

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**



**INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**AREA ACADEMICA DE MEDICINA**

**SECRETARIA DE SALUD**



**HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD DE IXTAPALUCA**

**PROYECTO TERMINAL**

**“COMPARACIÓN FUNCIONAL Y RESULTADOS POSTQUIRÚRGICOS  
EN EL USO DE CLAVILLOS CENTROMEDULARES VS CRUZADOS EN  
FRACTURAS DIAFISIARIAS DE ANTEBRAZO EN NIÑOS”**

**PARA OBTENER EL DIPLOMA EN ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA**

**QUE PRESENTA EL MÉDICO CIRUJANO**

**GABRIEL CORRAL SÁNCHEZ**

**ASESORES DEL PROYECTO TERMINAL**

**M.C. ESP. MARISOL CUAN CONTRERAS**

**ASESORA CLÍNICA**

**M.C. ESP. RODOLFO PINTO ALMAZÁN**

**ASESOR METODOLÓGICO**

**PACHUCA DE SOTO, HGO., NOVIEMBRE DEL 2019**

De acuerdo con el artículo 77 del Reglamento General de Estudios de Posgrado vigente, el jurado de examen recepcional designado, autoriza para su impresión el Proyecto Terminal titulado

**"COMPARACIÓN FUNCIONAL Y RESULTADOS POSTQUIRÚRGICOS EN EL USO DE CLAVILLOS CENTROMEDULARES VS CRUZADOS EN FRACTURAS DIAFISIARIAS DE ANTEBRAZO EN NIÑOS"**

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE "ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA", QUE SUSTENTA EL MEDICO CIRUJANO:

**GABRIEL CORRAL SÁNCHEZ**

PACHUCA DE SOTO HIDALGO, NOVIEMBRE DEL 2019

POR LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

M.C. ESP. ADRIÁN MOYA ESCALERA  
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA SALUD

M.C. ESP. LUIS CARLOS ROMERO QUEZADA  
JEFE DEL ÁREA ACADÉMICA DE MEDICINA

M.C. ESP. Y SUB ESP. MARÍA TERESA SOSA LOZADA  
COORDINADORA DE ESPECIALIDADES MÉDICAS

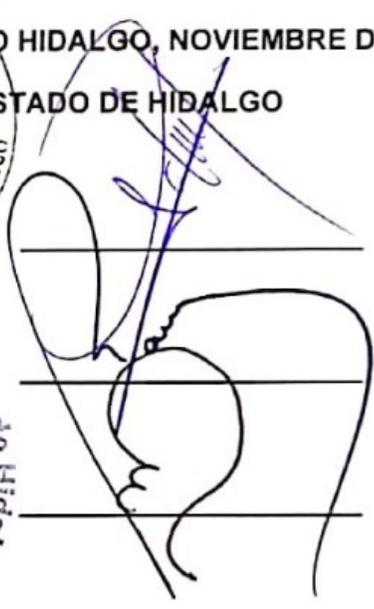
POR EL HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD DE IXTAPALUCA

M.C. ESP. ALMA ROSA SÁNCHEZ CONEJO  
DIRECTORA DEL HOSPITAL REGIONAL DE  
ALTA ESPECIALIDAD DE IXTAPALUCA

M.C. ESP. GUSTAVO ACOSTA ALTAMIRANO  
DIRECTOR DE PLANEACION,  
ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

M.C. ESP. MARISOL CUAN CONTRERAS  
PROFESORA TITULAR DE LA ESPECIALIDAD  
DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA  
ASESORA CLINICA

DR. EN C. RODOLFO PINTO ALMAZÁN  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOMÉDICAS  
ASESOR METODOLOGICO



DIRECCIÓN MÉDICA

FECHA:

De acuerdo con el artículo 77 del Reglamento General de Estudios de Posgrado vigente, el jurado de examen recepcional designado, autoriza para su impresión el Proyecto Terminal titulado

**“COMPARACIÓN FUNCIONAL Y RESULTADOS POSTQUIRÚRGICOS EN EL USO DE CLAVILLOS CENTROMEDULARES VS CRUZADOS EN FRACTURAS DIAFISIARIAS DE ANTEBRAZO EN NIÑOS”**

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE “ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA”, QUE SUSTENTA EL MEDICO CIRUJANO:

**GABRIEL CORRAL SÁNCHEZ**

**PACHUCA DE SOTO HIDALGO, NOVIEMBRE DEL 2019**

**POR LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

M.C. ESP. ADRIÁN MOYA ESCALERA  
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA SALUD

\_\_\_\_\_

M.C. ESP. LUIS CARLOS ROMERO QUEZADA  
JEFE DEL ÁREA ACADEMICA DE MEDICINA

\_\_\_\_\_

M.C. ESP. Y SUB ESP. MARÍA TERESA SOSA LOZADA  
COORDINADORA DE ESPECIALIDADES MÉDICAS

\_\_\_\_\_

**POR EL HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD DE IXTAPALUCA**

M.C. ESP. ALMA ROSA SÁNCHEZ CONEJO  
DIRECTORA DEL HOSPITAL REGIONAL DE  
ALTA ESPECIALIDAD DE IXTAPALUCA

\_\_\_\_\_

M.C. ESP. GUSTAVO ACOSTA ALTAMIRANO  
DIRECTOR DE PLANEACION,  
ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

\_\_\_\_\_

M.C. ESP. MARISOL CUAN CONTRERAS  
PROFESORA TITULAR DE LA ESPECIALIDAD  
DE ORTOPEdia Y TRAUMATOLOGIA  
ASESORA CLINICA

\_\_\_\_\_

DR. EN C. RODOLFO PINTO ALMAZÁN  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOMÉDICAS  
ASESOR METODOLOGICO

\_\_\_\_\_



**SALUD**  
SECRETARÍA DE SALUD



**2019**  
EMILIANO ZAPATA

Hospital Regional de Alta  
Especialidad de Ixtapaluca  
DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN,  
ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

Ixtapaluca, Estado de México a 17 de Diciembre del 2019

**Asunto:** Se autoriza impresión de Proyecto Terminal.

**DR. GABRIEL CORRAL SÁNCHEZ**  
**R4 ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA**

**PRESENTE**

Me es grato comunicarle que se ha analizado el informe final del estudio **“COMPARACIÓN FUNCIONAL Y RESULTADOS POSTQUIRÚRGICOS EN EL USO DE CLAVILLOS CENTROMEDULARES VS CRUZADOS EN FRACTURAS DIAFISIARIAS DE ANTEBRAZO EN NIÑOS”** el cual cumple con los requisitos establecidos por el Comité de Investigación del Hospital Regional de Alta Especialidad Ixtapaluca, por lo que se autoriza la impresión del Proyecto Terminal.

**ATENTAMENTE**  
**DIRECTOR DE PLANEACIÓN, ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN**  
**HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD IXTAPALUCA**

**DR. EN CIENCIAS GUSTAVO ACOSTA ALTAMIRANO**



C.p. M.C. ESP. DRA. MARISOL CUAN CONTRERAS. - PROFESORA TITULAR DE LA ESPECIALIDAD DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA - HRAEI.  
DR. EN C. RODOLFO PINTO ALMAZÁN. - ASESOR METODOLÓGICO DEL PROYECTO TERMINAL - HRAEI  
GAA/vsl

## AGRADECIMIENTOS

A través de este proyecto terminal quiero extender mis agradecimientos a todos mis compañeros de generación durante la residencia, a todos los compañeros médicos de diferentes servicios, enfermeros y personal del hospital que hicieron posible y tan grato el curso de especialidad en el Hospital Regional de Alta Especialidad Ixtapaluca. También así agradezco a todos los médicos adscritos quienes han logrado transmitir muchas de sus enseñanzas durante este corto tiempo.

Quiero agradecer a quienes han permitido el desarrollo de la habilidad quirúrgica de nuestra generación de residentes, en específico al Dr. Roberto Renan Albavera Gutiérrez, al Dr. José Miguel López Santana, a la Dra. Cecilia Henríquez Avalos, a la Dra. Marisol Cuan Contreras, al Dr. Aroldo Hernández López, al Dr. Diego Martín de la Torre González, al Dr. Eduardo Antonio Romero y al Dr. Carlos García.

Quiero aprovechar para mencionar mi admiración y agradecimiento por los médicos adscritos de diferentes instituciones por los cuales llevé a cabo rotaciones como Cirugía de Cadera en el Hospital General Xoco, Traumatología pediátrica en el Hospital Pediátrico San Juan de Aragón, Ortopedia pediátrica en Hospital Shriners para niños, Cirugía de Mano en el Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío y Cirugía de Cadera en Clínica CEMTRO.

Quiero agradecer a mi asesor metodológico el Dr. Rodolfo Pinto Almazán por su ayuda desinteresada y atención.

Por último, quiero agradecer a mi familia, quienes son mi pilar y sin quienes no hubiera sido posible mi realización. Y gracias a mi mejor amigo Daniel Tafoya quien me ha ayudado a superar cualquier reto durante la residencia.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>Acta de revisión</b>	<b>2</b>
<b>Oficio de impresión del HRAEI</b>	<b>3</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>4</b>
<b>Índice</b>	<b>5</b>
<b>Resumen</b>	<b>6</b>
<b>Introducción</b>	<b>7</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>10</b>
<b>Justificación</b>	<b>14</b>
<b>Objetivos</b>	<b>15</b>
<b>Planteamiento del problema</b>	<b>16</b>
<b>Hipótesis</b>	<b>16</b>
<b>Material y métodos</b>	<b>17</b>
<b>Marco teórico</b>	<b>18</b>
<b>Aspectos éticos</b>	<b>21</b>
<b>Resultados</b>	<b>22</b>
<b>Discusión</b>	<b>26</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>29</b>
<b>Recomendaciones y sugerencias</b>	<b>30</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>30</b>
<b>Cronograma de actividades</b>	<b>42</b>

## RESUMEN

Las fracturas de antebrazo en niños son una de las primeras causas por las cuales se solicita valoración por Ortopedia y Traumatología en el servicio de Urgencias.

En el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca realizamos este estudio retrospectivo, de cohorte, descriptivo y observacional de 19 pacientes de 2 a 15 años en quienes se intervino con dos diferentes modalidades de colocación de clavillos de Kirschner como tratamiento quirúrgico posterior a una fractura diafisaria de antebrazo.

Se realizó una revisión de las historias clínicas, se realizó una medición y desplazamiento de las radiografías pre y postquirúrgicas. Se registraron las variables demográficas, desplazamiento y angulación preoperatoria de la fractura, así como a la consolidación de la fractura, tipo de técnica quirúrgica, permanencia del material, tipo y duración de férula de protección, seguimiento, arcos de movilidad en la última consulta y las complicaciones. Arcos de movilidad del codo y antebrazo mediante goniometría, así como su evaluación funcional con la escala de Price et al

De 19 pacientes, Ocho pacientes (42.1%) requirieron de reducción abierta; los otros 11 (57.89%) fueron tratados con técnica cerrada. El seguimiento fue en promedio de 6 meses. Los resultados de acuerdo con la clasificación de Price fueron Excelente en 12 pacientes (63.15%), Bueno en 5 pacientes (26.31%), Decente en 1 (5.26%) y Pobre en 1 (5.26%). El promedio de inmovilización posterior a la cirugía fue de 6.15 semanas y el material de osteosíntesis fue retirado en la consulta correspondiente a la sexta semana. Un (5.26%) paciente presentó una infección superficial en la piel donde se realizó una reducción abierta y colocación de clavillos cruzados y un paciente (5.26%) presentó una refractura en el tratamiento con clavillo centromedular.

En conclusión, los pacientes tratados con clavillos centromedulares presentaron menor probabilidad de requerir reducción abierta, mayor corrección de angulación y desplazamiento, así como mejor resultado en la escala funcional.

## INTRODUCCIÓN

### Fracturas diafisarias de Radio y Cubito

Las lesiones diafisarias del radio y el cubito representan una de las razones más comunes por la cual los niños reciben atención por un ortopedista<sup>1,2,3</sup> y es una de las más exigentes para un ortopedista debido a la complejidad del tratamiento y el riesgo de complicaciones.<sup>4,5,6</sup> Debido a diferentes razones en su tratamiento y pronóstico, las fracturas del vástago de antebrazo se consideran clínicamente distintas a las fracturas del tercio distal (fracturas metafisarias y fracturas fisiarias) y proximal (fracturas del cuello de radio y fracturas fisiarias) de los mismos huesos.<sup>7,8,9,10,11,12</sup> Muchas lesiones diafisarias en niños son tratadas de manera exitosa con cuidados conservadores,<sup>13,14,15</sup> pero esta opción es propensa a que continúen ocurriendo fallas a pesar de las buenas intenciones ortopédicas.<sup>16</sup> La atención con reducción, férula/aparato de yeso moldeado, remanipulación, recolocación de aparato de yeso moldeado, así como el tratamiento para el retardo en la consolidación, consolidación en posición viciosa, y refractura deben ser perfeccionadas.

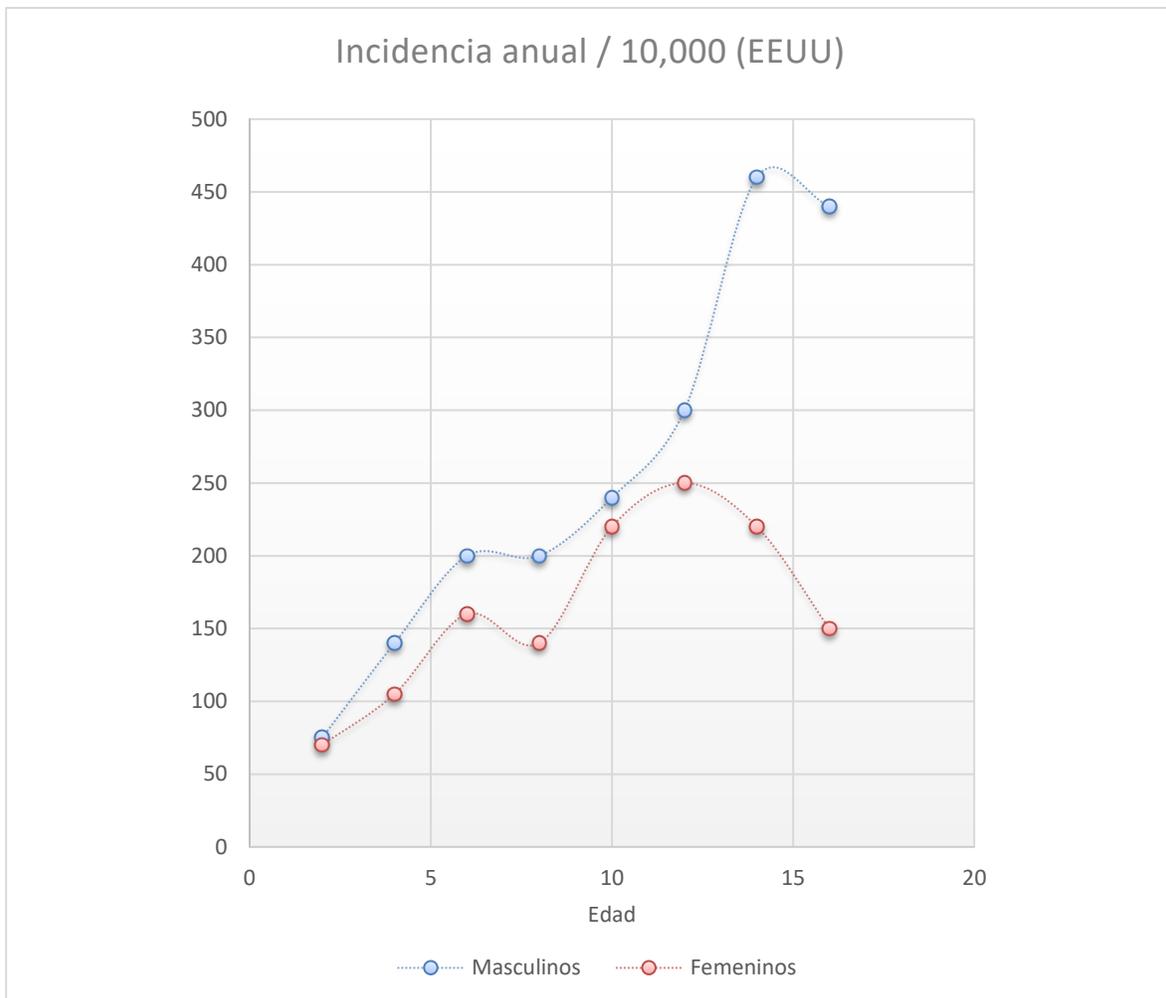
### Tratamiento actual

En los últimos 10 años, ha habido un incremento dramático en la fijación quirúrgica de las fracturas diafisarias de antebrazo,<sup>17,18</sup> principalmente con clavillos elásticos.<sup>19</sup> Las fracturas diafisarias del antebrazo también son la causa más común de atención quirúrgica en el antebrazo en niños.<sup>1,20</sup> Por esto, es muy importante para los cirujanos ortopedistas que tratan niños manejar habilidosamente los aspectos cognitivos y técnicos de ambos tratamientos quirúrgico y conservador para lesiones del vástago del radio y el cúbito.

### Factores de riesgo

El riesgo es un concepto central en epidemiología clínica.<sup>21</sup> Se ha demostrado que el riesgo global de fractura en niños aumenta lentamente para ambos masculinos y femeninos hasta la edad de 11 y 12 años, y después desciende

para las mujeres y continúa aumentando para los masculinos.<sup>22</sup> (Gráfica 1). La diferencia de este riesgo es claramente ilustrada por el hecho de que los masculinos de 13 años o más tienen el doble de incidencia de fracturas que los femeninos de la misma edad.<sup>22</sup> Las fracturas de antebrazo han sido reportadas como la fractura pediátrica más común asociada a uso de trampolín<sup>23</sup> y la segunda más común (después de las fracturas supracondíleas de húmero) asociada a pasamanos.<sup>24</sup> Empleando una base de datos nacional de Estados Unidos, se encontró que la fractura de extremidad torácica más común, que se encuentra en el grupo demográfico de niños de 14 años o menos, se trata de la fractura de radio y cubito con una incidencia cercana de 1 en 100.<sup>2,33</sup> Dos grupos de investigadores han evaluado recientemente la relación entre la densidad mineral ósea y las fracturas de antebrazo en niños. Usando escáneres de absorciometría dual de rayos X, en Suiza se estudiaron prospectivamente 50 adolescentes presentándose con su primera fractura de antebrazo y 50 controles sanos y no encontraron diferencias significativas entre los grupos.<sup>25</sup> Estos mismos autores sugieren que las fracturas de antebrazo en adolescentes no parecen relacionarse con osteopenia.<sup>25</sup> Sin embargo, se estudiaron niños afroamericanos (de 5 a 9 años de edad) en Washington, DC y encontraron que aquellos quienes sufrieron fracturas de antebrazo demostraron menor densidad mineral ósea y menores niveles de vitamina D.<sup>26</sup> Por lo tanto, es prudente recabar la historia de ingesta de calcio en los pacientes con fractura de antebrazo.



Gráfica 1.- Incidencia anual de fracturas en niños.<sup>22</sup>

Landin LA. Epidemiology of children's fractures. *J Pediatr Orthop B.* 1997;6(2):79–83)

## Epidemiología

Los estudios más grandes que distinguen las fracturas de radio distal de las fracturas del vástago de antebrazo indican que en general, las lesiones de la diáfisis radial son la tercera más común en la niñez (después de la fractura de radio distal y la fractura supracondílea de húmero).<sup>1</sup> Las fracturas expuestas en niños son más comúnmente de la diáfisis del radio y cubito o fracturas de diafisarias de tibia.<sup>1</sup> Dentro de las fracturas pediátricas, la lesión del vástago de antebrazo es el sitio de refractura más común.<sup>22</sup> Las fracturas del vástago de antebrazo han demostrado ocurrir más comúnmente en el grupo de 12 a 16 años de edad, el cual representa

un reto para el tratamiento.<sup>1</sup> Se ha demostrado que la incidencia de fracturas de vástago de antebrazo en edad escolar (más de 5 años) es más del doble que en infantes (1.5 a 5 años).<sup>27</sup> La edad también puede tener un efecto en la severidad de la lesión. Muchos médicos experimentados han señalado el aumento en la dificultad del tratamiento conforme la fractura se encuentra a un nivel más proximal,<sup>7,8,11,12,28</sup> las fracturas más proximales ocurren en pacientes de mayor edad.<sup>7</sup>

## **ANTECEDENTES**

### **Factores predisponentes**

En total, el 26% de las fracturas de mano y antebrazo que se presentan en el servicio de urgencias se encuentran en el rango de edad de 5 a 14 años. Dentro de este grupo, las fracturas de radio y cúbito son más comunes que las fracturas de carpo, metacarpo y de falange juntas.<sup>2</sup> Dentro de esta población, los niños tienden a sufrir más de fracturas que las niñas, aunque no en los menores de 2 años, los niños son 5.5 veces más propensos a fracturarse que las niñas en la población adolescente (12-16 años).<sup>29</sup> Debido a esto es vital comprender el manejo no sólo para los ortopedistas, sino también para los pediatras.

### **Incidencia**

El antebrazo puede ser dividido en tercios, donde la incidencia se distribuye de manera desigual. Se estima que el 74% - 85% de las fracturas ocurre en el tercio distal, el 15% - 18% en el tercio medio y el 1% - 7% en el tercio proximal.<sup>30</sup> Las fracturas en el radio distal son abrumadoramente más comunes, tanto que puede representar un cuarto de las fracturas en niños.<sup>1,29,31,32</sup> Esto conlleva una incidencia alta estimada a afectar 1 niño de cada 100 durante los 3 a 15 años.<sup>33</sup> Estas fracturas se encuentran en aumento debido al incremento en la participación de deportes y a la obesidad en la infancia.<sup>31,34</sup>

## **Clasificación**

En el antebrazo, las fracturas de radio y cubito distales se clasifican por su proximidad con la fisis. Las fracturas que incluyen la fisis se clasifican por el sistema Salter-Harris, donde las fracturas metafisiarias incluyen fractura en botón (o torus), incompletas (o en rama verde), y fracturas completas. La fractura de la fisis, aunque menos común que la metafisiaria, tiende a ser Salter-Harris tipo II.<sup>35</sup> Para las de la metafisis, las fracturas en botón son las más comunes.<sup>36</sup> Una serie de 300 fracturas metafisiarias en niños por debajo de 16 años encontró que 75% fueron en botón y 22% en rama verde.<sup>36</sup> Las fracturas fisiarias y completas se vuelven más comunes en mayores de 10 años y adolescentes respectivamente.<sup>37</sup>

## **Tratamiento**

Las fracturas de antebrazo son una lesión común vista en niños.<sup>38,39,40</sup> La mayoría de los niños con fracturas de antebrazo son adecuadamente tratados usando una reducción manual cerrada y una inmovilización con aparato de yeso. El tratamiento quirúrgico se reserva para las reducciones difíciles e inestables en niños mayores.<sup>41,42</sup> Los clavos centromedulares elásticos estables (CCEE) son adecuados para el tratamiento de las fracturas diafisiarias de huesos largos en niños.<sup>43,44</sup> Aunque los CCEE se usan ampliamente en las fracturas de antebrazo, ocasionalmente ocurren las refracturas con una incidencia reportada de aproximadamente 5%.<sup>45,46,47,48</sup>

La incidencia de las fracturas de antebrazo ha incrementado en las últimas décadas y representa del 10-15% de todas las fracturas en niños.<sup>49</sup> La mayoría de las fracturas en niños pueden ser tratadas de manera conservadora con resultados a largo plazo excelentes.<sup>5,17,49,50,51,52,53,54</sup> Aunque las fracturas multifragmentadas, inestables, expuestas o con lesión importante a tejidos blandos justifican el tratamiento quirúrgico.<sup>55,56,57,58</sup> Actualmente el CCEE es el estándar de oro para el tratamiento quirúrgico de las fracturas diafisiarias de antebrazo.<sup>40,59,60,61</sup> Comparado con la reducción abierta y la fijación con placa, el CCEE es menos traumático y

resulta en mejor cosmesis.<sup>62,63</sup> Demuestra un índice de unión igual de bueno e igual de factible cuando se requiere de reducción abierta.<sup>42,49,64</sup>

## **Complicaciones**

Algunos estudios han investigado los factores contribuyentes de las refracturas de antebrazo, incluyendo el retiro temprano de la inmovilización y la unión incompleta.<sup>46</sup> La localización de la fractura inicial, la fractura en rama verde, y la angulación residual han sido investigadas en algunos estudios, pero su relación continua poco clara.<sup>45</sup> Aunque el 18% de las fracturas iniciales son localizadas en el tercio medio, la mayoría de las refracturas de antebrazo ocurren en este lugar. Las fracturas de tercio medio de antebrazo son 8 veces más propensas de refracturarse que las de antebrazo distal.<sup>45</sup> Los componentes inherentes a los pacientes mismos como su género, edad, y nivel de actividad también han sido asociados a riesgo de refractura.<sup>45,46</sup> Comprendiendo los factores modificables puede ayudar en ajustar las guías de tratamiento, con el objetivo de disminuir la incidencia de refractura en niños.

Si se utiliza una técnica apropiada raramente se reportarán deficiencias.<sup>59,61,65,66</sup> Un implante metálico predispone al paciente a infecciones bacterianas, dolor local e irritación del tejido blando<sup>44,67,68,69</sup> y puede interferir en la imagen radiográfica. Se puede presentar lesión del nervio radial, retardo en la consolidación, pseudoartrosis, refractura<sup>70</sup> y síndrome compartimental.<sup>51,56,64,65,66</sup> Los efectos a largo plazo aún no se conocen para estos implantes. Tradicionalmente se retiran de 3 a 6 meses en el postoperatorio.<sup>71,72</sup> La extracción del material predispone al niño a riesgos relacionados con la cirugía y estrés psicosocial. El costo del retiro de un material es aproximadamente \$1900 USD en un país desarrollado.<sup>73,74,75,76</sup> Algunas instituciones prefieren dejar el material y sólo retirarlo a pacientes sintomáticos,<sup>72,77,78,79</sup> aunque no se entiende por completo cómo los implantes metálicos afectan la modelación natural del antebrazo. Particularmente los cambios en arqueamiento del radio durante el crecimiento,<sup>73,80</sup> el cual puede

afectar los movimientos rotacionales<sup>81</sup> a largo plazo. Estos problemas no se enfrentan si los implantes se remueven en una fase temprana.

## **Biomateriales**

El interés por los materiales biodegradables ha aumentado en cirugía de trauma.<sup>76,82,83,84,85</sup> Se ha desarrollado un nuevo procedimiento mínimo invasivo para tratar las fracturas inestables de antebrazo con clavillos centromedulares biodegradables (CB). Los CB fueron diseñados para mantener la fuerza mecánica y ser absorbidos durante el proceso de consolidación. Un material en investigación es un clavo centromedular ultra fuerte de poli (lactida-co-glicolido) (PLGA) con un marcador de fosfato tricálcico ( $\beta$ -TCP), diseñado y fabricado para esa función por Bioretec Ltd. (Hermiankatu 22, Tampere, Finlandia). Con bases mecánicas en los pins que se han usado en muchas ocasiones en traumatología. No se requirieron de pruebas preclínicas ya que el PLGA ha demostrado ser biocompatible en trabajos preclínicos con animales<sup>87,88</sup> y en uso médico en humanos.<sup>86,90,91</sup> El implante se planeó para utilizarse en radio y cubito en la reparación de fracturas diafisarias. El resultado de su uso era comparable con los clavillos centromedulares metálicos; la restauración de los arcos de movilidad funcionales del codo y antebrazo.<sup>5</sup> Los clavillos altamente elásticos permiten la remodelación libre y fisiológica de los huesos del antebrazo, contribuyendo así a la articulación no sinovial del mismo. Se han producido en 3 diámetros (2.0, 2.7 y 3.2 mm) con 400 mm de longitud. Pertenecientes a un efecto de memoria activado hidrológicamente, el diámetro del implante aumenta y su longitud disminuye en un 1%-2% después de ser introducido en tejido humano. Se asume que esto aumenta la estabilidad de la fijación. Debido a la elevada elasticidad y a que este sigue la forma natural del hueso, este no puede sostener una curvatura de forma similar a los clavillos de titanio premoldeados. Un soporte externo con férula podría ser importante para mantener la alineación. El CB por sí solo es recto y la punta del mismo no es curva. La degradación ocurre por hidrólisis y vías fisiológicas. El procedimiento quirúrgico es muy similar al de la estabilización con CCEE.<sup>69,75</sup> Aunque se recomienda rimar la extensión completa que ocupará el clavo y finalmente se introducen impulsándolos y percutiendo. Se utiliza un martillo especial bloqueado. Independientemente del material del implante,

el antebrazo puede ser inmovilizado de 4 a 6 semanas, dependiendo de la estabilidad alcanzada y la práctica institucional.<sup>92</sup>

## **JUSTIFICACIÓN**

Las fracturas diafisarias de radio y cúbito son la tercera fractura más frecuente en la población infantil y representan el 13% - 40% del total de las fracturas.<sup>1,2</sup> Históricamente, la mayoría de estas fracturas han sido tratadas de manera conservadora u ortopédica. Recientemente, ha habido una tendencia hacia el tratamiento quirúrgico en un esfuerzo por mejorar los resultados.<sup>19</sup> El tratamiento depende de la edad y el tipo de desplazamiento de la fractura, entre otros. Teniendo en cuenta el potencial de crecimiento fisario de un niño, se pueden aceptar algunos grados de angulación en función de la edad del niño y su capacidad de remodelación.

La inmovilización del antebrazo con férulas o yesos circulares sigue siendo una opción de tratamiento para muchas fracturas que están dentro de los parámetros aceptables de alineación. Para trazos de fractura que no cumplan estos parámetros, se recomienda el tratamiento quirúrgico.<sup>19,93</sup> Las opciones de cirugía incluyen la fijación con placas o con clavos intramedulares. Recientemente hay un interés creciente en la determinación de qué método proporciona resultados superiores, pero el tratamiento excelso permanece controversial.<sup>93,94</sup>

En nuestro medio es común ver fracturas diafisarias de radio y cúbito tratadas con enclavado endomedular con clavos de Kirschner. Algunos reportes avalan esta técnica.<sup>19,93,94</sup>

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Determinar si existe alguna ventaja o desventaja entre las fracturas de antebrazo tratadas con clavillos de Kirschner en modalidad centromedular y aquellas tratadas con clavillos cruzados a nivel de la fractura en el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

### **Específicos**

- Determinar el tipo de reducción que requirieron los dos grupos de pacientes.
- Conocer los resultados en la escala funcional de Price de ambos tipos de tratamiento.
- Encontrar si existe una inclinación a algún tipo de complicación dependiendo del tratamiento recibido.
- Reportar las asociaciones entre el desplazamiento y la angulación en ambos planos de los trazos de fractura tanto antes como después del tratamiento quirúrgico de las mismas.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca se cuenta con el área de urgencias pediátricas, del cual se solicitan valoraciones para niños que han sufrido de algún evento traumático.

Las fracturas de diáfisis de Radio y Cubito representan una de las principales indicaciones quirúrgicas al momento en que falla una reducción cerrada o se cuenta con otra indicación quirúrgica.

Dentro del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca no contamos con especialista en Traumatología y Ortopedia Pediátrica por lo que durante nuestra rotación por el Hospital Pediátrico San Juan de Aragón observamos y adoptamos la técnica de uso de clavillos de Kirschner en modalidad centromedular, anteriormente a nuestra rotación se optaba por la modalidad de clavillos cruzados.

Debido a lo comentado previamente ha surgido la pregunta ¿Existe alguna diferencia entre el grado de función, la corrección del desplazamiento y la angulación en ambos planos dependiendo de la modalidad en que se utilicen los clavillos de Kirschner en el Hospital Regional de Ixtapaluca en el periodo 2017-2018?

## **HIPÓTESIS**

Dentro de las 2 modalidades de uso de uso de clavillos Kirschner, cuál presenta mejor resultado en cuanto a función a los 6 meses, corrección de desplazamiento, angulación prequirúrgica en 2 planos. Además de evaluar si existe algún riesgo de complicación mayor en alguna y diferencia entre días de hospitalización en total.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

- **Tipo de estudio**

Se trata de una serie de casos retrospectiva comparativa

- **Universo de estudio**

Pacientes operados con fijación centromedular de radio y/o cubito y pacientes tratados con clavillos cruzados en el 2017 – 2018 en el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca (HRAEI).

Se realizó una revisión de las historias clínicas, se realizó una medición y desplazamiento de las radiografías pre y postquirúrgicas. Se registraron las variables demográficas, desplazamiento y angulación preoperatoria de la fractura, así como a la consolidación de la fractura, tipo de técnica quirúrgica, permanencia del material, tipo y duración de férula de protección, seguimiento, arcos de movilidad en la última consulta y las complicaciones. Arcos de movilidad del codo y antebrazo mediante goniometría, así como su evaluación funcional con la escala de Price et al

### **Criterios de Selección**

#### **Criterios de inclusión**

Pacientes con esqueleto inmaduro y fracturas diafisiarias de cualquier tercio en radio y/o cubito, aquellos que recibieron tratamiento quirúrgico mediante reducción cerrada y/o abierta y fijación centromedular con clavos de Kirschner, así como fijación con clavillos de Kirschner cruzados con un seguimiento mínimo de 6 meses y con integridad del antebrazo contralateral para poder comparar la función con el antebrazo sano al cumplir este periodo.

#### **Criterios de exclusión**

Se excluyeron pacientes con esqueleto maduro, aquellos con fracturas proximales o distales del radio y/o cubito (metafisiarias), aquellos con fractura

acompañada de luxaciones (tipo Monteggia y tipo Galeazzi), aquellas con extensión fisiaria, (dentro de la clasificación de Salter & Harris), pacientes manejados con placas, los tratados en otra institución y quienes no acudieron a seguimiento por al menos 6 meses después de su tratamiento quirúrgico.

## MARCO TEÓRICO

Se realizó una revisión de las historias clínicas a través del sistema electrónico eCareSoft Web Client MedSys, se realizó una medición y desplazamiento de las radiografías pre y postquirúrgicas en el sistema Centricity Enterprise Web V3.0. Se registraron las variables demográficas, las de desplazamiento y angulación preoperatoria de la fractura, así como desplazamiento y angulación a la consolidación de la fractura, clasificación de Gustilo-Anderson para fracturas abiertas, tipo de técnica quirúrgica, permanencia del material, tipo y duración de férula de protección, seguimiento, arcos de movilidad en la última consulta, el tiempo de consolidación respectivo para radio y cúbito y las complicaciones. Se evaluaron los movimientos de extensión y flexión en el codo, pronación y supinación en el antebrazo, la extensión y flexión en la muñeca, mediante goniometría. Los resultados clínicos fueron evaluados según la escala desarrollada por Price et al.,<sup>6</sup> basada en sistemas previamente usados<sup>100,101</sup> la cual fue originalmente descrita para tratamiento conservador, pero también utilizada en estudios recientes para evaluar a pacientes que recibieron tratamiento quirúrgico.<sup>95,96,97,99</sup> Dentro de los resultados se consideró: Excelente: asintomático a la actividad física extenuante y/o una pérdida de los arcos de movilidad de antebrazo menor o igual a 15°; Bueno: sólo síntomas leves con la actividad vigorosa y/o 16 - 30° de limitación en la pronación y supinación; Decente: si presenta síntomas a las actividades de la vida diaria o rezago de 31 - 90° de rotación de antebrazo, y Pobre: Cualquier resultado cuando existe pérdida de pronación y supinación mayor de 90°. La comparación se realiza con el antebrazo contralateral. Se ha reportado un promedio de arco de movilidad para pronación-supinación

después de la colocación de clavos centromedulares en 153°, mientras que el arco de movilidad normal para el antebrazo a ese grupo de edad es de 170°. <sup>98,99</sup>

Tabla 1

Clasificación del resultado de fracturas de antebrazo en niños, graduado usando el sistema descrito por Price<sup>6</sup>

Resultado	Pérdida de rotación de antebrazo y síntomas
Excelente	≤15° de pérdida en la rotación de antebrazo sin molestias ante la actividad física extenuante
Bueno	Una pérdida de rotación antebraquial de 16 - 30° y sólo síntomas leves ante la actividad vigorosa.
Decente	Una pérdida de la rotación de 31 - 90° y sintomatología leve ante las actividades de la vida diaria
Pobre	Todos los demás resultados

Dentro de los detalles técnicos y quirúrgicos<sup>95,96,97,99</sup> para los pacientes con clavillos centromedulares, el cual actualmente es el tratamiento con fijación interna preferido para las fracturas de antebrazo en niños,<sup>42,99,102,103,104,105,106,107,108,109</sup> se confirma contar con la mesa estándar radiolúcida para mano, se rota la cama 90° para posicionar el brazo a 90° del anesthesiólogo, se coloca en supinación de antebrazo y se fija el pecho con tela adhesiva a la altura de la axila, la tracción del brazo no debe desplazar la cabeza del paciente más allá de la cabeza, se debe contar con fluoroscopio y monitor en el lado opuesto de la mesa con el cirujano y en el lado opuesto de la cama del anesthesiólogo caudal al brazo, clavillos Kirschner, set de pequeños fragmentos, pinzas de reducción, perforador con adaptador universal o para clavillos con gatillo. La técnica quirúrgica preferida es una modificación de la descrita por Charles T. Mehlman y Eric J. Wall<sup>109</sup>. Si se fijan los 2 huesos se debe empezar por el radio ya que usualmente es al que es más difícil acceder a su canal medular diafisario, y siempre es más difícil de abordar en una reducción abierta que el cúbito. Si el cúbito se fijara primero, se limitaría la movilidad del antebrazo y manipular el radio para pasar el clavillo se haría más difícil lo que aumenta el riesgo de la necesidad de realizar una reducción abierta del radio.<sup>109</sup> El radio se fija primero retrógradamente a través de ya sea un abordaje lateral directo

que respete la fisis pasando por el techo del primer compartimento dorsal o dorsalmente cerca de la extensión proximal del tubérculo de Lister entre el segundo y el tercer compartimento dorsal. Ambos puntos de entrada se encuentran aproximadamente 1 cm proximal a la fisis del radio distal. Se inserta el clavillo radial a través de una incisión de 1 a 2 cm protegiendo el nervio radial superficial y los tendones dorsales con separadores romos. Se perfora directamente con el extremo agudo del clavillo para ganar acceso al canal medular, posteriormente se retira e introduce el clavillo nuevamente por su extremo romo para evitar que este perforo una segunda cortical. La punta del clavo radial debe estar inclinada aproximadamente 15 - 30° para facilitar el paso a través de la cavidad medular. Típicamente se usan clavillos de diámetro pequeño (1.6 – 2.0mm), dependiendo del diámetro de la cavidad medular, para mantener algo de flexibilidad en el trazo de fractura y estimular la formación de callo. Los clavillos más grandes pueden atraparse en el istmo medular central del radio o en el del tercio distal del cúbito. Se debe tener cuidado de no doblar demasiado la punta del clavillo debido a que esto aumenta el diámetro del implante y puede impedir el paso intramedular. Si el clavillo se llegara a atorar, la punta probablemente está atravesando una cortical. La fractura del cúbito se fija con clavo insertándolo de manera anterógrada a través de la punta del olécranon, aunque es recomendable el abordaje descrito por Charles T. Mehlman y Eric J. Wall<sup>109</sup> en el cual se explica un punto de entrada justo anterior al borde subcutáneo del cúbito proximal en su pared lateral ya que los pins insertados directamente a través de la punta del olécranon tienen una fuerte tendencia a ocasionar una bursitis y dolor hasta ser retirados.<sup>109</sup> La longitud del clavo se mide bajo intensificador de imágenes. En caso de no ser posible la maniobra con reducción cerrada bajo visión del intensificador de imágenes, se procede a realizarla abierta con una incisión mínima y control del fluoroscopio. Se realiza una incisión de 3 a 4 cm, se toman los extremos de la fractura con pinzas de reducción, se detienen reducidos mientras un ayudante atraviesa con el clavillo. El abordaje se prefiere anterior o volar (Henry) en caso de la reducción abierta, evitando al nervio interóseo posterior. Un extremo del clavo se deja fuera de la piel el cual se retira a las 6 semanas. Para detalles técnicos y quirúrgicos de los

pacientes con clavillos cruzados, se colocaron en sentido opuesto con modalidad interfragmentaria para el radio ingresando por la cara lateral mientras que para el cúbito se introdujeron en su borde posterior y medial todo guiado mediante fluoroscopia, en caso de no conseguir la fijación de ambos fragmentos con ambos clavillos se procede a realizarla abierta con una incisión mínima de 3 a 4 cm, tomando extremos fracturarios con pinza de reducción, manteniéndolos afrontados y comprobando bajo visión directa su paso a través de ambos fragmentos, dejando un extremo del clavo fuera de la piel para su retiro a la sexta semana.

Al final de la cirugía se protegió con una férula de yeso braquipalmar sobre vendaje de jones durante 4 a 6 semanas, momento en el que, como se describió anteriormente, se retiran los clavillos e inicia movimientos libres de codo y muñeca, el cual raramente podría ser asistido por terapia física.

## **ASPECTOS ÉTICOS**

Los datos obtenidos para este estudio son confidenciales, y serán utilizados únicamente con fines estadísticos y de investigación, con objeto de desarrollar nuevas y mejores técnicas de tratamiento para los pacientes, sin representar ningún riesgo para el paciente.

De acuerdo a la NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos; se cumplen los criterios para realizar este estudio.

## RESULTADOS

En el 2017 y 2018 se encontraron a 354 pacientes atendidos en urgencias a quienes se le solicitó interconsulta al servicio de ortopedia, así como también se les realizaron radiografías posteroanterior y lateral de antebrazo. De estos pacientes 81 (21.09%) no presentaron evidencia de fractura en las proyecciones radiográficas, 141 (39.83%) fueron tratados con tratamiento conservador con reducción manual cerrada y yeso braquipalmar, 86 (24.29%) fueron inmovilizados y tratados de manera definitiva en otra unidad, 46 (12.99%) se hospitalizaron y se operaron en esta unidad, de los cuales se excluyeron pacientes con fracturas con extensión fisiaria distal o proximal. Sólo 19 pacientes cumplieron con los criterios de inclusión. La muestra fue de 19 (n) entre 2 y 15 años (media  $\pm$  desviación estándar de  $8.10 \pm 3.24$ ). Trece pacientes (68.42%) tuvieron fractura en antebrazo izquierdo y seis (31.58%) pacientes tuvieron fractura en antebrazo derecho.

Ocho pacientes (42.1%) requirieron de reducción abierta después de algunos intentos fallidos de realizar una reducción cerrada; los otros 11 (57.89%) fueron tratados con técnica cerrada. El seguimiento fue en promedio de 6 meses.

En la escala de Price, para el grupo de clavillos cruzados encontramos 4 (40%) con resultado Excelente, 5 (50%) Bueno, y 1 (10%) Decente. Para el grupo de clavillos en modalidad centromedular, 8 (88.88%) de los pacientes fueron compatibles con resultados Excelentes y 1 (11.11%) presentó resultado Pobre. El último paciente sufrió una refractura con necesidad de reintervención por lo que se determina según Price que su resultado fue Pobre, aunque a los 6 meses de evolución de su segunda cirugía se presentó con resultado Excelente en la escala de Price con  $160^\circ$  de pronación - supinación. En total los resultados fueron Excelente en 12 pacientes (63.15%), Bueno en 5 pacientes (26.31%), Decente en 1 (5.26%) y Pobre en 1 (5.26%). El promedio de inmovilización posterior a la cirugía fue de 6.15 semanas y el material de osteosíntesis fue retirado en la consulta correspondiente a la sexta semana. Dos pacientes (10.52%) tuvieron alguna complicación. Un (5.26%) paciente presentó una infección superficial en la piel donde se realizó una reducción abierta

y colocación de clavillos cruzados y un paciente (5.2%) presentó una refractura en el tratamiento con clavillo centromedular. El caso de infección superficial en la piel fue tratado con antibióticos vía oral, sin complicaciones adicionales. No se encontraron complicaciones como daño a los núcleos de crecimiento (incluso en quienes se introdujo los clavillos a través de la fisis), consolidación en posición viciosa, deformidad angular mayor a 20° o de rotación mayor a 5°, sinostosis, ningún tipo de lesión neurológica, infección ósea, síndrome compartimental, o restricción del codo o antebrazo.

En la siguiente tabla se expone los variables en el grupo Total y por grupo, similar a la presentada por Mahecha-Toro M et al<sup>95</sup>: se estudiaron las asociaciones entre la angulación en ambos planos de los trazos de fractura tanto antes como después del tratamiento quirúrgico de las mismas.

Variable	Total N= 19	Cruzados N= 10	Intramedulares N= 9
<i>Edad (años)</i>	8.17 ± 3.32 (2 -15)	8.1 ± 3.61 (2-11)	8.11 ± 2.77 (5-15)
<i>Menores de 8 años</i>	10 (52.63%)	6 (60%)	4 (44.44%)
<i>Mayores de 8 años</i>	9 (47.36%)	4 (40%)	5 (55.55%)
<i>Género</i>			
Femenino	1 (5.26%)	1 (10%)	0
Masculino	18 (94.73%)	9 (90%)	9 (100%)
<i>Lateralidad</i>			
Izquierda	13 (68.42%)	5 (50%)	8 (88.88%)
Derecha	6 (31.57%)	5 (50%)	1 (11.11%)
<i>Hueso fracturado</i>			
Radio	3 (15.78%)	3 (30%)	0
Cubito	0	0	0
Ambos	16 (84.21%)	7 (70%)	9 (100%)
<i>Desplazamiento preoperatorio</i>	5.44 (0.3 – 17.29)	3.89 (0.3 – 9.8)	7.17 (1.7 – 17.29)
<i>Desplazamiento postoperatorio</i>	1.87 (0 – 4.6)	2.13 (0 – 4.6)	1.58 (0.2 – 3.38)

<i>Angulación radiográfica preoperatoria</i>			
Anteroposterior	11.5° (0.1 – 52.9°)	6.57° (0.1 – 21.4°)	16.46° (3.2 – 52.9°)
Lateral (Negativo)	20.93° (1.1 – 76°)	13.83° (1.1 – 30°)	28.4° (5.6 – 76°)
<i>Angulación radiográfica postquirúrgica</i>			
Anteroposterior	3° (0.4 – 10.2°)	3.94° (0.7 – 10.2°)	2.17° (0.4 – 7.8°)
Lateral	6.31° (0.1 – 19.9°)	8.9° (2.2 – 19.9°)	3.73° (0.1 – 8.4°)
<i>Fractura abierta</i>			
Cerrada	18 (94.73%)	9 (90%)	9 (100%)
Grado I	1 (5.26%)	1 (10%)	0
<i>Tipo de reducción</i>			
Abierta	8 (42.1%)	7 (70%)	1 (11.11%)
Cerrada	11 (57.89%)	3 (30%)	8 (88.88%)
<i>Diámetro de clavo utilizado</i>			
1.6	10 (52.63%)	7 (70%)	3 (33.33%)
2.0	9 (47.36%)	3 (30%)	6 (66.66%)
<i>Indicación</i>			
Inestabilidad	15 (78.94%)	7 (70%)	8 (88.88%)
Reducción fallida	2 (10.52%)	2 (20%)	0
Refractura	2 (10.52%)	1 (10%)	1 (11.11%)
<i>Hueso fijado</i>			
Radio	6 (31.57%)	5 (50%)	1 (11.11%)
Cúbito	0	0	0
Ambos	13 (68.42%)	5 (50%)	8 (88.88%)
<i>Duración de la inmovilización</i>			
(semanas)	6.15	6.4	5.89
<i>Días de hospitalización</i>			
	4.78	5.2	4.3
<i>Rangos de movilidad en antebrazo fracturado a los 6 meses</i>			
Pronación–Supinación	158.68°	153°	164°
<i>Clasificación de Price</i>			
Excelente	12 (63.15%)	4 (40%)	8 (88.88%)
Bueno	5 (26.31%)	5 (50%)	0
Decente	1 (5.26%)	1 (10%)	0
Pobre	1 (5.26%)	0	1 (11.11%)
<i>Complicación</i>			
Ninguna	17 (89.47%)	9 (90%)	8 (88.88%)
Refractura	1 (5.26%)	0	1 (11.11%)
Infección superficial	1 (5.26%)	1 (10%)	0

Comparando los datos de angulación en ambos planos para los dos grupos de pacientes en el preoperatorio se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos ( $p = 0.3493$  y  $p = 0.1077$ ). También se compararon los resultados de angulación en ambos planos postquirúrgicos entre ambos grupos ( $p = 0.0862$  y  $p = 0.1364$ ) y se determinó que, aunque no existe diferencia estadísticamente significativa, se observa una mayor tendencia a la reducción de la angulación en el grupo de pacientes tratado con clavillos centromedulares en el plano evaluado en la radiografía lateral de antebrazo con respecto a la corrección en la técnica con clavillos cruzados.

Cuando realizamos una comparación de los datos obtenidos en cuanto a milímetros de desplazamiento en los pacientes tratados con clavillos cruzados en el pre y postquirúrgico, observamos que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre ellos ( $p = 0.1635$ ). En cambio, al realizar una comparación entre el desplazamiento pre y postquirúrgico en el grupo de pacientes tratado con clavillos centromedulares, sí observamos una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al cambio de estas mediciones al recibir el tratamiento. ( $p = 0.0038$ ) con lo cual podemos determinar que al menos para el desplazamiento existe una tendencia significativa a la reducción anatómica, favoreciendo así el tratamiento con clavillos centromedulares a reducir el desplazamiento postquirúrgico.

El grupo de pacientes tratado con clavillos de Kirschner cruzados presentó una gran tendencia a requerir de reducción abierta, lo cual representa un aumento en el riesgo de complicaciones relacionadas con infecciones superficiales o profundas en comparación con aquellos en quienes se logra una reducción cerrada.

El grupo de pacientes tratado con clavillos en modalidad centromedular presentó una tendencia importante a resultados en la escala de Price et al Excelente, aunque uno de los casos debido a una refractura presentó un resultado Pobre. Cabe mencionar que este mismo paciente recibió un tratamiento con clavillo centromedular posterior a la refractura y aunque requirió de reducción abierta

resultó con recuperación Excelente en la escala de Price. Este grupo de pacientes también presentó mejores resultados para la recuperación de arcos de movilidad de antebrazo.

## DISCUSIÓN

Clásicamente las fracturas de antebrazo se tratan de manera conservadora mediante reducción cerrada y una adecuada inmovilización<sup>19,49,98,110</sup>. Las fracturas de antebrazo que se presentan en el tercio medio de antebrazo, así como las proximales no remodelan de manera predecible y, por lo tanto, se benefician de una reducción más anatómica.<sup>98</sup> Existe controversia en cuanto a la cantidad de angulación y desplazamiento aceptable para decidir un método conservador posterior a la reducción, así como después de la fijación en quirófano. Los pacientes más jóvenes pueden tolerar más la deformidad que los niños mayores.<sup>49,110</sup> Algunos autores indican que el tratamiento conservador es aceptable mientras el paciente no exceda los 10° de angulación o sufra de un desplazamiento completo.<sup>19,110</sup> Los parámetros para alineación rotacional clásicamente se describen de hasta 45°, pero ha sido señalado que los rangos permitidos no pueden ser tan amplios.<sup>110,111,112</sup>

Tal como se describe en la discusión de Mahecha-Toro M et al.<sup>95</sup> Las recomendaciones para indicar una cirugía en fracturas diafisarias de antebrazo son aquellas con más de 10° de angulación debido a que el potencial de remodelación es limitado en esa área y sus deformidades afectan al movimiento del antebrazo limitándolo.<sup>113</sup> Mathews et al. Mostraron en cadáveres que las deformidades angulares de 10° específicamente en antebrazo no resultaban en una pérdida significativa de la pronación o supinación, pero que un monto de 20° restringía la rotación del antebrazo aproximadamente en 30%.<sup>111</sup> Otro estudio en cadáveres mostró que una angulación de sólo 5°, localizada en la mitad del eje del antebrazo, podría conducir a un déficit de pronación hasta del 27%.<sup>114</sup>

En cuanto exista indicación, la fijación quirúrgica de estas en el antebrazo es muy eficaz, independientemente del método que se utilice.<sup>1,19,93,94,95,110,115,116</sup>, la fijación centromedular con clavillos elásticos es el estándar de oro para el

tratamiento.<sup>30,40,59,60,61,95,117,118</sup> En su mayoría, los estudios muestran buenos resultados utilizando esta modalidad. Los clavos flexibles son caros y su disponibilidad es reducida en la medicina institucional. El uso de clavos de Kirschner como sustituto de Clavillos elásticos centromedulares en este estudio tanto como en el de Mahecha-Toro M et al.<sup>95</sup>, mostró buenos resultados funcionales, con un 88.88% de resultados excelentes, similar al (91-100%) reportado en la literatura en estudios previos incluso con mayor número de pacientes (32-45)<sup>41,95,112</sup> Esta técnica fue descrita inicialmente en 1977 por Pérez-Sicilia et al.<sup>19,47,60,95,110,119,120</sup>

La rotación del antebrazo como principal resultado funcional para la escala de Price como se ha determinado en otros estudios<sup>95,99</sup> en donde utilizaron modalidades de clavillos centromedulares y compararon diferentes biomateriales se encontró nunca menor a 160° lo cual es compatible con nuestros hallazgos de 164° en promedio para nuestros pacientes tratados con clavillos centromedulares, a diferencia de los hallazgos para la modalidad de clavillos cruzados, la cual presentó un promedio de 153°, siendo menor a lo esperado. Así también se ha descrito el dolor postquirúrgico incluso en duración hasta de 2 años para los clavillos flexibles<sup>99</sup>, debido a la corta duración del tratamiento, la cronología del dolor postquirúrgico en la modalidad centromedular con clavillos de Kirschner sólo se extiende durante las 6 semanas en las cuales los clavillos se encuentran percutáneos.<sup>95</sup> Los implantes de titanio, los cuales son el estándar de oro actualmente, se dejan de 4 a 6mm sobre la superficie ósea para retiro posterior, esto predispone a complicaciones mecánicas.<sup>70,99</sup> En la modalidad que utilizamos, así como descrito previamente,<sup>95</sup> el clavillo de Kirschner se deja lo suficientemente fuera para el retiro fuera de quirófano. A las 6 semanas, ya adquirido un callo suficientemente estable como para que la carga mecánica del hueso no se distribuya al clavillo. Es relativamente sencillo su retiro, este sin dolor y atraumático, a diferencia también de la necesidad de retiro en quirófano de los clavillos elásticos flexibles.

El manual de fracturas en pediatría describe aceptar hasta una angulación de 15° a nivel de tercio medio de antebrazo, aun cuando al niño sólo le resten 2 o más años de crecimiento óseo.<sup>61,121</sup> Aunque como ya se describió previamente

también existe evidencia de que dicha angulación mayor o igual a  $10^\circ$  no es aceptable.<sup>6,99</sup> En la población de nuestro estudio, así como en los estudios donde también evalúan tratamiento centromedular,<sup>95,99</sup> todos los casos tratados con clavillos centromedulares alcanzaron una excelente alineación al seguimiento, en este caso al momento de la medición de angulación postquirúrgica en el plano anteroposterior presentamos un promedio de angulación de  $3.94^\circ$  ( $0.7-10.2^\circ$ ) para la modalidad de clavillos cruzados y para la modalidad de clavillos centromedulares, un promedio de  $2.17^\circ$  ( $0.4-7.8^\circ$ ) en el mismo plano. En el plano de la vista lateral, se encontró un promedio de angulación para la modalidad cruzada de  $6.31^\circ$  ( $0.1-19.9^\circ$ ) y en la modalidad centromedular un promedio de  $3.73^\circ$  ( $0.1-8.4^\circ$ ). Muy concordante con los resultados esperados para una cirugía en modalidad centromedular similar a la encontrada por Macheca-Toro<sup>95</sup> en anteroposterior  $0.08 \pm 0.46$  ( $0-3$ ) y en la lateral  $0.71 \pm 1.58$  ( $0-5$ ). El desplazamiento fue el dato más importante para notar discrepancia en cuanto a los resultados postquirúrgicos esperados para una cirugía de antebrazo con clavillos, pues se describe en estos un promedio de desplazamiento postoperatorio (mm) de  $0.38 \pm 0.76$  ( $0-3$ ). Nosotros encontramos un resultado en promedio para el desplazamiento postquirúrgico de  $2.13$  ( $0-4.6$ ) casi  $1.5\text{mm}$  más de lo esperado y  $1.58$  ( $0.2 - 3.38$ ) mucho más cerca de los rangos descritos en la literatura previa.<sup>95</sup> Al igual que en estudios previos,<sup>95,99</sup> no se encontraron problemas en la consolidación ósea o datos de pseudoartrosis en los pacientes a un seguimiento de 6 meses, sólo 1 caso de refractura. Debido a que la integridad de la circulación intra ósea se puede comprometer mediante la fijación centromedular, las fracturas de la diáfisis media se pueden considerar vulnerables a pseudoartrosis. Esta se ha reportado en hasta el  $1-1.5\%$  de las fracturas de tercio medio<sup>60,99,123,124,125</sup> por lo cual sería necesario realizar un estudio con una población mayor para evaluar el índice de pseudoartrosis en el tratamiento con clavillos de Kirschner, el cual podría ser igual al descrito anteriormente. La técnica para el enclavillado centromedular requiere de más habilidad para realizarse, pero siguiendo las referencias anatómicas es más fácil de dominar que la modalidad de clavillos cruzados por lo cual este es un dato que favorece a la práctica de la colocación de clavillos centromedulares, la cual también es más

sencilla que la colocación de clavillos elásticos flexibles o los clavillos descritos más actualmente de un biomaterial degradable.<sup>99</sup> No hay un consenso a cerca de la inmovilización postoperatoria,<sup>92,99</sup> y esta generalmente se considera de manera individual. Nosotros en promedio inmovilizamos 6 semanas a los 2 grupos. Existe una tendencia en contra de la movilización libre después de la colocación de los clavillos estables intramedulares en fracturas de antebrazo por muchos expertos.<sup>99</sup> En este estudio se inmovilizaron a los 2 grupos de pacientes para estandarizar los métodos de estudio, de acuerdo al plan de estudio y a estudios donde evalúan este método previamente descritos donde describen inmovilización  $4.6 \pm 1.1$  (2-6).<sup>95</sup> En promedio se inmovilizó por más tiempo al grupo de clavillos cruzados con 6.4 semanas y a la modalidad centromedular por 5.89 semanas concordando con el estudio previamente citado. Al final del periodo de seguimiento, todos los pacientes podían ejercitarse al grado previo a la lesión y estaban igual de satisfechos con su resultado.

## **CONCLUSIÓN**

Después de la evaluación de los resultados obtenidos y al comparar con la literatura determinamos que el tratamiento quirúrgico con clavillos de Kirschner en la modalidad centromedular presenta ventajas en cuanto a minimizar la necesidad de realizar una reducción abierta y presenta una tendencia a obtener mejores resultados en cuanto a la corrección de la angulación en el plano lateral y presenta corrección estadísticamente significativa en cuanto a la corrección del desplazamiento.

## RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Debido a los resultados encontrados sugerimos que en el caso de que un paciente pediátrico con fractura diafisaria de antebrazo presente una indicación quirúrgica para su tratamiento definitivo, se opte por realizar una reducción cerrada con clavillos de Kirschner en modalidad centromedular, y de esta manera reducir el riesgo de infección de manera indirecta debido a que se optará por una reducción cerrada en mayor proporción, se realizará una corrección superior del desplazamiento y el plano lateral tendrá una mayor tendencia a la reducción.

Se sugiere en el futuro poder realizar un complemento con otros estudios similares para poder definir si existe una diferencia funcional a largo plazo.

Los pacientes no fueron tratados por el mismo cirujano, por lo que se puede considerar que los valores podrían ser refinados si todos hubieran sido tratados por el mismo médico.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Cheng JC, Ng BK, Ying SY, et al. A 10-year study of the changes in the pattern and treatment of 6,493 fractures. *J Pediatr Orthop*. 1999;19:344–350.
- 2.- Chung KC, Spilson SV. The frequency and epidemiology of hand and forearm fractures in the United States. *J Hand Surg Am*. 2001;26:908–915.
- 3.- Mann DC, Rajmaira S. Distribution of physeal and nonphyseal fractures in 2650 long-bone fractures in children aged 0 to 16 years. *J Pediatr Orthop*. 1990;10:713–716.
- 4.- Davis DR, Green DP. Forearm fractures in children: pitfalls and complications. *Clin Orthop Relat Res*. 1976;120:172–183.
- 5.- Noonan KJ, Price CT. Forearm and distal radius fractures in children. *J Am*

- Acad Orthop Surg.* 1998;6:146–156.
- 6.- Price CT, Scott DS, Kurzner ME, et al. Malunited forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1990;10:705–712.
- 7.- Creasman C, Zaleske DJ, Ehrlich MG. Analyzing forearm fractures in children. The more subtle signs of impending problems. *Clin Orthop Relat Res.*
- 8.- Holdsworth BJ, Sloan JP. Proximal forearm fractures in children: residual disability. *Injury.* 1982;14:174–179.
- 9.- Sarmiento A, Ebramzadeh E, Brys D, et al. Angular deformities and forearm function. *J Orthop Res.* 1992;10:121–133.
- 10.- Templeton PA, Graham HK. The “floating elbow” in children: simultaneous supracondylar fractures of the humerus and of the forearm in the same upper limb. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77:791–796.
- 11.- Toussaint D, Vanderlinden C, Bremen J. Stable elastic nailing applied to diaphyseal fractures of the forearm in children. *Acta Orthop Belg.* 1991;57:147–153.
- 12.- Tredwell SJ, Van Peteghem K, Clough M. Pattern of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1984;4:604–608.
- 13.- Jones K, Weiner DS. The management of forearm fractures in children: a plea for conservatism. *J Pediatr Orthop.* 1999;19:811–815.
- 14.- Price CT, Mencia GA. Injuries to the shafts of the radius and ulna. In: Beaty JH, Kasser JR, eds. *Rockwood & Wilkins Fractures in Children.* 5th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2001:452–460.
- 15.- Wright PB, Crepeau AE, Herrera-Soto JA, et al. Radius crossover sign: an indication of malreduced radius shaft greenstick fractures. *J Pediatr Orthop.* 2012;32:e15–e19.
- 16.- Bowman EN, Mehlman CT, Lindsell CJ, et al. Nonoperative treatment of both-bone forearm shaft fractures in children: Predictors of early radiographic failure. *J Pediatr Orthop.* 2011;31:23–32.
- 17.- Helenius I, Lamberg TS, Kääriäinen S, et al. Operative treatment of fractures in children is increasing: a population-based study from Finland. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91:2612–2616.

- 18.- Singer AJ, Gulla J, Thode HC Jr. Parents and practitioners are poor judges of young children's pain severity. *Acad Emerg Med.* 2002;9:609–612.
- 19.- Flynn JM, Jones KJ, Garner MR, et al. Eleven years experience in the operative management of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop.* 2010;30:313–319.
- 20.- Greenbaum B, Zionts LE, Ebramzadeh E. Open fractures of the forearm in children. *J Orthop Trauma.* 2001;15:111–118.
- 21.- Mehlman CT. Clinical epidemiology. In: Koval KJ, ed. *Orthopaedic Knowledge Update.* 7th ed. Rosemont, IL: AAOS; 2002:82.
- 22.- Landin LA. Epidemiology of children's fractures. *J Pediatr Orthop B.* 1997;6:79–83.
- 23.- Black GB, Amadeo R. Orthopedic injuries associated with backyard trampoline use in children. *Can J Surg.* 2003;46:199–201.
- 24.- Walker JL, Rang M. Forearm fractures in children: cast treatment with the elbow extended. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73:299–301.
- 25.- Ceroni D, Martin X, Delhumeau-Cartier C, et al. Is bone mineral mass truly decreased in teenagers with a first episode of forearm fracture? A prospective longitudinal study. *J Pediatr Orthop.* 2012;32:579–586.
- 26.- Ryan LM, Teach SJ, Singer SA, et al. Bone mineral density and vitamin D status among African American children with forearm fractures. *Pediatrics.* 2012;130:e553–e560.
- 27.- Wilson JC Jr, Krueger JC. Fractures of the proximal and middle thirds of the radius and ulna in children: study of the end results with analysis of treatment and complications. *Am J Surg.* 1966;112:326–332.
- 28.- Ostermann PA, Richter D, Mecklenburg K, et al. Pediatric forearm fractures: Indications, technique, and limits of conservative management. *Unfallchirurg.* 1999;102(10):784–790
- 29.- Cheng JC, Shen WY. Limb fracture pattern in different pediatric age groups: a study of 3,350 children. *J Orthop Trauma* 1993; 7:15–22.
- 30.- Rodriguez-Merchan EC. Pediatric fractures of the forearm. *Clin Orthop Relat Res* 2005; 432:65–72.

- 31.- Hedstrom EM, Svensson O, Bergstrom U, Michno P. Epidemiology of fractures in children and adolescents. *Acta Orthop* 2010; 81:148–153.
- 32.- Boyer BA, Overton B, Schrader W, et al. Position of immobilization for pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2002; 22:185–187.
- 33.- Hill CE, Masters JP, Perry DC. A systematic review of alternative splinting versus complete plaster casts for the management of childhood buckle fractures of the wrist. *J Pediatr Orthop B* 2016; 25:183–190.
- 34.- Wolfe SW, Pederson WC, Hotchkiss RN, Kozin SH, Cohen MS. Green's operative hand surgery. 7th ed. Philadelphia: Elsevier; 2016.
- 35.- Randsborg PH, Sivertsen EA. Distal radius fractures in children: substantial difference in stability between buckle and greenstick fractures. *Acta Orthop* 2009; 80:585–589.
- 36.- Primavesi R. Sticks and stones and broken bones: distal radius fractures in children. *Can Fam Physician* 2011; 57:45–46.
- 37.- Arora R, Fichadia U, Hartwig E, Kannikeswaran N. Pediatric upper-extremity fractures. *Pediatr Ann* 2014; 43:196–204.
- 38.- Kosuge D, Barry M (2015) Changing trends in the management of children's fractures. *Bone Joint J* 97(4):442–448
- 39.- Hussain S, Dar T, Beigh AQ, Dhar S, Ahad H, Hussain I, Ahmad S (2015) Pattern and epidemiology of pediatric musculoskeletal injuries in Kashmir valley, a retrospective single-center study of 1467 patients. *J Pediatr Orthop B* 24(3):230–237
- 40.- Sinikumpu JJ, SerloW(2015) The shaft fractures of the radius and ulna in children: current concepts. *J Pediatr Orthop B* 24(3):200–206
- 41.- Shoemaker SD, Comstock CP, Mubarak SJ, Wenger DR, Chambers HG (1999) Intramedullary Kirschner wire fixation of open or unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 19(3):329–337
- 42.- Luhmann SJ, Gordon JE, Schoenecker PL (1998) Schoenecker, Intramedullary fixation of unstable both-bone forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 18(4):451–456

- 43.- Kuremsky MA, Frick SL (2007) Advances in the surgical management of pediatric femoral shaft fractures. *Curr Opin Pediatr* 19(1):51–57
- 44.- Lascombes P, Haumont T, Journeau P (2006) Use and abuse of flexible intramedullary nailing in children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 26(6):827–834
- 45.- BouldM, BannisterGC (1999) Refractures of the radius and ulna in children. *Injury* 30(9):583–586
- 46.- Schwarz N, Pienaar S, Schwarz AF, Jelen M, Styhler W, Mayr J (1996) Refracture of the forearm in children. *J Bone Joint Surg Br* 78(5):740–744
- 47.- Van Egmond PW, van der Sluijs HA, van Royen BJ, Saouti R (2013) Refractures of the paediatric forearm with the intramedullary nail in situ. *BMJ Case Rep.* <https://doi.org/10.1136/bcr-2013-200840>
- 48.- Park HW, Yang IH, Joo SY, Park KB, Kim HW (2007) Refractures of the upper extremity in children. *Yonsei Med J* 48(2):255–260
- 49.- Schmitzenbecher PP. State-of-the-art treatment of forearm shaft fractures. *Injury* 2005 Feb;36 Suppl 1:25.
- 50.- Wilkins KE. Principles of fracture remodeling in children. *Injury* 2005 Feb;36 Suppl 1:3.
- 51.- Lefevre Y, Journeau P, Angelliaume A, Bouty A, Dobremez E. Proximal humerus fractures in children and adolescents. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014 Feb;100(1 Suppl):149.
- 52.- Herman MJ, Marshall ST. Forearm fractures in children and adolescents: a practical approach. *Hand Clin* 2006 Feb;22(1):55-67.
- 53.- Mayranpaa MK, Makitie O, Kallio PE. Decreasing incidence and changing pattern of childhood fractures: A population-based study. *J Bone Miner Res* 2010 Dec;25(12):2752-9.
- 54.- Sinikumpu JJ, Lautamo A, Pokka T, Serlo W. The increasing incidence of paediatric diaphyseal both-bone forearm fractures and their internal fixation during the last decade. *Injury* 2012 Mar;43(3):362-6.

- 55.- Garg NK, Ballal MS, Malek IA, Webster RA, Bruce CE. Use of elastic stable intramedullary nailing for treating unstable forearm fractures in children. *J Trauma* 2008 Jul;65(1):109-15.
- 56.- Sun YQ, Penna J, Haralabatos SS, Carrion WV. Intramedullary fixation of pediatric forearm diaphyseal fractures. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 2001 Jan;30(1):67-70.
- 57.- Cullen MC, Roy DR, Giza E, Crawford AH. Complications of intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1998;18(1):14-21.
- 58.- Kelly BA, Shore BJ, Bae DS, Hedequist DJ, Glotzbecker MP. Pediatric forearm fractures with in situ intramedullary implants. *J Child Orthop* 2016 Aug;10(4):321-7.
- 59.- Kruppa C, Bunge P, Schildhauer TA, Dudda M. Low complication rate of elastic stable intramedullary nailing (ESIN) of pediatric forearm fractures: A retrospective study of 202 cases. *Medicine (Baltimore)* 2017 Apr;96(16):e6669.
- 60.- Fernandez FF, Langendorfer M, Wirth T, Eberhardt O. Failures and complications in intramedullary nailing of children's forearm fractures. *J Child Orthop* 2010 Apr;4(2):159-67
- 61.- Wall L, O'Donnell JC, Schoenecker PL, Keeler KA, Dobbs MB, Luhmann SJ, et al. Titanium elastic nailing radius and ulna fractures in adolescents. *J Pediatr Orthop B* 2012 Sep;21(5):482-8.
- 62.- Cosma D, Vasilescu DE. Elastic Stable Intramedullary Nailing for Fractures in Children Specific Applications. *Clujul Med* 2014;87(3):147-51.
- 63.- Patel A, Li L, Anand A. Systematic review: functional outcomes and complications of intramedullary nailing versus plate fixation for both-bone diaphyseal forearm fractures in children. *Injury* 2014 Aug;45(8):1135-43.
- 64.- Baldwin K, Morrison MJ,3rd, Tomlinson LA, Ramirez R, Flynn JM. 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 Jan;28(1):e14.

- 65.- Makki D, Matar HE, Webb M, Wright DM, James LA, Ricketts DM. Elastic stable intramedullary nailing in paediatric forearm fractures: the rate of open reduction and complications. *J Pediatr Orthop B* 2017 Sep;26(5):412-6.
- 66.- Martus JE, Preston RK, Schoenecker JG, Lovejoy SA, Green NE, Mencio GA. Complications and outcomes of diaphyseal forearm fracture intramedullary nailing: a comparison of pediatric and adolescent age groups. *J Pediatr Orthop* 2013 Sep;33(6):598-607.
- 67.- Hope PG, Williamson DM, Coates CJ, Cole WG. Biodegradable pin fixation of elbow fractures in children. A randomised trial. *J Bone Joint Surg Br* 1991 Nov;73(6):965-8.
- 68.- Nisar A, Bhosale A, Madan SS, Flowers MJ, Fernandes JA, Jones S. Complications of Elastic Stable Intramedullary Nailing for treating paediatric long bone fractures. *J Orthop* 2013 Feb 26;10(1):17-24.
- 69.- Parikh SN, Jain VV, Denning J, Tamai J, Mehlman CT, McCarthy JJ, et al. Complications of elastic stable intramedullary nailing in pediatric fracture management: AAOS exhibit selection. *J Bone Joint Surg Am* 2012 Dec 19;94(24):e184.
- 70.- Salonen A, Salonen H, Pajulo O. A critical analysis of postoperative complications of antebrachium TEN-nailing in 35 children. *Scand J Surg* 2012;101(3):216-21.
- 71.- Mittal R, Hafez MA, Templeton PA. "Failure" of forearm intramedullary elastic nails. *Injury* 2004 Dec;35(12):1319-21.
- 72.- Gorter EA, Vos DI, Sier CF, Schipper IB. Implant removal associated complications in children with limb fractures due to trauma. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2011 Dec;37(6):623-7.
- 73.- Korhonen J, Sinikumpu JJ, Harmainen S, Ryhanen J, Kallio P, Serlo W. Removal of osteosynthesis material in children and young people. *Duodecim* 2014;130(7):689-95.
- 74.- Niemela M, Uhari M, Mottonen M, Pokka T. Costs arising from otitis media. *Acta Paediatr* 1999 May;88(5):553-6.

- 75.- Sinikumpu JJ, Keranen J, Haltia AM, Serlo W, Merikanto J. A new mini-invasive technique in treating pediatric diaphyseal forearm fractures by bioabsorbable elastic stable intramedullary nailing: a preliminary technical report. *Scand J Surg* 2013;102(4):258-64.
- 76.- van der Eng, D M, Schep NW, Schepers T. Bioabsorbable Versus Metallic Screw Fixation for Tibiofibular Syndesmotric Ruptures: A Meta-Analysis. *J Foot Ankle Surg* 2015;54(4):657-62.
- 77.- Schmittenebecher PP. Implant removal in children. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2013 Aug;39(4):345-52.
- 78.- Molster A, Behring J, Gjerdet NR, Ekeland A. Removal of osteosynthetic implants. *Tidsskr Nor Laegeforen* 2002 Sep 30;122(23):2274-6.
- 79.- Vos D, Hanson B, Verhofstad M. Implant removal of osteosynthesis: the Dutch practice. Results of a survey. *Journal of trauma management & outcomes* 2012;6(1):6.
- 80.- Firl M, Wunsch L. Measurement of bowing of the radius. *J Bone Joint Surg Br* 2004 Sep;86(7):1047-9.
- 81.- Daruwalla JS. A study of radioulnar movements following fractures of the forearm in children. *Clin Orthop Relat Res* 1979;(139)(139):114-20.
- 82.- Partio EK, Merikanto J, Heikkila JT, Ylinen P, Makela EA, Vainio J, et al. Totally absorbable screws in fixation of subtalar extra articular arthrodesis in children with spastic neuromuscular disease: preliminary report of a randomized prospective study of fourteen arthrodeses fixed with absorbable or metallic screws. *J Pediatr Orthop* 1992;12(5):646-50.
- 83.- Giannini S, Cadossi M, Mazzotti A, Persiani V, Tedesco G, Romagnoli M, et al. Bioabsorbable Calcaneo-Stop Implant for the Treatment of Flexible Flatfoot: A Retrospective Cohort Study at a Minimum Follow-Up of 4 Years. *J Foot Ankle Surg* 2017;56(4):776-82.
- 84.- Hughes TB. Bioabsorbable implants in the treatment of hand fractures: an update. *Clin Orthop Relat Res* 2006 Apr;445:169-74.

- 85.- Prakasam M, Locs J, Salma-Ancane K, Loca D, Largeteau A, Berzina-Cimdina L. Biodegradable Materials and Metallic Implants-A Review. *J Funct Biomater* 2017 Sep 26;8(4):10.3390/jfb8040044.
- 86.- Waris E, Konttinen YT, Ashammakhi N, Suuronen R, Santavirta S. Bioabsorbable fixation devices in trauma and bone surgery: current clinical standing. *Expert Rev Med Devices* 2004 Nov;1(2):229-40.
- 87.- Krucinska I, Zywicka B, Komisarczyk A, Szymonowicz M, Kowalska S, Zaczynska E, et al. Biological Properties of Low-Toxicity PLGA and PLGA/PHB Fibrous Nanocomposite Implants for Osseous Tissue Regeneration. Part I: Evaluation of Potential Biototoxicity. *Molecules* 2017 Nov 29;22(12):10.3390/molecules22122092.
- 88.- Xue AS, Koshy JC, Weathers WM, Wolfswinkel EM, Kaufman Y, Sharabi SE, et al. Local foreign body reaction to commercial biodegradable implants: an in vivo animal study. *Craniofac Trauma Reconstr* 2014 Mar;7(1):27-34.89.-
- 90.- Rokkanen PU, Bostman O, Hirvensalo E, Makela EA, Partio EK, Patiala H, et al. Bioabsorbable fixation in orthopaedic surgery and traumatology. *Biomaterials* 2000 Dec;21(24):2607-13.
- 91.- Sinikumpu JJ, Serlo W. Biodegradable poly-L-lactide-co-glycolide copolymer pin fixation of a traumatic patellar osteochondral fragment in an 11-year-old child: A novel surgical approach. *Exp Ther Med* 2017 Jan;13(1):242-6.
- 92.- Skaggs D FS, editor. Upper extremity fractures in children. 7. ed. ed. Philadelphia [u.a.]: Wolter Kluwer, Lippincot Williams & Wilkins; 2014.
- 93.- Barry M, Paterson JM. A flexible intramedullary nails for fractu-res in children. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86:947---53.
- 94.- Abraham A, Kumar S, Chaudhry S, Ibrahim T. Surgical interven-tions for diaphyseal fractures of the radius and ulna in children.Cochrane Database Syst Rev. 2011;9. CD007907.6
- 95.- Mahecha-Toro M, et al. Fracturas diafisarias del antebrazo en niños: tratamiento con fijación intramedular con clavos de Kirschner. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2017.

- 96.- Yung SH, Lam CY, Choi KY, Ng KW, Maffulli N, Cheng JCY. Percutaneous intramedullary Kirschner wiring for displaced diaphyseal forearm fractures in children. *J Bone Joint Surg*. 1998;80:91-4.
- 97.- Lascombes P, Prevot J, Ligier JN, Metaizeau JP, Poncelet T. Elastic stable intramedullary nailing in forearm shaft fractures in children: 85 cases. *J Ped Orthop*. 1990;10:167-71.9
- 98.- Teoh KH, Chee YH, Shortt N, Wilkinson G, Porter DE. An age- and sex-matched comparative study on both-bone diaphyseal paediatric forearm fracture. *J Child Orthop* 2009 Oct;3(5):367-73.
- 99.- Korhonen L, Perhomaa M, Kyrö A, Pokka T, Serlo W, Merikanto J, Sinikumpu J, Intramedullary nailing of forearm shaft fractures by biodegradable compared with titanium nails: Results of a prospective randomized trial in children with at least two years of follow-up, *Biomaterials* (2018), doi: 10.1016/j.biomaterials.2018.09.011.
- 100.- Daruwalla JS. A study of radioulnar movements following fractures of the forearm in children. *Clin Orthop* 1979;139:114-20.
- 101.- Grace TG, Eversmann WW. Forearm fractures: treatment by rigid fixation with early motion. *J Bone Joint Surg* 1980;62A:433-7
- 102.- 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.
- 103.- Calder PR, Achan P, Barry M. Diaphyseal forearm fractures in children treated with intramedullary fixation: outcome of K-wires versus elastic stable intramedullary nail. *Injury*. 2003;34:278–282.
- 104.- Kucukkaya M, Kabukcuoglu Y, Tezer M, et al. The application of open intramedullary fixation in the treatment of pediatric radial and ulnar shaft fractures. *J Orthop Trauma*. 2002;16:340–344.
- 105.- Lee S, Nicol RO, Stott NS. Intramedullary fixation for pediatric unstable forearm fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;402:245–250.
- 106.- Pugh DM, Galpin RD, Carey TP. Intramedullary Steinmann pin fixation of forearm fractures in children: long-term results. *Clin Orthop Relat Res*. 2000;376:39–48.

- 107.- Qidwai SA. Treatment of diaphyseal forearm fractures in children by intramedullary Kirschner wires. *J Trauma*. 2001;50:303–307.
- 108.- Van Herpe LB. Fractures of the forearm and wrist. *Orthop Clin North Am*. 1976;7:543–556.
- 109.- Waters PM, Skaggs DL, Flynn, JM, Court-Brown CM. Rockwood and Wilkins' Fractures in Children Ninth Edition 2019;9:526-528.
- 110.- Lobo-Escolar A, Roche A, Bregante J, Gil-Alvaroba J, Sola A, Herrera A. Delayed union in pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*. 2012;32:54---7.
- 111.- Mathews LS, Kaufer H, Garner DF, Sonstegard DA. The effect on supination-pronation of angular mal-alignment of fractures of both bones of the forearm. *J Bone Joint Surg Am*. 1982;64:14---7.
- 112.- Yalcinkaya M, Dogan A, Ozkaya V, Sokucu S, Uzumcugil O, Kabukcuoglu Y. Clinical results of intramedullary nailing following closed or mini open reduction in pediatric unstable diaphyseal forearm fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2010;44:7---13.
- 113.- Sinikumpu JJ, Lautamo A, Pokka T, Serlo W. Complications and radiographic outcome of children's both-bone diaphyseal forearm fractures after invasive and non-invasive treatment. *Injury*. 2013;44:431---6.
- 114.- Parajuli NP, Shrestha D, Dhoju D, Dhakal GR, Shrestha R, Sharma V. Intramedullary nailing for paediatric diaphyseal forearm bone fracture. *Kathmandu Univ Med J*. 2011;9:198---202.
- 115.- Cumming D, Mfula N, Jones JW. Paediatric forearm fractures: The increasing use of elastic stable intra-medullary nails. *Int Orthop*. 2008;32:421---3.
- 116.-Tarr RR, Garfinkel AI, Sarmiento A. The effects of angular and rotational deformities of both bones of the forearm: An in vitro study. *J Bone Joint Surg Am*. 1984;66:65---70.
- 117.- Wilkins KE. Operative management of children's fractures: Is it a sign of impetuosity or do the children really benefit? *J Pediatr Orthop*. 1998;18:1---3.
- 118.- Smith VA, Goodman HJ, Strongwater A, Smith B. Treatment of pediatric both bone forearm fractures: A comparison of operative techniques. *J Pediatr Orthop*. 2005;25:309---13.

- 119.- Fernandez FF, Egenolf M, Cansten C, Holz F, Schneider S, Went-zensen A. Unstable diaphyseal fracture of both bones of the forearm in children plate fixation vs intramedullary nailing. *Injury*. 2005;36:1210---6.
- 120.- Pérez-Sicilia JE, Morote-Jurado JL, Corbacho-Girones JM, Hernández-Cabrera JA, González-Buendía R. Osteosíntesis per-cutánea en fracturas diafisarias de antebrazo en niños y adolescentes. *Rev Esp de Cir Ost*. 1977;12:321---34.
- 121.- Younger AS, Tredwell SJ, Mackenzie WG, Orr JD, King PM, Tennant W. Accurate prediction of outcome after pediatric forearm fracture. *J Pediatr Orthop* 1994;14(2):200-6.
- 122.- 62. Ploegmakers J, Verheyen C. Acceptance of angulation in the non-operative treatment of paediatric forearm fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 2006 Nov;15(6):428-32.
- 123.- Wright TW, Glowczewskie F. Vascular anatomy of the ulna. *J Hand Surg Am* 1998 Sep;23(5):800-4.
- 124.- Schmittenebecher PP, Fitze G, Godeke J, Kraus R, Schneidmuller D. Delayed healing of forearm shaft fractures in children after intramedullary nailing. *J Pediatr Orthop* 2008;28(3):303-6.
- 125.- Sinikumpu JJ, Lautamo A, Pokka T, Serlo W. Complications and radiographic outcome of children's both-bone diaphyseal forearm fractures after invasive and non-invasive treatment. *Injury* 2013 Apr;44(4):431-6.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

<b>Periodo/ Actividad</b>	<b>2016</b>	<b>2017 - 2018</b>	<b>Oct- Dic 18</b>	<b>Ene – Marzo 19</b>	<b>Abril – Junio 19</b>	<b>Julio – Sep 19</b>	<b>Oct – Dic 19</b>
<b>Título de tesis</b>	<b>X</b>						
<b>Bibliografías</b>		<b>X</b>					
<b>Elaboración de: Introducción, antecedentes, justificación</b>		<b>X</b>					
<b>Elaboración de objetivos, planteamiento de problema, Hipótesis, método, marco teórico</b>		<b>X</b>					
<b>Mediciones radiográficas</b>			<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
<b>Revisión expedientes</b>			<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
<b>Análisis de resultados</b>						<b>X</b>	<b>X</b>