



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Fracturas diafisarias del antebrazo en niños: Tratamiento con fijación intramedular con clavos de Kirschner

**Marco Tulio Mahecha Toro
Médico Cirujano, Residente Año IV**

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina,
Departamento de Cirugía - Unidad de Ortopedia
Bogotá, D. C., Colombia
2016

Fracturas diafisarias del antebrazo en niños: tratamiento con fijación intramedular con clavos de Kirschner

**Marco Tulio Mahecha Toro
Médico Cirujano, Residente Año IV**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Ortopedia y Traumatología

Director:
Dr. Enrique Manuel Vergara Amador
Profesor de Ortopedia y Traumatología
Unidad de Ortopedia – Facultad de Medicina

Línea de Investigación:
Ortopedia Pediátrica

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina,
Departamento de Cirugía - Unidad de Ortopedia
Bogotá, D. C., Colombia
2016

Resumen

En nuestro medio es común que las fracturas de antebrazo sean tratadas con fijación intramedular con clavos de Kirschner. Nuestro objetivo es mostrar los resultados del tratamiento de las fracturas de antebrazo en niños con fijación intramedular con clavos de Kirschner, radiológicos, funcionales y sus complicaciones.

Es una serie de casos retrospectiva descriptiva de pacientes operados con fijación intramedular de fracturas de radio y/o cúbito desde 2009 a 2014. Se describen los resultados del tratamiento, su correlación radiológica, su resultado funcional y complicaciones.

Este estudio muestra que la fijación intramedular con clavos de Kirschner en fracturas de diáfisis de radio y cúbito de niños es un procedimiento seguro, que ofrece a corto y mediano plazos adecuados resultados funcionales, con una prevalencia baja de complicaciones graves, a un bajo costo. Las complicaciones serias fueron 6 casos (no consolidación y refracturas). Las angulaciones preoperatorias mayores en los planos anteroposterior y lateral, y angulaciones posoperatorias en el plano lateral, podrían considerarse predictores de resultados funcionales menos satisfactorios.

Palabras clave: antebrazo, fracturas del radio, fracturas del cubito, fijación intramedular de fracturas.

Abstract

In our practice, these fractures are often treated with intramedullary fixation with Kirschner's wires. Our aim is to show functional and radiologic outcomes of this treatment, as well as its complications.

This is a retrospective, descriptive, case series of patients with radial and/or ulnar fractures treated with intramedullary fixation from 2009 to 2014. Treatment outcomes, radiologic correlation, functional results and complications are described.

The present study shows that intramedullary Kirschner's wire fixation as treatment for radial/ulnar diaphyseal fractures is a safe procedure, which offers adequate functional outcomes in the medium and short term, with low prevalence of serious complications and at low cost. There were 6 cases of serious complications (consolidation failure and refracture). Major preoperative angulations in the anteroposterior and lateral plane, and postoperative angulations in the lateral plane, may be considered as predictors of less satisfactory functional outcomes.

Keywords: forearm, radial fractures, ulnar fractures, intramedullary fracture fixation.

Contenido

	Pág.
Resumen	V
Lista de figuras	VIII
Lista de tablas	IX
Introducción	1
1. Planteamiento del problema – Marco teórico	3
2. Objetivos	7
2.1 Objetivo general.....	7
2.2 Objetivos específicos	7
3. Materiales y métodos	9
4. Consideraciones éticas	15
4.1 Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial	17
5. Resultados	19
5.1 Caracterización de variables	19
5.2 Análisis multivariado	22
5.2.1 Fracturas abiertas e infección (Tabla 2):.....	22
5.2.2 Fracturas de uno o dos huesos y resultado funcional (Tabla 9):	24
6. Discusión	27
7. Conclusiones	33
8. Propiedad intelectual	34

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Medición radiográfica pre y posoperatoria.	10
Figura 2. Valoración clínica de pronosupinación en el antebrazo	11
Figura 3. Área de ingreso del clavo radial. Tomada de 22	12
Figura 4. Área de ingreso del clavo cubital. Tomada de 22	13
Figura 5. Esquema de la técnica de ingreso de los clavos. Tomada de 23	13
Figura 6. Esquema del aspecto que tiene la fijación definitiva. Tomada de 13	14
Figura 7. Migración proximal de clavo cubital	29
Figura 8. Caso de retraso en la consolidación de la diáfisis del radio	30

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES	20
Tabla 2. Asociación entre Fracturas abiertas e Infección	22
Tabla 3. Angulación preoperatoria anteroposterior y Resultado funcional	23
Tabla 4. Angulación preoperatoria lateral y Resultado funcional	23
Tabla 5. Angulación postoperatoria anteroposterior y Resultado funcional	23
Tabla 6. Angulación postoperatoria lateral y Resultado funcional	23
Tabla 7. Asociación entre Tipos de reducción e Infección	24
Tabla 8. Asociación entre Tipos de reducción y Retardo en la consolidación	24
Tabla 9. Asociación entre fracturas de uno o dos huesos y resultados Funcionales	24
Tabla 10. Asociación entre duración de la inmovilización y resultados Funcionales	25
Tabla 11. Asociación entre edad y resultados funcionales.	25
Tabla 12. Asociación entre tipo de reducción y resultado funcional.	26

Introducción

Las fracturas diafisarias de radio y cúbito son la tercera fractura más frecuente en la población pediátrica y representan el 13-40% del total de las fracturas (1, 2). Históricamente, la mayoría de estas fracturas han sido tratadas de manera no quirúrgica, con reducción cerrada y esperando su consolidación. Recientemente ha habido una tendencia hacia un mayor manejo quirúrgico de estas fracturas, en un esfuerzo por mejorar los resultados (3).

El tratamiento de estas fracturas depende de la edad, el tipo de desplazamiento de la fractura, entre otras. Teniendo en cuenta el potencial de crecimiento fisiario de un niño, un rango de grados de angulación se puede aceptar en función de la edad del niño y su capacidad de remodelación.

La inmovilización del antebrazo con férulas o yesos circulares sigue siendo una opción de tratamiento viable para muchas de estas fracturas que están dentro de los parámetros aceptables de alineación. Generalmente existe bajo riesgo de desarrollar rigidez en el codo tras el tratamiento. Para trazos de fractura en los que los parámetros de alineación no permiten limitarse al tratamiento con reducción cerrada se recomienda el tratamiento quirúrgico.

Las opciones de tratamiento quirúrgico incluyen la fijación con placas y con clavos intramedulares, que pueden ser rígidos o elásticos. Recientemente ha habido un interés creciente en la determinación de qué método proporciona resultados superiores, pero el tratamiento óptimo permanece controversial (4,5).

En nuestro medio es común ver fracturas diafisarias de radio y cubito tratadas con enclavado endomedular con clavos de Kirschner o Steinman con muy buenos resultados y a un bajo costo. Los reportes en otros países, en especial los desarrollados, avalan esta técnica. Estos resultados no han sido publicados en nuestro medio.

1. Planteamiento del problema – Marco teórico

Las fracturas del antebrazo de los niños representan un desafío para los cirujanos ortopédicos lo largo de su carrera. Estas fracturas constituyen una parte importante de nuestro trabajo en hospitales de cualquier nivel de complejidad. El correcto tratamiento de estas lesiones se basa en una sólida comprensión de la alteración específica, así como en la capacidad para predecir con precisión el crecimiento restante y el potencial de remodelación del esqueleto en desarrollo.

Todos los cirujanos ortopédicos deben ser competentes en la realización de la reducción cerrada de este tipo de fracturas, así como necesitan ser expertos en el arte de la reducción abierta y la estabilización quirúrgica, para intervenir quirúrgicamente con confianza cuando las indicaciones estén presentes.

Por otra parte, el manejo ambulatorio diligente de estos pacientes requiere una capacidad de evaluar con precisión la fractura, así como comunicarse eficazmente con el niño y sus cuidadores. Esto tranquiliza a los padres en relación con el potencial de remodelación, la rigidez y el riesgo de una nueva fractura.

Las fracturas del antebrazo son lesiones comunes en los niños pues representan el 62% de las fracturas de las extremidades superiores. Aproximadamente, 75 -84% de las fracturas del antebrazo se producen en el tercio distal, 15 -18% se produce en el tercio medio y de 1 - 7% se produce en el tercio proximal del antebrazo (6, 7).

El mecanismo más común es una caída (83%), mientras que el traumatismo directo ocupa el segundo lugar (10%). La localización geográfica más común de lesión suele ser un parque infantil (8, 9) y en países con estaciones se observa una variación significativa,

con el 34% de estas lesiones ocurre durante la temporada de primavera y disminuye durante el invierno.

Recientemente se ha descrito una relación contradictoria entre el tipo de lesión y la incidencia de fracturas del antebrazo en pacientes pediátricos, pues mientras estas aumentan, la tasa general de lesiones en la población pediátrica está disminuyendo (10). Se ha lanzado la hipótesis de que este aumento en fracturas del antebrazo podría deberse a una menor mineralización ósea, resultante de la inactividad física, la malnutrición y deficiencia de vitamina D (9).

Sin estudios directos para demostrarlo, se ha propuesto que el aumento de la prevalencia de la obesidad ha influido en el aumento de fracturas de antebrazo en los niños, especulando que los niños obesos tienen un aumento del riesgo de fractura, secundario a la falta de equilibrio y el aumento de la fuerza al caer.

Aunque la mayoría de estas fracturas pueden ser tratadas con éxito mediante reducción cerrada y su seguimiento hasta la consolidación, se han reportado tasas de complicaciones hasta del 32% (11, 12). Algunas de las indicaciones para la intervención quirúrgica son las fracturas abiertas, fracturas inestables, fracturas patológicas, fracturas con compromiso neurovascular, consolidaciones viciosas y refracturas (3, 13).

Un estudio observacional reciente mostró un aumento en la tasa de enclavado intramedular de fracturas diafisarias del antebrazo de 1,8% a 22% como alternativa en el tratamiento durante los últimos 10 años (14). Se ha sugerido que el modo ideal de la fijación de estas fracturas debe mantener la alineación, debe ser mínimamente invasivo y de bajo costo, con la ocurrencia de fracasos en una baja proporción y un riesgo aceptable para el beneficio (13).

Es así como el enclavado intramedular ha ganado popularidad, pues es fácil de aplicar y promueve la curación del hueso. Además, la morbilidad quirúrgica se disminuye y el retiro del implante es más simple, cuando se compara con reducción abierta y fijación con placas (15, 16). Sin embargo, algunas complicaciones pueden verse después de la fijación con un clavo intramedular, especialmente cuando la técnica quirúrgica es

inapropiada. Existen reportes de retraso en la consolidación (12), característica compartida con todos los métodos de tratamiento invasivo.

En la literatura concerniente a este aspecto, se estudia una tendencia creciente en el mundo al empleo de clavos flexibles de titanio (17, 18). Sin embargo, en países en vía de desarrollo como el nuestro no siempre se encuentran disponibles por su costo mayor en comparación con los clavos de acero. Consideramos importante el estudio de esta alternativa en pacientes de nuestro centro de atención y describir sus resultados clínicos y radiológicos.

El objetivo del presente estudio fue revisar las indicaciones y los resultados clínicos en una serie de niños tratados con clavos intramedulares de Kirschner en fracturas inestables del antebrazo, y también hacer hincapié en las posibles complicaciones y medios de evitarlas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Describir los resultados a corto y mediano plazos del tratamiento de las fracturas diafisarias de antebrazo en niños tratadas con fijación endomedular con clavos de Kirschner, su correlación radiológica, su resultado funcional y sus complicaciones.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar radiológicamente la consolidación ósea de las fracturas diafisarias de radio y cubito tratadas mediante enclavado endomedular con clavos de Kirschner.
- Evaluar el resultado funcional en el tratamiento de las fracturas diafisarias del antebrazo manejadas con enclavado endomedular con clavos de Kirschner.
- Documentar las complicaciones inherentes a la fractura y a las técnicas de enclavado endomedular de radio y cubito.
- Estudiar asociaciones entre variables propias de las fracturas diafisarias del antebrazo en pacientes tratados con fijación endomedular con clavos de Kirschner.

3. Materiales y métodos

Se trata de una serie de casos retrospectiva descriptiva de pacientes operados con fijación intramedular de fracturas de radio y/o cúbito desde 2009 a 2014. Fueron incluidos 59 pacientes que cumplían con criterios de inclusión tales como pacientes con esqueleto inmaduro que hayan sufrido fracturas diafisarias en radio y/o cubito, que hayan recibido tratamiento quirúrgico con reducción cerrada y/o abierta con fijación endomedular con clavos de Kirschner o Steinman y tratados en el Hospital Fundación de La Misericordia y con un seguimiento mínimo de 6 meses.

Fueron excluidos pacientes con esqueleto maduro, tratamiento de fracturas distales y proximales del radio y/o el cúbito (metafisarias, tipo Monteggia, tipo Galeazzi), aquellos que tuvieron tratamiento quirúrgico con reducción cerrada y/o abierta con fijación endomedular con clavos elásticos o con placas, y los que fueron tratados fuera del Hospital Fundación de La Misericordia.

La recolección de datos se hizo revisando las historias clínicas en el sistema de archivo del HOMI. Se realizó la revisión y medición de radiografías pre y posquirúrgicas (Figura 1).

Se registraron variables demográficas, desplazamiento y angulación inicial de la fractura, desplazamiento y angulación final de la fractura, clasificación Gustilo/Anderson, tipo de técnica quirúrgica, diámetro del clavo, duración del enclavado endomedular, tipo y duración de la inmovilización externa, duración del seguimiento, rango de movimiento en el último seguimiento, el tiempo de consolidación de cada hueso y las complicaciones.

Se evaluaron los movimientos de extensión y flexión en el codo, pronosupinación en el antebrazo, y la extensión y flexión en la muñeca. Fueron medidos con goniómetro. Los resultados clínicos fueron evaluados según la escala desarrollada por Price et al (19), en que los resultados se consideraron Excelentes si no hay síntomas con la actividad física extenuante y/o una pérdida de pronosupinación de $<10^\circ$; Buenos si las hay síntomas

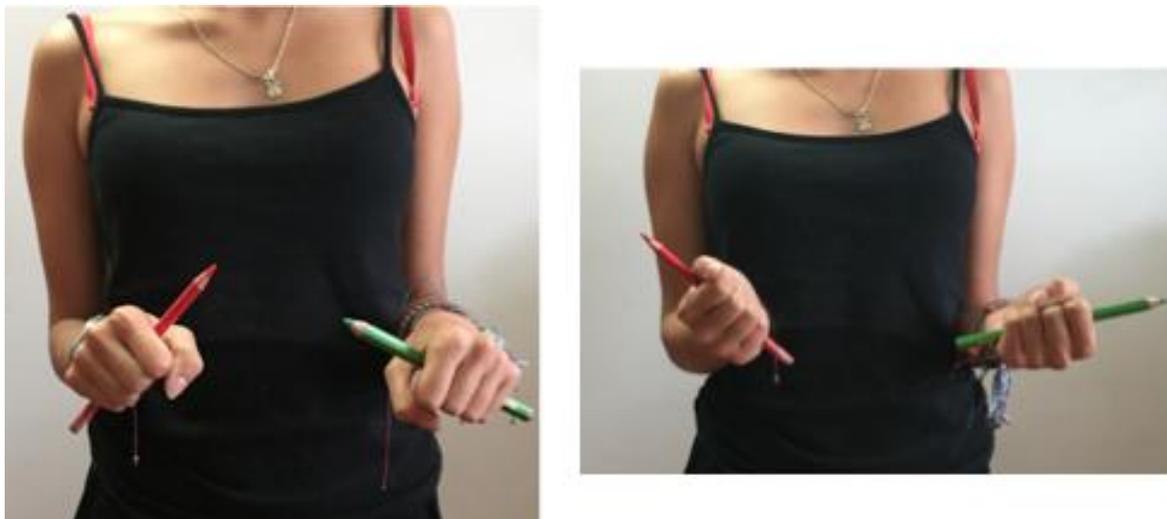
leves con la actividad vigorosa y/o $11^\circ - 30^\circ$ de pérdida en la rotación del antebrazo; Regulares si se presentan síntomas durante las actividades diarias o la pérdida de $31^\circ - 90^\circ$ de rotación, y Malos todos los demás resultados cuando hay una pérdida de pronosupinación de $>90^\circ$. La comparación se realiza con el antebrazo no afectado (Figura 2).

Figura 1. Medición radiográfica pre y posoperatoria.



Figura 2. Valoración clínica de pronosupinación en el antebrazo.





Técnica Quirúrgica (20, 21):

Con el paciente en decúbito supino, se realiza la reducción cerrada de radio y/o cúbito bajo anestesia general con control del intensificador de imágenes. El radio se fija retrógradamente con un clavo de diámetro adecuado avanzado a través de un agujero hecho proximal a la fisis distal del radio. Se lleva a cabo con un cuidado óptimo para no lesionar los tendones extensores y el nervio superficial cutáneo del radial (Figura 3). La fractura cubital se fija con clavo de diámetro adecuado que se inserta de manera anterógrada a través del olécranon (Figura 4). La punta del clavo radial debe estar inclinado aproximadamente $15 - 30^\circ$ para facilitar el paso a través de la cavidad medular. La longitud del clavo se mide bajo intensificador de imágenes. El diámetro del clavo de Kirschner varía de 2 - 3 mm, dependiendo del diámetro de la cavidad medular (Figura 5). En caso de no ser posible la maniobra con reducción cerrada bajo visión del intensificador de imágenes, se procede a la incisión y disección en el lugar del foco de fractura y se realizan maniobras de reducción abierta y fijación tanto con visión directa como con control del fluoroscopio. Los extremos curvos se dejan bajo de la piel (Figura 6).

Después de la cirugía, se utiliza una férula de yeso en pinza de azúcar largo en todos los casos. Distinto a otros protocolos, no se indica la asistencia al consultorio de Fisioterapia de manera rutinaria. Los movimientos activos a nivel de la articulación del codo y de la muñeca se le permite partir del retiro de la inmovilización, alrededor de 4 - 6 semanas

después. Una vez documentada la consolidación de las fracturas se indica el retiro del material de osteosíntesis.

Los pacientes fueron controlados en el momento de la realización del estudio para la evaluación radiológica de la consolidación y el resultado funcional.

Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico para Ciencias Sociales (SPSS versión 15, Chicago, Illinois).

Se hizo análisis multivariado para estudiar asociaciones entre variables propias de las fracturas diafisarias del antebrazo en pacientes tratados con fijación endomedular con clavos de Kirschner.

Un valor de $p < 0,05$ fue seleccionado para significancia.

Figura 3. Área de ingreso del clavo radial. Tomada de 22.

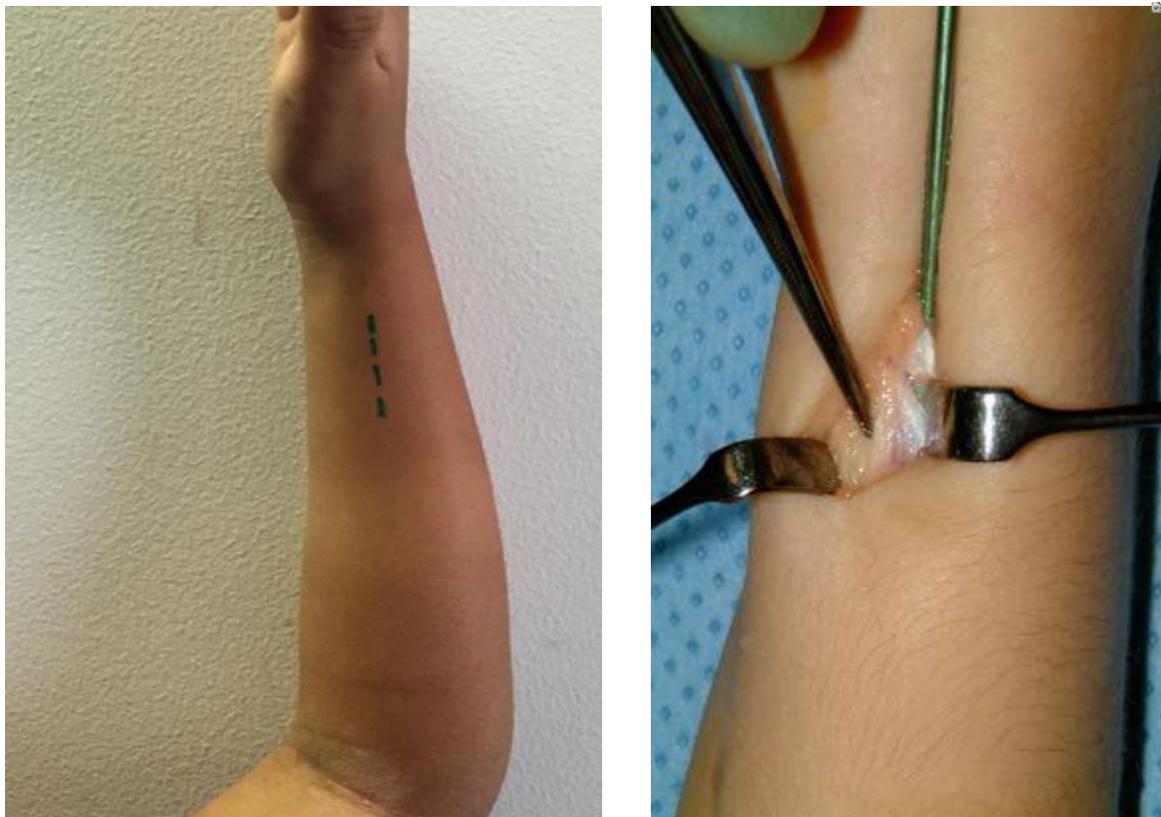


Figura 4. Área de ingreso del clavo cubital. Tomada de 22.

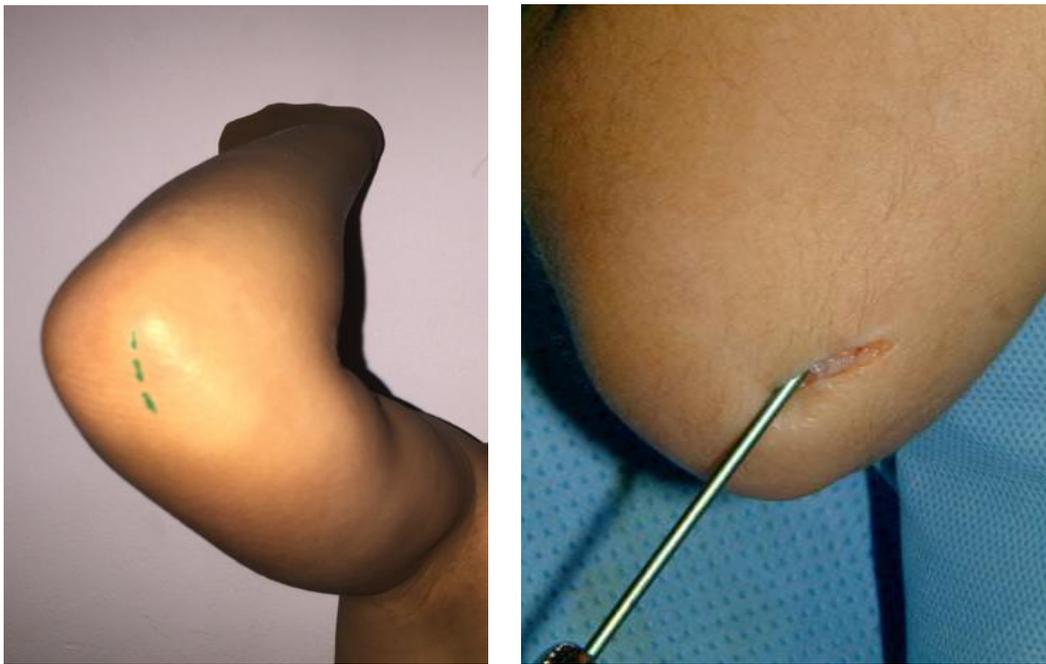


Figura 5. Esquema de la técnica de ingreso de los clavos. Tomada de 23

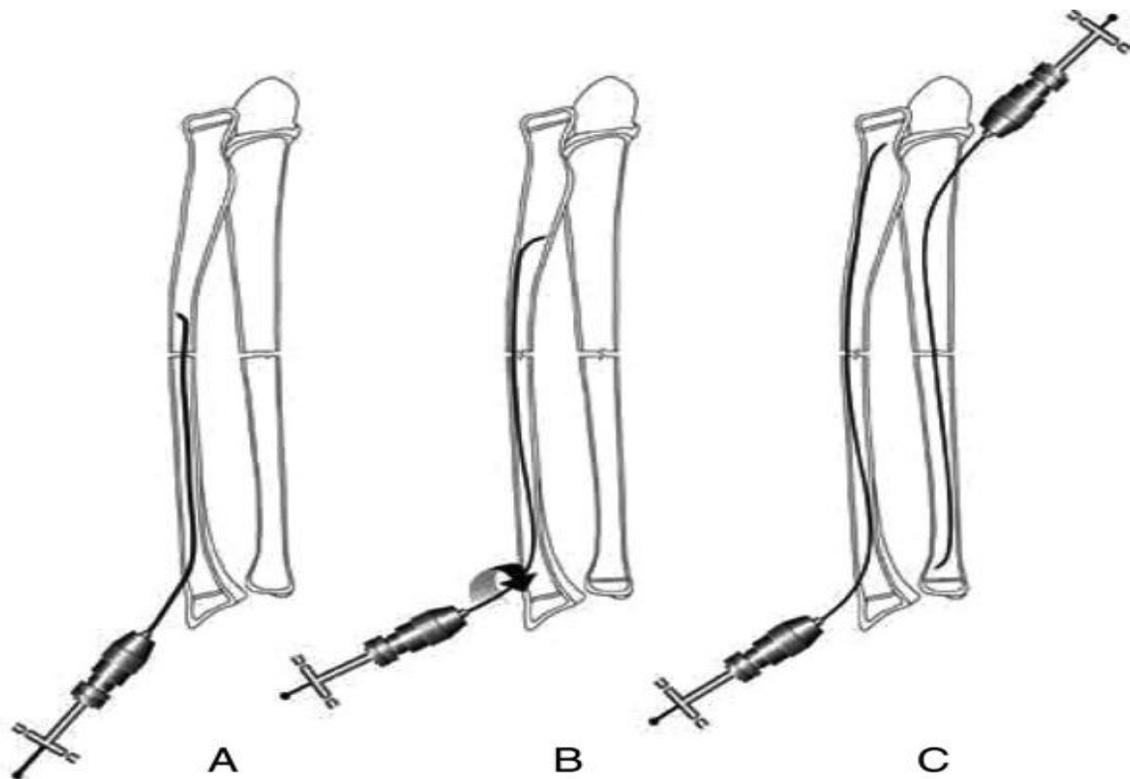
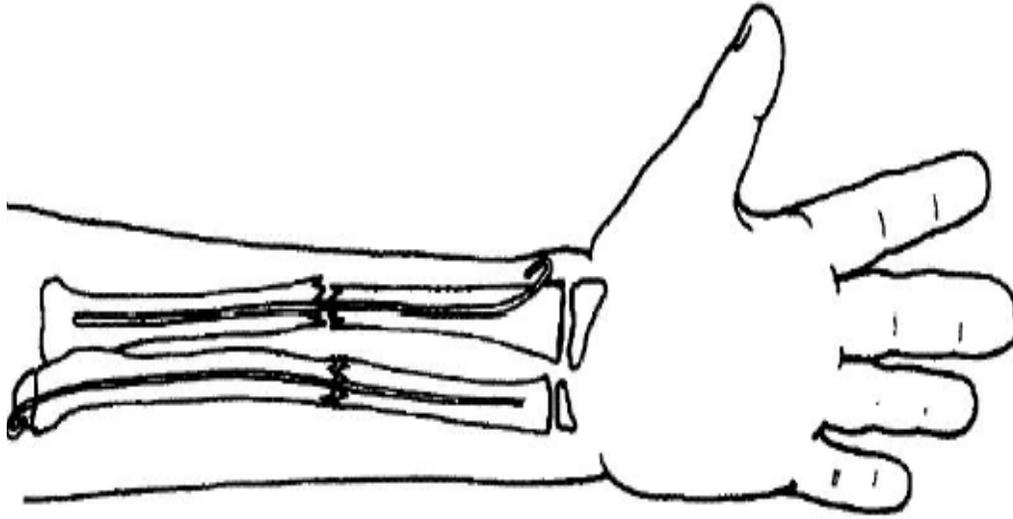


Figura 6. Esquema del aspecto que tiene la fijación definitiva. Tomada de 13.



4. Consideraciones éticas

Este estudio se realizará dentro de las normas éticas que tienen su principio en la declaración de Helsinki 59ª Asamblea General, Seúl, Corea, octubre 2008, así como lo estipulado en la RESOLUCION N° 008430 DE 1993 del Ministerio de Salud de Colombia. Todos los investigadores del estudio brindarán la información sobre su estudio y capacitación para llevarlo a cabo, aplicando sus conocimientos en la práctica de ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA, aprobada en Colombia y a su vez asumirán todas las responsabilidades del grupo investigador.

Toda la información estará a disposición para ser valorada y evaluada por las autoridades competentes aprobadas, incluyendo todos los reportes clínicos.

Se mantendrá siempre la confidencialidad. Por lo tanto, NO se publicarán ni se darán a conocer datos de casos particulares.

Los resultados se publicarán en reconocidas revistas médicas nacionales e internacionales, de acuerdo con su diseño e impacto generado.

De acuerdo con la Resolución N° 008430 DE 1993 por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, se considera este trabajo como una Investigación sin riesgo y de bajo impacto, debido a que no se realizarán intervenciones en los pacientes a estudiar.

La investigación y los aportes que esta pueda generar son avalados y de propiedad intelectual del grupo de Investigación de la Unidad de Ortopedia y Traumatología de la Universidad Nacional de Colombia en convenio con el HOMI.

La autoría del presente trabajo será de los investigadores relacionados en la ficha inicial. Además, si el trabajo deriva en una publicación serán autores los investigadores quienes lo sustenten y lo presenten en los determinados eventos suscitados para tal fin.

RESOLUCIÓN N° 008430 DE 1993

En cumplimiento del **artículo No. 2 y 3** que refiere que las instituciones que vayan a realizar investigación en humanos, deberán tener un Comité de Ética en Investigación, encargado de resolver todos los asuntos relacionados con el tema, se da cumplimiento en este caso porque el HOMI; tiene constituido y funcionando el comité de ética que determina las consideraciones, correcciones y autorizaciones necesarias para un desarrollo ético de los trabajos de investigación al seno del hospital, y tiene una manual interno de procedimientos estipulado.

En cuarto al cumplimiento del **artículo No. 4**, que comprende el tipo de acciones de investigación, se puede inferir que nuestro trabajo de investigación, propende por el conocimiento de los vínculos entre las causas de enfermedad, la práctica médica y la estructura social y el estudio de las técnicas y métodos que se recomienden o empleen para la prestación de servicios de salud.

Para dar cumplimiento al **artículo No. 5**, que refiere que en toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberá prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y su bienestar, en la investigación se guardará el debido secreto profesional y confidencialidad de la información.

En cuanto al cumplimiento del **artículo 6**, donde se refieren los criterios para investigación humanos, se puede deducir que nuestra investigación se ajusta a principios éticos y científicos dados por tratamientos y manejos que han sido estudiados previamente, prevalece la seguridad de los pacientes, puesto que es un estudio retrospectivo y no de tipo experimental, y además se cuenta dentro del grupo de estudio con profesionales, con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del ser humano bajo la responsabilidad de una entidad de salud, que es el Hospital La Misericordia, que es supervisada por los entes del estado, y se realizará cuando se tenga la debida autorización del comité de ética.

En cumplimiento del **artículo 9**, sobre riesgo de la investigación, se encuentra que en este estudio la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño es nula, puesto que se evaluarán directamente sobre las historias clínicas, y según el **artículo 11**, se considera como Investigación sin riesgo: Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran, ya que se basa en revisión documental.

Teniendo en cuenta el **artículo 16**, no necesita de consentimiento informado por ser una investigación sin riesgo.

4.1 Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial

Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos, versión 59^a Asamblea General, Seúl, Corea, octubre 2008.

Teniendo en cuenta la premisas dadas en la declaración de Helsinki, podemos inferir que nuestro trabajo de investigación está acorde con las consideraciones generales dadas en la introducción de este manuscrito, ya que su propósito principal es comprender los factores de riesgos, evolución y desenlaces de las intervenciones en salud para los pacientes sometidos a cirugías de REDUCCION Y FIJACION DE FRACTURAS DE ANTEBRAZO.

Además se ha considerado las normas y estándares éticos a nivel institucional y del estado para poder realizarse dicha investigación, y se efectúa en aras de considerar lo mejor para el paciente cuando se preste atención médica.

En cuanto a los principios determinados en la Declaración de Helsinki, en relación con el trabajo de investigación actual, se puede observar que ésta investigación protege la vida salud y dignidad del ser humano y está basada en los principios científicos actualmente aceptados, apoyado en una buena consulta bibliográfica previa.

Existe además una metodología descrita que se debe cumplir para realizar el proyecto de investigación incluida en el formulario de presentación de proyectos de HOMI, incluye también información sobre fuentes de financiamiento, conflictos de interés, entre otros, que pudieran afectar en caso de suceder, en alguna forma los resultados de la investigación.

La investigación será realizada por personas con la formación e idoneidad suficiente para llevarla a cabo. Se respetará la confidencialidad y la intimidad de las pacientes que participen en la investigación, puesto que los datos personales solo tendrán conocimiento el investigador principal y solo serán ellos quienes tengan acceso a la base de datos original.

En cuanto a la publicación de los resultados de la investigación en el caso en que se realice, se cumplirá con las disposiciones éticas del caso, según el punto 30 de esta declaración, y posteriormente los autores tendrán siempre a disposición los resultados de su investigación y son responsables de la exactitud de los resultados.

5. Resultados

5.1 Caracterización de variables

En la revisión realizada en el archivo de historias clínicas se encontraron 187 pacientes atendidos por fracturas en el antebrazo, durante el lapso de 2009 a 2014. Un total de 262 fueron tratados por fracturas diafisarias de radio y/o cúbito, de estos 59 pacientes (50 hombres y 9 mujeres) cumplieron con los criterios de inclusión (Tabla 1). La muestra está entre 2 y 17 años (media de $10,1 \pm 3,03$). Veintidós pacientes (37,29%) tuvieron fractura en el antebrazo derecho y 37 (62,71%) tuvieron fractura en el antebrazo izquierdo.

Entre los 59 niños, 43 pacientes (72,88%) requirieron reducción abierta debido a la fijación difícil debido a la interposición de tejidos blandos, el restante 27,12% fueron tratados con técnica cerrada. Los pacientes fueron seguidos en promedio durante 23 meses (rango de 9 – 72 meses). El tiempo de consolidación de la fractura que se define como la presencia de callo en las radiografías AP y laterales en el momento del seguimiento radiográfico, para el radio este fue de 7,26 meses en promedio (rango 3 – 30 meses), para el cubito fue de 6,46 (rango de 3 – 32).

Los resultados de acuerdo con la clasificación de Price fueron Excelentes en 52 pacientes (88,14%), Buenos en 2 pacientes (3,39%), Regulares en 4 (6,78%) y Malos en 1 (1,69%). El paciente con mal resultado tenía 40° de supinación y 70° de supinación. Los pacientes estuvieron hospitalizados en promedio por 1,5 días, inmovilizados durante un promedio de 4,16 semanas y el material de osteosíntesis fue retirado entre los 2 y 21 meses (promedio de $6,55 \pm 4,02$).

De los 59 pacientes, ocho (13,55%) tuvieron complicaciones menores como infección superficial en la piel del olecranon (5 pacientes) y migración externa del clavo cubital (3 pacientes). Los casos de infección superficial fueron tratados con antibióticos orales, sin

complicaciones adicionales. Sólo seis pacientes (10,17%) reportaron complicaciones de consideración como retraso en la consolidación y refractura. No se encontraron complicaciones tales como discrepancia de longitud de la extremidad afectada, daño epifisario, deformidad angular o de rotación, sinostosis, lesiones neurológicas, síndrome compartimental, infección profunda o movilidad restringida del codo.

Las demás variables documentadas se resumen también en la Tabla 1.

Tabla 1. CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES.

Variable		N=59
Edad (Años)		10,1 ± 3,03 (2-17)
Menor de 8 años		19 (32,2%)
Mayores de 8 años		40 (67,8%)
Género	Femenino	9 (15,25%)
	Masculino	50 (84,75%)
Lateralidad	Izquierda	37 (62,71%)
	Derecha	22 (37,29%)
Hueso Fracturado	Radio	5 (8,47%)
	Cúbito	2 (3,39%)
	Ambos	52 (88,14%)
Cabalgamiento Preoperatorio (mm)		5,81 ± 3,24 (0-10)
Desplazamiento Postoperatorio (mm)		0,38 ± 0,76 (0-3)
Angulación Radiográfica Preoperatoria (Grados)	Anteroposterior	11,91 ± 5,92 (0-30)
	Lateral	19,96 ± 8,35 (0-35)
Angulación Radiográfica Postoperatoria (Grados)	Anteroposterior	0,08 ± 0,46 (0-3)
	Lateral	0,71 ± 1,58 (0-5)
Fractura abierta	No	48 (81,36%)
	Grado I	8 (13,56%)
	Grado II	3 (5,08%)

Tipo de reducción	Abierta	43 (72,88%)
	Cerrada	16 (27,12%)
Diámetro de clavo utilizado	1,5	18 (30,51%)
	1,8	6 (10,17%)
	2,0	35 (59,32%)
Indicación	Inestabilidad	41 (69,49%)
	Reducción fallida	15 (25,42%)
	Refractura	3 (5,08%)
Duración de la osteosíntesis (Meses)		6,55 ± 4,02 (2-21)
Hueso fijado	Radio	10 (16,95%)
	Cubito	11 (18,64%)
	Ambos	38 (64,41%)
Cruce de la Fisis distal del radio		5 (8,47%)
Duración de la Inmovilización (Semanas)		4,16 ± 1,1 (2-6)
Días de Hospitalización		1,54 ± 0,83 (1-4)
Seguimiento (meses)		23,28 ± 14,98 (9-72)
Rangos de Movilidad de Lado Fracturado	Pronación	82,03 ± 12,56 (30-90)
	Supinación	83,72 ± 14,95 (10-90)
Clasificación de PRICE	Malo	1 (1,69%)
	Regular	4 (6,78%)
	Bueno	2 (3,39%)
	Excelente	52 (88,14%)
Complicación	Ninguna	45 (76,27%)
	Infección superficial	5 (8,47%)
	Retraso de Consolidación	4 (6,78%)
	Refractura	2 (3,39%)

	Migración clavo cubital	3 (5,08%)
Tiempo de consolidación del Radio (Semanas) (57)		7,26 ± 6,05 (3-30)
Tiempo de consolidación del Cúbito (Semanas) (54)		6,46 ± 5,25 (3-32)

5.2 Análisis multivariado

5.2.1 Fracturas abiertas e infección (Tabla 2):

En total hubo 11 reportes de fracturas abiertas. A su vez se registraron 5 casos de infección superficial. Se estudió la relación entre el grado de las mismas y la ocurrencia de infección. Se encuentra que hay una relación estadísticamente significativa entre fracturas abiertas Grado II y la ocurrencia de infección ($p= 0,006$). Se debe aclarar que las infecciones fueron superficiales y en el punto de entrada del clavo cubital.

Tabla 2. Asociación entre Fracturas abiertas e Infección.

	Grado I		Grado II		P value
	Frec (N)	%	Frec (N)	%	
Infección	0 (8)	0%	3 (3)	100%	0,006*

* Se aplica test Exacto de Fisher

Angulaciones radiológicas y resultado funcional (Tablas 3 a 6):

Se estudiaron las asociaciones entre la angulación en ambos planos de los trazos de fractura tanto antes como después del tratamiento quirúrgico de las mismas. Para este fin se agruparon los pacientes en grupos de resultados Excelentes y Buenos por ser el desenlace ideal, lo contrario para el grupo de resultados Regulares y Malos.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el caso de la angulación anteroposterior preoperatoria ($p=0,0237$) en donde aquellos pacientes que más angulación tuvieron, peor fue su resultado funcional después del tratamiento. De igual manera para las angulaciones en el plano lateral preoperatoria ($p= 0,0363$) y posoperatoria ($p= 0,0701$).

Tabla 3. Angulación preoperatoria anteroposterior y Resultado funcional.

Price	N (59)	X	Mediana	Rango	P
Malo o Regular	5	17,6 ± 11,8	15	(5-30)	0,0237
Bueno o Excelente	54	11,3 ± 4,94	10	(0-20)	

* La Angulacion ap si se comporta como una normal por lo que se determina T student.

Tabla 4. Angulación preoperatoria lateral y Resultado funcional.

Price	N (59)	X	Me	Rango	P
Malo o Regular	5	27,4 ± 7,16	25	(20-35)	0,0363
Bueno o Excelente	54	19,27 ± 8,17	20	(0-32)	

* La Angulacion lateral si se comporta como una normal por lo que se determina T student.

Tabla 5. Angulación postoperatoria anteroposterior y Resultado funcional.

Price	N (59)	X	Me	Rango	P
Malo o Regular	5	0 ± 0	0	(0-0)	0,6643*
Bueno o Excelente	54	0,09 ± 0,48	0	(0-3)	

* Dado que la angulación postoperatoria anteroposterior no se distribuye de acuerdo a la normal necesita de prueba no paramétrica (U Mann Whitney).

Tabla 6. Angulación postoperatoria lateral y Resultado funcional.

Price	N (59)	X	Me	Rango	P
Malo o Regular	5	2,2 ± 2,28	2	(0-5)	0,0171*
Bueno o Excelente	54	0,57 ± 1,46	0	(0-5)	

* Dado que la angulación no se distribuye de acuerdo a la normal necesita de prueba no paramétrica (U Mann Whitney).

Tipo de reducción e infección (Tabla 7):

Se registraron 5 casos de infección superficial. Se estudió la relación entre la ocurrencia de las mismas y el tipo de reducción empleada. No se encontró una relación estadísticamente significativa ($p= 0,118$). Se debe aclarar que las infecciones fueron superficiales y en el punto de entrada del clavo cubital.

Tabla 7. Asociación entre Tipos de reducción e Infección.

	Reducción Cerrada		Reducción Abierta		P value
	Frec (N)	%	Frec (N)	%	
Infección	3 (16)	18,75%	2 (43)	4,65%	0,118*

* Se aplica test Exacto de Fisher.

Tipo de reducción y retardo en la consolidación (Tabla 8):

Se reportaron 4 casos de retardo en la consolidación. Cuando estos se relacionan con los tipos de reducción no se encuentra una diferencia en su proporción ni una diferencia en la significancia de su asociación ($p= 0.705$).

Tabla 8. Asociación entre Tipos de reducción y Retardo en la consolidación.

	Reduccion Cerrada		Reduccion Abierta		P value
	Frec (N)	%	Frec (N)	%	
Retardo de consolidación	1 (16)	6,25%	3 (43)	6,98%	0,705*

* Se aplica test Exacto de Fisher.

5.2.2 Fracturas de uno o dos huesos y resultado funcional (Tabla 9):

Proporcionalmente, se encontró que aquellos paciente con fractura fijada de manera endomedular de sólo un hueso todos se registran con resultados funcionales Buenos o Excelentes. En cuanto a aquellos con fracturas fijadas de ambos huesos, la proporción es menor (90,38%). Sin embargo, no hay significancia considerable para esta diferencia ($p= 0,519$).

Tabla 9. Asociación entre fracturas de uno o dos huesos y resultados funcionales.

	Un Hueso		Ambos Huesos		P value
	Frec (N)	%	Frec (N)	%	
PRICE Bueno o Excelente	7 (7)	100%	47 (52)	90,38%	0,519*

* Se aplica test Exacto de Fisher.

Duración de inmovilización y resultado funcional (Tabla 10):

Cuando se analizó la asociación entre el tiempo que permanecieron inmovilizados los pacientes y el resultado funcional después de finalizado el tratamiento. No se encontró una diferencia significativa ($p= 0,274$) entre aquellos que fueron inmovilizados durante menos de 6 semanas y los que sobrepasaron ese lapso.

Tabla 10. Asociación entre duración de la inmovilización y resultados funcionales.

	Menos de 6 semanas		6 semanas		P value
	Frec (N)	%	Frec (N)	%	
Price Bueno o Excelente	41 (46)	89,13%	13 (13)	100%	0,274*

* Se aplica test Exacto de Fisher.

Grupo de edad y resultado funcional (Tabla 11):

En general, se considera que la edad de 8 años es un momento crucial para definir el potencial de remodelación y por ende, al resultado funcional a pesar de la posible presencia de deformidades residuales. Sin embargo, no se encontró una diferencia con significancia estadística entre los dos grupos etarios y sus resultados funcionales al final del seguimiento después del tratamiento con fijación endomedular del antebrazo ($p= 0,0546$).

Tabla 11. Asociación entre edad y resultados funcionales.

	N (59)	X	Me	Rango	P
Menor de 8 años	19	3 ± 0	3	(3-3)	0,0546
Mayor de 8 años	40	$2,67 \pm 0,76$	3	(0-3)	

* Dado que el PRICE no tiene una distribución normal necesita de prueba no paramétrica (U Mann Whitney).

Tipo de reducción y resultado funcional (Tabla 12):

Se estudió esta asociación para dilucidar si la apertura quirúrgica del foco de la fractura tiene alguna influencia en el resultado funcional al final del tratamiento. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos ($p= 0,606$).

Tabla 12. Asociación entre tipo de reducción y resultado funcional.

	Reduccion Cerrada		Reduccion Abierta		P value
	Frec (N)	%	Frec (N)	%	
PRICE Bueno o Excelente	14 (16)	87,5%	40 (43)	93,02%	0,606*
* Se aplica test Exacto de Fisher.					

6. Discusión

La mayoría de las fracturas de antebrazo en los pacientes pediátricos pueden ser tratadas sin cirugía mediante reducción cerrada y una adecuada inmovilización (3, 13, 24, 25). Aquellas que se producen en el tercio medio de la diáfisis y las proximales no remodelan de manera predecible y por lo tanto requieren reducciones más anatómicas que funcionales (25). Existe una controversia sobre cuanta angulación, desplazamiento y rotación constituye una reducción aceptable. Los pacientes más jóvenes pueden tolerar más la deformidad que los niños mayores (26, 27).

Varios autores han sugerido que la reducción es inaceptable si el paciente tiene una angulación mayor de 10° o un desplazamiento completo (3, 13). Existen parámetros para aceptar una mala alineación rotacional hasta 45° , pero algunos autores han señalado que la remodelación de la rotación no es tan eficiente (13, 27, 28). Sinikumpu y cols. recomiendan la intervención quirúrgica para las fracturas diafisarias del antebrazo con angulaciones mayores de 10° debido a que la potencial remodelación es limitada en esta área del hueso (8, 12, 14) y sus deformidades residuales afectan el movimiento del antebrazo.

Matthews y cols. mostró en cadáveres que deformidades angulares en el antebrazo de 10° no resultaban en una pérdida significativa de la pronosupinación, pero que un monto de 20° restringiría la rotación del antebrazo aproximadamente un 30% (29). Otro estudio en cadáveres mostró que una angulación de tan sólo 5° , localizada en la mitad del eje del antebrazo puede conducir a un déficit de pronación hasta del 27% (30).

Cuando esté indicada, la fijación quirúrgica de las fracturas del antebrazo en los niños es eficaz independientemente del método que se utilice (1, 3, 4, 5, 13, 16, 20, 28), siendo la fijación intramedular flexible el método preferido (22, 23, 26). La mayoría de los estudios muestran buenos a excelentes resultados usando dicho método.

Los clavos flexibles son caros y no están fácilmente disponibles en la mayoría de los hospitales. El uso de los clavos de Kirschner, usados como los clavos flexibles en este estudio, mostró buenos resultados funcionales. Se tuvo 91% de resultados excelentes y buenos, comparable con estudios similares (3, 13, 31, 32, 34, 44).

Yalcinkaya y cols. en su serie de 45 casos, evaluados con la clasificación de Price, encontraron resultados excelentes y buenos en la totalidad de los pacientes (31). Shoemaker y cols, en un grupo de 32 pacientes tratados exclusivamente con clavos de Kirschner, tuvieron resultados buenos y excelentes en el 100% (13). Parajuli y cols, encontraron resultados excelentes y buenos en todos los pacientes (32). Altay y cols. en un grupo de 48 pacientes reportan resultados funcionales excelentes en el 96% (44).

Aunque existen estudios con diseños similares, con desenlaces estudiados similares, consideramos que no son comparables pues en sus casos existen tratamientos tanto con clavos elásticos de titanio como con rígidos de acero (3, 23, 35, 39, 46).

Debido a que tiene menos maleabilidad ocasionalmente es más difícil la inserción de la punta, en comparación con los clavos de titanio. En comparación con las placas, usadas frecuentemente en niños de más edad (10-15 años), también permiten una alineación anatómica precisa y rangos de movimientos sin protección. Además ofrecen diversos beneficios potenciales en términos de estética, dado que permiten una fácil extracción de los implantes después del tratamiento con un menor riesgo de lesiones neurovasculares (28, 33).

Los resultados funcionales en los pacientes que fueron operados con reducción cerrada o reducción abierta antes de la fijación endomedular se han reportado como similares (31, 45, 47), con un perfil de complicaciones también parecido. En el presente estudio, 43 pacientes requirieron reducción abierta debido a la interposición de tejidos blandos, gran parte de ellos los resultados funcionales fueron excelentes o buenos. Sin embargo, no hubo diferencia estadística entre este grupo y el de reducción cerrada (Tabla 12).

Las complicaciones en el presente estudio son comparables a otros diversos estudios. Flynn mostró que la tasa global de complicaciones en pacientes sometidos fijación intramedular fue del 14,6% (3). La complicación más común que ocurre en su serie fueron retraso en la consolidación, síndrome compartimental, infección, irritación de la

piel por el material de osteosíntesis y migración del mismo.

Yalcinkaya y cols. encontraron complicaciones menores en el 4,44% de los pacientes (31). Shoemaker y cols, tuvieron como resultado complicaciones mayores en 2 pacientes (13). Parajuli y cols, encontraron 16% de complicaciones menores (32). Altay y cols. reportaron 22% de complicaciones menores y 8% de alta complejidad (44).

En nuestra serie, se observaron complicaciones menores en el 13,55% de los casos (5 infecciones superficiales y 3 migraciones del clavo, ambos en el olecranon, Figura 7). Se encontraron 2 pacientes con refracturas (3,39% de los casos). Aunque en la literatura es poco frecuente que se reporte esta complicación, van Egmond registra un 2,3% de ocurrencia (34). No se produjeron pseudoartrosis, pero si 4 casos de retraso en la consolidación (Figura 8), sin una diferencia estadística entre grupos de reducción cerrada y abierta (Tabla 8). Flynn y cols. reportaron que en pacientes mayores de 10 años es más frecuente el retraso de la consolidación, con necesidad de reintervención quirúrgica (3), a su vez con peores resultados funcionales. En nuestro estudio no se encontró una diferencia estadística en cuanto a los resultados funcionales según los grupos etarios mayores y menores de 8 años (Tabla 11).

Figura 7. Migración proximal de clavo cubital.



Una de las principales preocupaciones desde que esta técnica se está aplicando, es la probabilidad de pérdida de rotación en el antebrazo, comprometiéndose principalmente la pronación (19, 41). En nuestro estudio los promedios de movimientos fueron de $82,03 \pm 12,56^\circ$ y $83,72 \pm 14,95^\circ$ de pronación y supinación, respectivamente. Debido a esto son reportados 54 pacientes con resultados excelentes y buenos (91,53%).

Figura 8. Caso de retraso en la consolidación de la diáfisis del radio.



Es conocido por estudios in vitro y clínicos que la pérdida de reducción y deformidades residuales afectan la función del antebrazo (30, 31). Nosotros reportamos diferencias estadísticamente significativas en el resultado funcional en aquellos pacientes con angulaciones preoperatorias mayores de 17° en el plano anteroposterior y mayores de 27° en el plano lateral, que podrían considerarse como predictores de resultados

funcionales menos satisfactorios (Tablas 3 y 4). Igualmente, para los pacientes con angulaciones posoperatorias en el plano lateral tan pequeñas como 2° (Tabla 6).

Cuando indagamos en el impacto en los resultados funcionales si se fracturaron y fijación uno o ambos huesos, tampoco se encontraron diferencias representativas (Tabla 9). Tampoco cuando se comparan tiempos de más de 6 semanas de inmovilización (Tabla 10).

Algunos autores afirman que la pseudoartrosis es una complicación muy rara en el tratamiento con fijación endomedular en los huesos del antebrazo, y proponen como factores predisponentes las fracturas abiertas, reducción abierta, refracturas, callos de consolidación hipotróficos, fractura del tercio medio de la diáfisis, osteosíntesis inestable, retiro prematuro del material de osteosíntesis e infección (22, 33, 36, 39). Sin embargo, el tratamiento fue realizado con clavos elásticos.

Cuando son comparados con el tratamiento con reducción abierta y fijación interna con placas no se encuentran diferencias en la ocurrencia de complicaciones (33, 37). Y cuando se comparan los clavos de Kirschner con los clavos elásticos los resultados clínicos funcionales y tasa de complicaciones también son similares, a pesar de las debilidades metodológicas de este tipo de estudios (40). Debido a esto se proponen programas educativos y entrenamiento para evitar este tipo de complicaciones (38).

Como se mencionó anteriormente uno de los considerados predictores de retraso de la consolidación es una técnica con reducción abierta. En un estudio de casos y control publicado en el último lustro, se encontró la reducción abierta como el predictor más importante para el retraso en la consolidación, reportando una asociación estadísticamente significativa (42). Nosotros no encontramos una diferencia estadística entre ambos grupos (Tabla 8). Tampoco así, en su influencia en la aparición de infección (Tabla 7),

Otra de las preocupaciones de la técnica empleada en estos casos es el hecho de que los clavos sean aplicados atravesando las fisis distal del radio y proximal del cubito. A este respecto se encuentran pocos reportes, tal vez por cuestionamientos éticos de esta práctica. Hang Yung y cols. no registraron alteraciones en la placa de crecimiento de alguno de los huesos del antebrazo en una muestra de 84 pacientes (43). En nuestro reporte, con una técnica reproducible y en la que siempre se atraviesa la fisis de la punta

del olecranon tampoco se registran alteraciones de crecimiento, aunque no se discute que en todos los casos de migración del material de osteosíntesis fue desde el cúbito. No encontramos consolidaciones viciosas ni infecciones profundas observadas. Cuando se estudió la asociación entre la ocurrencia de infección y las fracturas abiertas no se encontró diferencias significativas, acotando que no reportamos infecciones profundas y la reacción inflamatoria se localizó en la región del olecranon. No encontramos un referente que permita comparar estos resultados en otra población.

Existen varias limitaciones en este estudio. Se trata de un estudio retrospectivo. Además, el grupo de estudio fue tratado por varios cirujanos en un lapso determinado; por lo tanto, la toma de decisiones y criterios pueden haber diferido para cada cirujano y, además, evolucionado con el tiempo, en lugar de basarse en un conjunto claro de directrices para las indicaciones.

Para nuestro conocimiento, hasta el momento no se han diseñado estudios con metodologías similares para el estudio de las diferentes asociaciones entre las variables propias del tratamiento de fracturas del antebrazo. Siendo conscientes de las limitaciones propias de una muestra pequeña, fue de interés analizar si existen diferencias que permitan desarrollar hipótesis.

Por otra parte, aunque según nuestra búsqueda, la presente constituye una de las series más grandes de pacientes tratados de la misma manera, se trata de una muestra pequeña que afecta la significancia estadística y no permite ser un instrumento para hacer recomendaciones y para determinar asociaciones más allá de encontrar diferencias con los métodos estadísticos modernos.

7. Conclusiones

Cuando está indicada, la fijación intramedular con clavos de Kirschner de las fracturas desplazadas e inestables del antebrazo en niños ofrece buenos resultados radiológicos y funcionales. Es un procedimiento mínimamente invasivo, que conserva la estética y la biología. Los clavos de Kirschner están fácilmente disponibles y asequibles en la mayoría de hospitales de países en vías de desarrollo.

Las complicaciones encontradas fueron menores, generalmente no afectan el resultado final y son comparables con otros estudios. Las angulaciones preoperatorias mayores en los planos anteroposterior y lateral, y angulaciones posoperatorias en el plano lateral, podrían considerarse predictores de resultados funcionales menos satisfactorios.

Son necesarios estudios con metodologías que den mayor poder estadístico, que permitan desarrollar hipótesis y presentar recomendaciones para el adecuado tratamiento de pacientes pediátricos con fracturas diafisarias de radio y cúbito.

8. Propiedad intelectual

La investigación y los aportes que esta pueda generar son avalados y de propiedad intelectual del Grupo de Investigación de la Unidad de Ortopedia y Traumatología de la Universidad Nacional de Colombia.

La autoría del presente trabajo será de los investigadores principales y coinvestigadores. Además, si el trabajo deriva en una publicación serán autores los investigadores principales y coinvestigadores, y quienes hayan participado en la elaboración de la investigación.

Bibliografía

1. Cheng JC, Ng BK, Ying SY, Lam PK. A 10-year study of the changes in the pattern and treatment of 6,493 fractures. *J Pediatr Orthop* 1999;19:344-50.
2. Jones K, Weiner DS. The management of forearm fractures in children: a plea for conservatism. *J Pediatr Orthop* 1999;19: 811-5.
3. Flynn JM, Jones KJ, Garner MR, Goebel J. Eleven years experience in the operative management of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2010;30:313-9.
4. Barry M, Paterson JM. A flexible intramedullary nails for fractures in children. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:947-53.
5. Abraham A, Kumar S, Chaudhry S, Ibrahim T. Surgical interventions for diaphyseal fractures of the radius and ulna in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2011: CD007907.
6. Kopjar, B., Wickizer, T.M. Fractures among children: incidence and impact on daily living. *Inj Prev.* 1998;4:194–197.
7. Rennie L, Court-Brown CM, Mok JY, Beattie TF. The epidemiology of fractures in children. *Injury.* 2007 Aug;38(8):913-22.
8. Sinikumpu JJ, Pokka T, Serlo W. The changing pattern of pediatric both-bone forearm shaft fractures among 86,000 children from 1997 to 2009. *Eur J Pediatr Surg* 2013;23:289-96.
9. Ryan LM, Teach SJ, Searcy K, et al. Epidemiology of pediatric forearm fractures in Washington, DC. *J Trauma* 2010;69:S200-5.
10. Rivara FP, Grossman DC, Cummings P. Injury prevention. First of two parts. *N Engl J Med* 1997;337:543-8.
11. Lobo-Escolar A, Roche A, Bregante J, Gil-Alvaroba J, Sola A, Herrera A. Delayed union in pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop.* 2012 Jan-Feb;32(1):54-7.
12. Sinikumpu JJ, Lautamo A, Pokka T, Serlo W. Complications and radiographic outcome of children's both-bone diaphyseal forearm fractures after invasive and non-invasive treatment. *Injury.* 2013 Apr;44(4):431-6.

13. Shoemaker S, Comstock C, Mubarak S, Wenger DR, Chambers HG. Intramedullary Kirschner wire fixation of open or unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1999; 19:329-37.
14. Sinikumpu JJ, Lautamo A, Pokka T, Serlo W. The increasing incidence of paediatric diaphyseal both-bone forearm fractures and their internal fixation during the last decade. *Injury*. 2012 Mar;43(3):362-6.
15. Cullen MC, Roy DR, Giza E, et al. Complications of intramedullary fixation of paediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1998;18(1):14—21.
16. Lee S, Nicol RO, Stott NS. Intramedullary fixation for paediatric unstable forearm fractures. *Clin Orthop* 2002;402: 245—50.
17. Helenius I, Lamberg TS, Kaariainen S, Impinen A, Pakarinen MP. Operative treatment of fractures in children is increasing. A population-based study from Finland. *J Bone Joint Surg Am*. 2009 Nov;91(11):2612-6.
18. Eismann EA, Little KJ, Kunkel ST, Cornwall R. Clinical research fails to support more aggressive management of pediatric upper extremity fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2013 Aug 7;95(15):1345-50.
19. Price CT, Scott DS, Kurzner ME, Flynn JC. Malunited forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1990;10:705—12.
20. Yung SH, Lam CY, Choi KY, Ng KW, Maffulli N, Cheng JCY. Percutaneous intramedullary Kirschner wiring for displaced diaphyseal forearm fractures in children. *J Bone Joint Surg* 1998;80:91—4.
21. Lascombes P, Prevot J, Ligier JN, Metaizeau JP, Poncelet T. Elastic stable intramedullary nailing in forearm shaft fractures in children: 85 cases. *J Ped Orthop* 1990;10:167—71.
22. Cumming D, Mfula , Jones, JWM, Paediatric forearm fractures: the increasing use of elastic stable intra-medullary nails *International Orthopaedics* 2008, 32:421—423.
23. Kumar N, MS, Ballal M, Malek I, Webster R, Bruce C. Use of Elastic Stable Intramedullary Nailing for Treating Unstable Forearm Fractures in Children. *J Trauma*. 2008;65:109—115.
24. Pinríguez Merchan EC. Pediatric fractures of forearm. *Clinical Orthopedics Related Research* 2005; 432: 65-72.
25. Wilkins KE. Operative management of children's fractures: is it a sign of impetuosity or do the children really benefit? *J Pediatr Orthop* 1998; 18: 1-3.
26. Schmittenbecher PP. State-of-the-art treatment of forearm shaft fractures. *Injury* 2005;

- 36(suppl 1):A25–34.
27. Teoh KH, Chee YH, Shortt N, Wilkinson G, Porter DE. An age and sex matched comparative study on both bone diaphyseal pediatric forearm fracture. *J Child Orthop* 2009; 3: 367- 73.
28. Smith VA, Goodman HJ, Strong water A, Smith B. Treatment of Pediatric Both bone forearm fractures: a comparison of operative techniques. *J Pediatr Orthop* 2005; 25(3): 309- 13.
29. Mathews LS, Kaufer H, Garner DF, Sonstegard DA. The effect on supination-pronation of angular mal-alignment of fractures of both bones of the forearm. *J. Bone Joint Surgery Am* 1982; 64: 14-7.
30. Tarr RR, Garfinkel AI, Sarmiento A. The effects of angular and rotational deformities of both bones of the forearm: an in vitro study. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66:65–70.
31. Yalcinkaya M, Dogan A, Ozkaya V, Sokucu S, Uzumcugil O, Kabukcuoglu Y. Clinical results of intramedullary nailing following closed or mini open reduction in pediatric unstable diaphyseal forearm fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2010; 44 (1): 7-13.
32. Parajuli NP, Shrestha D, Dhoju D, Dhakal GR, Shrestha R, Sharma V. Intramedullary nailing for paediatric diaphyseal forearm bone fracture. *Kathmandu Univ Med J.* 2011;35(3):198-202.
33. Fernandez FF, Egenolf M, Cansten C, Holz F, Schneider S, Wentzensen A. Unstable diaphyseal fracture of Both Bones of the forearm in children. Plate fixation Vs Intramedullary nailing. *Injury* 2005; 36 (10): 1210-6.
34. van Egmond PW, et al. Refractures of the paediatric forearm with the intramedullary nail in situ *BMJ Case Rep* 2013. doi:10.1136/bcr-2013-200840.
35. Richter D, Ostermann P, 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; 18:457-61.
36. Fernandez FF, Langendorfer M, Wirth T, Eberhardt O. Failures and complications in intramedullary nailing of children's forearm fractures. *J Child Orthop* (2010) 4:159–167.
37. Patel A, Li L, Anand A. Systematic review: Functional outcomes and complications of intramedullary nailing versus plate fixation for both-bone diaphyseal forearm fractures in children. *Injury, Int. J. Care Injured* 45 (2014) 1135–1143.
38. Zlotow D. Pediatric Forearm Fractures: Spotting and Managing the Bad Actors. *Journal of Hand Surgery*, 2012; 37A: 363 – 366.

39. Antabak A. Treatment outcomes of both-bone diaphyseal paediatric forearm fractures. *Injury, Int. J. Care Injured* 44 S3 (2013) S11–S15.
40. Calder PR, Achan P, Barry M. Diaphyseal forearm fractures in children treated with intramedullary fixation: outcome of K-wire versus elastic stable intramedullary nail. *Injury, Int. J. Care Injured* 34 (2003) 278–282.
41. Luhmann SJ, Gordon JE, Schoenecker PL. Intramedullary fixation of unstable both-bone forearm fractures in children. *Journal of Pediatric Orthopaedics Volume* 18(4), 1998, pp 451-456.
42. Lobo-Escolar A, Roche A, Bregante J, Gil-Alvaroba H, Sola A, PhD, Herrera A. Delayed Union in Pediatric Forearm Fractures. *J Pediatr Orthop* 2012;32:54–57.
43. Hang Yung PS, Yin Lam Ch, Kin Wah B, Ping Lam T, Yiu Cheng JC. Percutaneous transphyseal intramedullary kirschner wire pinning: a safe and effective procedure for treatment of displaced diaphyseal forearm fracture in children. *J Pediatr Orthop* 2004;24:7–12.
44. Altay M, Aktekin CM, Ozkurt B, Birinci B, Ozkurt AM, Tabak AY. Intramedullary wire fixation for unstable forearm fractures in children. *Injury, Int. J. Care Injured* (2006) 37, 966—973.
45. Westacott D, Jordan RW, Cooke FJ. Functional outcome following intramedullary nailing or plate and screw fixation of paediatric diaphyseal forearm fractures: a systematic review. *J Child Orthop* (2012) 6:75–80.
46. Ayman MA, Abdelaziz M, El-Lakanney MR: Intramedullary nailing for diaphyseal forearm fractures in children after failed conservative treatment. *Journal of Orthopaedic Surgery* 2010;18(3):328-31.
47. Shah A, Lesniak BP, Wolter TD, Caird MS, Farley FA, Vander Have KL. Stabilization of adolescent both-bone forearm fractures: a comparison of intramedullary nailing versus open reduction and internal fixation. *J Orthop Trauma* 2010;24:440–447.