

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE MEDICINA

ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RIESGO PARA RE FRACTURA EN EL  
ANTEBRAZO DURANTE LA EDAD PEDIATRICA. REVISIÓN DE LOS CASOS  
ATENDIDOS EN EL SERVICIO DE ORTOPEDIA DEL HOSPITAL NACIONAL DE  
NIÑOS, PERÍODO 2008-2016

Trabajo Final de Graduación Sometido a la Consideración del Programa de Estudios  
de Posgrado en la Especialidad de Ortopedia y Traumatología Infantil para optar por  
el Grado de Especialista Médico

LAURA SÁENZ MESÉN

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

2017

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme llegar hasta aquí y acompañarme en cada paso.

A todas las personas que durante estos años de residencia se tomaron un minuto para compartir sus conocimientos y guiarme en el proceso de formación.

Al Dr. José Pablo Muñoz Espeleta quien como tutor participó en la realización de este trabajo.

A todos los asistentes de Ortopedia Infantil del Hospital Nacional de Niños, quienes me han acompañado y servido de ejemplo, y quienes fueron los que me inspiraron para formar parte de su equipo.



PROGRAMA DE POSGRADO EN ESPECIALIDADES MÉDICAS  
POSGRADO EN ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA INFANTIL

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**


El Posgrado en Ortopedia y Traumatología Infantil y este Tribunal que lo representa, hace constar que la Dra. Laura Sáenz Mesén, cédula 1-1196-0109, estudiante de este Posgrado ha cumplido con la realización y presentación del Trabajo Final de Graduación: **Análisis de los factores de riesgo para re fractura en el antebrazo durante la edad pediátrica. Revisión de los casos atendidos en el Servicio de Ortopedia del Hospital Nacional de Niños, período 2008-2016**, el cual se da por aprobado.


Se firma la presente el 19 de Setiembre del 2017, en la ciudad de San José, Costa Rica.


Dr. José Muñoz Espeleta  
Coordinador del Posgrado Ortopedia Infantil  
Tutor del Trabajo




Este trabajo final fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ortopedia y Traumatología Infantil de la Universidad de Costa Rica, como resultado parcial para optar al grado y título de Especialista en Ortopedia y Traumatología Infantil

Nombre: Jorge Alvarado Arce Firma:   
(Representante Sistema de estudios de Posgrado)

Nombre: José P Muñoz E Firma:   
(Director de Tesis)

Nombre: Juan Trejo Ferrer Firma:   
(Asesor)

Nombre: Carlos Argumedo Firma:   
(Asesor)

Nombre: José P Muñoz E Firma:   
(Director del programa de posgrado en Ortopedia Infantil)

Nombre: Laura Sáenz Firma:   
(Candidata)

## TABLA DE CONTENIDOS

Resumen.....	vii
Sinónimos y conceptos.....	xi
Abreviaturas.....	xi

### I CAPÍTULO: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.2.1 Hipótesis.....	5
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos: general y específicos.....	7

### II CAPÍTULO: MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos Básicos	
2.1.1 Desarrollo esquelético.....	8
2.1.2 Regulación del crecimiento.....	9
2.1.3 Biología de la consolidación.....	10
2.1.4 Anatomía y biomecánica del antebrazo.....	13
2.2 Fracturas radio ulnares diafisarias	
2.2.1 Epidemiología.....	16
2.2.2 Manejo.....	17
2.3 Complicaciones	
2.3.1 Retraso en la consolidación.....	20
2.3.2 Pérdida de la reducción.....	22
2.3.3 Complicaciones nerviosas.....	23
2.3.4 Complicaciones en tejidos blandos.....	24
2.3.5 Lesión tendinosa.....	25
2.3.6 Sinostosis.....	25
2.3.7 Re fracturas.....	26

### III CAPÍTULO: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO, MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología.....	29
3.1.1 Método de recolección de datos.....	30
3.1.2 Variables de estudio.....	31
3.2 Materiales y métodos	
3.2.1 Análisis de la muestra.....	32
3.2.2 Criterios de inclusión.....	33
3.2.3 Criterios de exclusión.....	33

### IV CAPÍTULO: RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Resultados	
4.1.1 Pacientes sin re fractura.....	34
4.1.2 Pacientes con re fractura.....	40
4.2 Análisis de resultados.....	46

### V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	49
5.2 Recomendaciones.....	50

BIBLIOGRAFÍA.....	51
-------------------	----

## RESUMEN

El codo, el antebrazo y la muñeca, actúan como una estructura unificada para proveer una unidad estable, fuerte, y altamente móvil para el posicionamiento de la mano en el espacio, y para realizar tareas asociadas a levantamiento de cargas. Debido a la complejidad de movimiento del antebrazo, dependiente de la adecuada rotación del radio sobre la ulna, el tratamiento de las fracturas diafisarias de antebrazo ha sido guiado por estudios que relacionan la deformidad residual con la pérdida de movimiento, por lo que mantener su funcionamiento es sumamente importante.

Las fracturas que involucran el antebrazo son de las más comunes que se presentan en los niños, y comprenden entre el 3 y el 6% de todas las fracturas en edad pediátrica.<sup>83</sup> La mayor diferencia que existe entre las lesiones que ocurren en los niños y en los adultos, es el potencial de crecimiento y remodelación del hueso.

La reducción cerrada y la inmovilización con yeso, aun corresponden al tratamiento más utilizado. Estudios han demostrado que hasta el 85% de los pacientes con fracturas desplazadas de antebrazo logran una reducción cerrada aceptable,<sup>70,19</sup> sin embargo, el manejo quirúrgico de las fracturas diafisarias de antebrazo ha aumentado.

Dentro de las complicaciones que se pueden presentar tanto en pacientes que recibieron manejo conservador como quirúrgico son las re fracturas. En la literatura se ha publicado que la tasa aproximada de re fractura ronda entre el 4 y el 8% a nivel de la diáfisis del antebrazo.<sup>24, 47</sup>

En este estudio se analizaron las variables epidemiológicas más comunes en busca de algún factor de riesgo asociado a esta complicación en particular. Se revisó la edad de los pacientes, el género, la lateralidad, mecanismo de trauma, necesidad de reducción cerrada, tratamiento quirúrgico y tiempo con inmovilización como posibles factores que predispusieran las re fracturas.

Se logró obtener la información de 275 pacientes atendidos en el servicio de Ortopedia del Hospital Nacional de Niños entre los años 2008 y 2016. De estos, 36 presentaron una re fractura.

Del análisis de las variables se identificó que para ambos grupos el género masculino es el que más frecuentemente se lesiona, y la causa más común fue la caída simple. Se documentaron mas fracturas en el lado izquierdo, pero hubo una ligera predominancia derecha para las re fracturas. La edad promedio para el grupo sin re fractura fue de 6,23 y para el otro 7 años.

La reducción cerrada e inmovilización con yeso fue el método de tratamiento más utilizado en ambos grupos cuando presentaron la fractura, y solo aumentó el número de cirugías en los pacientes cuando sufrieron la re fractura.

Al revisar los datos, no se pudo comprobar que alguna de las variables fuera un factor pronóstico estadísticamente significativo sobre el riesgo de presentar una segunda fractura en el mismo sitio anatómico.



## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Estadísticas para género en pacientes sin re fractura.....	34
Tabla 2: Estadísticas para edad en pacientes sin re fractura.....	35
Tabla 3: Estadísticas para lateralidad en pacientes sin re fractura.....	35
Tabla 4: Estadísticas por mecanismo de trauma en pacientes sin re fractura.....	36
Tabla 5: Estadísticas para reducción cerrada en pacientes sin re fractura.....	37
Tabla 6: Estadísticas para manejo quirúrgico en pacientes sin re fractura .....	37
Tabla 7: Estadísticas cruzadas de reducción cerrada y manejo quirúrgico en pacientes sin re fractura.....	38
Tabla 8: Estadísticas para el tiempo de inmovilización en pacientes sin re fractura	39
Tabla 9: Estadísticas para género en pacientes con re fractura .....	40
Tabla 10: Estadísticas para edad en pacientes con re fractura .....	40
Tabla 11: Estadísticas para lateralidad en pacientes con re fractura.....	41
Tabla 12: Estadísticas por mecanismo de trauma en la primera fractura en pacientes con re fractura.....	41
Tabla 13: Estadísticas por mecanismo de trauma en la segunda fractura en pacientes con re fractura .....	41
Tabla 14: Estadísticas para reducción cerrada en la primera fractura en pacientes con re fractura.....	42
Tabla 15: Estadísticas para reducción cerrada en la segunda fractura en pacientes con re fractura.....	42
Tabla 16: Estadísticas para manejo quirúrgico en la primera fractura en pacientes con re fractura.....	43
Tabla 17: Estadísticas para manejo quirúrgico en la segunda fractura en pacientes con re fractura.....	43
Tabla 18: Estadísticas para el tiempo de inmovilización de la primera fractura en pacientes con re fractura .....	44
Tabla 19: Estadísticas de tiempo transcurrido entre la fractura y la re fractura.....	45

## LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentaje de fracturas por género en pacientes sin re fractura .....	34
Gráfico 2: Cuartiles de fracturas por edad en pacientes sin re fractura .....	35
Gráfico 3: Porcentaje de fracturas por lateralidad en pacientes sin re fractura .....	35
Gráfico 4: Porcentaje de fracturas por mecanismo de trauma en pacientes sin re fractura.....	36
Gráfico 5: Porcentaje de fracturas que se manejaron con reducción cerrada en pacientes sin re fractura.....	37
Gráfico 6: Porcentaje de fracturas que se manejaron con cirugía en pacientes sin re fractura.....	37
Gráfico 7: Porcentaje cruzado de fracturas que se manejaron con reducción cerrada y/o cirugía en pacientes sin re fractura .....	38
Gráfico 8: Cuartiles por tiempo de inmovilización en pacientes sin re fractura .....	39
Gráfico 9: Porcentaje de fracturas por género en pacientes con re fractura .....	40
Gráfico 10: Cuartiles de fracturas por edad en pacientes con re fractura .....	40
Gráfico 11: Porcentaje de fracturas por lateralidad en pacientes con re fractura.....	41
Gráfico 12: Porcentaje de fracturas manejadas con reducción cerrada en la primera fractura en pacientes con re fractura .....	42
Gráfico 13: Porcentaje de fracturas manejadas con reducción cerrada en la segunda fractura en pacientes con re fractura.....	42
Gráfico 14: Comparación de porcentaje de fracturas que se manejaron con cirugía entre la primera fractura y la re fractura .....	43
Gráfico 15: Cuartiles por tiempo de uso de inmovilización en la primera fractura en los pacientes con re fractura.....	44
Gráfico 16: Cuartiles en días transcurridos entre la fractura y la re fractura .....	45

**PALABRAS CLAVE:** Fractura radio ulnar diafisaria, re fractura, factores de riesgo.

## **SINÓNIMOS Y CONCEPTOS**

- *Remodelación:* Proceso en el cual se produce depósito o resorción de tejido óseo para compensar defectos, fracturas, tensión o compresión inducida en el hueso.
- *Consolidación:* proceso de reparación del hueso en caso de fractura.
- *Reducción aceptable:* mediciones mínimas aceptables que debe tener una fractura para dar manejo conservador con un resultado satisfactorio.
- *Conminución:* grado de fragmentación que presenta el foco de fractura.
- *Pseudoartrosis:* Cuando no se ha obtenido la consolidación de una fractura luego de seis meses de la lesión inicial.
- *Mala Unión:* Consolidación anómala o viciosa de una fractura, que como consecuencia tiene un efecto negativo sobre la posición espacial del hueso o su función.
- *Volar=Palmar=Anterior*
- *Dorsal=Posterior*
- *Ulna=Cubito*

## **ABREVIATURAS**

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesfragen

Cx: Cirugía

Fx: Fractura

IM: Intramedular

Rx: Radiografía

RA: Reducción abierta

RC: Reducción cerrada

FI: Fijación interna

## I CAPÍTULO: INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Las primeras referencias sobre el tratamiento de las fracturas de los huesos largos provienen del Antiguo Egipto.

Estos utilizaban vendas y tablas de madera para estabilizar las fracturas. Este tipo de tratamiento fue mejorado por Hipócrates que describió ampliamente sobre los principios del vendaje. Albucasis, denominado como el padre de las técnicas de inmovilización con yeso modernas, fue quien defendió la utilización de vendas endurecidas con harina y clara de huevo entre otros para estabilizar las fracturas<sup>16</sup>.

Por muchos años, el concepto de inmovilización permaneció inalterado hasta que, desencadenado por la guerra de Napoleón y la Revolución Industrial, se produjo un avance en los medios para la inmovilización de las fracturas, siendo introducidas por Mathysen y Pirogov las vendas enyesadas.<sup>15</sup>

Las primeras férulas funcionales fueron introducidas por Krause y Delbet a inicios del siglo XX y su uso se generalizó hasta los años 60. La utilización de férulas funcionales fue popularizada por Sarmiento quien investigó esta técnica por cuatro décadas.

Respecto a la fijación quirúrgica de las fracturas, la osteosíntesis con placas y la fijación externa, se desarrollaron en el siglo XIX. Hansmann desarrolló la primera placa de osteosíntesis en Alemania en la década de 1880, e introdujo el concepto de tornillos percutáneos, mientras que fue [Küntscher](#) el pionero en el enclavado intramedular y la reconstrucción con clavo.<sup>15</sup>

Debido a la complejidad de movimiento del antebrazo, dependiente de la adecuada rotación del radio sobre la ulna, el tratamiento de las fracturas diafisarias de antebrazo ha sido guiado por estudios que relacionan la deformidad residual con la pérdida de movimiento.

En un estudio cadavérico realizado por Tarr et al <sup>78</sup> en 1984, se demostró lo esencial de la relación entre las estructuras y la función. Se encontró, que una angulación residual de la fractura entre 5 y 10° a nivel del tercio medio diafisiario del antebrazo, puede producir déficits entre el 10 y el 83% para la pronación y entre 5-27% para la supinación normal, por lo que se han buscado tratamientos para las fracturas radio ulnares diafisiarias, que den mejores resultados. Es por esto que el manejo quirúrgico de las fracturas diafisiarias de antebrazo ha aumentado un 1% entre 1976 y 1985, pero un 40% entre 1998 y el año 2000.<sup>71</sup>

A pesar de ser más exigentes con los resultados aceptables para los pacientes, y de aumentar el número de casos operados para minimizar las secuelas, las complicaciones siguen presentes.

Desde 1942, ya Blount <sup>10</sup> identificaba que las re fracturas ocurrían en los primeros 6 meses después del trauma. Luego, otros estudios describían que en áreas que no presentaban unión completa, usualmente la re fractura se daba dentro de los primeros 5 meses.

La re fractura es una complicación que se da tanto en pacientes operados como a los que se les da manejo conservador, y se estima ronda entre el 4 y el 8% a nivel de la diáfisis del antebrazo <sup>24,47</sup>. En los estudios actuales, se busca identificar los factores que pueden aumentar el riesgo de re fractura, para prevenir que suceda y disminuir así las secuelas que esta complicación puede llegar a producir en los pacientes.

## 1.2 Planteamiento del problema

Las fracturas radio ulnares diafisiarias son de las mas comunes en el paciente pediátrico, pudiendo llegar a comprender entre el 3 y el 6% de todas las fracturas en niños <sup>83</sup>, y el manejo de las mismas está dirigido a tener los mejores resultados posibles y lograr una buena calidad de vida de los pacientes.

A pesar de estos esfuerzos, algunas complicaciones pueden presentarse, entre ellas: lesiones neurovasculares, síndrome compartimental, deformidad residual, limitación funcional, malas uniones, pseudoartrosis y las re fracturas. Estas ultimas, han sido reportadas en la literatura con valores que oscilan entre 4 y el 8% a nivel diafisiario en el antebrazo. <sup>24, 47</sup>

Propiamente en el caso de las refractaras, constituyen una problemática particular, ya que aumenta la ansiedad de los padres, retrasa el retorno del paciente a sus actividades diarias y la practica de deportes, aumenta los costos de tratamiento, y en cada episodio de re fractura se enfrentan a la posibilidad de presentar una o varias complicaciones entre todas las antes mencionadas.

Actualmente se realizan estudios para buscar los factores que aumentan el riesgo de re fractura, algunos modificables como el tiempo de inmovilización, resultado de la reducción y tiempo de protección de actividades, y otros inherentes al paciente como la edad y el género.

Según lo descrito se plantean los siguientes problemas y preguntas:

- ¿Es comparable la epidemiología de las fracturas diafisiarias de ambos huesos del antebrazo en el Hospital Nacional de Niños respecto a la descrita en otros países?
- ¿Se sigue un protocolo de manejo adecuado para las fracturas radio ulnares diafisiarias en la población pediátrica según sugiere la literatura?

- ¿Son la edad o el género factores que aumentan el riesgo de re fractura en los niños y niñas?
- ¿Son el período de inmovilización y la protección de la extremidad que se recomiendan en el servicio de Ortopedia suficientes para evitar las re fracturas?

### 1.2.1 Hipótesis

Las hipótesis planteadas fueron:

- Hipótesis negativa

El tiempo de inmovilización, sexo, lateralidad, tratamiento conservador o quirúrgico y la edad del paciente, no son factores influyentes en el riesgo de re fractura en la diáfisis del antebrazo de los pacientes pediátricos.

- Hipótesis positiva

El tiempo de inmovilización, el sexo, lateralidad, tratamiento conservador o quirúrgico y la edad del paciente, son factores influyentes en el riesgo de re fractura en la diáfisis del antebrazo de los pacientes pediátricos.



### 1.3 Justificación

Las fracturas radio ulnares diafisarias, son lesiones frecuentes en la población pediátrica. El grado de severidad varía según el mecanismo de trauma, estado nutricional del paciente y comorbilidades asociadas. El manejo dependerá de la capacidad de lograr una reducción aceptable para la edad del paciente, teniendo en cuenta factores como la capacidad crecimiento restante, el trazo de fractura y el potencial de remodelación según segmento óseo.

Ya sea que el manejo elegido fuese conservador, quirúrgico cerrado o quirúrgico abierto, el riesgo de complicaciones asociadas a cualquiera de estas tres modalidades de tratamiento, siempre esta presente. Una de las complicaciones es la re fractura. Esta puede darse inclusive aun cuando la inmovilización se encuentra colocada, o meses después de la consolidación de la lesión.

En caso de presentarse una re fractura, se debe iniciar nuevamente el tratamiento, con todas las implicaciones sociales y económicas que esto conlleva, ya que por las características de estas lesiones, tiende a ser más difícil la reducción y hay obliteración del canal medular por la formación previa del callo óseo, que de ameritar cirugía aumenta la complejidad del procedimiento y puede necesitar manipulación abierta del foco de fractura. Esta situación en particular, aumenta los costos hospitalarios, además somete al paciente al riesgo de nuevamente presentar cualquier otra de las complicaciones usualmente asociadas con las intervenciones quirúrgicas: infección, síndrome compartimental y lesión tendinosa, entre otras. Finalmente y no menos relevante, son el ausentismo escolar y la ansiedad de la familia.

Es por todo lo mencionado anteriormente, que revisar y analizar los posibles factores de riesgo de tener una re fractura se vuelve relevante, pretendiendo con esto disminuir las consecuencias asociadas a esta complicación.

## 1.4 Objetivos: general y específicos

### 1.4.1 Objetivo general

- Revisar las re fracturas radio ulnares diafisiarias que se presentaron en el servicio de Ortopedia del Hospital Nacional de Niños del 2008 al 2016.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar si existe asociación entre el tiempo de inmovilización, la edad, lateralidad o el sexo de los pacientes como factores influyentes en el riesgo de re fractura.
- Revisar si se sigue o se cumple algún protocolo para la valoración y tratamiento de estas fracturas.
- Comparar la epidemiología de las re fracturas radio ulnares diafisiarias de la población pediátrica en estudio, con la reportada en la literatura.
- Valorar si el riesgo de re fractura varía entre pacientes que recibieron tratamiento conservador o quirúrgico.
- Identificar los principales mecanismos de trauma asociados a re fractura y el momento en el que se da mayormente esta complicación.

## II CAPÍTULO: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Conceptos Básicos

#### 2.1.1 Desarrollo Esquelético

La mayor diferencia que existe entre las lesiones que ocurren en los niños y en los adultos es el potencial de crecimiento.<sup>51</sup>

Durante el período embrionario el hueso se forma, ya sea a través de la osificación intramembranosa o endocondral. En la primera, células mesenquimales proliferan y forman membranas que se condensan y eventualmente se diferencian en osteoblastos.<sup>52</sup> La superficie se convierte en periostio y el hueso primario se remodela y transforma en hueso trabecular, que luego es recubierto por hueso cortical que produce el periostio. Este proceso es identificable principalmente en los huesos planos, y se utiliza en los huesos largos para incrementar su diámetro.

Tempranamente en la gestación se produce la osificación endocondral. En esta, las células mesenquimales se agrupan y forman moldes cartilagosos para los futuros huesos largos. Las células periféricas se organizan y constituyen el pericondrio. Las células cartilaginosas aumentan de tamaño, degeneran, y la matriz circundante se calcifica. Este proceso de sustitución de cartílago por hueso maduro inicia en la diáfisis, que se convierte en el centro primario de osificación.<sup>14</sup>

Primordios vasculares entran en el centro de osificación y llevan nuevas células mesenquimales con el potencial de diferenciación en osteoblastos, condroclastos y osteoclastos. Estas células se alinean en el cartílago calcificado y llevan a cabo el depósito de hueso trabecular, que se expande en las regiones metafisiarias.<sup>89</sup>

El crecimiento de los huesos largos continúa como los bordes terminales del modelo cartilaginoso, manteniendo el crecimiento longitudinal por proliferación celular cartilaginosa,

hipertrofia y producción de matriz extracelular. Este crecimiento continúa después del nacimiento, a través del desarrollo de centros de osificación secundaria o epífisis.

La masa de cartílago que constituye la placa epifisiaria, continúa como la principal contribuyente del crecimiento longitudinal hasta la maduración. Sucesivamente capas de hueso compacto se agregan al exterior durante la remodelación. Una vez que la fisis es establecida entre la epífisis y la metáfisis, el anillo de periostio se convierte en una estructura firme alrededor de la zona de hipertrofia celular. Este collar perióstico es conocido como el anillo fibroso de La Croix. La zona de Ranvier, que es la responsable del crecimiento del diámetro de la fisis también se encuentra localizada en esta área.<sup>51</sup>

### 2.1.2 Regulación del Crecimiento

Los factores que afectan el crecimiento esquelético son variables, y no del todo comprendidos. Aunque las curvas de crecimiento sugieren que este es sostenido a través de la infancia, otros modelos de crecimiento humano reconocen períodos de crecimiento acelerado longitudinal luego de períodos de estancamiento.<sup>40, 56</sup>

Este crecimiento ocurre únicamente en las fisis, y puede darse por tres mecanismos: un incremento en el número de células, un incremento en el tamaño de las células, o un incremento en la cantidad de matriz extracelular. La fisis responde a hormonas que regulan el crecimiento, como por ejemplo la paratohormona, los estrógenos y la testosterona<sup>7, 14</sup>. Otros factores que afectan el crecimiento fisiario son: la compresión y la distracción. Estos son reconocidos como la ley de Hueter Volkmann, pero que fue originalmente descrita por Depelch en 1829.<sup>2</sup>

Contrario a lo que se podría pensar, las fracturas distantes a la fisis, también pueden resultar en cambios en los patrones de crecimiento. Esto se pone en evidencia en el sobre crecimiento femoral luego de fracturas diafisiarias, que se cree puede ser secundario a la ruptura perióstica o al incremento vascular en la zona que estimula el crecimiento.<sup>13</sup>

El crecimiento óseo longitudinal se detiene durante la madurez esquelética, con la fusión de las fisis, y varía según cada hueso. También se ve afectado por niveles hormonales, sexo y factores hereditarios <sup>6</sup>

### 2.1.3 Biología de la Consolidación

La respuesta del cuerpo ante una fractura usualmente se divide en tres estadios: Inflamatorio, reparativo y remodelación. Este proceso involucra osificación tanto membranosa como endocondral. El hueso responde reemplazando el área afectada con hueso sano.

#### a) Fase Inflamatoria

Es la fase inicial del proceso.

Cuando hay una disrupción ósea, el hueso, el periostio y los tejidos circundantes asociados a la lesión sangran, produciendo un hematoma en el sitio de la fractura. El rol del hematoma es servir como fuente de sustancias quimiotácticas capaces de desencadenar los eventos críticos en el proceso de curación ósea.

Usualmente las sustancias envueltas en este proceso se dividen en dos grupos: los péptidos señaladores de proteínas y las citoquinas inmunoreguladoras.<sup>51</sup>

Las primeras son derivadas de las plaquetas y matriz ósea extracelular, y son críticas para la regulación de la proliferación celular y la diferenciación de células mesenquimales. El grupo correspondiente a las citoquinas, son liberadas de las células inflamatorias presentes en el hematoma y sirven para regular los eventos tempranos de respuesta al trauma.

A la luz del papel del hematoma durante la fase inflamatoria, es que se puede inferir que en las fracturas abiertas, con el drenaje del hematoma, se pierden parte de estas sustancias indispensables para desencadenar la reparación del hueso y puede ser parte de la explicación del retraso de consolidación usualmente visto en las fracturas abiertas.<sup>51</sup>

En las zonas directamente adyacentes a la fractura, se pierde el aporte vascular, por lo que se produce una resorción del hueso muerto en la línea de fractura, facilitando su visualización radiológica en las 2 o 3 semanas luego del trauma inicial.

El hueso pediátrico es más vascular que el del adulto, ya que entre más madura, menos porosa es la corteza, y más lenta la respuesta vascular a la lesión <sup>21</sup>

La inducción osteogénica es estimulada por factores de crecimiento, para convertir las células multi potenciales en caulas osteoprogenitoras. Las células osteogénicas que se originan del periostio, ayudan a crear el callo externo. La formación endocondral de hueso de las zonas endósticas, combinadas con la formación subperióstica de hueso, forman el puente en el sitio de fractura.

#### b) Fase Reparativa

Esta fase se define por el desarrollo de nuevos vasos sanguíneos y el inicio de la formación cartilaginosa.

Los tejidos blandos de los alrededores proveen el aporte vascular inicial, primero al periostio y luego al endosito. Esto conforma un cambio temporal en la forma de irrigación del hueso, que usualmente proviene del canal medular y va hacia la periferia.

La formación endocondral e intramembranosa de hueso, inicia en los primeros 10 días. Los mediadores inflamatorios del hematoma inicial reclutan condrocitos capaces de producir el callo óseo, reemplazando eventualmente el hematoma por tejido fibrovascular. Esta nueva construcción, proporciona el soporte estructural para estabilizar los bordes óseos.<sup>51</sup>

La diferenciación durante la fase reparativa, es fuertemente influenciada por factores mecánicos. La estabilidad en el foco de fractura tiene un efecto crítico en la curación, a mayor movimiento, menor tensión de oxígeno y mayor formación de cartílago.

La osificación primaria ocurre cuando hay poco movimiento y la secundaria, con callo prominente, cuando el foco presenta movimiento.<sup>21, 62</sup> El cartílago es luego osificado cuando el aporte sanguíneo regresa a la zona. Este proceso es más rápido en zonas más vasculares, como la metáfisis, en comparación con las diáfisis.

En este punto, ya sea que el proceso de formación de puente en la fractura haya sido primario o secundario, el hueso está parcialmente estable y permite iniciar uso sin carga del miembro, ya que aun puede producirse deformación plástica por sus características más fibrocartilaginosas que minerales.

### c) Fase de Remodelación

Esta consiste en la fase final y puede extenderse por años. Una vez que el hueso se encuentra clínicamente estable, los estímulos de tensión y compresión, causan el modelado del sitio de fractura. Este proceso de remodelación resulta por una coordinación entre la absorción de los osteoclastos y la deposición de hueso nuevo de los osteoblastos.<sup>87</sup>

El mecanismo que controla la fase de remodelación del hueso, se cree que esta definido por el comportamiento bioeléctrico de la ley de Wolff. Como el hueso del niño aun sin fractura, se encuentra en este proceso constante de remodelación, es mucho más rápido que en los adultos.<sup>51</sup> Factores como la edad, hormonas, vitaminas, campos magnéticos, carga y ejercicio, pueden influenciar este proceso de remodelación.

El efecto del crecimiento usualmente ayuda a la remodelación de las fracturas. Es por esto, que mayor tolerancia en cuanto a defectos angulares iniciales es aceptable en los niños.<sup>9</sup>

Otro factor a tomar en cuenta es la remodelación, que ocurre más rápidamente si se produce en el plano de movimiento de una articulación y en áreas cercanas a la fisis. Lo contrario ocurre en las diáfisis, donde el potencial de corrección de la deformidad es menor, así como también ocurre con los defectos rotacionales, que tienen poca capacidad de remodelación.

#### 2.1.4 Anatomía y Biomecánica del antebrazo

El codo, el antebrazo y la muñeca, actúan como una estructura unificada para proveer una unidad estable, fuerte, y altamente móvil para el posicionamiento de la mano en el espacio, y para realizar tareas asociadas a levantamiento de cargas.

La ulna es el principal hueso para soporte de carga del antebrazo, y soporta el radio mientras este rota durante la pronación y la supinación. La ulna es esencialmente recta y suspende el radio a través de los ligamentos estabilizadores en la muñeca, el codo y a nivel diafisiario.<sup>89</sup>

El radio tiene una curvatura anterior, permitiéndole la rotación sobre el eje cubital. Directamente proximal a la tuberosidad del radio, el hueso se orienta exactamente paralelo al eje de rotación del antebrazo, y reside a un ángulo de 15° de la diáfisis.<sup>76</sup> Esta configuración permite al radio alinearse y articular congruentemente en la articulación radio ulnar proximal. La presencia de malos alineamientos a este nivel, son relativamente mejor tolerados que los que afectan la articulación radio ulnar distal. El mal alineamiento en zonas distales, tiene un mayor efecto en la prono supinación. Esto debido al movimiento de rotación en tres planos que debe de hacer el radio sobre la ulna a este nivel.<sup>5</sup>

El eje de rotación longitudinal del antebrazo, pasa a través del centro de la cabeza radial en el codo y a través de la fosita cubital en la muñeca. Este eje no es constante, y cambia ligeramente según se desplaza el radio en los movimientos de pronación y supinación. Con la pronación la cabeza radial se moviliza a una posición anterior y medial al capitellum. Al supinar el antebrazo, la cabeza radial se mueve lateral y posteriormente.

El movimiento del antebrazo ocurre entre la cabeza radial y la faceta articular para el radio en la ulna y entre la cabeza de la ulna y la fosa sigmoidea en el radio distal.<sup>60</sup> En adición a estos dos puntos de articulación, la membrana interósea actúa como estabilizador del radio en la ulna durante la rotación y la carga, además funciona como sitio de origen de algunas estructuras musculares,<sup>76</sup> y su ruptura o lesiones a este nivel pueden afectar la estabilidad de las articulaciones distales y/o proximales y la rotación del radio sobre la ulna. Fig. 1.



Las zonas de condensación de la membrana interósea que parecen tener la mayor fortaleza mecánica son las distales y oblicuas, la central y accesoria, además de las cuerdas dorsales oblicuas y oblicuas proximales.

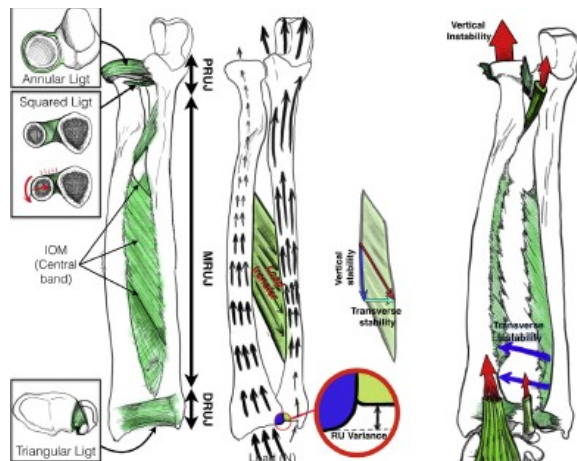


Figura 1. Imagen que muestra la dirección de las fuerzas que se producen por un evento traumático de carga longitudinal y la subsecuente ruptura de las fibras de la membrana interósea.<sup>5</sup>

Múltiples estructuras neurovasculares pasan por el antebrazo y son vulnerables a los traumas o durante los abordajes quirúrgicos.

El nervio radial entra al antebrazo y se divide en ramas. Una profunda dorsal interósea y otra superficial dorsal sensitiva. La rama interósea dorsal pasa anterior a la capsula del codo y entra en el músculo supinador. Cruza el radio 5-6cm distal a la articulación radiocapitelar antes de salir del supinador.<sup>76</sup> Este nervio provee fibras motoras al extensor radial corto del carpo, al supinador, extensor común de los dedos, extensor del meñique, extensor cubital del carpo, abductor largo del pulgar, extensores largo y corto del pulgar y extensor propio del índice. El nervio termina como rama sensitiva propioceptiva de la muñeca.

La rama superficial sensitiva viaja bajo el braquiorradial. Luego emerge entre el braquiorradial y el extensor largo del carpo aproximadamente 8cm proximal a la estiloides cubital.

El nervio mediano, entra al antebrazo bajo la aponeurosis bicipital y viaja entre las dos cabezas del pronador redondo. La rama interósea anterior emerge proximal al flexor superficial de los dedos y pasa entre las dos cabezas del músculo. El nervio mediano propiamente dicho, continúa distalmente en el antebrazo entre el flexor superficial y el profundo de los dedos hasta que entra al túnel del carpo bajo el palmar largo. La rama cutánea palmar se separa en la parte distal del antebrazo, aproximadamente 8,5cm proximal a la cresta flexora palmar.<sup>89</sup>

Las arterias principales del antebrazo, la radial y la ulnar, son ramas de la arteria braquial luego de pasar la aponeurosis bicipital. La arteria radial continúa bajo el braquiorradial hasta que alcanza el extremo distal del antebrazo.

El nervio y la arteria cubital, descansan bajo el músculo flexor cubital del carpo en la parte proximal del antebrazo y son radiales y profundas a su tendón. La rama dorsal sensitiva cubital, sale a través de la fascia profunda del antebrazo entre 1 y 4 cm proximal a la estiloides cubital, en dirección a la tabaquera cubital.<sup>76</sup>

El conocimiento y valoración de estas estructuras neurovasculares es de primordial importancia, ya que un trauma en esta zona, una fractura, las maniobras para reducción o abordaje quirúrgico para el manejo de las mismas, pueden lesionarlas, por lo que se debe estar alerta y siempre tratarlas cuidadosamente y estar pendientes al realizar el examen físico del paciente.

Debido a la complejidad de movimiento del antebrazo, dependiente de la adecuada rotación del radio sobre la ulna, el tratamiento de las fracturas diafisarias de antebrazo ha sido guiado por estudios que relacionan la deformidad residual con la pérdida de movimiento. En un estudio cadavérico realizado por Tarr et al<sup>78</sup>, se demostró lo esencial de la relación entre las estructuras y la función. Se encontró, que una angulación residual de la fractura entre 5 y 10° a nivel del tercio medio diafisario del antebrazo, puede producir déficits entre el 10 y el 83% para la pronación y entre 5-27% para la supinación normal.

A pesar de esto, aun existe debate en cuando es realmente necesario el manejo quirúrgico y si se ha estado realizando sin estar justificado. En un estudio por Daruwalla<sup>19</sup>, en el que se sigue a largo plazo 53 fracturas de antebrazo manejadas de forma conservadora, se encontró que aunque 28 pacientes demostraron limitaciones para la pronación, supinación o ambos, ninguno de estos pacientes tenía quejas relacionadas a la movilidad de la extremidad.

En otro estudio realizado por Morrey et al<sup>53</sup>, se observó que la mayoría de las actividades diarias pueden ser realizadas con 100° de rotación del antebrazo, divididas entre pronación y supinación. Por lo que cierta deformidad residual posterior a una fractura, no necesariamente afectan el resultado funcional final del paciente a pesar de limitar una parte de la pronación y/o la supinación.

La rotación mínima requerida para las actividades de la vida diaria, ha sido definida también en varios estudios de sujetos normales.<sup>65, 69,70</sup> La suma de estos estudios sugieren que la dificultad en realizar las actividades diarias no es notoria con una pérdida final de la pronación entre 5 y 30 grados y una pérdida de la supinación de 8 a 35 grados.

## 2.2 Fracturas radio ulnares diafisiarias

### 2.2.1 Epidemiología

Las fracturas diafisiarias de antebrazo, están entre las mas comunes que se presentan en los niños. Comprenden entre el 3 y el 6% de todas las fracturas pediátricas.<sup>83</sup>

El mecanismo de trauma mediante la transmisión de fuerzas creadas por una caída con el codo en extensión, pueden llevar una lesión global del antebrazo, o a presentar fracturas, sin que necesariamente hubiese un trauma directo a este nivel.<sup>89</sup> Además, la forma única con curvatura del radio entre las articulaciones radio ulnar proximal y distal, y la posición subcutánea de la ulna, los hace particularmente vulnerable a los traumas directos diafisiarios.

La reducción cerrada y la inmovilización con yeso, aun corresponde a la regla de oro para el tratamiento, ya que estudios han demostrado que hasta el 85% de los pacientes con fracturas desplazadas de antebrazo logran una reducción cerrada aceptable.<sup>70,19</sup>

A pesar de esto, se recomienda que estas fracturas deben de mantenerse bajo estricta vigilancia, ya que pueden presentarse complicaciones, por lo que la atención a los detalles es importante.<sup>29</sup>

En general se reserva el tratamiento quirúrgico para los pacientes con reducciones cerradas inaceptables, ya que el rol preciso de la estabilización quirúrgica en el manejo de las fracturas pediátricas es controversial. Un estudio observacional que fue llevado a cabo por 10 años, mostró que la tasa de incremento del manejo quirúrgico de estas fracturas hacia la fijación intramedular, aumentó de un 1,8% a un 22%.<sup>71</sup>

En otro estudio, Schmittenebecher<sup>71</sup> mostró que el manejo quirúrgico de las fracturas diafisarias de antebrazo en su institución había aumentado solo un 1% entre 1976 y 1985, pero un 40% entre 1998 y el año 2000. Esta tendencia puede ser atribuida a los avances tecnológicos, cambios sociológicos, mayor exigencia en el resultado final y posiblemente factores médicos económicos.

### 2.2.1 Manejo

Usualmente la mayoría de las fracturas radio ulnares diafisarias en los antebrazos de los niños son de manejo conservador. Algunos estudios indican que menos del 10% de estas lesiones ameritan manejo quirúrgico.<sup>75, 25.</sup>

En general, las indicaciones más comunes para fijación de la fractura con medios de osteosíntesis incluyen: fracturas abiertas, lesión neurovascular y la incapacidad de mantener una reducción aceptable con férula o yeso.

A pesar de esto, ha habido un aumento en el número de cirugías para tratar estas fracturas, que se ha justificado en parte por una tasa de fallo entre el 1,5 y el 31% del manejo conservador según algunos autores,<sup>36, 81,84</sup> y la importancia de minimizar la deformidad angular para preservar la rotación normal del antebrazo.

La pérdida de la reducción, es la complicación mas frecuente de las fracturas de antebrazo con manejo conservador.<sup>64</sup> El reconocimiento de los posibles factores predictores de este desplazamiento, podrían mejorar la efectividad de la inmovilización con yeso e identificar a los pacientes que necesitan una intervención quirúrgica sobre una reducción cerrada.<sup>87, 4</sup>

Uno de los factores es la presencia de trazos inestables en las fracturas desplazadas diafisarias en niños, que puede llevar a restricciones funcionales en un número significativo de casos, debido a que una desviación residual de más de 10 o 15 grados del eje podría resultar en una prono supinación limitada.<sup>86</sup> Para prevenir esta situación la fijación intramedular con clavos elásticos se ha convertido en el tratamiento preferido en los últimos años.<sup>42</sup>

En un estudio realizado en el hospital pediátrico de Filadelfia donde revisaron el tratamiento quirúrgico de 155 fracturas diafisarias de antebrazo, por un período de 11 años, concluyeron que el tratamiento quirúrgico de estas fracturas había incrementado en la última década.<sup>25</sup>

En eso centro la fijación intramedular se estimo en un 70% de los pacientes quirúrgicos, justificando que mantiene una buena estabilización, produce minima deformidad cosmética y el retiro del material es relativamente sencillo.<sup>42, 43, 67,1</sup>

A pesar de esto, en la colocación de clavos intramedulares se han documentado complicaciones, incluyendo infecciones del sitio quirúrgico, irritación de la piel por el implante, desplazamiento de la fractura luego del retiro del material, re fractura, lesiones nerviosas y tendinosas, con una tasa de complicación del 14,6% para los clavos intramedulares.<sup>25</sup> Por lo que operara a todas las fracturas para evitar el riesgo que existe de pérdida de la reducción, tampoco es considerada la solución a este problema.

Además se describe la posibilidad de presentar síndrome compartimental, reportado en la literatura con una incidencia de hasta un 10% para fracturas en las que se colocan clavos intramedulares con maniobras cerradas,<sup>93</sup> lo cual no es una incidencia despreciable de esta catastrófica complicación.

En comparación con la reducción abierta y fijación con placas, la utilización de clavos intramedulares se considera mucho menos invasiva. Es una técnica común que ha reportado buenos resultados.<sup>33</sup> De todas formas, la frecuencia en la que se amerita una reducción abierta en la colocación de los clavos intramedulares ha sido reportada tan alta y variable como del 38 al 74%.<sup>42, 67,32</sup> Aunque realizar una reducción abierta en la colocación de la fijación intramedular, es considerada por algunos investigadores como un fallo en la técnica, por otros es visto como una opción que facilita la reducción, disminuyendo el número de intentos necesarios para el paso del material por el foco de fractura, haciendo el procedimiento menos traumático.<sup>48</sup>

Respecto a asistir la reducción de forma abierta para el paso de los clavos, se ha visto que la apertura del sitio quirúrgico correlaciona con una tasa más lenta de consolidación, tomando aproximadamente dos semanas más de tiempo para lograr la unión ósea.<sup>28</sup> Esto se podría explicar porque usualmente son fracturas más complejas, y abrir el foco de fractura libera el hematoma y afecta la circulación circundante al sitio de lesión al retirar el periostio.<sup>85, 90</sup>

El límite superior de la edad apropiada para la colocación de clavos intramedulares está pobremente definido. Se ha aceptado por consenso que este tipo de implante para el paciente esqueléticamente inmaduro es apropiado, debiendo individualizar cada caso conforme se va acercando a la adolescencia y a la madurez ósea.<sup>49</sup>

La utilización de placas para la osteosíntesis de fracturas en los niños es mucho menos frecuente que en adultos, y está generalmente reservada para las fracturas de adolescentes mayores, trazos conminutos y situaciones donde la movilización inmediata es necesaria.<sup>78, 55.</sup>

Evidencia concluyente respecto a la superioridad de un implante respecto al otro aun no ha sido publicada. Esto, según el artículo escrito por el Dr. Baldwin y colaboradores,<sup>37</sup> en el que comparan la literatura en búsqueda de la mejor osteosíntesis para las fracturas radio ulnares en la población pediátrica, pero si sugieren, que pacientes mayores necesitan una fijación más rígida, provista por una construcción con placas y tornillos.

El problema que permanece en discusión, es respecto a los términos: paciente mayor y adolescente, ya que no se ha logrado determinar una edad específica. Usualmente pacientes de más de 12 años, se considera deben ser tratados como adultos, y los menores de 10 años como niños. Quedando un período gris entre los 10-12 años que se presta para múltiples interpretaciones y diferencias en cuanto a tratamiento óptimo respecta.

En años recientes, algunos estudios han reportado complicaciones con el uso de la fijación intramedular, incluyendo retraso en la consolidación, no unión, irritación de la piel, prominencia del material, migración de los clavos y problemas con la herida. Estas complicaciones se ven aumentadas cuando la edad del paciente sobrepasa los 10 años,<sup>49, 31</sup> por lo que ha aumentado la tendencia de la fijación con placas en esta población. Pero esta práctica no se encuentra libre de complicaciones tampoco, ya que ha sido criticada por necesitar una mayor disección y lesión al periostio, además del riesgo aumentado de re fractura.<sup>68</sup>

A pesar de esto, permanece como una opción terapéutica con beneficios inherentes a una estabilización inmediata y reducción anatómica.<sup>66</sup>

## **2.2. Complicaciones**

### **2.3.1 Retraso en la Consolidación**

La consolidación de las fracturas en la población pediátrica es usualmente sin complicaciones.<sup>71</sup> El tejido vital óseo y la rápida regeneración perióstica de hueso, contribuyen a la consolidación acelerada de la fractura en la mayoría de los casos. El

impedimento a la curación de estas fracturas es raro, y principalmente causado por el fallo en el desarrollo de un hueso, fracturas abiertas o conminutas o fallos iatrogénicos en el tratamiento.<sup>3, 44</sup> La extremidad superior es muy raramente afectada por fallos en la consolidación, y cuando se presenta, la zona más común es el cóndilo humeral lateral.<sup>27</sup>

A pesar de estos datos alentadores, en un artículo publicado por Sinikumpu y colaboradores<sup>74</sup> en un centro médico de Finlandia, se encontraron complicaciones de un 36,3% para las fracturas diafisarias de ambos huesos del antebrazo. Las complicaciones fueron 2,3 veces más comunes en el grupo con tratamientos no invasivos, para un 56%, en comparación con un 24% de complicaciones en el control manejado con clavos intramedulares. Cabe destacar, que en este estudio tomaron la pérdida de la reducción, como una complicación para el grupo con tratamiento ortopédico.

El riesgo de presentar un retraso en la consolidación fue igual para pacientes tratados tanto quirúrgica como ortopédicamente, por lo que la osteosíntesis no representa una solución, si lo que se intenta lograr es una consolidación sin retrasos. Por el contrario, Ogonda et al.<sup>59</sup> postularon en el 2004 que la fijación intramedular podía llevar a distracción de la fractura y que esta podía ser una de las causas del retraso de la consolidación en estos pacientes, aunque no está comprobado

Es considerado, generalmente, que la ulna es de los dos huesos, el más proclive a presentar problemas de consolidación en niños.<sup>23</sup> La lesión en el tercio medio de la ulna es crítica, ya que se relaciona con la circulación intraosea y puede comprometer el proceso de curación.<sup>91</sup>

En el artículo publicado por Schmittenebecher y colaboradores<sup>71</sup> el promedio de edad de los pacientes que presentaron retraso en la consolidación fue de 12.3 años, en comparación con un promedio de 9,5 años, publicado por Lieber en el 2004.<sup>45</sup>

La consolidación en adolescentes necesita más tiempo que en los pacientes menores, y por eso, el riesgo de retraso en la consolidación es más alto en pacientes de mayor edad.



Las fracturas abiertas, o las que necesitan una reducción abierta, tienen una destrucción perióstica local, que lleva a una reducción del flujo sanguíneo al hueso lesionado, retrasando la formación de callo óseo.<sup>28</sup>

Nuevamente, en el estudio realizado en Alemania por Schmittenbecher y colaboradores,<sup>74</sup> de los 10 pacientes que presentaron retraso en la consolidación, un 30% correspondían a fracturas abiertas y un 60% a fracturas en las que una reducción abierta fue necesaria. En esta publicación, consideran que la distracción del sitio de fractura como factor influyente en el retraso propuesto por Ogonda<sup>59</sup> puede ser descartada al observar el excelente contacto óseo en la mayoría de casos en el post operatorio.

Otro artículo que contradice la teoría de Ogonda<sup>59</sup> de la distracción del foco como causa de retraso en la consolidación, es el publicado por Sinikumpu.<sup>74</sup> En ese trabajo realizan un estudio de las complicaciones de las fracturas radio ulnares, encontrando que de los 186 pacientes, la mayoría de las fracturas, un 96.4% mostraron formación de callo óseo, como un signo radiológico de consolidación para las 4 semanas posteriores al evento. El retraso en la consolidación fue observado en 11 pacientes, correspondientes a un 6.6% de las fracturas. Ocho de ellas (73%), fueron en el tercio medio y tres (27%) correspondían a trauma severo.

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre pacientes manejados de forma quirúrgica o conservadora. Tampoco hubo diferencia en este punto respecto al género de los pacientes.

### 2.3.2 Pérdida de la reducción

La complicación más común en las fracturas tratadas de manera conservadora es el desplazamiento.

Este ha sido reportado tan alto como un 64% en publicaciones antiguas,<sup>36</sup> y más recientemente en un porcentaje menor, entre 5–15% de los casos por Bochang y colaboradores<sup>11</sup> y en un 20% por Sinikumpu,<sup>74</sup> quien indicó que de los 168 pacientes con fracturas radio ulnares diafisiarias en estudio, a 81 se les dio manejo conservador, y de estos una quinta parte (21 pacientes), mostraron al menos 15 grados de malalineamiento residual en el radio o la ulna.

Las lesiones en tallo verde, pacientes con deformidad angular residual, retiro temprano de la inmovilización, y fractura en tercio medio han sido factores asociados a esta pérdida de la reducción.<sup>12,73</sup>

Además, el trabajo publicado por Mehlman,<sup>50</sup> en el que buscan los factores predictores radiológicos de fallo en las reducciones cerradas e inmovilización con yeso, al analizar 282 casos de fracturas radio ulnares, encontraron que la edad mayor a 10 años, las fracturas del tercio proximal y una angulación inicial de la ulna menor a 15°, se asociaba a pacientes con mayor probabilidad de fallo por pérdida de la reducción con manejo conservador.

La posible justificación de por que una angulación menor en la ulna era la que predisponía a la pérdida de la reducción, es que al estar el cubito en una posición relativamente buena respecto al radio, dificulta la reducción del radio, pero no se ha comprobado.

En cuanto al momento en el que se presenta la angulación post reducción, se encontró que en un 95% fue durante la primera semana posterior a la colocación de la inmovilización.

### 2.3.3 Complicaciones Nerviosas

El compromiso de estructuras nerviosas puede presentarse luego del trauma o posterior al tratamiento. Se ha visto una mayor incidencia de lesión nerviosa en el tratamiento quirúrgico, en comparación con el conservador,<sup>74,34</sup> y mayor aun, si el manejo fue con placas en lugar

de clavos intramedulares, subiendo de un 7% <sup>74</sup> reportado para la fijación intramedular y hasta un 42% en la osteosíntesis con placas. <sup>41, 77</sup>

Otro punto a tomar en cuenta, es que las complicaciones asociadas a estructuras nerviosas suelen afectar más a los pacientes de menor edad. <sup>49</sup>

#### 2.3.4 Complicaciones en tejidos blandos

Entre las complicaciones de tejidos blandos que se pueden presentar en las fracturas de antebrazo de los niños, están las infecciones superficiales y/o profundas, problemas de cicatrización y cierre de herida, molestias por prominencia del material de osteosíntesis o reacción a cuerpo extraño, <sup>39</sup> además del temido síndrome compartimental, con secuelas importantes en detrimento de la función de la extremidad.

En el caso de las infecciones, se presentan tanto en pacientes a los que se da manejo conservador, como a los que se les ofrece cirugía, pero con una clara inclinación por los pacientes quirúrgicos, debido al obvio aumento del riesgo de infección, que implica cualquier acto quirúrgico en sí, en comparación con un manejo no invasivo.

Lo posibilidad de presentar alteraciones en la cicatrización, reacciones al material o molestias por el mismo, son inherentes a un acto quirúrgico y no se presentan en pacientes tratados únicamente mediante reducción cerrada y colocación de yeso.

Respecto al síndrome compartimental, es una de las complicaciones más temidas. Según el estudio que se analice su incidencia varía desde un 2,8% hasta un 10%. <sup>25, 93</sup> Usualmente asociado a traumas de alta energía, codo flotante<sup>8</sup>, y múltiples intentos para lograr una reducción cerrada. <sup>49</sup> En cuanto al momento en el que se presenta esta complicación, la literatura no es concluyente. Hay reportes que indican una mayor incidencia de síndrome compartimental cuando la intervención es temprana y otros más bien encuentran más síndromes compartimentales si el procedimiento se hace tardíamente.

### 2.3.5 Lesión tendinosa

La ruptura del tendón extensor largo del pulgar es una complicación descrita en la literatura asociada al abordaje dorsal para la colocación del calvo intramedular al radio, <sup>38, 18</sup> que se encuentra en relación directa con el tercer compartimento extensor en la muñeca.

Para evitar la lesión tendinosa, se ha utilizado un abordaje más radial para la inserción de los clavos intramedulares, sobre el eje de la estiloides radial, pero este abordaje no se encuentra exento de riesgos, pudiendo lesionar la rama sensitiva superficial del nervio radial.

Ante esta situación, el doctor Wall <sup>46</sup> en su artículo, da algunas recomendaciones para minimizar los riesgos, incluyendo hacer una incisión lo suficientemente amplia para poder visualizar y apartar las estructuras tendinosas, utilizar protector para la broca, verificar que el borde cortado del material de osteosíntesis no quede en contacto directo con el tendón, y de ser necesario realizar una interposición de tejidos blandos para proteger el tendón.

### 2.3.6 Sinostosis

La sinostosis entre el radio y la ulna, es una complicación bastante rara cuando la fractura del antebrazo es en los dos huesos, y usualmente esta asociada a traumas de alta energía.<sup>82</sup> Cullen <sup>17</sup> notó un caso de sinostosis radio ulnar en su estudio de 20 casos, en un paciente al que se le realizó fijación intramedular, y casos han sido reportados también luego de la fijación con placas.<sup>92, 88</sup> En la serie presentada por Martus, se documentaron dos casos de sinostosis incompleta en adolescentes, ambos con retraso en la consolidación, y de estos uno luego de un trauma de alta energía.<sup>49</sup>

### 2.3.7 Re fracturas

En la literatura se ha publicado que la tasa aproximada de re fractura ronda entre el 4 y el 8% a nivel de la diáfisis del antebrazo.<sup>24, 47</sup>

Algunos estudios han enumerado factores que contribuyen al riesgo de re fractura, entre ellos la remoción temprana del yeso cuando la unión del hueso aun es incompleta,<sup>73</sup> localización inicial de la fractura, trazos en tallo verde y angulación residual. Sin embargo, una relación definitiva entre estos factores y la posibilidad de re fractura aun permanece incierta.

Aunque solo el 18% de las fracturas iniciales en el antebrazo están localizadas en el tercio medio del antebrazo, la mayoría de las re fracturas si ocurren en el tercio medio, siendo la probabilidad de re fracturarse en esa zona ocho veces mayor que en el radio distal.<sup>12</sup>

Características asociadas exclusivamente al paciente como lo son: la edad, el sexo y el nivel de actividad, también han sido asociados a la posibilidad de re fractura.<sup>73,12</sup> Identificar cuales factores de riesgo son modificables, pueden ayudar en ajustar las guías de tratamiento para disminuir la incidencia de re fracturas en los niños.

En el 2015 se publicó un estudio realizado en New Jersey,<sup>80</sup> donde fueron evaluados 2590 pacientes en un lapso de 10 años con fracturas de antebrazo entre el 2000 y el 2010. Del total se identificaron 36 pacientes con re fracturas del radio y la ulna, para una tasa de re fractura de 1.4%, menor a la publicada en estudios previos.<sup>24, 47</sup> La edad promedio fue de 7.4 años con una predominancia del género masculino (29 hombres y 7 mujeres).

Se evaluó el intervalo entre fracturas, el mecanismo de la lesión, el tipo de tratamiento, duración de la inmovilización y tiempo de protección para actividades deportivas. La localización de la fractura, angulación, traslación y tiempo de unión radiográfica también fueron valoradas por controles radiológicos.

Desde 1942, ya Blount <sup>10</sup> identificaba que las re fracturas ocurrían en los primeros 6 meses después del trauma. Luego, otros estudios describían que en áreas que no presentaban unión completa, usualmente la re fractura se daba dentro de los primeros 5 meses. <sup>61</sup>

En el estudio publicado por la doctora Tisosky y colaboradores, <sup>80</sup> observaron que las re fracturas ocurrían en promedio 14 semanas luego de retirar la inmovilización, y de estas un 42% durante las primeras 6 semanas. Esto sugiere la necesidad de aumentar los cuidados del paciente, con protección de la extremidad y limitar actividades deportivas y de impacto durante este período de recuperación.

Respecto a la ubicación diafisaria como sitio de mayor riesgo para re fractura, se considera que las fuerzas musculares deformantes en esta zona, asociada a una consolidación más lenta en comparación con las zonas metafisarias, pueden ser componentes de esta tendencia, por lo que se proponen mayores tiempos de inmovilización para fracturas en tercio medio del antebrazo, con un período prolongado de protección de impactos y reposo relativo.

Desde 1979, Felipe y colaboradores propusieron que un defecto angular residual podría ser un factor que propicia la re fractura.<sup>22</sup> En el 2007, en un artículo publicado en la revista de ortopedia pediátrica, un equipo trató de probar esta hipótesis, pero no lograron encontrar una asociación estadísticamente significativa, entre angulaciones residuales mayores a 21° y aumento en la probabilidad de re fractura.<sup>94</sup>

Para el 2015, con los 36 pacientes estudiados por Tisosky <sup>80</sup> solo el 50% de los pacientes con re fracturas presentaban angulaciones mayores a 10°, pero sí encontraron una tendencia a que las re fracturas se presentaran más tempranamente a mayor angulación residual, siendo que el 60% de los pacientes con angulaciones mayores a 10° se fracturaban en las primeras 6 semanas, y si la angulación era mayor a 15°, el tiempo promedio para la refractura era de 4 semanas, en comparación de las 14 semanas promedio de re fractura para el otro 50% de los pacientes con angulaciones menores a 10°.

Cuando se habla de falta de consolidación como factor de riesgo para refractura, ha sido tanto propuesto como demostrado. Schwarz <sup>73</sup> encontró en su trabajo publicado en 1996, que el 84% de las re fracturas tenía evidencia radiológica de línea fracturaria residual. La duración de la inmovilización requerida en pacientes en los que aun se observa la línea de fractura en los controles radiológicos es desconocida, pero se propone que una mayor formación de callo es necesaria, si el trazo se localiza en la zona diafisiaria o en el tercio proximal del antebrazo, en comparación con el tercio distal. <sup>94</sup>

En el artículo publicado por el doctor Volpat <sup>83</sup> de la universidad de Kansas, donde evalúan el tratamiento de fracturas diafisiarias de antebrazo en el 2014, se describe como la tasa de re fractura es mayor en paciente con retraso en la unión cortical, y se enfatiza la importancia del seguimiento radiográfico antes de autorizar el retorno a las actividades deportivas. <sup>72</sup>

Cuando se presentan las re fracturas, el tratamiento de estas puede ser tanto conservador como quirúrgico, siendo ambos satisfactorios según la apropiada selección del paciente. <sup>67, 63</sup>

Schwarz y colaboradores <sup>73</sup> reportaron buenos o muy buenos resultados en 14 de 17 re fracturas tratadas con reducción cerrada y colocación de yeso. Su estudio propone que la reducción abierta temprana y fijación interna estan indicadas cuando la reducción cerrada no se puede mantener.

Tisosky <sup>80</sup> también obtuvo los mismos resultados, e indica que la vasta mayoría de re fracturas de antebrazo se pueden mantener en un mitón alto bien modelado, y que solo un paciente de su estudio requirió tratamiento quirúrgico para lograr una reducción satisfactoria, y que los otros dos pacientes que ameritaron cirugía fue por necesidad de irrigación y desbridamiento del foco de fractura, además los pacientes manejados de forma conservadora, lograron una consolidación tres veces mas rápido que los de tratamiento quirúrgico.

Finalmente, la recomendación que se da para pacientes con riesgo de re fractura es la inmovilización con mitón alto por cuatro semanas, seguido de 3-4 semanas con mitón corto para protección de la extremidad.

### III CAPÍTULO: METODOLOGÍA, MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Metodología

Este es un estudio retrospectivo que evalúa 275 pacientes del servicio de ortopedia del Hospital Nacional de Niños. Centro nacional de referencia en Costa Rica, clase A, durante los últimos 8 años (2008-2016).

Los pacientes fueron seleccionados de forma no aleatoria, elegidos por cumplir los criterios de inclusión y de acuerdo a la terminología y codificación solicitada al departamento de estadística del centro médico, identificando aquellos pacientes que presentaban fracturas diafisarias de ambos huesos del antebrazo.

Subsecuentemente, se revisaron expedientes electrónicos y físicos, según aplicara el caso, además de radiografías y notas asociadas para determinar las variables a estudiar y seleccionar a los niños que presentaron re fracturas.

La re fractura fue definida como una fractura que se repite en uno o los dos huesos del antebrazo en la misma localización, dentro de los 18 meses siguientes a la fractura original.

Varios parámetros entre los que se encuentran: sexo, edad, lateralidad, mecanismo, necesidad de reducción cerrada, cirugía y tiempo de inmovilización, fueron investigados para identificar los posibles factores de riesgo asociados con las re fracturas.



### **3.1.1 Método de Recolección de Datos**

Se solicitó al servicio de estadística, un listado con todos los pacientes codificados entre el 2008 y el 2016 con diagnósticos de: fractura diafisiaria de radio, fractura diafisiaria de ulna, fractura diafisiaria de antebrazo, fractura de radio y ulna diafisiaria.

Se obtuvo de forma preliminar 10180 resultados. Fue necesario realizar una depuración inicial ya que venían incluidos casos de fracturas de tibia, fémur y otros huesos largos, descartando todos aquellos con un diagnóstico incorrecto. Luego de este primer filtro quedaron 1012 pacientes con los diagnósticos requeridos.

Luego se procedió a revisar de forma manual si el diagnóstico correspondía realmente con la patología según las notas del expediente. Para la recolección de datos, se utilizó el sistema integrado de expediente electrónico MediSys.

De este proceso final, quedaron 296 casos, de los cuales se excluyeron 18 por tener datos incompletos o no cumplir criterios de inclusión. De estos 18, siete correspondían a pacientes con re fracturas. Finalmente, se logró analizar un total de 275 pacientes con fracturas radio ulnares diafisiarias y de los cuales 36 presentaron re fracturas.

### **3.1.2 Variables en estudio para fractura y re fractura**

- Edad
- Género
- Lateralidad
- Mecanismo de trauma
- Duración en días de la inmovilización
- Necesidad o no de reducción cerrada
- Necesidad o no de cirugía
- Tiempo transcurrido entre fractura y re fractura

## 3.2 Materiales y métodos

### 3.2.1 Análisis de la muestra

De los 275 expedientes que quedaron luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvieron las variables a estudiar.

La recopilación de datos fue afectada por:

- Expedientes incompletos
- Migración de la identificación a la nueva numeración
- Expedientes mixtos (físico/electrónico) con consultas faltantes

De acuerdo a lo planteado en el diseño metodológico del proyecto, y con los datos obtenidos de las historias médicas, se transcribieron a Excel las variables involucradas en el estudio, y a través de la interfase de SPSS y Excel se importó la base de datos a dicha herramienta para hacer un mejor tratamiento y análisis de la información. En primer lugar se categorizaron las variables nominales y ordinales para plasmar los resultados en tablas de frecuencia y gráficas de pastel y barras, para las variables cuantitativas continuas se hallaron las medias de tendencia central y dispersión, así como la gráfica de cajas y bigotes (box plot), para visualizar mejor las distribución del conjunto de datos y sus valores atípicos y extremos. También se efectuaron tabulaciones cruzadas de variables categóricas con sus respectivas gráficas y fue necesario agrupar variables cuantitativas para cruzarlas con otras cualitativas necesarias en este estudio.

### **3.2.2 Criterios de inclusión:**

- Fracturas radio ulnares diafisiarias
- Tratamiento exclusivo en el Hospital Nacional de Niños
- Expediente físico y/o electrónico con datos completos y legibles.

### **3.2.3 Criterios de Exclusión**

Fueron excluidos del estudio los pacientes con:

- Fracturas expuestas Grado II y III
- Politraumatizados
- Referidos en el posoperatorio a otro centro para continuar manejo
- Documentación incompleta en expediente

## IV CAPÍTULO: RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Resultados

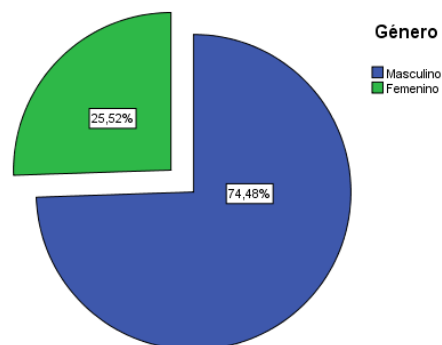
#### 4.1.1 Pacientes sin re fractura

Al final del estudio se logró obtener 275 casos de fracturas radio ulnares diafisiarias con datos completos y que cumplieran los criterios de inclusión.

De estas 275 fracturas, 36 presentaron una nueva fractura en el mismo sitio, para una incidencia de re fractura de 15,06%.

En el caso de los 239 que no se re fracturaron, hubo una predominancia significativa por el género masculino, 178 pacientes varones y 61pacientes mujeres, para una proporción de 4:1.

Género		
	Frecuencia	Porcentaje
Masculino	178	74,5
Femenino	61	25,5
Total	239	100,0

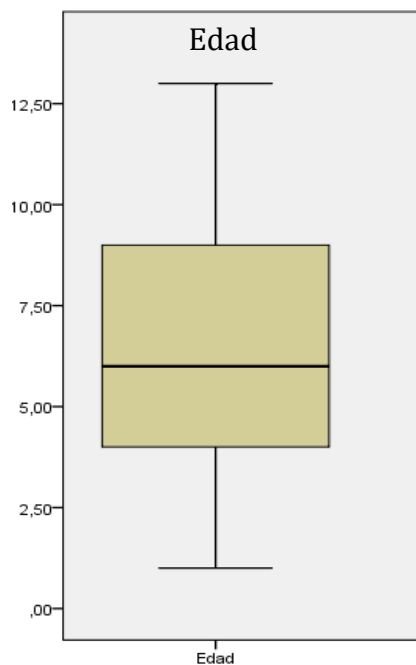


*Tabla y Grafico 1  
Frecuencia y porcentaje de fracturas según género.*

La edad de los pacientes se tabuló por años, con corte en el redondeo a los 6 meses, por lo que un paciente de 7 años y 6 meses se toma como de 7 años, y uno de 7 años y 7 meses como de 8 años, para la aplicación de datos estadísticos.

En base a esto, se obtuvo que la edad promedio en la que se presentaron las fracturas fue de 6,2 años.

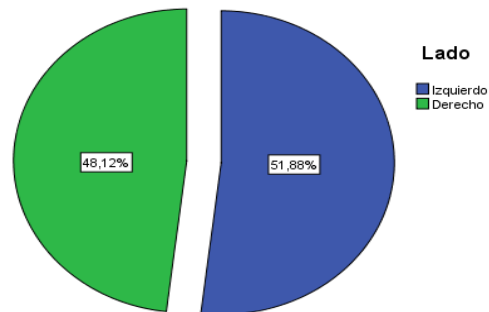
Edad	Media		6,2720
	95% de intervalo de confianza	Límite inferior	5,8400
		Límite superior	6,7040
	Media recortada al 5%		6,2327
	Mediana		6,0000
	Varianza		11,493
	Desviación estándar		3,39013
	Mínimo		1,00
	Máximo		13,00
	Rango		12,00
	Rango intercuartil		5,00
	Asimetría		0,231
	Curtosis		-1,096



*Tabla y gráfico 2  
Análisis estadístico y gráfica por cuartiles de la edad de los pacientes con fractura radio ulnar diafisaria.*

Otro dato epidemiológico fue la lateralidad de la lesión. De las 239 fracturas, un 51,9% afectaron el lado izquierdo y un 48,1% el lado derecho.

Lado		
	Frecuencia	Porcentaje
Izquierdo	124	51,9
Derecho	115	48,1
Total	239	100,0

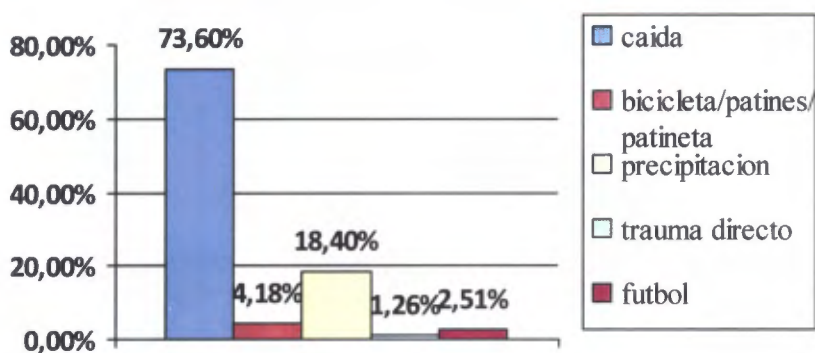


*Tabla y gráfico 3  
Frecuencia y porcentaje según lado de fractura.*

El mecanismo de trauma más común con 176 casos, fue la caída simple. Se diferencia de la precipitación (44 pacientes), en que la segunda implica caer de un plano diferente al de sustentación y por lo tanto imprime mayor energía sobre la extremidad afectada.

Las caídas fueron 3 veces más comunes que todos los otros mecanismos de trauma en conjunto, sumando un 73,6% de las causas consignadas en los expedientes médicos.

#### Mecanismo de trauma



	Frecuencia	Porcentaje
caída	176	73,6
bicicleta/patineta/patineta	10	4,2
precipitación	44	18,4
trauma directo	3	1,3
fútbol	6	2,5
Total	239	100,0

Tabla y gráfico 4

Frecuencia y porcentaje de fracturas radio ulnares diafisiarias según mecanismo de trauma.

Respecto al tratamiento, a un 62,8% de los pacientes se les realizó una reducción cerrada. El 37,2% restante presentaron al menos uno de los siguientes tres criterios para que no se realizara la maniobra: el trazo era in situ, el trazo se consideraba tan desplazado o inestable que la probabilidad éxito del manejo conservador era inaceptablemente bajo, exposición ósea que ameritaba lavado quirúrgico.

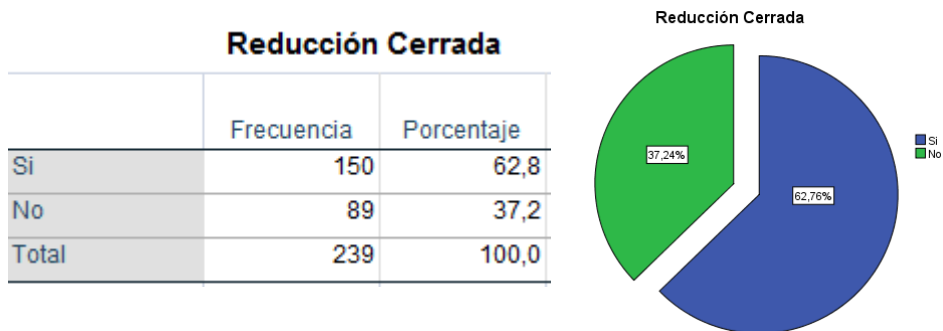


Tabla y gráfico 5  
Frecuencia y porcentaje de fracturas radio ulnares diafisarias a las que se les realizaron maniobras de reducción cerrada.

De las 239 fracturas, 39 necesitaron tratamiento quirúrgico y a 200 se les dio un manejo conservador, para un 16.3% de niños que ameritaron cirugía.

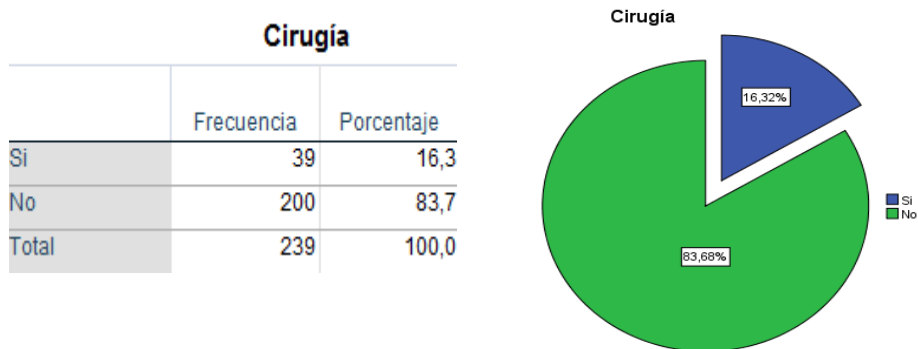


Tabla y gráfico 6  
Frecuencia y porcentaje de fracturas radio ulnares diafisarias a las que se les realizaron maniobras de reducción cerrada.



Cuando el valor numérico de usuarios a los que se les realizó reducción cerrada se cruza con los pacientes a los que se les dio tratamiento quirúrgico, se obtienen los siguientes resultados:

- De los 150 pacientes a los que se les realizó una maniobra para reducción cerrada, 10 necesitaron cirugía, lo que traduce en un 93,3% de reducciones satisfactorias en las que se continuó con manejo conservador.
- 60 de los pacientes, no ameritaron ni reducción cerrada ni cirugía, por trazos in situ o con angulaciones aceptables para la edad.
- 29 pacientes tuvieron trazos de fractura con una severidad suficiente para necesitar cirugía como primera línea de tratamiento.
- La tasa de fallo del manejo conservador con reducción cerrada fue de un 16,7%.

		Cirugía		Total	
		Si	No		
Reducción Cerrada	Si	Recuento	10	140	150
		% dentro de Reducción Cerrada	6,7%	93,3%	100,0%
		% dentro de Cirugía	25,6%	70,0%	62,8%
No	Recuento	29	60	89	
		% dentro de Reducción Cerrada	32,6%	67,4%	100,0%
		% dentro de Cirugía	74,4%	30,0%	37,2%
Total	Recuento	39	200	239	
		% dentro de Reducción Cerrada	16,3%	83,7%	100,0%
		% dentro de Cirugía	100,0%	100,0%	100,0%

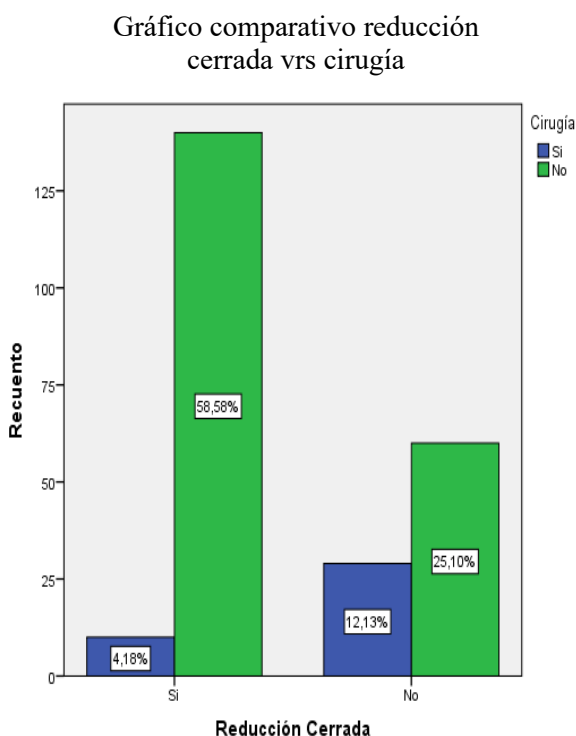


Tabla y gráfico 7

Número y porcentaje de pacientes que fueron tratados con reducción cerrada y/o cirugía, por fracturas radio ulnares diafisarias.

El tiempo de inmovilización depende del trazo de fractura, la edad del paciente y si se realizó cirugía o tratamiento conservador. Sin embargo, a pesar de la personalidad de cada fractura, se espera que en un promedio de 4-6 semanas se consiga la consolidación.

En las fracturas radio ulnares diafisarias que no presentaron re fractura, la media de días con inmovilización fue de 34,6 días, con una mínima de inmovilización de 12 días, y un máximo de 70 días en un caso que perdió la cita y la reprogramo de forma tardía.

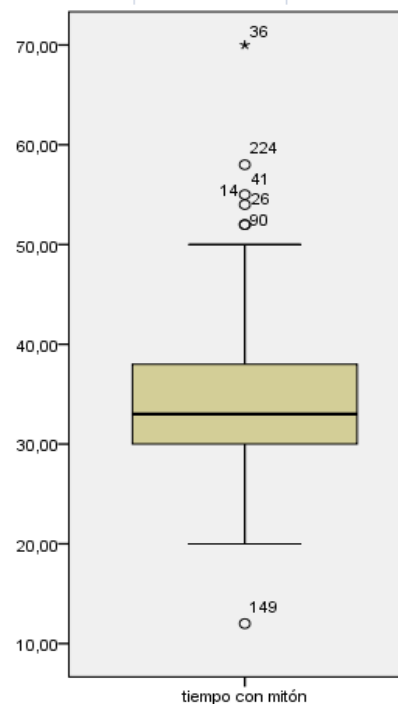
El primer cuartil incluye inmovilizaciones entre 20 y 30 días, el segundo entre 31 y 33 días, el tercero entre 34 y 38 días y el último entre 39 y 50 días. Se presentaron 6 valores extremos. Estos incluyen al valor mínimo y al máximo, y cuatro pacientes más con inmovilizaciones entre los 50-60 días, tres por problemas para conseguir cupo en la consulta externa, y uno por falta de callo óseo suficiente para retirar la inmovilización en la consulta del mes post fractura.

#### Tiempo de Inmovilización

		Estadístico	
tiempo con mitón	Media	34,6946	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	33,8332
		Límite superior	35,5559
	Media recortada al 5%	34,3361	
	Mediana	33,0000	
	Varianza	45,692	
	Desviación estándar	6,75959	
	Mínimo	12,00	
	Máximo	70,00	

*Tabla 8*  
*Valores estadísticos del tiempo de inmovilización con yeso.*

*Gráfico 8*  
*Tiempo de inmovilización con yeso. Gráfico por cuartiles y distribución de valores extremos.*



4.1.2 Pacientes con re fractura

En los resultados obtenidos de los pacientes con re fracturas, se observa que la tendencia de presentar una segunda lesión es más en pacientes masculinos. En este estudio el 83,3% fueron varones y solo seis mujeres (16,7%).

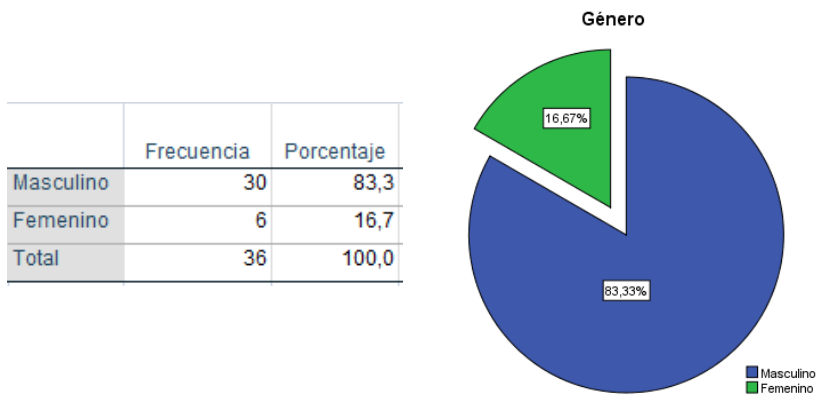


Tabla y gráfico 9  
Frecuencia y porcentaje de re fracturas distribuidos por género.

La edad media registrada para los pacientes que se re fracturaron fue de 6,97 años.

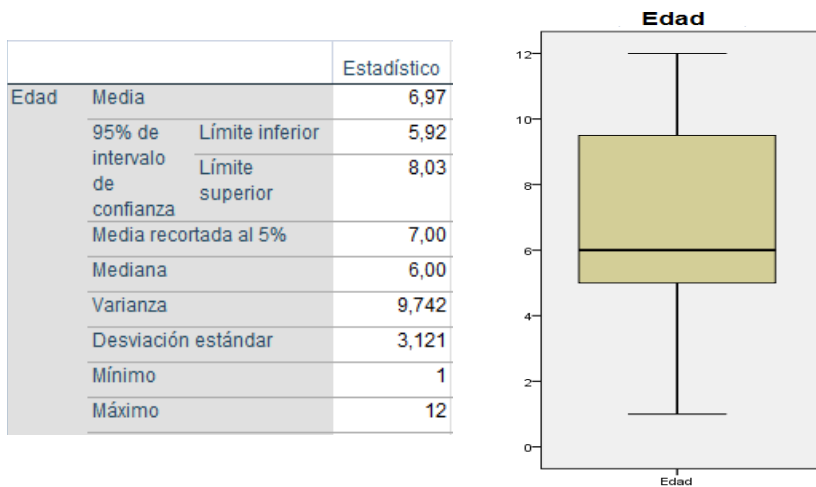
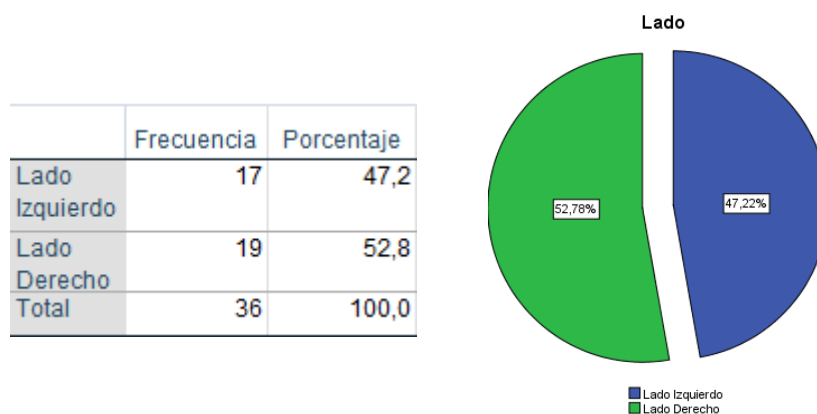


Tabla y gráfico 10  
Análisis de edad de los pacientes que presentaron re fracturas. Tabla con datos estadísticos y gráfico de ordenamiento por cuartiles.

El lado que más comúnmente se re fracturó fue el derecho. 19 pacientes presentaron la lesión de ese lado, lo que representa un 52,8%.



*Tabla y gráfico 11  
Frecuencia y porcentaje de re fracturas según lateralidad.*

Se revisaron los mecanismos de trauma en los pacientes con re fracturas, obteniéndose entre los resultados, que las caídas simples eran las causas más comunes en el primer episodio de fractura, ocurriendo en 31 de los 36 casos, lo que se traduce en un 86,1%.

La tendencia se mantiene cuando ocurrieron las re fracturas, ya que en el segundo evento traumático también predominaron las caídas como causal de un 80% de las lesiones.

Mecanismo de trauma en fractura

	Frecuencia	Porcentaje
Caida	31	86,1
bicicleta/ patineta/patines	1	2,8
Precipitación	3	8,3
Trauma directo	1	2,8
Total	36	100,0

*Tabla 12  
Mecanismos de trauma en el primer episodio de fractura.*

Mecanismo de trauma en re fractura

	Frecuencia	Porcentaje
Caida	29	80,6
bicicleta/patineta/ patines	2	5,6
Precipitación	4	11,1
Trauma directo	1	2,8
Total	36	100,0

*Tabla 13  
Mecanismo de trauma en el segundo episodio de fractura.*

En los niños del grupo que se re fracturó, a 27 de los 36 casos se les realizó reducción cerrada como manejo inicial, lo cual corresponde a un 75% en el primer episodio de fractura, mientras que en las re fracturas, la tasa de pacientes a los que se les realizaron las maniobras disminuyó a un 50%.

Reducción cerrada en primera fractura

	Frecuencia	Porcentaje
SI	27	75,0
NO	9	25,0
Total	36	100,0

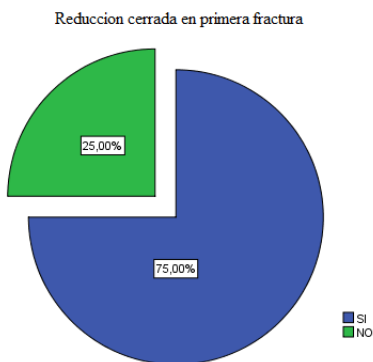


Tabla 14 y gráfico 12  
Frecuencia y porcentaje de pacientes a los que se les realizó reducción cerrada a su ingreso al servicio de emergencias como manejo de la fractura de antebrazo.

Reducción cerrada en re fractura

	Frecuencia	Porcentaje
SI	18	50,0
NO	18	50,0
Total	36	100,0

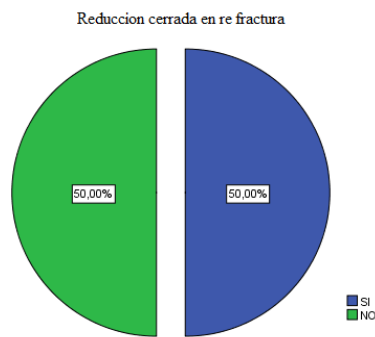


Tabla 15 y gráfico 13  
Frecuencia y porcentaje de pacientes a los que se les realizó reducción cerrada a su ingreso al servicio de emergencias como manejo de la re fractura de antebrazo.

En cuanto a procedimientos quirúrgicos, solo se realizó en 2 de los 36 pacientes con fractura radio ulnar diafisiaria en la primera ocasión, mientras que el número de pacientes operados subió cuando se atendió la re fractura, llegando a un 27,8% de cirugías realizadas, que corresponde a 10 pacientes.

Cirugía en la primera fractura

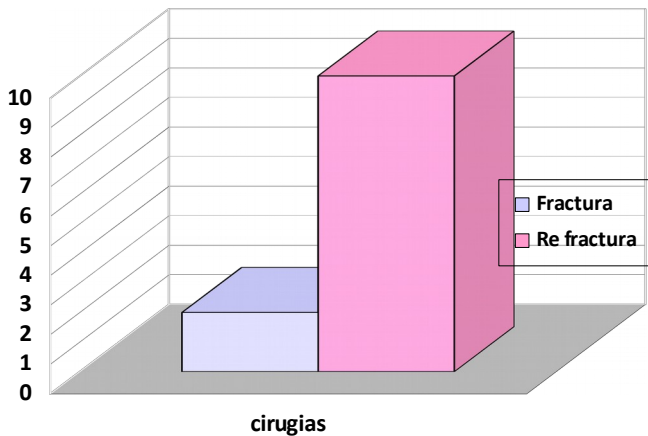
	Frecuencia	Porcentaje
SI	2	5,6
NO	34	94,4
Total	36	100,0

Cirugía en la re fractura

	Frecuencia	Porcentaje
SI	10	27,8
NO	26	72,2
Total	36	100,0

*Tabla 16*  
Frecuencia y porcentaje de pacientes a los que se les realizó manejo quirúrgico en la primera ocasión que tuvieron una fractura radio ulnar diafisiaria.

*Tabla 17*  
Frecuencia y porcentaje de pacientes a los que se les realizó manejo quirúrgico en la segunda ocasión que tuvieron una fractura radio ulnar diafisiaria.



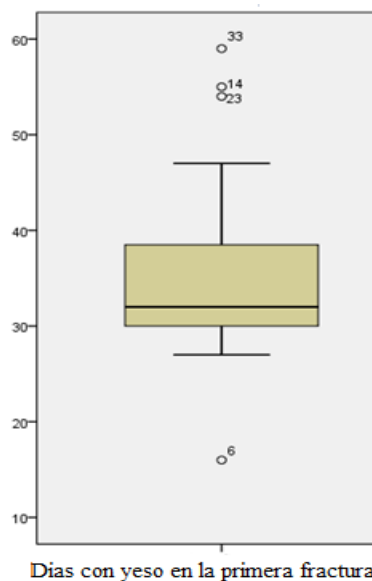
*Gráfico 14*  
Comparación del número de cirugías realizadas como parte del tratamiento entre el primer episodio de fractura y el segundo.

Los pacientes que sufrieron una re fractura, permanecieron en promedio inmovilizados 34,72 días la primera vez que se fracturaron.

El primer cuartil se ubica entre los 26 y los 30 días, el segundo entre los 31 y los 32, el tercero entre los 33 y los 37 y el cuarto entre los 38 y 47.

Se reconocieron 4 datos extremos. El niño que tuvo yeso por menos tiempo lo utilizó por 16 días. Según los datos del expediente se anota: “paciente con un mes de evolución”, pero al comparar las fechas de atención se confirma que el tiempo descrito no corresponde con el real. Los otros tres datos fuera de los rangos habituales, fueron pacientes que al momento de la valoración no presentaban datos radiológicos de consolidación suficiente para retiro del yeso en la cita del mes, y se les programó citas control, pero que por la saturación en los cupos para citas de trauma no pudieron ser vistos antes.

*Gráfico 15  
Número de días que utilizaron yeso los pacientes con re fracturas radio ulnares diafisiarias en el primer episodio según ordenamiento por cuartiles.*



*Tabla 18  
Estadísticas referentes al tiempo con inmovilización como tratamiento en los pacientes con re fracturas durante el manejo de la primera lesión.*

	Estadístico
Media	34,72
Mediana	32,00
Varianza	69,578
Desviación estándar	8,341
Mínimo	16
Máximo	59
Rango	43

El tiempo promedio transcurrido entre la primera y la segunda fractura fue de 182 días.

El paciente con valor mínimo utilizó la inmovilización por 30 días y se re fracturó dos días posterior al retiro. El valor máximo de 550 días se considera dato extremo y limítrofe, junto con otro paciente, ya que no caen dentro del intervalo de confianza para la media. Al aplicar el 95% de intervalo de confianza, los límites superior e inferior varían a 89,76 y 274,2 días respectivamente, que corresponden en promedio, a un rango que va desde los 3 hasta los 9 meses posteriores a la primera fractura como el período dentro del cual, el 95% de los pacientes presentaron la re fractura.

En la distribución por cuartiles se puede observar, que el 50% de los pacientes se re fracturaron en los primeros 90 días, y un 75% ya se había re fracturado para los 180 días posteriores a la primera lesión.

De estos datos se desprende, que si bien el promedio de días para re fractura fue de 182, el período cuando ocurrieron más re fracturas por unidad de tiempo fue durante los primeros tres meses, siendo que para este momento, un 50% habría tenido la re fractura, mientras que para que se re fracturaran el 50% restante, necesitaron el doble de tiempo (seis meses).

Tiempo transcurrido entre la fractura y la re fractura en días

	Estadístico	
Media	182,03	
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	89,76
	Límite superior	274,29
Media recortada al 5%	135,20	
Mediana	84,50	
Varianza	74363,342	
Desviación estándar	272,696	

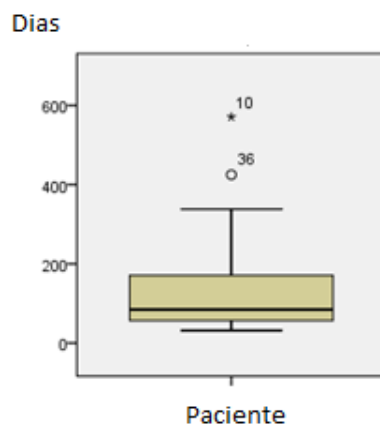


Tabla 19

Estadísticas del tiempo transcurrido en días desde la primera fractura y la re fractura.

Gráfico 16

Número de días transcurridos desde la primera fractura y hasta la re fractura por cuarteles.



## 4.2 Análisis de resultados y discusión

Las fracturas de antebrazo están entre las más comunes tratadas en la población pediátrica.<sup>83</sup>

En el período de estudio entre el 2008 y el 2016, se lograron obtener los registros de 275 pacientes con fracturas radio ulnares diafisarias, que cumplieron los criterios de inclusión y fueron tratados por el servicio de Ortopedia del Hospital Nacional de Niños.

La alta incidencia de estas fracturas, también hace de esta zona anatómica, una de las más comunes para presentar refracturas. De las 275 fracturas revisadas, 36 pacientes tuvieron además un nuevo evento traumático que les produjo una segunda lesión, lo que da una tasa de re fractura registrada en este centro del 15,06%, un 7% más alto que el promedio descrito en la literatura, que oscila entre el 1,4 y el 8%.<sup>24,47</sup>

El típico mecanismo de trauma para los niños que no sufrieron una re fractura corresponde a la caída, con un 73%, tres veces más común que las otras cuatro causas restantes en conjunto. Para las re fracturas, de igual manera, la principal causa de la lesión fue la caída de los niños sobre la extremidad, con un 86% en las lesiones iniciales, y 80% en la subsecuente.

El grupo demográfico más grande para los pacientes sin re fractura fue de niños entre los 5 y 7 años, mostrando una tendencia marcada de tres a uno hacia el género masculino, por lo que por cada niña, tres niños presentaron la misma lesión.

La edad promedio de la primera fractura en los pacientes que se re fracturaron fue de siete años, que al compararla con los que no se re fracturaron (6,2%), no da una diferencia significativa como para catalogarla de factor de riesgo.

Estudios como el publicado en 1996 por Schwarz y colaboradores<sup>73</sup>, identifican factores de riesgo para re fractura que incluyen: trazos en tallo verde, localización diafisaria, deformidad angular, remodelación incompleta y edad temprana. Sin embargo, en este trabajo el análisis

radiológico no era parte de los objetivos, y se encontró que para la población en estudio, la edad temprana de fractura no fue un factor relevante.

El género fue predominantemente masculino (83%) para los dos grupos. El lado más comúnmente afectado en la primera fractura fue el izquierdo, por un 3%, en cambio en la segunda fractura, el lado más común fue el derecho, por un 5% de diferencia.

El tratamiento ortopédico fue el más utilizado para el manejo de la fractura inicial, tanto en el grupo sin re fractura (83,7%), como en el de re fractura (94,4%). La reducción cerrada se llevo a cabo en 62,8% de los pacientes sin re fractura, y fue exitosa en 93,3% de los casos.

En los pacientes con re fractura, al 75% se les realizó manipulación del foco de fractura en el primer evento, y fue exitosa en un 100%. Solo 2 de los 36 necesitaron cirugía, y a ninguno de estos se les realizó intento de reducción.

Cuando se dio tratamiento a la segunda ocasión, aumentó el número de pacientes manejados quirúrgicamente de un 5,6% en el primer episodio, a un 27,8% en el segundo.

Por otro lado, la reducción cerrada e inmovilización con yeso, se llevó a cabo en el 50% de los niños re fracturados, valor 25% menor que en la primera ocasión, por lo tanto, cuando se presenta una re fractura, la probabilidad de necesitar manejo quirúrgico aumentó en un 22,2%, en comparación con la probabilidad de ocupar este mismo tratamiento en los casos atendidos de novo, en los que el tratamiento conservador es el más utilizado.

Con respecto al tiempo de inmovilización, los pacientes que no se re fracturaron utilizaron yeso por un promedio de 34,6 días, y los que se re fracturaron, tuvieron la inmovilización la primera vez por una media de 34,7. Según estos datos, el tiempo de inmovilización tampoco influyo como riesgo para refractura.

Al hablar del tiempo en el que se presentan las re fracturas, la media es de 135,2 días si se toma el intervalo de 95% de confianza, y las primeras 12 semanas, como el período con mayor densidad de re fracturas por semana.

Esto se encuentra dentro de lo esperable según el estudio de Blount publicado en 1942,<sup>10</sup> en el que anota que las refracturas tienden a ser más comunes en los seis meses posteriores a la fractura, y también coincide con el trabajo de Park en el 2007,<sup>61</sup> que publicó que el riesgo de re fractura por falta de consolidación completa era mayor en los cinco meses posterior a la fractura.

Así mismo, se puede considerar como válida la recomendación del trabajo de Volpat<sup>83</sup>, que sugiere extender la protección de la extremidad hasta obtener consolidación radiológica completa, y prevenir actividades deportivas por cuatro semanas después del retiro del yeso, porque la mayoría de re fracturas en ese centro se presentaron en las primeras 14 semanas.

En este trabajo se reconocen algunas limitaciones. La principal, en este estudio de tipo cohorte retrospectivo, es la falta de una adecuada codificación de los diagnósticos, por lo que la búsqueda de datos es difícil, y hay un sesgo entre el número de pacientes que realmente se atendió y los que se pudo obtener. Además, la dificultad para obtener expedientes completos, ya que según el médico tratante, así van a ser las notas de la atención, y al no haber un protocolo estandarizado, en muchos de los casos se tuvo que omitir pacientes, ya que las variables en estudio no se encontraban especificadas como parte de la historia clínica.

Otro punto es, que no se puede garantizar que todos los pacientes que no entraron en el grupo de re fracturas realmente no tuvieron una, ya que pudieron haber sido atendidos en algún centro médico privado o público que contara con ortopedista, sin necesidad de reportar el incidente a nuestro hospital si ya habían sido dados de alta.

Finalmente, al ser un estudio retrospectivo, no hay grupo control, por lo que la estratificación de riesgo de re fractura con las variables analizadas carece de grupo comparativo.

## V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Del presente trabajo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- No se logró comprobar asociación entre el tiempo de inmovilización, la edad, lateralidad o el sexo de los pacientes como factores influyentes en el riesgo de re fractura.
- No se cumple un protocolo de valoración y/o tratamiento de las fracturas radio ulnares diafisiarias, ni una guía sistemática para la confección de notas en los expedientes, mediciones radiológicas o examen físico.
- La tasa de re fractura para el Hospital Nacional de Niños entre el 2008 y el 2016 fue de 15,06%, siete por ciento por encima de lo reportado en la literatura revisada con incidencia más alta.
- Los pacientes que recibieron manejo conservador tuvieron 8,9% más re fracturas que los tratados quirúrgicamente desde un inicio.
- El principal mecanismo de trauma tanto para las fracturas como para las re fracturas es la caída simple, siendo las primeras 12 semanas el período de tiempo donde hubo mayor cantidad de refracturas por unidad de tiempo.

## 5.2 Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones que se pueden dar al finalizar este proyecto, están:

1. Adecuar la recopilación de datos, tratando de ajustar los diagnósticos de los pacientes lo más fielmente posible a las opciones utilizadas por estadística.
2. Implementar un protocolo o esquema para que las notas médicas sean más estandarizadas, y que cumplan requisitos mínimos de información respecto a datos demográficos, mediciones radiológicas y examen físico.
3. Valorar la posibilidad de realizar un estudio en el que se analicen los valores radiográficos y clínicos de los pacientes con fracturas radio ulnares diafisiarias, que pudieran ser predisponentes para re fractura.
4. Mejorar la educación que se le brinda a los pacientes sobre los cuidados en el tiempo posterior al retiro de la inmovilización, retrasar la re incorporación a actividades deportivas y mejorar la protección de la extremidad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Amit Y, Salai M, Chechik A, et al. Closing intramedullary nailing for the treatment of diaphyseal forearm fractures in adolescence: a preliminary report. *J Pediatr Orthop.* 1985;5:143–146.
2. Arkin A.M, Katz J.F: The effects of pressure on epiphyseal growth; the mechanism of pasticity of growing bone. *J bone Joint Surg Am.* 1956. 38-A(5):1056-1076
3. Arslan H, Subasy M, Kesemenli C, et al. Occurrence and treatment of nonunion in long bone fractures in children. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2002;122:494-498.
4. Asadollahi S., Pournali M., Heidari K.: Predictive factors for re-displacement in diaphyseal forearm fractures in children—role of radiographic indices, *Acta Orthopaedica* 2016
5. Assabah B., Bégin M., Laemmel E., Dos Santos A., Crézé M.: Pronation and supination of the hand: Anatomy and biomechanics *Hand Surgery and Rehabilitation.*2016:30
6. Ballock R.T., O’Keefe: The biology of the growth plate. *J Bone Joint Surg AM.* 2003: 85-A (4):715-726
7. Beaty J.H.: Orthopaedic knowledge update. Vol 6 1996. American Academy of Orthopaedic Surgeons Rosemont,III.
8. Blakemore L, Cooperman DR, Thompson GH, et al. Compartment syndrome in ipsilateral humerus and forearm fractures in children. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;376:32–38
9. Blount W.: Fractures in children. 1955 Williams & Wilkins Baltimore.
10. Blount W.P., Schaefer A.A., Johnson J.H. Fractures of the forearm in children. *JAMA.* 1942;120:11–16
11. Bochang C, Katz K, Weigl D, Jie Y, Zhigang W, Bar-On E. Are frequent radiographs necessary in the management of closed forearm fractures in children? *Journal of Child Orthopaedics* 2008;2:217–20
12. Bould M, Bannister GC. Refractures of the radius and ulna in children. *Injury.* 1999;30:583–586
13. Brighton C.T.: The growth plate and its dysfunctions. *Instr Course Lect.*36:3-25 1987.
14. Buckwalter J.A., Einhorn T.A., Simon S.R.: Orthopaedic basic science. 2000 American Academy of Orthopaedic Surgeons Rosemont, IL 377-381.

15. Bucholz R., Hackman J. 2007. Rockwood & Green's; Fracturas del Adulto. España. Marban Libros. (2): 1109-2302
16. Canale T., Beaty J.; 2008. Campbell's Operative Orthopedics'. 11ed. Mosby Elsevier. (3)11: 2353-3632.
17. Cullen R., Giza E, et al.: Complications of intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. J Pediatr Orthop. 1998;18:14–21.
18. Cumming D, Mfula N, Jones JW. Paediatric forearm fractures: the increasing use of elastic stable intra-medullary nails. Int Orthop.2008;32:421–423
19. Daruwalla JS. A study of radioulnar movements following fractures of the forearm in children. Clin Orthop. 1979;139:114–120
20. Davids J.R: Rotational deformity and remodeling after fracture of the femur in children. Clin Orthop Relat Res. 302:27-35 1994.
21. Einhorn T.A.: Enhancement of fracture –Healing. J Bone Joint Surg Am. 1995;77(6): 940-956.
22. Felipe G, Dupont JY, Carlouz H. Recurrent fractures of both bones of the forearm in children. Chir Pediatr. 1979;20:421–426..
23. Fernandez FF, Eberhardt O, Langendorfer M, Wirth T. Nonunion of forearm shaft fractures in children after intramedullary nailing. Journal of Pediatric Orthopaedics Part B 2009;18:289–95.
24. Fiala M, Carey TP. Paediatric forearm fractures: an analysis of refracture rate. Orthop Trans. 1994-1995;18:1265–1266.
25. Flynn J.M., Jones K.J., Garner M.R., Goebel J.; Eleven Years Experience in the Operative Management of Pediatric Forearm Fractures. J Pediatr Orthop. 2010;30 (4)June.
26. G.S. Beaupre, J.J. Csongradi, Refracture rates after plate removal in the forearm, J. Orthop. Trauma 1996;10:87-92.
27. Gogola GR. Pediatric humeral condyle fractures. Hand Clin. 2006;22: 77Y85.
28. Greenbaum B, Zionts LE, Ebramzadeh E. Open fractures of the forearm in children. J Orthop Trauma 2001; 15:111–118.
29. Hareisont J.S., Stevenson M., Lipert J.R: Forearm fractures in children. Aust. N.Z. J. Surg, 1978;48 (1) Feb.

30. Heiner D.E, Meyer M.H., Frick S.L., et al.:Gene expression during fracture healing in rats comparing intramedullary fixation to plate fixation by DNA microarray. *J Orthop Trauma.* 20(1):27-38 2006
31. Ho C.A., Jarvis D.L., Phelps J.R., Wilson P.L.: Delayed union in internal fixation of pediatric bothbone forearm fractures, *J. Pediatr. Orthop. B* 2013. 22;383-387
32. Jubel A, Andermahr J, Isenberg J, et al. Outcomes and complications of elastic stable intramedullary nailing for forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop B.* 2005;14:375–380.
33. Kang SN, Mangwani J, Ramachandran M, et al. Elastic intramedullary nailing of paediatric fractures of the forearm: a decade of experience in a teaching hospital in the United Kingdom. *J Bone.*
34. Kapoor V., Theruvil B., et al.: Flexible intramedullary nailing of displaced diaphyseal forearm fractures in Injury, *Int. J. Care Injured* (2005) 36, 1221—1225
35. Karsenty G.: The complexities of skeletal biology. *Nature* 15.423(6937):316-318 2003
36. Kay S, Smith C, Oppenheim W. Both-bone midshaft forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1986;6:306–310.
37. Keith Baldwin K., Morrison M., et al.: Both Bone Forearm Fractures in Children and Adolescents, Which Fixation Strategy Is Superior, Plates or Nails? A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies *J Orthop Trauma.* 2014; 28(1), January
38. Kravel T, Sher-Lurie N, Ganel A. Extensor pollicis longus rupture after fixation of radius and ulna fracture with titanium elastic nail (TEN) in a Child: a case report. *J Trauma.* 2007;63: 1169–1170.
39. Kruppa C., Bunge P., et al.: Low complication rate of elastic stable intramedullary nailing (ESIN) of pediatric forearm fractures A retrospective study of 202 cases. *Medicine* 2017; 96:16
40. Lamp M.L., Veldhuis J.L, Johnson M.L.: Saltation and stasis: a model of human growth. *Science.* 258(5083)801-803.
41. Langkamer VG, Ackroyd CE. Removal of forearm plates. A review of the complications. *J Bone Joint Surg Br* 1990;72(4):601-4.
42. Lascombes P, Haumont T, Journeau P. Use and abuse of flexible intramedullary nailing in children and adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2006;26:827-834.



43. Lee S, Nicol RO, Stott NS. Intramedullary fixation for pediatric unstable forearm fractures. *Clin Orthop*. 2002;402:245–250.
44. Lewallen R, Petersen HA. Nonunion of long bone fractures in children: a review of 30 cases. *J Pediatr Orthop*. 1985;5:135-142.
45. Lieber J., Joeris A., Knorr P., et al. ESIN in forearm fractures: clear indications, often used, but some avoidable complications. *Eur J Trauma*. 2004;31:3-11.
46. Lindley B.: Staying Out of Trouble Performing Intramedullary Nailing of Forearm Fractures. *Pediatr Orthop*. 2016;36(4) June.
47. Litton LO, Adler F. Refracture of the forearm in children: a frequent complication. *J Trauma*. 1963;3:41–51.
48. Luhmann SJ, Gordon JE, Schoenecker PL. Intramedullary fixation of unstable both-bone forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 1998;18:451–456.
49. Martus J.E., Preston R.K, et al.: Complications and Outcomes of Diaphyseal Forearm Fracture Intramedullary Nailing: A Comparison of Pediatric and Adolescent Age Groups *J Pediatr Orthop* 2013;33:598–607
50. Mehlman C.T.: Non-operative treatment of both-bone forearm shaft fractures in children: Predictors of early radiographic failure, *J Pediatr Orthop*. 2011 ; 31(1): 23–32
51. Mencia I., Gregory A, Swiontkowski M.; 2015 *Skeletal trauma in children*. 5 Ed. Elseiver.
52. Moore K.; 2013. *Embriología Clínica 9ª Edición*. Elseiver.
53. Morrey B, Askew L, Chao E. A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg Am*. 1981;63:872–877.
54. Nagy I., Jankauskas I., Dumont C.E. Correction of forearm malunion guided by the preoperative complaint. *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466:1419-28.
55. Nielsen A.B., Simonsen O.: Displaced forearm fractures in children treated with AO plates. *Injury*. 1984;15:393–396.
56. Noonan K.J., Farnum C.E., Leiferman E.M, et al: Growing pains: are they due to increased growth during recubency as documented in a lamb model?. *J Pediatr Orthop*. 24(6):726-731 2004.
57. Ogden J.A.: *Anatomy and physiology of skeletal development. Skeletal injury in the child*. 2000 Springer New York 1-37

58. Ogden J.A: Injury to the growth mechanism of the immature skeleton. *Skeletal Radiol.* 6(4):237-253 1981
59. Ogonda L, Wong-Chung J, Wray R, Canavan B. Delayed union and non-union of the ulna following intramedullary nailing in children. *Journal of Pediatric Orthopaedics Part B* 2004;13:330–3.
60. Omokawa et al. A Biomechanical Perspective on Distal Radioulnar Joint Instability. *Journal of Wrist Surgery.* February 27, 2017. ISSN 2163-3916.
61. Park HW, Yang IH, Joo SY, et al. Refractures of the upper extremity in children. *Yonsei Medical J.* 2007;48:255–260
62. Perren S.M: Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br.* 84(8):1093-1110 2002
63. Prevot J, Lascombes P, Guichet JM. Elastic stable intramedullary nailing for forearm fractures in children and adolescents. *Orthop Trans.* 1996;20:305
64. Prince C.T, Knapp D. R. Osteotomy for malunited forearm shaft fractures in children. *J Pediatr Orthop* 2006; 26:193-6.
65. Raiss P, Rettig O, Wolf S, et al. Range of motion of shoulder and elbow in activities of daily life in 3D motion analysis. *Z Orthop Unfall.* 2007;145:493–498.
66. Reinhardt K.R., Feldman D.S., et al.: Comparison of intramedullary nailing to plating for both-bone forearm fractures in older children, *J. Pediatr. Orthop.* 2008;28:403-409.
67. Richter D, Ostermann P, Ekkernkamp A, et al. Elastic intramedullary nailing: a minimally invasive concept in the treatment of unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1998;18:457–461.
68. Rosson J.W., Shearer J.R.: Refracture after the removal of plates from the forearm. An avoidable complication, *J. Bone Jt. Surg. Br.* 1991;73:415-417.
69. Safae-Rad R, Shwedyk E, Quanbury AO, et al. Normal functional range of motion of upper limb joints during performance of three feeding activities. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71:505–509.
70. Sardelli M, Tashjian RZ, MacWilliams BA. Functional elbow range of motion for contemporary tasks. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:471–477.

71. Schmittenebecher P., Guido F., et al.; Delayed Healing of Forearm Shaft Fractures in Children After Intramedullary Nailing. *J Pediatr Orthop*. 2008;28:April/May.
72. Schmuck T, Altermatt S, Buchler P, et al. Greenstick fractures of the middle third of the forearm. A prospective multi-centre study. *Eur J Pediatr Surg* 2010;20:316-20.
73. Schwarz N, Pienaar S, Schwarz AF, Jelen M, Styhler W, Mayr J. Refracture of the forearm in children. *Journal of Bone and Joint Surgery British Volume* 1996;78: 740–4.
74. Sinikumpu J., 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, Int. J. Care Injured*. 2013;44: 431–436.
75. Smith VA, Goodman HJ, Strongwater A, et al. Treatment of pediatric both-bone forearm fractures: a comparison of operative techniques. *J Pediatr Orthop*. 2005;25:309–313.
76. Snell R.; 2002. *Anatomía Clínica de Snell para estudiantes de medicina*. 6ed. Mexico. McGraw-Hill.
77. Stern PJ, Drury WJ. Complications of plate fixation of forearm fractures. *Clin Orthop* 1983;175:25-9.
78. Tarr R, Garfinkel A, Sarmiento A. The effects of angular and rotational deformities of both bones of the forearm. An in vitro. *J Bone Joint Surg [Am]*. 1984;66:65–70.
79. Thomas FB. Precise plaster wedging: fracture-angle/cast-diameter ratio. *Br Med J*. 1965;2:921.
80. Tisosky A.J., et al. The Factors Influencing the Refracture of Pediatric Forearms. *J Pediatr Orthop* 2015;35:677–681
81. Verstreken L, Delronge G, Lamoureux J. Shaft forearm fractures in children: intramedullary nailing with immediate motion: a preliminary report. *J Pediatr Orthop*. 1988;8:450–453.
82. Vince KG, Miller JE. Cross-union complicating fracture of the forearm. Part II: children. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69:654–661.
83. Vopat M.L., Kane P.M, et al. Treatment of diaphyseal forearm fractures in children, *Orthopedic Reviews* 2014; 6:5325
84. Voto SJ, Weiner DS, Leighley B. Use of pins and plaster in the treatment of unstable pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*. 1990;10:85–89.

85. Wei S.Y., Born C.T., et al.: Diaphyseal forearm fractures treated with and without bone graft, *J. Trauma* 46. 1999
86. Weinberg A., Kasten P, Castellani C, et al. Which axial deviation results in limitations of pro- and supination following diaphyseal lower arm fractures in children. *Eur J Trauma.* 2001;27.
87. Wilkins K.E. Principles of fracture remodeling in children. *Injury* 2005; 36(suppl):S3-S11 Nagy I., Jankauskas I., Dumont C.E. Correction of forearm malunion guided by the preoperative complaint. *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466:1419-28.
88. Wilson JC Jr, Krueger JC. Fractures of the proximal and middle thirds of the radius and ulna in children. Study of end results with analysis of treatment and complications. *Am J Surg.* 1966;112: 326–332.
89. Wolf et al. *Green’s Operative Hand Surgery.* 7Ed. 2017. Elseiver.
90. Wright R.R., Schmeling G.J., Schwab J.P., The necessity of acute bone grafting in diaphyseal forearm fractures: a retrospective review, *J. Orthop. Trauma* 1997;11:288-294.
91. Wright TW, Glowczewskie F. Vascular anatomy of the ulna. *Journal of Hand Surgery American Volume* 1998;23:800–4.
92. Wyrsh B, Mencio GA, Green NE. Open reduction internal fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop.* 1996;16:644–650.
93. Yuan P, Pring ME, Gaynor TP, et al. Compartment syndrome following intramedullary fixation of pediatric forearm fractures.*J Pediatr Orthop.* 2004;24:370–374.
94. Baitner AC, Perry A, Lalonde FD, et al. The healing forearm fracture: a matched comparison of forearm refractures. *J Pediatr Orthop.* 2007;27:743–747.