseal radius fractures in children: reduction with or without pinning. *Acta Orthop Belg* 2009;75(3):306-9. PMID: 19681314
9. Cai H, Wang Z, Cai H. Prebending of a titanium elastic intramedullary nail in the treatment of distal radius fractures in children. *Int Surg* 2014;99(3):269-75. <https://doi.org/10.9738/INTSURG-D-13-00065.1>
10. Cai H, Wang Z, Cai H. Fixation of distal radial epiphyseal fracture: Comparison of K-wire and prebent intramedullary nail. *J Int Med Res* 2016;44(1):122-30. <https://doi.org/10.1177/0300060514566650>
11. Kim BS, Lee YS, Park SY, Nho JH, Lee SG, Kim YH. Flexible intramedullary nailing of forearm fractures at the distal metadiaphyseal junction in adolescents. *Clin Orthop Surg* 2017;9(1):101-8. <https://doi.org/10.4055/cios.2017.9.1.101>
12. Reinhardt KR, Feldman DS, Green DW, Sala DA, Widmann RF, Scher DM. Comparison of intramedullary nailing to plating for both-bone forearm fractures in older children. *J Pediatr Orthop* 2008;28(4):403-9. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e31816d71f2>
13. Lascombes P, Prevot J, Ligier JN, Metaizeau JP, Poncelet T. Elastic stable intramedullary nailing in forearm shaft fractures in children: 85 cases. *J Pediatr Orthop* 1990;10(2):167-71. PMID: 2312694
14. Kang SN, Mangwani J, Ramachandran M, Paterson JMH, Barry M. Elastic intra-medullary nailing of paediatric fractures of the forearm: a decade of experience in a teaching hospital in the United Kingdom. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93(2):262-5. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.93B2.24882>
15. Clavien P, Barkun J, de Oliveira ML, Vauthey JN, Dindo D, Schulick RD, et al. The Clavien-Dindo classification of surgical complications. *Ann Surg* 2009;250(2):187-96. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3181b13ca2>
16. Pretell Mazzini J, Beck N, Brewer J, Baldwin K, Sankar W, Flynn J. Distal metaphyseal radius fractures in children following closed reduction and casting: can loss of reduction be predicted? *Int Orthop* 2012;36(7):1435-40. <https://doi.org/10.1007/s00264-012-1493-x>
17. Alemdaroğlu KB, İltar S, Cimen O, Uysal M, Alagöz E, Atlihan D. Risk factors in redisplacement of distal radial fractures in children. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90(6):1224-30. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.00624>
18. Battle J, Carmichael KD, Morris RP. Biomechanical comparison of flexible intramedullary nailing versus crossed Kirschner wire fixation in a canine model of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop B* 2006;15(5):370-5. <https://doi.org/10.1097/01202412-200609000-00012>
19. Price CT, Rockwood CA, Wilkins KE, Beaty JH (eds.) *Forearm fractures in children*. 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1996.
20. Wilkins KE (ed.). *Operative management of upper extremity fractures in children*. Rosemont, Illinois: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 1994.
21. Martus JE, Preston RK, Schoenecker JG, Lovejoy SA, Green NE, Mencio GA. Complications and outcomes of diaphyseal forearm fracture intramedullary nailing: a comparison of pediatric and adolescent age groups. *J Pediatr Orthop* 2013;33(6):598-607. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3182a11d3b>
22. Eamara P, Masquijo JJ. Enclavado endomedular elástico para el tratamiento de refracturas de antebrazo en niños. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2018;83(4):242-7. <https://doi.org/doi:10.15417/issn.1852-7434.2018.83.4.813>