



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

Impacto de la fijación temprana (primeras 24 hrs) de fracturas supracondíleas Gartland tipo III con técnica de reducción cerrada en niños en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo

TESIS PRESENTADA POR

AGUSTIN BARAJAS MONTERREY

**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA**

ASESORES:

Dr. Jorge Enrique Cervantes Gudiño

Dra. Anayansi Ventura Saucedo

AGUASCALIENTES, AGS. FEBRERO DE 2023



Aguascalientes
Gente de trabajo y soluciones
El signo de México

Centenario Hospital
Miguel Hidalgo

CARTA DE IMPRESIÓN

DR. FELIPE DE JESÚS FLORES PARKMAN SEVILLA

JEFE DE DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN, CHMH.



DR. ANGEL MARTINEZ HERNANDEZ

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA

DR. LUIS GABRIEL ORTIZ DIAZ

PROFESOR TITULAR DEL POSGRADO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA

DR. JORGE ENRIQUE CERVANTES GUDIÑO

ASESOR DE TESIS





CHMH
CENTENARIO HOSPITAL
MIGUEL HIDALGO
Contigo 100

COMITÉ DE INVESTIGACIÓN CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

CI/079/22
Aguascalientes, Ags., 21 de Septiembre de 2022

DR. AGUSTIN BARAJAS MONTERREY
INVESTIGADOR PRINCIPAL

En cumplimiento con las Buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana vigente en materia de investigación clínica, el Comité de Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, en su Sesión del día 18 de Agosto de 2022, sometió a revisión el protocolo con número de registro 2022-R-34 y decidió Aprobar el proyecto de investigación para llevar a cabo en este Hospital, titulado:

"IMPACTO DE LA FIJACIÓN TEMPRANA (PRIMERAS 24 HRS) DE FRACTURAS SUPRACONDILEAS GARTLAN TIPO III CON TÉCNICA DE REDUCCIÓN CERRADA EN NIÑOS, EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO"

Se solicita a los investigadores entregar resumen de resultados obtenidos al finalizar la investigación. En caso de existir modificaciones al proyecto es necesario que sean reportadas al Comité.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE


DR. JOSÉ MANUEL ARREOLA GUERRA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN



C.c.p.- DRA. MARIA DE LA LUZ TORRES SOTO.- JEFA DEL DEPTO. DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN,
IMAG/omsa*

Avenida Gómez Morán S/N
Col. La Estación, C.P. 20259
Aguascalientes, Ags.
Tel. 449 994 6720
www.aguascalientes.gub.mx

2022 Año del 160 Aniversario Luctuoso de
Don José María Becanegra



**COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO**

CEI/079/22
Aguascalientes, Ags., 21 de Septiembre de 2022

**DR. AGUSTIN BARAJAS MONTERREY
INVESTIGADOR PRINCIPAL**

En cumplimiento con las Buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana vigente en materia de investigación clínica, el Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, en su Sesión del día 18 de Agosto de 2022, sometió a revisión el protocolo con número de registro 2022-R-34 y decidió Aprobar el proyecto de investigación para llevar a cabo en este Hospital, titulado:

"IMPACTO DE LA FIJACIÓN TEMPRANA (PRIMERAS 24 HRS) DE FRACTURAS SUPRACONDILEAS GARTLAN TIPO III CON TÉCNICA DE REDUCCIÓN CERRADA EN NIÑOS, EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO"

Se solicita a los investigadores entregar resumen de resultados obtenidos al finalizar la investigación. En caso de existir modificaciones al proyecto es necesario que sean reportadas al Comité.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**DR. JAIME ASÆEL LÓPEZ VALDEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN**



C.c.p.- DRA. MARIA DE LA LUZ TORRES SOTO.- JEFA DEL DEPTO. DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN.
JIMAG/cma*

Avenida Gómez Morín S/N
Col. La Estación, C.P. 20259
Aguascalientes, Ags.
Tel. 449 994 67 20
www.aguascalientes.gub.mx

2022 Año del 160 Aniversario Luchase de
Don José María Bocanegra



Aguascalientes, Ags. A 12 de Agosto de 2022.

DR. JOSE MANUEL ARREOLA GUERRA

Presidente del comité de investigación

DR. JAIME ASael LOPEZ VALDEZ

Presidente de comité de Ética en investigación

P R E S E N T E S . -

Por medio de la presente informo a usted que el Medico residente de cuarto año de Traumatología y Ortopedia, Agustín Barajas Monterrey, se le autoriza realizar la aplicación de tesis en pacientes del área de traumatología y ortopedia **"IMPACTO DE LA FIJACION TEMPRANA (PRIMERAS 24 HRS) DE FRACTURAS SUPRACONDILEAS GARTLAND TIPO III CON TÉCNICA DE REDUCCIÓN CERRADA EN NIÑOS, EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO"** para fines de titulación.

Lo anterior para su entero conocimiento.

Sin otro particular me despido agradeciendo su amable consideración.

ATENTAMENTE

DR. LUIS GABRIEL ORTIZ DIAZ

JEFE DE ENSEÑANZA DE SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEDIA

DR JORGE ENRIQUE CERVANTES GUDIÑO

MEDICO ASESOR DE TESIS



CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL

DRA. PAULINA ANDRADE LOZANO
Decano del Centro del Centro de Ciencias de la Salud (CCS)
PRESENTE

Por medio del presente como **TUTOR** designado del estudiante **AGUSTIN BARAJAS MONTERREY** con ID 108238 quien realizó la tesis titulada: **IMPACTO DE LA FIJACIÓN TEMPRANA (PRIMERAS 24 HRS) DE FRACTURAS SUPRACONDÍLEAS GARTLAND TIPO III CON TÉCNICA DE REDUCCIÓN CERRADA EN NIÑOS EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO.** Un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla, así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Profero"
Aguascalientes, Ags., a 9 de diciembre del 2022.

Dr. Jorge Enrique Cervantes Gudiño

c.c.p.- Dr. Felipe de Jesús Flores Parkman Sevilla, Jefe de departamento de Enseñanza e Investigación, CHMH.
c.c.p.- Dr. Luis Gabriel Ortiz Diaz, profesor titular del posgrado de Ortopedia y Traumatología



449 9 94 67 20



www.aagob.mx



Av Manuel Gómez Morán S/N
Fracc. Alameda, C.P. 20259

Elaborado por: Depto. Apoyo al Progreso.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Progreso.

Código: D-5-507-F0-07
Actualización: 01
Emisión: 17/05/13



Evidencia de publicación de artículo original

EditorWEB

Usted figura como autor responsable de un artículo enviado por

Usuario: Agustín Barajas Monterrey
eMail: agustinbamo@gmail.com

<http://revision.medigraphic.com/RevisionOrthotips>

Agustín Barajas Monterrey

REVISTA ORTHOTIPS

Agregar un artículo

1. Seleccione el tipo de trabajo (Investigación, Revisión, Etc.)

Seleccione un tipo de Artículo

Trabajos Incompletos / guardados [3]

23/01/23 10:24 AM

NUEVO

Artículo Original

Impacto de la fijación temprana (primeras 24 hrs) de fracturas supracondíleas Gartland tipo III con técnica de reducción cerrada en niños en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme continuar con mis estudios, sin él no podría haber logrado todos mis objetivos.

A mis padres por su apoyo incondicional en cada uno de los pasos que di, que doy y que estoy seguro daré, su apoyo en este camino profesional es indiscutible.

A mis hermanos por enorgullecerse en cada logro que alcance.

A toda mi familia que me acompañó y creyó en este proyecto de vida.

Al Hospital Hidalgo y su personal que sin duda hicieron mi estancia más agusto, que me dejó formarme en cada uno de sus rincones.

A los pacientes que son siempre el libro abierto de cada uno de mis conocimientos.

A mis maestros del Hospital por sus enseñanzas, guía y sus buenos consejos, por compartir sus conocimientos en la vida profesional.

A mis maestros de otras instituciones que me ayudaron a fortalecer mis bases.

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes que me permitió seguir formando parte de ella como alumno, por todos los años que me brindó y el orgullo de pertenecer a ella, de ser un Gallo.

A todos los compañeros residentes, internos que se cruzaron en mi camino, que les aprendí y me dejaron aprender junto con ellos, me los llevo como amigos.

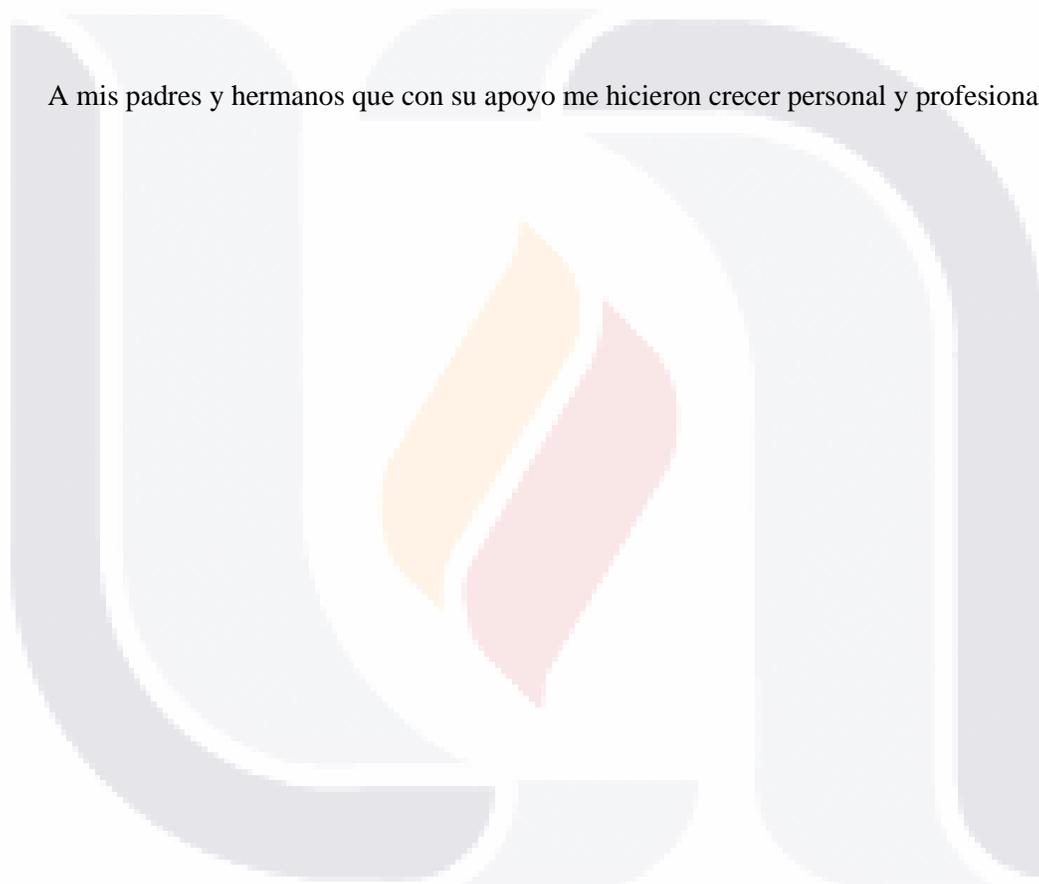
A las personas que se cruzaron en mi camino sin pensarlo, que llegaron de sorpresa, justo a tiempo, que decidieron quedarse y caminar conmigo, y a las que se fueron, pero me ayudaron a crecer personal y profesionalmente.

A mis compañeros de generación Martín, Salvador, Jorge y Alan por compartir sus conocimientos, sus vivencias, sus consejos, su apoyo a lo largo de estos 4 años; por regalarme su lado más vulnerable y su lado más fuerte, conocí de ustedes sus enojos y sus alegrías, me los llevo no solo de compañeros, ni de amigos, sino de hermanos; gracias por todo y les deseo todo el éxito de aquí para adelante, que la vida nos vuelva a juntar todas las veces posibles.

Gracias.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos que con su apoyo me hicieron crecer personal y profesionalmente.



ÍNDICE GENERAL

INDICE 1

RESUMEN..... 3

ABSTRACT..... 4

INTRODUCCIÓN 5

MARCO TEÓRICO 16

Epidemiología..... 17

Mecanismo de la lesión 19

Clasificación..... 19

Diagnóstico..... 20

Tratamiento 24

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 27

OBJETIVOS..... 27

General..... 27

Específicos..... 27

HIPOTESIS 28

MATERIAL Y MÉTODOS 28

Logística 28

PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO 28

Criterios de exclusión..... 29

Criterios de eliminación..... 29

Cronograma de actividades..... 29

ASPECTOS ÉTICOS 30

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS..... 30

RESULTADOS.....21

DISCUSIONES.....34

CONCLUSIONES.....35

GLOSARIO36

BIBLIOGRAFÍA..... 37

ANEXOS.....40

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Radiografía lateral de codo con fractura supracondílea.....6

Imagen 2. Radiografía lateral de codo.....7

Imagen 3. Anatomía radiológica del codo.....8

Imagen 4. Clasificación de fracturas supracondíleas humerales.....9

Imagen 5. Radiografía lateral de codo comparativa de fractura tipo I. A codo afectado la línea humeral anterior del capitellum. B línea humeral secciona capitellum11

Imagen 6. Ángulo de Baumann12

Imagen 7. Ángulo de carga normal.....13

Imagen 8. Reloj de arena (gota humeral)14

Imagen 9. Correlación entre factores.....22

Imagen 10. Numero de clúster para los factores.....23

Imagen 11. Agrupaciones de los pacientes por los factores.....24

Imagen 12. Gráfico de cajas y bigotes de tiempo quirúrgico.....25

Imagen 13. Grafica de cajas y bigotes de tipo de reducción.....26

Imagen 14. Gráfica de cajas y bigotes de intentos de reduccion.....27

Imagen 15. Histograma de frecuencia para el tiempo desde la lesion.....28

Imagen 16. Residuales del ajuste del modelo contra la variable.....31

Imagen 17. Cuantiles teoricos contra cuantiles del ajuste32

Imagen 18. Histograma de frecuencia de los residuales.....33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de cada uno de los pacientes.....21

Tabla 2. Variable categórica y variable dummy.....22

Tabla 3. Medias de cada factor dentro del análisis de clúster.....25

Tabla 4. Valores -p resultado del Anova.....28

Tabla 5. Pruebas de normalidad aplicada al tiempo desde la lesión29

Tabla 6. Resultados del ajuste multi lineal entre los factores.....29

Tabla 7. Resultados del ajuste multi lineal entre los factores.....30

Tabla 8. Intervalo de confianza de los coeficiente.....30

Tabla 9. Pruebas de normalidad aplicada a los residuales del modelo.....30

RESUMEN

Introducción: Las fracturas humerales supracondíleas las más frecuentes en los niños por lo general, en su periodo agudo dentro de las primeras 24 horas, se tratan de forma urgente mediante una reducción cerrada y fijación percutáneo. Sin embargo, el tratamiento a menudo se retrasa en áreas donde los recursos sanitarios son escasos lo cual puede afectar directamente el tipo de reducción terapéutica.

Material y métodos: Estudio descriptivo, observacional, retrospectivo mediante la identificación de expedientes de pacientes entre 1 a 9 años postquirúrgicos con fracturas supracondíleas tipo III en el periodo de Enero del 2020 a Julio del 2022, obtenidos en archivo clínico del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, observando el periodo de tiempo en que inicio el tratamiento con reducción cerrada y fijación percutánea, se realiza seguimiento de todos los pacientes con fractura supracondílea tipo III durante estos años para demostrar que la cirugía con técnica cerrada, operándolos en las primeras 24 horas facilita la técnica quirúrgica, obteniendo buenos resultados radiográficos y funcionales.

Resultados: De la muestra de 22 pacientes (100%) presentaron una reducción adecuada a pesar de los intentos de colocación de los clavos para estabilizar el fragmento distal beneficiando directamente en los resultados positivos de la reducción de fractura. La distribución por género fue de 54.5% hombres y 45.5% mujeres, la edad promedio fue de 5 años, con una mínima de 1 y máxima de 9 años, con una distribución por miembro afectado fue de 54.5% izquierdo y 45.5% derecho donde el mecanismo de fue un 100% con carga axial y extensión de extremidad superior. El tiempo promedio de inicio desde hasta el inicio de tratamiento fue de 16.8 horas, con una mínima de 6 horas y una máxima de 48 horas, donde la reducción en todas las fracturas se intento de forma cerrada sin embargo por el tiempo de evolución y la inestabilidad del fragmento distal el 22.7% se realizó una reducción abierta.

Conclusiones: La fijación temprana de las fracturas supracondíleas Gartland III en las primeras 24 horas aplicando una técnica de reducción cerrada facilita el proceso quirúrgico disminuyendo el tiempo y reduciendo los intentos de colocación de los clavos, lo cual mejora la estabilización del fragmento distal.

Palabras clave: Fracturas supracondíleas, reducción cerrada, fijación temprana.

ABSTRACT

Introduction: Supracondylar humeral fractures, the most common in children, are generally treated urgently in their acute period within the first 24 hours by closed reduction and percutaneous fixation. However, treatment is often delayed in areas where healthcare resources are scarce, which can directly affect the rate of therapeutic reduction.

Material and methods: Descriptive, observational, retrospective study through the identification of records of patients between 1 to 9 years post-surgery with type III supracondylar fractures in the period from January 2020 to July 2022, obtained in the clinical file of the Centennial Hospital Miguel Hidalgo, observing the period of At the time when treatment with closed reduction and percutaneous fixation began, all patients with type III supracondylar fractures were followed up during these years to demonstrate that surgery with the closed technique, operating on them in the first 24 hours, facilitates the surgical technique, obtaining good results. radiographic and functional results.

Results: From the sample of 22 patients (100%) presented an adequate reduction despite the attempts to place the nails to stabilize the distal fragment, directly benefiting the positive results of the fracture reduction. The distribution by gender was 54.5% men and 45.5% women, the average age was 5 years, with a minimum of 1 and a maximum of 9 years, with a distribution by affected limb was 54.5% left and 45.5% right where the mechanism was 100% with axial load and upper extremity extension. The average start time from the start of treatment was 16.8 hours, with a minimum of 6 hours and a maximum of 48 hours, where the reduction in all fractures was attempted in a closed manner, however due to the evolution time and the instability of the distal fragment, 22.7% underwent open reduction.

Conclusions: Early fixation of Gartland III supracondylar fractures in the first 24 hours using a closed reduction technique facilitates the urgent process, decreasing time and reducing nail placement attempts, which improves fragment hardness distal.

Keywords: Supracondylar fractures, closed reduction, early fixation.

INTRODUCCIÓN

Las fracturas humerales de tipo supracondíleas son frecuentes en niños, principalmente en menores de 10 años, se considera la segunda más frecuente con una incidencia máxima entre 5 a 7 años se distribuye por igual entre niños y niñas, comprenden aproximadamente del 12 al 17 % de todas las fracturas pediátricas (Acton & McNally, 2001; Prabhakar & Ho, 2019). Estas fracturas pueden presentarse por una caída desde la propia altura, con mecanismo de hiperextensión, lo que genera una fractura de tipo extensión.

Las fracturas pueden presentarse en dos tipos: tipo de extensión (98%), involucrando el fragmento distal hacia atrás cuando el codo se hiperextiende y el olécranon se forza hacia la fosa; y tipo flexión (2%), donde el olécranon como punto de apoyo empujando el fragmento distal anteriormente (Acton & McNally, 2001).

Es fundamental un buen manejo de esta fractura, desde el diagnóstico precoz y manejo inicial en urgencias sobre la necesidad de intervención quirúrgica. Por lo general, en su periodo agudo dentro de las primeras 24 horas, se tratan clásicamente de forma urgente, utilizando una variedad de métodos ortopédicos y quirúrgicos mediante la colocación de clavos percutáneos con una reducción cerrada (Acton & McNally, 2001).

La reducción cerrada con la fijación de clavos percutáneos son el gold estándar de cualquier fractura supracondílea tipo III humeral desplazado en niños. Sin embargo, las técnicas de colocación de clavos percutáneos son motivo de controversia. Por un lado, se debe lograr la estabilidad primaria para evitar la pérdida de reducción (Rupp et al., 2019).

Se realiza un estudio descriptivo, observacional, retrospectivo mediante búsqueda de expedientes de pacientes postquirúrgicos de fracturas supracondíleas tipo III en pacientes de entre 1 a 9 años, en el periodo de Enero del 2020 a Julio del 2022, obtenidos en archivo clínico del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, observando el periodo de tiempo en que inicio el tratamiento con reducción cerrada y fijación percutánea, se realiza seguimiento de todos los pacientes con fractura supracondílea tipo III durante estos años para demostrar que la cirugía con técnica cerrada, operándolos en las primeras 24 horas facilita la técnica quirúrgica, obteniendo buenos resultados radiográficos y funcionales.

MARCO TEÓRICO

Las fracturas humerales tipo supracondíleas son bastantes comunes en niños, se observan con mayor frecuencia en menores de 10 años, se considera es la segunda más frecuente con una incidencia máxima entre las edades de 5 a 7 años y se habla de las más frecuentes a lesiones del codo (86%), ocurre en el lado no dominante (izquierdo) y se distribuye por igual entre niños y niñas, comprenden aproximadamente del 12 al 17 % de todas las fracturas pediátricas (Acton & McNally, 2001).

El mecanismo de la lesión habitual es una caída de su propia altura, con el codo y muñeca en extensión máxima. Las fracturas se dividen ampliamente en dos tipos: tipo de extensión (98%), se observa que el fragmento distal se desplaza a posterior cuando el codo se hiperextiende y el olécranon hacia su fosa, y tipo de flexión (2%), donde el olécranon actúa como punto de apoyo empujando el fragmento distal hacia anterior (Acton & McNally, 2001).

Estas fracturas se asocian con un alto riesgo de complicaciones a corto, mediano y largo plazo, tanto de la lesión como de su tratamiento. Por tanto, es fundamental un buen manejo de esta fractura, desde el diagnóstico precoz y manejo inicial en urgencias y tomar la decisión sobre la necesidad de intervención quirúrgica y, en su caso, correcta técnica quirúrgica (Acton & McNally, 2001).

Imagen 1.

Radiografía lateral del codo con fractura supracondílea



Fuente: Imagen obtenida de (Acton & McNally, 2001)

Imagen 2.

Radiografía lateral de codo.



Fuente: *Imagen obtenida de (Acton & McNally, 2001)*

El diagnóstico es fundamental en la exploración clínica, de acuerdo con el mecanismo de lesión y la edad de presentación, además de la imagen radiológica. La radiografía de codo en proyecciones anteroposterior y lateral del húmero distal para confirmar el diagnóstico, excluir diferenciales como fracturas del cóndilo lateral (donde una vista oblicua puede ser más informativa), permite valorar la clasificación, los ángulos y la planeación de los abordaje terapéutico (Acton & McNally, 2001). (Imagen 1 y 2).

La fractura supracondílea de tipo extensión ha sido clasificada además por Gartland según la cantidad de desplazamiento. Según la modificación de Wilkins del sistema de Gartland, comúnmente utilizada, se clasifican como no desplazada (tipo I), desplazadas conservando el contacto cortical posterior (tipo II) y desplazadas sin contacto cortical (tipo III) (Prabhakar & Ho, 2019).

Epidemiología

El codo se considera una articulación tipo bisagra, del extremo distal del húmero articula lateralmente con la cúpula radial a través del capitellum y medialmente con el cúbito.

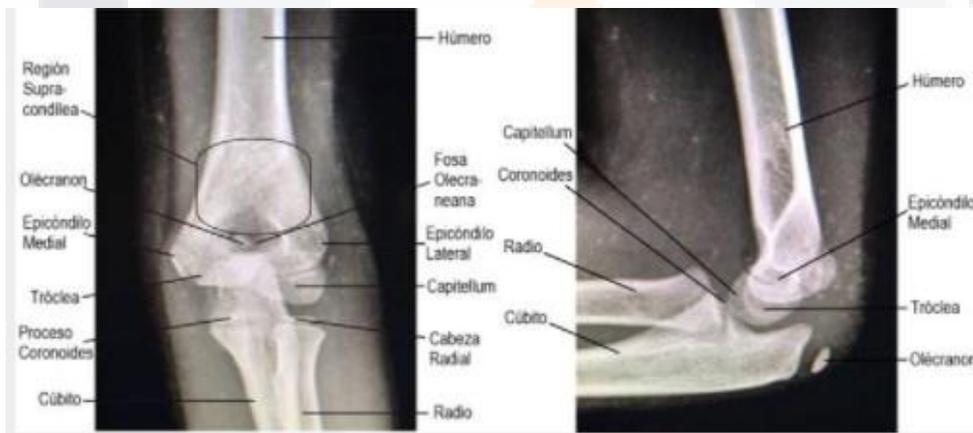
En la parte anterior, la fosa coronoides hace contacto con el proceso coronoideo del cúbito, con el antebrazo en flexión, en su parte posterior, donde la fosa olecraneana humeral contiene el

olécranon con el antebrazo en extensión. La articulación húmero-cubital/radial permite los movimientos de pronosupinación además de los de flexo-extensión (Drake et al., 2005).

La remodelación ósea propiamente humeral en pediátricos entre 5 y 8 años su diámetro en la región supracondílea en dimensión anteroposterior donde se observa angosto. Además, la laxitud de la población pediátrica permite la hiperextensión del antebrazo, convirtiendo esta área supracondílea la más frecuente alrededor del codo, definiéndose como la pérdida de la continuidad ósea en la metáfisis distal del húmero, encima de los cóndilos además de proximal a la línea fisaria; sitio clave ya que es más delgado por la localización de la fosa coronoidea y olecraneana (Cardona et al., 2020). (Imagen 3).

Imagen 3.

Anatomía radiológica del codo.



Fuente: Imagen obtenida de (Cardona et al., 2020).

Las fracturas humerales de tipo supracondíleas son sumamente frecuentes en niños, convirtiéndose en la segunda causa más frecuente entre 5 y 7 años, y la más frecuente en lesiones del codo (86%); y el primer lugar de fracturas que requieren cirugía en este rango de edad (Dana & Pannier, 2013), predominan en el sexo masculino con una relación de 2:1, siendo el brazo izquierdo el más afectado (67%) (Acton & McNally, 2001).

Mecanismo de la lesión

Se clasifican de acuerdo con el mecanismo de lesión, siendo en extensión las que representan el 97 al 99% y en flexión el 2%. La causa típica es el mecanismo indirecto del codo, debido a una caída desde la propia altura, con el codo y muñeca en extensión. Esto hace que el olécranon colisione con el techo de la fosa olecraneana. Al contrario de las fracturas de tipo flexión o directas, se producen por la contusión en la parte posterior del codo, originando un desplazamiento anterior. Este mecanismo de lesión solo se presenta en el 2% al 5% de los casos (Acton & McNally, 2001).

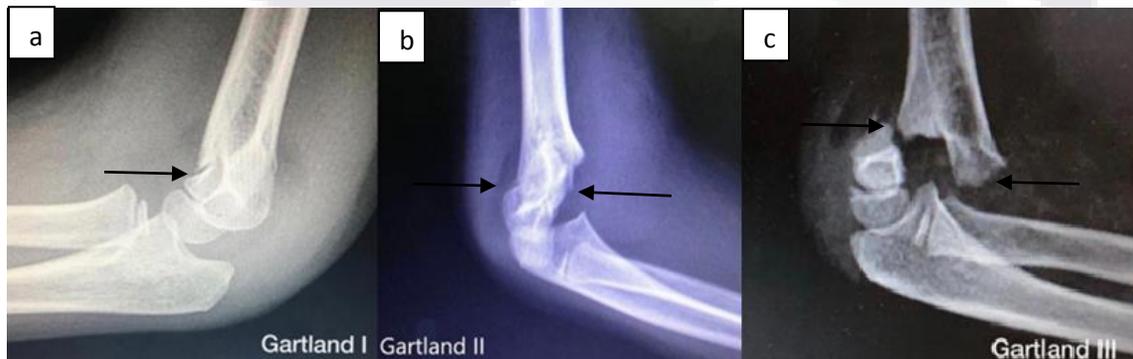
Clasificación

La clasificación de Gartland es la más usada a nivel internacional para estas lesiones; esta las agrupa en 3 tipos (Gupta et al., 2004). (Imagen 4):

- Tipo I: fracturas de la cortical anterior de húmero sin desplazamiento y mínima angulación; no desplazada (< 2 mm). (Imagen 4a)
- Tipo II: fractura de la cortical anterior del húmero, mayor angulación y leve desplazamiento, desplazada (> 2 mm). (Imagen 4b)
- Tipo III: fractura desplazada sin contacto entre corticales; este grupo puede ser posteromedial o posterolateral. Las lesiones asociadas como el edema pueden ocasionar lesiones vasculares (0.5%) o nerviosas, se extiende a tejidos blandos, daña al periostio y aumenta las lesiones neurovasculares. (Imagen 4c)

Imagen 4.

Clasificación de las fracturas supracondíleas humerales



Fuente: Imagen obtenida de (Cardona et al., 2020).

Diagnóstico

Se realiza mediante la clínica en un niño menor de 10 años, con el antecedente de una caída sobre la mano y el codo en extensión. La presentación clínica dependerá del desplazamiento y el compromiso de estructuras neurovasculares (Miranda et al., 2014).

Siempre de forma inicial se debe de realizar una evaluación vascular y neurológica completa de la extremidad en el momento inicial. Comenzando por la evaluación vascular que se considera la más urgente. Determinar el pulso radial está presente, posterior el llenado capilar, el color (rosada o pálida) y la temperatura son signos útiles para determinar la irrigación, distal a la fractura, de la extremidad y siempre de una forma comparativa a la contralateral. Un llenado capilar mayor a 2 segundos, palidez, frialdad y pulso radial ausente, son signos de una extremidad pobremente perfundida, y en caso de permanecer así luego de la reducción, requerirá una exploración vascular urgente. (Dana & Pannier, 2013)

Para el diagnóstico y la evaluación es necesario las proyecciones: anteroposterior (AP) y lateral (Shrader, 2008). Donde las fracturas tipo I pueden representar un reto, ya que habitualmente no se observa trazo en la radiografía y solo la presencia del cojinete graso puede evidenciarla, este se observa como una delgada zona radiolúcida en el codo, es preferible valorar uno anterior y otro posterior que normalmente se ubican entre la cápsula articular y la sinovial. El primero, puede ser visible en condiciones normales, mientras que el segundo siempre es patológico (Herring & Tachdjian, 2014) (Imagen 5). Además, puede ser útil la evaluación de la línea humeral anterior donde se valora el desplazamiento.

Imagen 5.

Radiografía lateral de codo comparativa de fractura tipo I. A codo afectado la línea humeral anterior del capitellum. B línea humeral secciona capitellum



Fuente: Imagen obtenida de (Cardona et al., 2020).

Otra medida que se utiliza para obtener el grado de desplazamiento en varo de la fractura se utiliza el ángulo de Baumann, que se obtiene en la proyección AP y tiene dos definiciones dependiendo de la literatura.

Está formado por la intersección de la línea media diafisaria humeral con la línea fisiaria del cóndilo lateral o del capitellum, con un rango normal entre 64° y 81° (con un promedio de 72°) (Kim & Sponseller, 2014; Miranda et al., 2014). Para otros, el grado de desplazamiento sería el ángulo restante que se obtiene de forma complementario al anterior, es decir, formado por una perpendicular a línea media de la diafisaria humeral, que intercepta con la línea fisiaria del cóndilo lateral donde su valor normal sería entre 9° y 26° (Imagen 6) (Alton et al., 2014).

Por el rango tan amplio de normalidad, es necesario hacerlo comparativo contralateral, ya que una variación anormal indicaría un colapso de la columna medial del húmero distal y ocasionaría una deformidad en varo (Rupp et al., 2019).

Imagen 6.

Ángulo de Baumann (Línea A diafisaria humeral, Angulo A con condilo lateral, Angulo B complementario con las intercecciones origen del angulo de Baumann)



Fuente: Imagen obtenida de (Cardona et al., 2020).

Otro de los ángulos a medir es el de carga del codo o de desviación cubital, evaluado en radiografía AP, o clínicamente; formado por la intersección de la línea del eje medio del brazo con la línea del eje medio del antebrazo (Imagen 7). Utilizado para realizar la medición del alineamiento coronal del brazo con el antebrazo y determina la desviación en varo o en valgo de la extremidad, el rango normal se encuentra entre 5° y 15°, con un valor promedio de 10° (Allouh et al., 2016).

Imagen 7.

Ángulo de carga normal (Angulo C intersección de la línea del eje medio del brazo con la línea del eje medio del antebrazo)



Fuente: Imagen obtenida de (Cardona et al., 2020).

Otro signo a valorar en la radiografía lateral es la gota humeral o reloj de arena es una silueta que se forma por tres estructuras importantes lo que es la fosa olecraneana, la fosa coronoides y el borde superior de los núcleos de osificación con la porción diafisaria humeral (Cardona et al., 2020). (Imagen 8) En condiciones normales, se logra apreciar como un círculo casi perfecto, lo que significa que rompe su integridad de su forma indicando una fractura.

Imagen 8.

Reloj de arena (silueta de gota humeral)



Fuente: Imagen obtenida de (Cardona et al., 2020).

Tratamiento

La urgencia en el tratamiento siempre radica en buscar una reducción anatómica ya que de forma temprana reduce las complicaciones, esta a su vez es considerada una lesión grave por la frecuencia de complicaciones asociadas, la incidencia de deformidad residual en el codo y las posibles complicaciones neurovasculares que pueden presentarse antes o posterior a la cirugía. (Pérez et al., 2018; Thornton et al., 2015).

El tratamiento conservador en las fracturas tipo I es decir sin desplazamiento es eficaz, pero la controversia es en cuanto al tratamiento de las fracturas con desplazamiento. La reducción cerrada y la fijación con clavillos percutáneos de Kirschner en diferentes configuraciones tanto en disposición lateral o cruzada, con 2 o 3 clavillos se ha popularizado hasta convertirse en el método más ampliamente aceptado en la actualidad (Pérez et al., 2018).

Estas técnicas modernas de tratamiento han disminuido de manera sustancial las tasas de consolidación defectuosa y de síndrome compartimental, pero existe el tema controversial respecto al tratamiento de estas fracturas como la urgencia de la intervención quirúrgica y el momento adecuado de llevarlas a cirugía, la configuración de la posición de los clavillos, la

controversia de tratar de forma quirúrgica o conservadora las lesiones de tipo II y el manejo de los miembros con trastornos de la vascularidad (Pérez et al., 2018).

Cuando se trata una fractura humeral tipo supracondílea en un niño con mediano o gran desplazamiento se realiza un tratamiento de urgencia con la finalidad de evitar una complicación vascular o un síndrome compartimental (Pérez et al., 2018).

El objetivo principal del tratamiento es buscar la estabilidad y prevenir la deformidad en el cúbito varo; donde existen recomendaciones que las fracturas tipo I con angulación menor a 20° se traten de manera conservadora con un aparato circular de 3 a 4 semanas, pero si la angulación es mayor de 20°, es recomendable la manipulación cerrada bajo anestesia; en las fracturas tipo II se recomienda la reducción bajo anestesia con una tracción de tipo longitudinal aunque aquí también es un tema controversial; en las tipo III, la reducción cerrada con clavillos percutáneos es considerada como el estándar de oro, ya que al considerarse un método poco invasivo (Barron-Torres et al., 2015) conlleva un menor riesgo de complicaciones y secuelas, además puede favorecer al ofrecer una menor estancia intrahospitalaria (Barron-Torres et al., 2015; Pérez et al., 2018) y, al conservar la función biomecánica de la articulación del codo, rehabilitan de una forma relativamente rápida, con recuperación completa con un rango de 6 a 8 semanas.

Se ha observado que hasta en un 25% de las fijaciones percutáneas no se consigue la alineación satisfactoria, donde se opta la necesidad de la remanipulación, aumentando el riesgo de deformidades en varo o valgo a largo plazo, donde se ha observado hasta en un 60% de los casos de pacientes que son intervenidos por segunda ocasión. La fijación abierta, que tiene menor incidencia de desplazamiento (Barron-Torres et al., 2015) esta indicada de forma inicial en las fracturas expuestas en sospecha de lesión neurovascular, y en aquellas en las cuales la reducción cerrada no es suficiente o ameritaron 2 o más intentos de fijación percutánea con clavillos (Barron-Torres et al., 2015).

Existe en la literatura, como (Barron-Torres et al., 2015), que indican realizar reducción abierta en fracturas tipo III con gran angulación; donde se logró observar resultados de buenos a excelentes hasta en el 95% de los casos cuando se compara la reducción abierta con la reducción cerrada únicamente en fracturas con desplazamiento severo; sin embargo, en la mayoría de la literatura por diferentes autores indican iniciar con reducción cerrada y después de 2 intentos considerar la reducción abierta, pues la manipulación repetitiva puede causar rigidez y neuropraxia (Aktekin et al., 2008).

Hay autores donde afirman que la fijación quirúrgica está indicada en la mayoría de las fracturas tipos II y III, para prevenir la consolidación defectuosa; afirmando que se obtuvieron mejores resultados que con la reducción cerrada y la colocación de yeso. No existe diferencia entre ambos métodos de reducción en cuanto a presencia de rigidez, aunque algunos estudios han reportado mayor rigidez en pacientes tratados con reducción abierta. No se han encontrado diferencias entre ambos métodos en rangos de movilidad o ángulo de acarreo. La reducción cerrada tiene mejores resultados funcionales (Aktekin et al., 2008; Barron-Torres et al., 2015).

Las complicaciones como la neuropraxia (presente en %) relacionada con la lesión inicial suele resolverse con el tiempo, ya que los nervios afectados se estiran o se contusionan, en lugar de ser seccionados por los fragmentos óseos (Acton & McNally, 2001).

Las lesiones vasculares agudas determinan la gravedad de Gartland como el tipo III con extensión en niños presentes en un 10% a 20% de los niños con tales fracturas presentan la extremidad sin pulso distal, donde la perfusión de la mano debe determinarse en el quirófano después de la manipulación y la fijación (Acton & McNally, 2001).

La ausencia de pulso radial se reporta en 6 a 20 % de todas las fracturas supracondíleas (Micheloni et al., 2021).

La reducción inadecuada, o la pérdida de la reducción y la subsiguiente unión defectuosa, pueden provocar cúbito varo o cúbito valgo con parálisis tardía del nervio cubital a medida que el nervio cubital se estira al pasar por detrás del epicóndilo medial.

Una complicación rara pero devastadora de las fracturas supracondíleas es el síndrome compartimental que provoca contractura isquémica de Volkmann y déficit funcional permanente, que ocurre en 0.2 a 0.3% de las fracturas humerales supracondíleas.

Otras complicaciones incluyen la migración del clavo, la infección y la rigidez posoperatoria (Micheloni et al., 2021; Santini, 2009)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los casos de fracturas pediátricas supracondíleas Gartland tipo III, con manejo de reducción cerrada, dentro de las primeras 24 hrs facilitan al cirujano la reducción beneficiando directamente la reducción del tiempo quirúrgico, cuando las fracturas se atienden después de las 24 horas, provocan en el paciente el aumento en los intentos de reducción de la fractura, llevando a la colocación de los clavillos para estabilizar el fragmento distal en repetidas ocasiones.

Si la aplicación de tratamiento de reducción cerrada con fijación percutánea dentro de las primeras 24 horas, beneficiaría al paciente en su recuperación ya que permite la restitución de las relaciones anatómicas que favorecerán en la recuperación del paciente beneficiando directamente la reducción del tiempo quirúrgico y recuperación.

JUSTIFICACION

Las fracturas humerales tipo supracondileas, por lo general, en su periodo agudo dentro de las primeras 24 horas, se tratan clásicamente de forma urgente, utilizando una variedad de métodos ortopédicos y quirúrgicos mediante la colocación de clavos percutáneos con una reducción cerrada.

Sin embargo, el tratamiento a menudo se retrasa en áreas donde los recursos sanitarios son escasos lo cual afecta directamente el tipo de reducción terapéutica, provocando un alto riesgo de complicaciones a corto y largo plazo de la lesión como de su tratamiento.

Hacer una fijación temprana dentro de las 24 horas facilita la aplicación del procedimiento con una reducción cerrada de la fractura, un menor tiempo quirúrgico y menor riesgo de complicaciones.

OBJETIVOS DE ESTUDIO

General:

Demostrar que la aplicación de una cirugía con técnica de reducción cerrada durante las primeras 24 horas de fracturas supracondíleas Gartland tipo III en niños, facilita la técnica quirúrgica y permite mejorar los resultados radiográficos y funcionales.

Específicos:

- a) Clasificar el tiempo de inicio de lesión-tratamiento médico.

- b) Medir el tiempo quirúrgico (rango y media) que toma por paciente durante su tratamiento de reducción cerrada de fracturas.
- c) Evaluar la estabilidad de reducción de fracturas con técnica de reducción cerrada.
- d) Identificar las complicaciones presentadas con técnica de reducción cerrada

HIPOTESIS

La fijación de fracturas supracondíleas Gartland tipo III en niños con técnica cerrada en las primeras 24 horas, reduce el tiempo quirúrgico y facilita la técnica quirúrgica

MATERIAL Y MÉTODOS

Logística

Se definió mediante la búsqueda de expedientes de pacientes postquirúrgicos de fracturas supracondíleas Gartland tipo III en pacientes de entre 1 a 9 años, en el periodo de Enero del 2020 a Julio del 2022, obtenidos en archivo clínico, posteriormente se recolecto la información de las variables en las una tabla de recolección de datos posteriormente durante el seguimiento se aplico la arcometria para evaluar la funcionalidad y estabilidad en cada procedimiento, y finalmente se realizo método estadístico descriptivo para lo cual se obtuvieron resultados en gráficas, posteriormente se realizo el análisis y conclusiones de los datos obtenidos.

Diseño

Se realizó un estudio descriptivo, observacional, retrospectivo

PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Criterios de inclusión:

- Pacientes con fractura supracondílea tipo III de Gartland y manejo quirúrgico en el servicio de Traumatología y Ortopedia del Centenario Hospital Miguel Hidalgo
- Pacientes de ambos sexos en edad pediátrica de 1 a 9 años de edad
- Pacientes con expediente completo en el sistema hospitalario
- Pacientes con seguimiento en la consulta externa

Criterios de exclusión:

- Pacientes con fractura supracondílea con manejo conservador
- Pacientes con expediente clínico incompleto
- Pacientes sin control radiográfico en el sistema hospitalario
- Se excluyeron del estudio los pacientes que estaban fuera de rango entre los 1 y 9 años de edad
- Pacientes con presencia de fractura expuesta

Criterios de eliminación:

Ninguno.

Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	2021				2022
ACTIVIDAD	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
Revisión de bibliografía					
Recolección de datos					
Revisión de datos					
Elaboración de tesis					
Planteamiento de problema					
Marco teórico					
Objetivos					
Identificación de variables					
Corrección de tesis					
Tabulación de datos.					
Interpretación y discusión					
Elaboración de conclusiones					
Protocolo final					

Recolección de datos:

Los datos recabados se obtuvieron del registro de expedientes proporcionado por el servicio de informática del Centenario Hospital Miguel Hidalgo de pacientes con fracturas supracondíleas tipo III con manejo quirúrgico, los cuales se recolectaron en tablas para mejor interpretación, dichos datos de analizaron en el expediente clínico uno a uno, con los datos en las tablas se realizo por el investigador el análisis y tabulación de datos para su interpretación.

ASPECTOS ÉTICOS:

Los procedimientos necesarios para nuestro estudio están sujetos a las normas éticas para el manejo y protección de datos de acuerdo con los derechos de los pacientes y a la privacidad del individuo sujeto, respetando el reglamento de la Ley General de Salud y protección de identidad.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS:

El investigador declara no tener conflictos de intereses.



RESULTADOS:

- **Análisis de factores**

La base de datos cuenta con información de 22 pacientes (Tabla 1), de los cuales se tienen los siguientes factores:

Tabla 1 Factores de cada uno de los pacientes (los factores Número de expediente, Seguimiento y Actualmente no se muestran en la tabla porque no fueron usados en el análisis)

Factores	Tipo de variable	Niveles
Edad (años)	Cuantitativa discreta	[1,9]
Genero	Cualitativa nominal	{Masculino, Femenino}
Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento (horas)	Cuantitativa discreta	[6,48]
Mecanismo de lesión	Cualitativa nominal	{Extensión}
Miembro afectado	Cualitativa nominal	{Derecho, Izquierdo}
Estado neurovascular al ingreso	Cualitativa nominal	{Bien}
Tipos de reducción	Cualitativa nominal	{Cerrado, Abierto}
Intentos de reducción	Cuantitativa discreta	[1,5]
Técnica clavillos	Cualitativa nominal	{2 Laterales, 2 Cruzados, 3(2 Laterales)}
Tiempo quirúrgico (min)	Cuantitativa discreta	[25,180]
Retiro de clavos	Cuantitativa discreta	[5,7]

Los factores Mecanismo de la lesión y Estado neurovascular al ingreso no son utilizados en el análisis, ya que la base de datos solo maneja un solo nivel de cada uno.

La correlación entre los factores nos puede apoyar para encontrar factores que no contribuyan en la correlación con los factores de importancia (Tiempo quirúrgico), ya que los factores correlacionados pueden generar multi colinealidad y no contribuir en el ajuste. La correlación de los datos demográficos se muestra en la Figura 9. El análisis de correlación de parámetros demográficos se evaluó a utilizando la librería “*psych*” (Revelle, 2021) en R

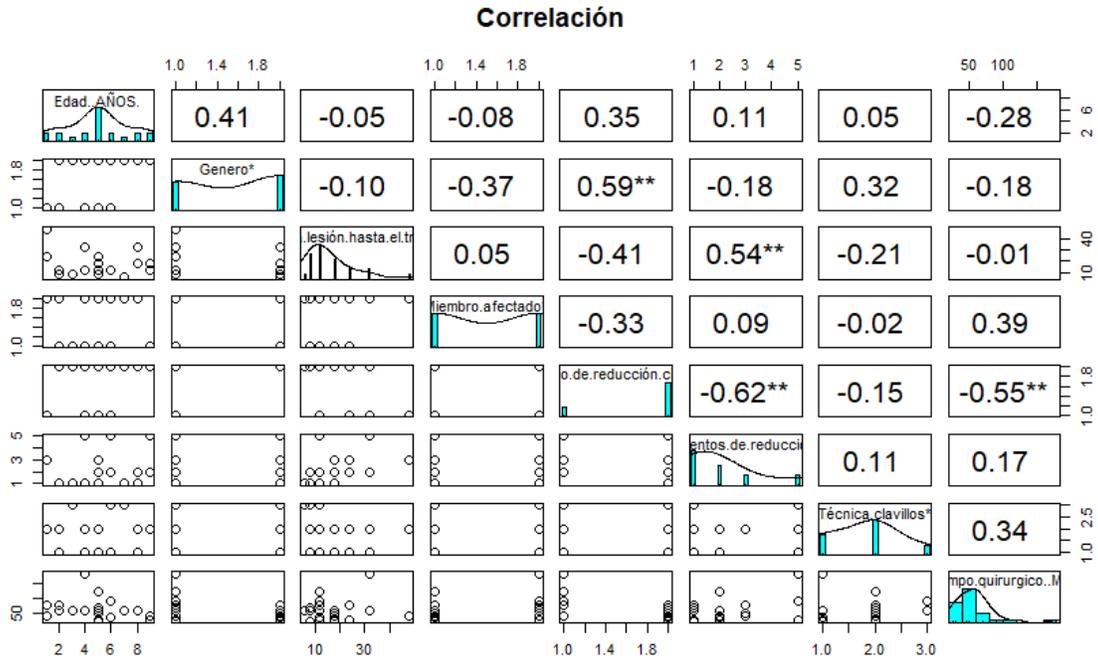


Figura 9 Correlación entre factores obtenida por el paquete “psych” en R. En la esquina inferior izquierda se encuentran las gráficas de las correlaciones entre factores, en la diagonal central los diagramas de frecuencias de los factores y en la esquina superior derecha los coeficientes de correlación de Spearman entre factores.

De la Figura 99 se puede apreciar que los factores que tienen un comportamiento normal son Edad y Técnica de clavillos; Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento, Intentos de reducción cita y Tiempo quirúrgico tiene un sesgo hacia la izquierda.

Los factores que mejor presentan una mejor correlación con *El tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* son *Tipo de reducción cita* (-0.41) e *Intentos de reducción* (0.54).

Todos los factores utilizados para el ANOVA y la correlación del modelo multilínea son convertidos a variables *dummy* (variables numéricas discretas), para poder se empleados en el ajuste de los modelos. En la siguiente tabla (Tabla 2) se muestra la conversión de estos datos para poder aplicarlos al análisis de modelos lineales.

Tabla 2 . A cada nivel de cada variable categórica le corresponde un valor entero señalado como variable *dummy* para poder llevar a cabo los ajustes de los modelos.

Var dummy	Género	Miembro afectado	Tipo de reducción	Técnica clavillos
0	M	Izquierdo	Cerrada	2 Laterales
1	F	Derecho	Abierta	2 Cruzados
2				3 (2 Laterales)

- **Análisis de Clúster (agrupaciones)**

Para el análisis de agrupaciones se aplicó el método *k-means*, además de un método para la obtención de número de Clúster óptimo para los factores. Para generar los clústeres primero se procedió a obtener el numero óptimo de clúster a partir del comando “*NbClust*” que se encuentra en la librería “*NbClust*” (Malika, Nadia, Véronique, & Azam, 2014) en R. Los resultados se muestran en la Figura 10.

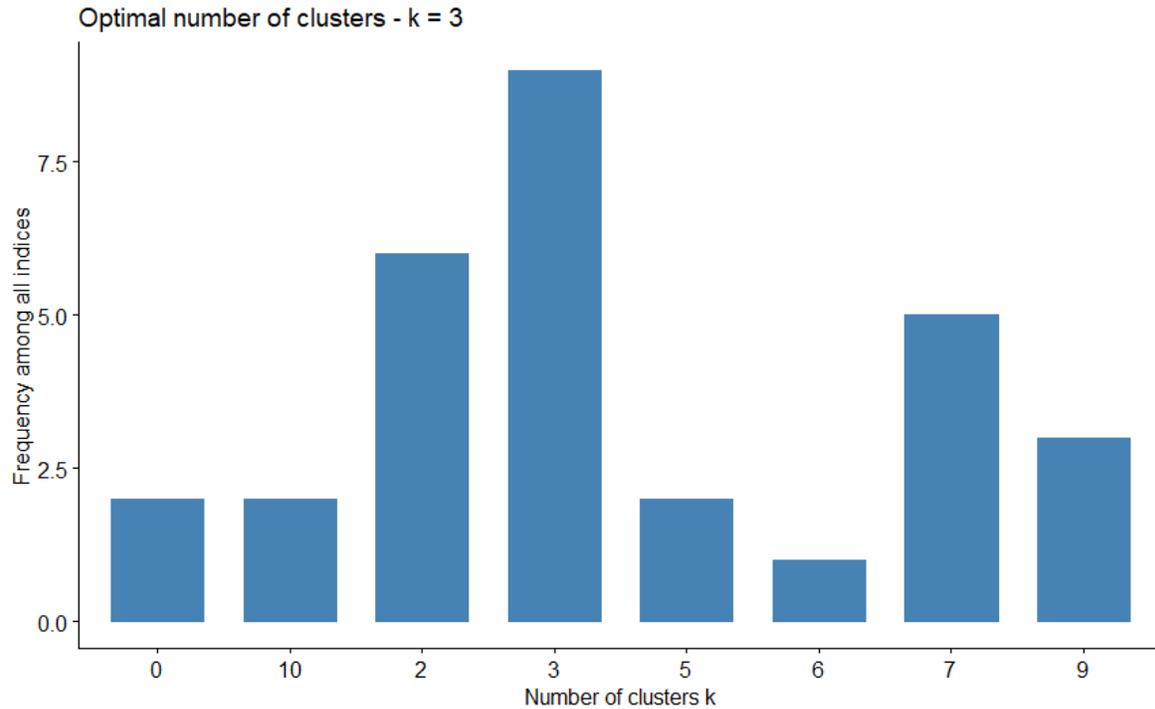


Figura 10 Número de clúster óptimo para los factores. Figura obtenida utilizando la librería “*NbClust*” (Malika, Nadia, Véronique, & Azam, 2014) en R.

De los resultados del análisis del número óptimo de clústeres, se obtuvo que el mejor número para el análisis es 3. Para generar y visualizar los clústeres se emplean las librerías “*cluster*” (Maechler, Rousseeuw, Struyf, Hubert, & Hornik, 2021) y “*factoextra*” (Kassambara & Mundt, 2020) en R. Los resultados se muestran a continuación (Figura 11):

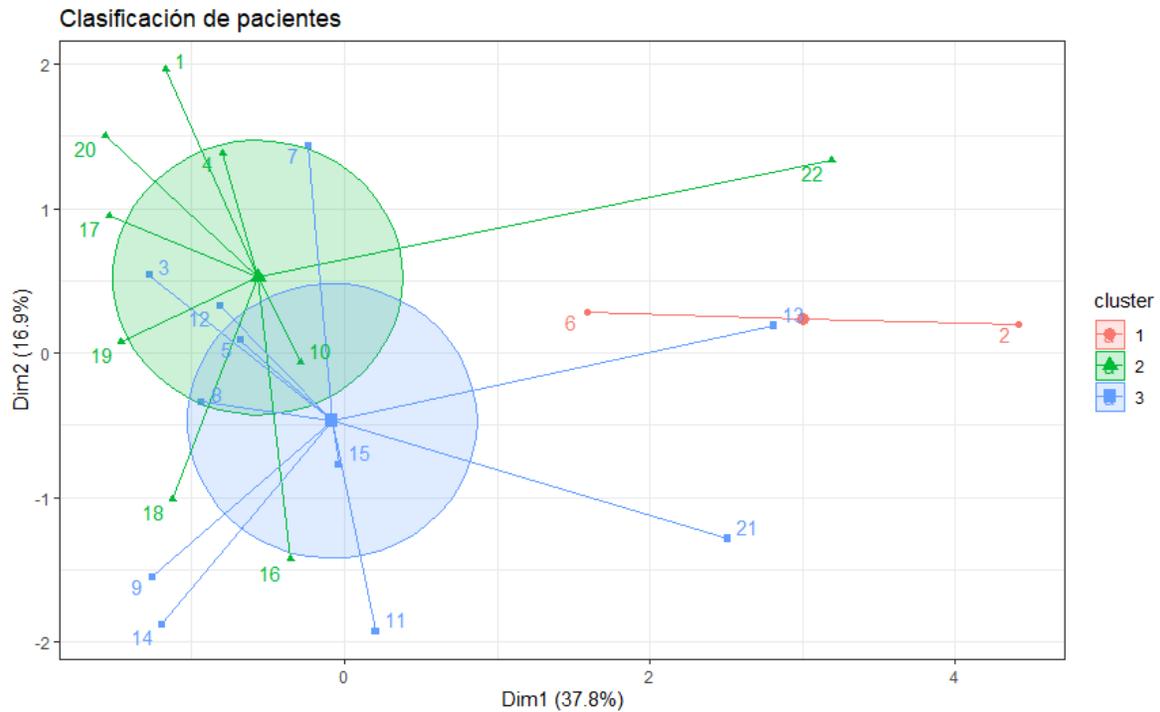


Figura 11 Agrupaciones de todos los pacientes por los factores. Figura obtenida utilizando las librerías “cluster” (Maechler, Rousseeuw, Struyf, Hubert, & Hornik, 2021) y “factoextra” (Kassambara & Mundt, 2020) en R.

Los resultados del análisis *k-means* (Tabla 3) indican que en el primer grupo se encuentra conformado por 2 pacientes, el segundo por 9 y el último por 11. Los tres grupos se encuentran conformados por pacientes con edades promedio entre los 5 años, mientras que el primer grupo de pacientes son todas del género femenino y los otros dos grupos contienen más pacientes del género masculino. El grupo uno tiene la media más alta en el factor Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento mientras esta media decae conforme se avanza en los grupos. En cuanto al miembro afectado, en el grupo 1 se tiene mitad y mitad, mientras que los pacientes del grupo 2 la mayoría de los pacientes presento la afectación en la derecha y en el tercero en la izquierda. En cuanto al factor tipo de reducción cita, todos los pacientes del grupo 1 presentaron el nivel cerrado mientras que los del grupo 2 y 3 mayoritariamente fueron nivel abierto. En el factor intentos de reducción, el grupo de pacientes 1 es que cuenta con la media más alta mientras que esta va disminuyendo entre cada grupo. En el factor técnica calvillos el grupo 1 es el más homogéneo. Por último, la media del factor Tiempo quirúrgico más alta se presenta en el grupo 1 mientras que los pacientes del grupo 3 son los que presentan la media más alta y por ultimo los del grupo 2. De esta información se puede señalar que existe un gran sesgo entre el número de individuos del grupo 1 respecto al los demás y que muchas de las medias del grupo 1 son más altas que las de los otros. Se debería considerar generar una base de datos de mayor tamaño para poder sacar una mejor conclusión.

Tabla 3 Medias de cada factor dentro del análisis de clúster.

Factores	Clúster		
	1	2	3
Edad	4.5	5.555556	4.636364
Género	1	0.4444444	0.3636364
Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento (hr)	22	18.88889	13.45455
Miembro afectado	0.5	0.7777778	0.2727273
Tipo de reducción cita	1	0.1111111	0.1818182
Intentos de reducción	3.5	2.222222	1.727273
Técnica clavillos	0.5	0.4444444	0.4545455
Tiempo quirúrgico (min)	150	36.11111	67.27273

Clústeres (3) de 2, 9 y 11 pacientes. Suma de cuadrados por clúster 2006, 1842.444 y 1966.182. SCEC/SCT = 79.1 %.

- **Análisis de diagramas de cajas y bigotes "Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento"**

Los diagramas de cajas y bigotes dan información de manera visual si es que existe alguna relación entre los factores con el factor de interés. En esta sección solo se analizará la relación que existe entre el *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* con el *Tipo de reducción*, *Intentos de reducción* y el *Tiempo quirúrgico*.

De la Figura 12 se puede apreciar que pareciera no existir una relación directa entre el *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* y *tiempo quirúrgico*, ya que las medianas no siguen un patrón congruente en cuanto al incremento en el *Tiempo quirúrgico*.

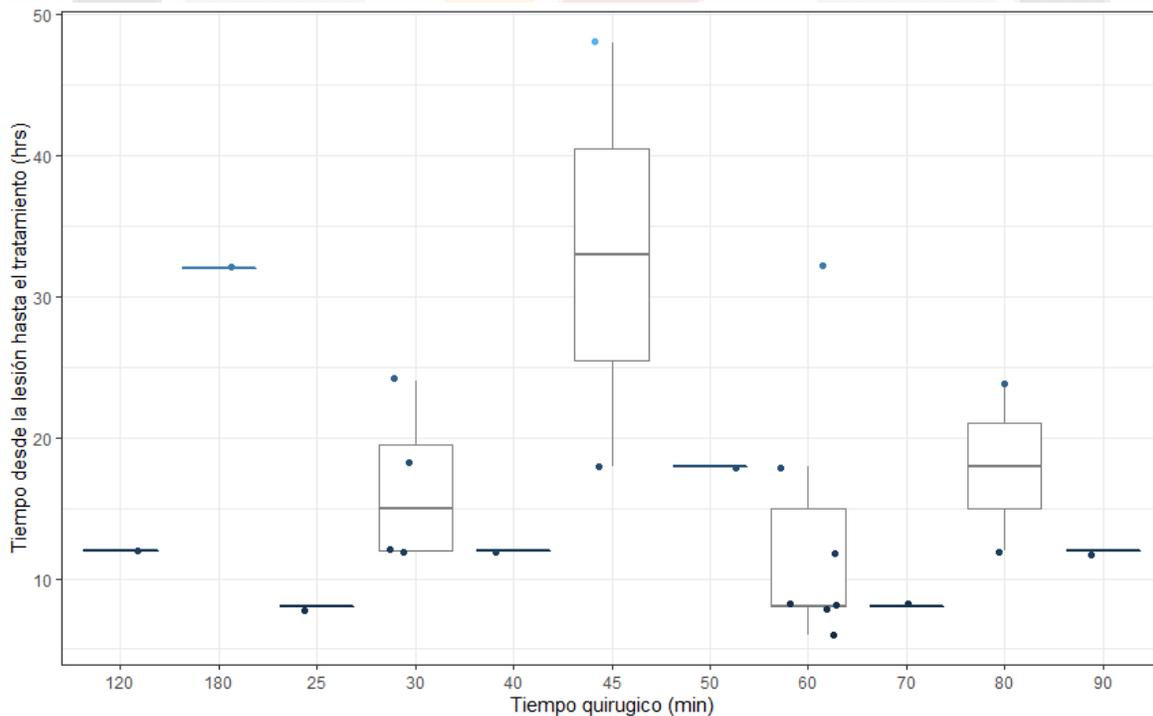


Figura 12 Gráfico de cajas y bigotes donde se relaciona el *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* con el *Tiempo quirúrgico*. Gráfico obtenido utilizando la librería "ggplot" en R.

Respecto al *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* y el *Tipo de reducción cita* (Figura 13), se puede apreciar que la mediana del *Tipo de reducción* es más alta en Abierta que en Cerrada, lo que nos estaría indicando una tendencia, entre más grande es el *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* se tienen más casos de *Tipo de reducción* de tipo Abierta. La mediana de *Tipo de reducción* Abierta se encuentra alrededor de 24 horas, y la mediana de Cerrada en 12 horas, por lo que se podría obtener una conclusión preliminar que sería que la mayoría de los casos cercanos a las 24 horas tendrán un *Tipo de reducción* Abierta y mientras que los casos cercanos a 12 horas tendrán un *Tipo de reducción* Cerrado, aunque se tendría que aplicar un análisis extra para obtener una conclusión más sólida, ya que los cuartiles presentan gran dispersión.

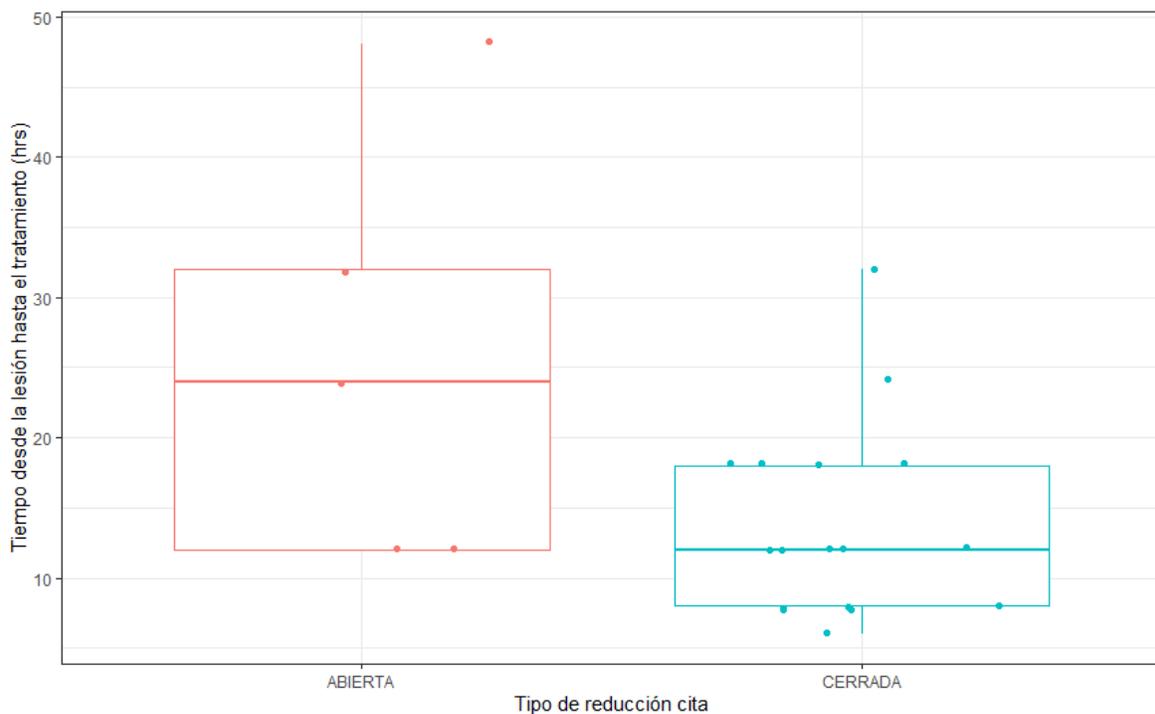


Figura 13 Gráfico de cajas y bigotes donde se relaciona el *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* con el *Tipo de reducción cita*. Gráfico obtenido utilizando la librería “ggplot” en R.

En la Figura 14 claramente se puede observar que entre mayor es el *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento*, las medianas de los *Intentos de reducción* van en aumento respecto al número de repeticiones, solamente que este patrón se pierde en el número 5 de *Intentos de reducción*, estos datos pudieran ser presencia de información atípica, por lo que se sugiere incrementar el número de datos para poder llegar a una conclusión más concreta. De la información del diagrama podríamos concluir que para tiempo mayores a 10 horas (mediana de *Intentos de reducción* 1) es más probable que los *Intentos de reducción* aumenten; para tiempos alrededor de 24 horas los *Intentos de reducción* rondan en 3.

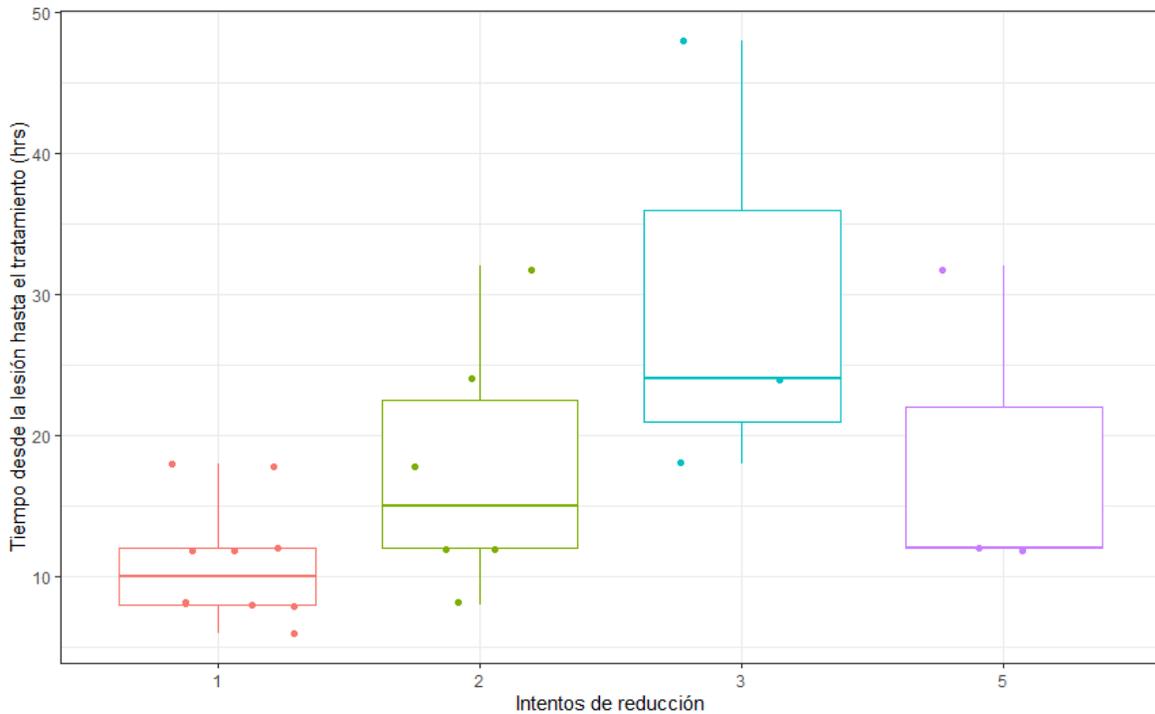


Figura 14 Gráfico de cajas y bigotes donde se relaciona el Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento con los Intentos de reducción. Gráfico obtenido utilizando la librería “ggplot” en R.

- **ANOVA**

Se procedió a realizar un ANOVA a todos los factores con respecto al *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* para tener información cuantitativa sobre si existe una relación entre los factores a partir del p-valor. Para la aplicación de los ANOVA primero se procedió a hacer la conversión de los niveles de los factores que son de tipo variable cualitativa a cuantitativas (*dummy*), y después se procedió a normalizar los valores entre cero y uno para estandarizar todos los factores aplicando la siguiente función (Ec 1.); donde z_i es el nivel del factor estandarizado, x_i es el nivel del factor y x_{max} y x_{min} son los máximos y mínimos (respectivamente) del factor analizado.

$$z_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad \text{Ec 1}$$

Por último, se aplicó el comando “*lm*” en R para determinar el valor-p. Los resultados se muestran a continuación (Tabla 4):

Tabla 4 Valores-p resultado del ANOVA para cada factor respecto al factor Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento. *Los valores-p menores a 0.05 son los que presentan la mayor significancia.

ANOVA Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento (valores-p)	
Factor	Valor-p
Edad	0.3597671
Género	0.33950391
Miembro afectado	0.27171886
Tipo de reducción*	0.01912946
Intentos de reducción	0.07421228
Técnica clavillos	0.17031761
Tiempo quirúrgico	0.43706958

De la información de los valores-p obtenida por los ANOVA se puede concluir que el único factor que está relacionado con el *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* es el *Tipo de reducción*, ya que su valor-p es menor a 0.05. El factor *Intentos de reducción* está un poco por arriba del criterio de significancia 0.05, por lo que se deja al lector si este factor se pudiera considerar que está relacionado con el *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento*.

- **Modelo multi lineal (*Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento*)**

Se procedió a generar un modelo multi lineal para correlacionar el factor *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* con los demás factores de los pacientes para encontrar correlaciones.

Se analiza el comportamiento del factor que será la variable de respuesta del modelo a partir de un histograma de frecuencias para determinar si cuenta con un comportamiento distribución normal. La figura (Figura 15) se muestra a continuación:

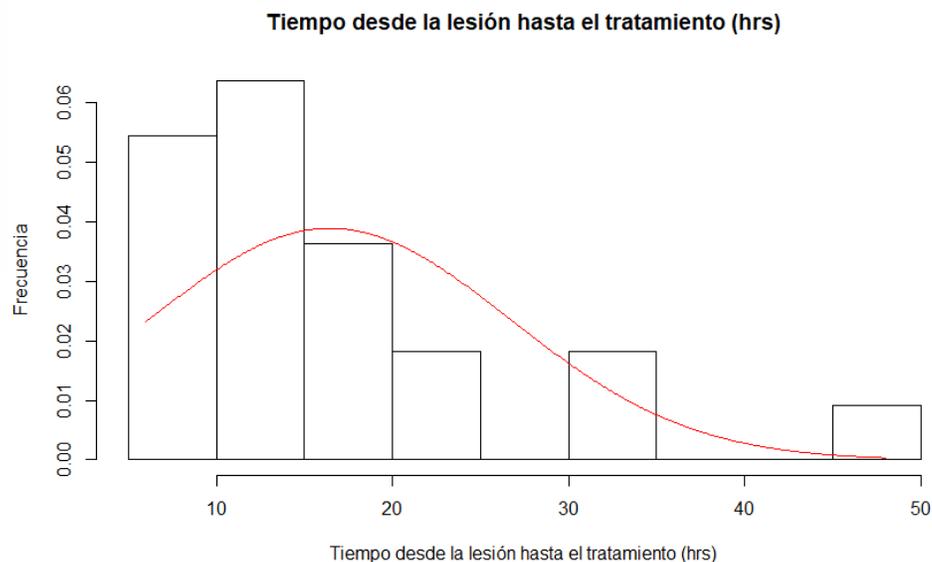


Figura 15 Histograma de frecuencias para el factor *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento*.

Se puede observar que la variable de respuesta de nuestro modelo sigue una distribución normal con un sesgo hacia la izquierda.

A continuación (Tabla 6), se presenta los resultados de la prueba de Shapiro y Kolmogorov aplicada el *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* para determinar si sigue un comportamiento normal. Ambos valores-p son menores al nivel de significancia 0.05, lo que significa que nuestra variable de respuesta no sigue un comportamiento normal.

Tabla 5 Pruebas de normalidad aplicada al *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento*. La prueba de Shapiro se hizo utilizando el comando “shapiro.test” en R y la prueba de Kolmogorov se hizo aplicando el comando “ks.test” en R.

Prueba de normalidad	p-valor
Shapiro-Wilk-test	0.0007206
Kolmogorov-Smirnov test	< 2.2E-16

El modelo multi lineal propuesto (Ec 2) tiene a todos los factores y es el utilizado para la correlación inicial con la variable de respuesta (factor, *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento*). El modelo es ajustado utilizando el comando “lm” en R. A continuación, se presentan los resultados del ajuste (Tabla 6):

$$y = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_4x_4 + \beta_5x_5 + \beta_6x_6 + \beta_7x_7 - 1 \tag{Ec 2}$$

Tabla 6 Resultados del ajuste multi lineal entre todos los factores respecto al tiempo desde la lesión hasta el tratamiento.

Factores	Coefficientes	Estimación	Error estándar	t valor	Pr(> t)
Edad (x_1)	β_1	0.2609	0.18254	1.429	0.173
Género (x_2)	β_2	0.08436	0.1319	0.64	0.532
Miembro afectado (x_3)	β_3	0.02594	0.10368	0.25	0.806
Tipo de reducción (x_4)	β_4	0.32476	0.26372	1.231	0.237
Intentos de reducción (x_5)	β_5	0.06971	0.23531	0.296	0.771
Técnica clavillos (x_6)	β_6	-0.1506	0.15729	-0.957	0.354
Tiempo quirúrgico (x_7)	β_7	-0.05177	0.31631	-0.164	0.872

Significancia < 0.05*. R-cuadrada 0.6197, R-cuadrada ajustada 0.4423 p-valor 0.01998.

De la tabla anterior se puede deducir a partir de las significancias cuales son los factores que más afectan al *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento*, a partir de los valores-p más pequeños (Pr(>|t|)). Para reducir el modelo se emplea el comando “step” en R para determinar los mejores factores. El mejor modelo multi lineal y los resultados (Tabla 7) se muestran a continuación (Ec 3):

$$y = \beta_1x_1 + \beta_5x_5 - 1 \tag{Ec 3}$$

Tabla 7 Resultados del ajuste línea multi lineal entre los factores con significancia relevante respecto al Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento.

Parámetros	Coefficientes	Estimación	Error estándar	t valor	Pr(> t)
Edad (x_1)	β_1	0.25508	0.08924	2.858	0.00972
Tipo de reducción (x_5)	β_5	0.39014	0.10746	3.63	0.00167

Significancia < 0.05*. R-cuadrada 0.5857, R-cuadrada ajustada 0.5443. p-valor 0.000149.

Del análisis de los coeficientes del modelo se puede concluir que el aumento en el factor *Edad* es directamente proporcional a un aumento en el *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* (aunque este factor se debería suprimir, porque no existe una relación causal entre estos dos factores, solo matemático), mientras que el factor *Tipo de reducción* en su nivel Abierto incrementa del mismo modo la variable de respuesta (*Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento*). Los factores tanto como el modelo presentan valores-p menores a 0.05, lo que indicaría que dichas correlaciones no fueron obtenidas por el azar. Los intervalos de confianza se evalúan a partir del comando “*confint*” en R. Los resultados se muestran a continuación (Tabla 8):

Tabla 8 Intervalos de confianza de los coeficientes del modelo multi lineal.

Parámetros	Coefficientes	2.50%	97.50%
Edad (x_1)	β_1	0.06891597	0.4412381
Tipo de reducción (x_5)	β_5	0.16597596	0.6143112

Del análisis de los residuales del ajuste del modelo (Figura 16 y Figura 17), pareciera que el modelo no sigue un comportamiento normal (Figura 16) ya que los valores ajustados respecto a los residuales no generan una línea horizontal cercana al cero. La figura cuantil-cuantil (Figura 17) parece indicar lo contrario, ya que todos los datos caen muy cerca de la línea diagonal. Para determinar si se tiene un comportamiento normal en los residuales se procede a aplicar las pruebas de Shapiro, Kolmogorov y Jarque Bera. A continuación, se muestran los resultados (Tabla 9):

Tabla 9 Pruebas de normalidad aplicada a los residuales del modelo. La prueba de Shapiro se hizo utilizando el comando “*shapiro.test*” en R. LA prueba de Kolmogorov se hizo aplicando el comando “*ks.test*” en R y la prueba de Jarque se hizo utilizando la librería “*tseries*” (Adrian & Kurt, 2021) y el comando *jarque.bera.test* en R.

Prueba de normalidad	p-valor
Shapiro-Wilk-test	0.2667
Kolmogorov-Smirnov test	0.0116
Jarque Bera Test	0.484

La única prueba que indica que los residuales no siguen una distribución normal fue la de Kolmogorov (valor-p < 0.05), esto puede ser lógico, ya que dicha prueba se utiliza cuando se tienen bases de datos grandes (mayores a 50 individuos). Por lo que se puede concluir que los residuales del modelo siguen una distribución normal. Lo que indica que el modelo aplicado a la variable de respuesta si sigue un comportamiento lineal.

También se hace aplica análisis la prueba de Breusch-Pagan para determinar si el modelo obtenido presenta homocedasticidad o heterocedasticidad, esto aplicando la librería “*lmtest*” (Achim & Torsten,

2002) en R. El resultado del análisis arrojó un valor-p de 0.0117, como $p < 0.05$, existe heterocedasticidad en el modelo (varianzas variables). Esto tal vez pudiera ser corregido si se agregan más individuos a la base de datos ya que existen algunos datos que generan mucho sesgo en los resultados.

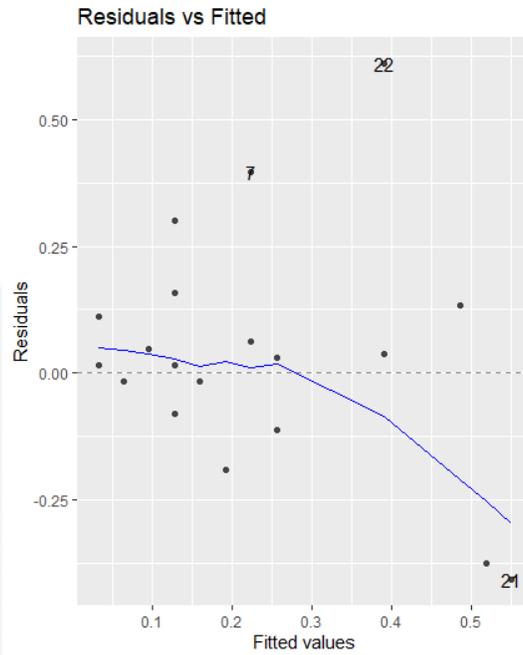


Figura 16 Residuales del ajuste del modelo contra la variable de respuesta del modelo. La línea de ajuste (línea azul) se encuentra con sesgo en la parte derecha, lo que parecería mostrar un comportamiento no normal en los residuales. La gráfica fue obtenida utilizando la librería "ggfortify" en R (Yuan, Masaaki, & Wenxuan, 2016).

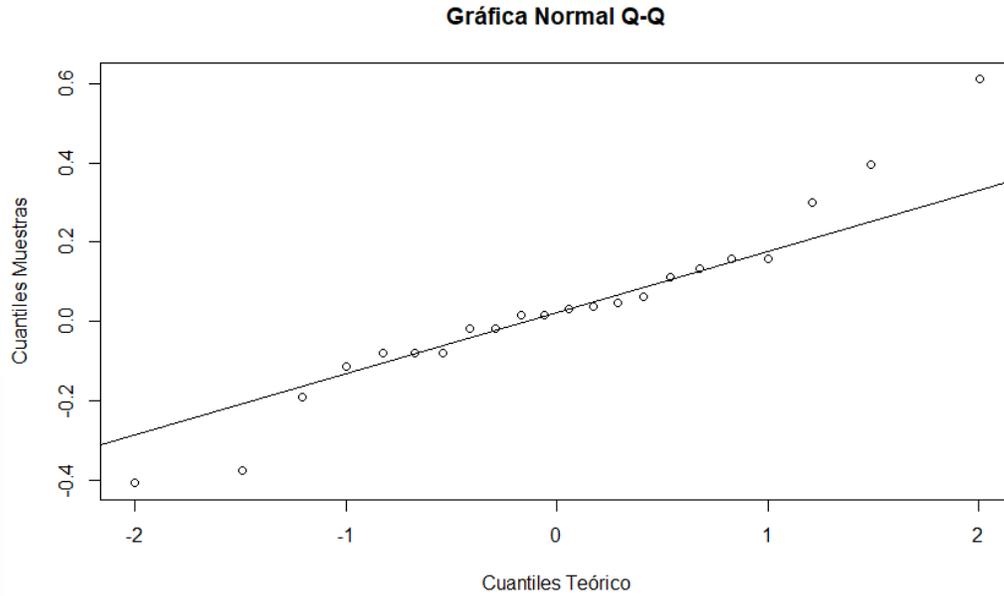


Figura 17 Cuantiles teóricos contra cuantiles del ajuste del modelo Ec 3. La relación de cuantiles no presenta un gran sesgo, lo que nos estaría mostrando que los residuales muestran una distribución normal. Gráfico obtenido utilizando el comando "qqnorm" en R

Por último, se analiza el histograma de frecuencias de los residuales del modelo (Figura 18). En el cual se puede apreciar claramente que sigue una distribución normal. Esto tiene sentido y respalda los resultados obtenidos por la prueba de Shapiro y Jarque. Por lo que se puede concluir que el modelo relaciona el comportamiento de la variable de respuesta *Tiempo desde la lesión hasta el tratamiento* con los factores *Edad* y *Tipo de reducción*.

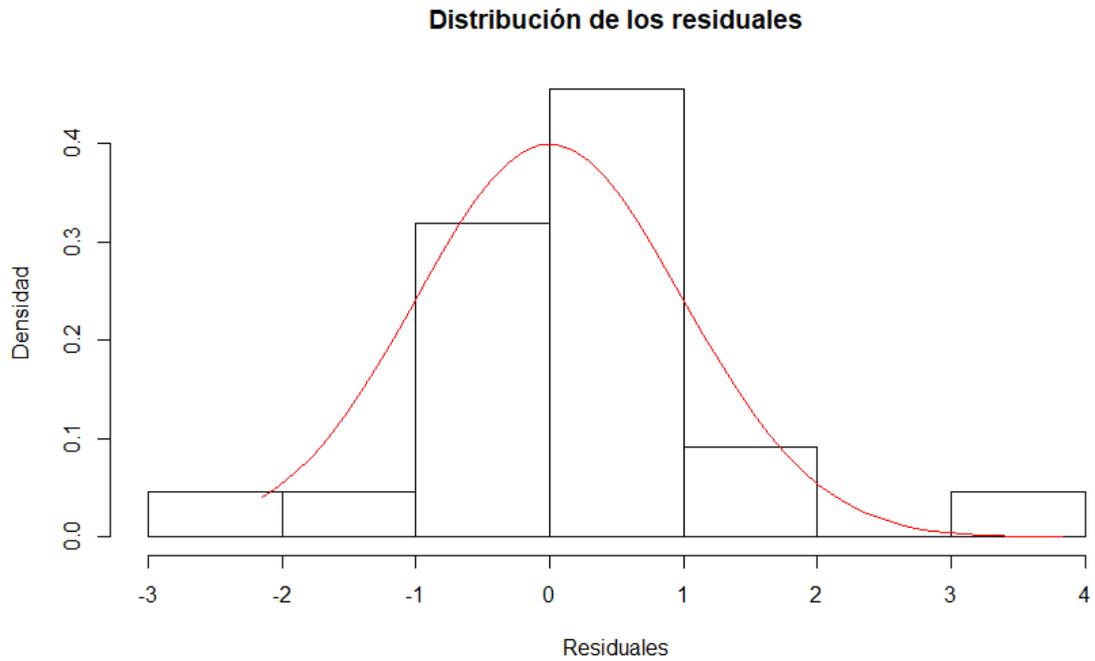


Figura 18 Histograma de frecuencia de los residuales del modelo. Se puede apreciar que los residuales del modelo siguen una distribución normal. A los residuales del modelo se les aplica una transformación por el comando “studres” que se encuentra en la librería “MASS” (Venables & Ripley, 2002) en R. El histograma es obtenido a partir de la función “hist” en R

DISCUSIONES

Las fracturas humerales tipo supracondíleas son las fracturas de codo más frecuentes en edad pediátrica, donde tratamiento más común son la reducción cerrada y colocación de clavos percutáneos. Las fracturas supracondíleas del húmero se asocian con complicaciones perioperatorias que incluyen iatrogénica lesión del nervio, lesión vascular, infección del tracto de los clavillos y pérdida de reducción. A veces, no se puede realizar una reducción cerrada adecuada, requiriendo una reducción abierta.

La decisión de tratar las fracturas supracondíleas de húmero urgentemente sigue siendo un tema de debate entre los cirujanos ortopédicos. Mehlman y Walmsley advierten que el retrasar el tratamiento para fracturas supracondíleas del húmero más allá de las 12 horas, puede conducir a una mayor necesidad de reducción abierta y mayores complicaciones posoperatorias. (Walmsley et al. 2006; Mehlman et al. 2001)

En un estudio de Mehlman sugirió que un retraso en la cirugía de más de 6 a 21 horas no significa alteración en las tasas de complicaciones o la necesidad de reducción abierta en niños sometidos a tratamiento quirúrgico de fracturas supracondíleas del húmero. (Mehlman et al. 2001)

Por otro lado, Dua, Leet y Prabhakar han informado que retrasar el tratamiento de estas fracturas más allá de las 12 horas pero dentro de las 24 horas, no aumenta la necesidad de reducción abierta o aumento del riesgo de complicaciones tales como rigidez, unión defectuosa, lesión neurovascular. (Prabhakar & Ho, 2019).

Louizo en una serie de casos retrospectiva que solo analiza fracturas supracondíleas tipo III de húmero, concluyó que la tasa de reducción abierta era significativamente mayor en el grupo de tratamiento retrasado. (Louizo et al. 2009).

En comparación con su estudio, nuestro estudio se informa que la mayoría de los casos cercanos a las 24 horas tendrán un Tipo de reducción Abierta y mientras que los casos cercanos a 12 horas tendrán un Tipo de reducción Cerrado, atribuyendo una necesidad de menor tiempo quirúrgico, mejores resultados, menos limitación del rango de movimiento y menos deformidad residual.

La principal limitación del estudio es su naturaleza retrospectiva, que puede inducir errores desde la recopilación, la cantidad de datos y presentación de estos. Además, esta es una población muy pequeña de pacientes para cualquier cálculo estadístico significativo lo que debilita aún más los datos.

Gupta informo una tasa de conversión del 6% en pacientes con un retraso del tratamiento de 12 horas (Gupta et al. 2004) mientras que Walmsley encontró que retrasar el tratamiento en 12 horas aumentó la tasa de conversión del 11,2 al 33%. (Walmsley et al. 2006) Según Loizou la tasa de conversión aumentó del 11,1 al 22,9% cuando se retrasó el tratamiento. (Louizo et al. 2009). En nuestro estudio la tasa de conversión al retrasar el tratamiento más de 24 hrs fue de 13.6%.

Leet, Frisancho y Ebramzadeh no encontraron una correlación significativa entre el aumento del tiempo de operación y la necesidad de una reducción abierta. Además, la duración de la operación, la estancia hospitalaria o la tasa de resultados insatisfactorios no dependieron del retraso en el tratamiento. (Leet & Frisancho et al. 2002).

El informe de Iyengar sugiere que en una pequeña serie de los niños un retraso en el tratamiento definitivo de Gartland tipo III lesiones de más de ocho horas no aumentó la necesidad de la reducción abierta. (Iyengar et al. 1999) Leet reviso una serie más grande de fracturas de tipo III y tampoco encontraron correlación entre el retraso de la cirugía y la necesidad de reducción abierta o resultado adverso. (Leet & Frisancho et al. 2002).

Los argumentos a favor de la atención quirúrgica temprana incluyen la facilidad de reducción de la fractura antes de que se produzca la inflamación máxima y una disminución de las complicaciones neurovasculares con un cese más temprano de la tracción en las estructuras neurovasculares de los fragmentos óseos desplazados.

La secuela tardía más común de las fracturas supracondíleas del húmero es la pérdida de movimiento del codo.

El cúbito varo puede ocurrir como resultado de consolidación defectuosa de la fractura inicial, que lleva a una deformidad cosmética tardía y es la anomalía residual más común después de las fracturas supracondíleas de tipo extensión en niños. La tasa en nuestro estudio fue del 4.5% en comparación con el 6% y el 11% de literatura reportada (Yaokreh et al. 2012).

CONCLUSIONES

El momento óptimo de la cirugía para las fracturas supracondíleas desplazadas no complicadas sigue siendo controvertido. Por lo general, se recomienda la reducción inmediata, ya que la ausencia de edema facilita inicialmente la reducción de la fractura, números de intentos y disminuye los riesgos de complicaciones perioperatorias y la conversión a cirugía abierta.

La mayoría de los casos cercanos a las 24 horas tuvieron una reducción abierta y mientras que los casos cercanos a 12 horas tuvieron una reducción cerrada, además se puede observar que entre mayor es el tiempo desde la lesión hasta el tratamiento, los intentos de reducción van en aumento respecto al número de repeticiones.

No se encontró una correlación significativa entre el aumento del tiempo de la lesión hasta el tratamiento y la necesidad de una reducción abierta.

Aunque el tratamiento de la fractura supracondíleas de húmero tipo III se considera una urgencia más que una emergencia, se debe ser conscientes de que perder la oportunidad de realizar una reducción cerrada antes de las 24 hrs, donde la reducción de la fractura será más difícil si el período posterior a la lesión aumentada, provocando la posibilidad de una reducción fallida, una conversión a abierta, que se verá reflejada en funcionalidad de extremidad.

GLOSARIO

BIOMECÁNICA. Ciencia que estudia las fuerzas que actúan en un ser vivo.

DEFORMIDAD ANGULAR. Desviación angular que se presentan en forma lateral y medial con respecto a su eje mecánico (varo, valgo), las cuales, además, pueden estar asociadas con deformidades rotacionales.

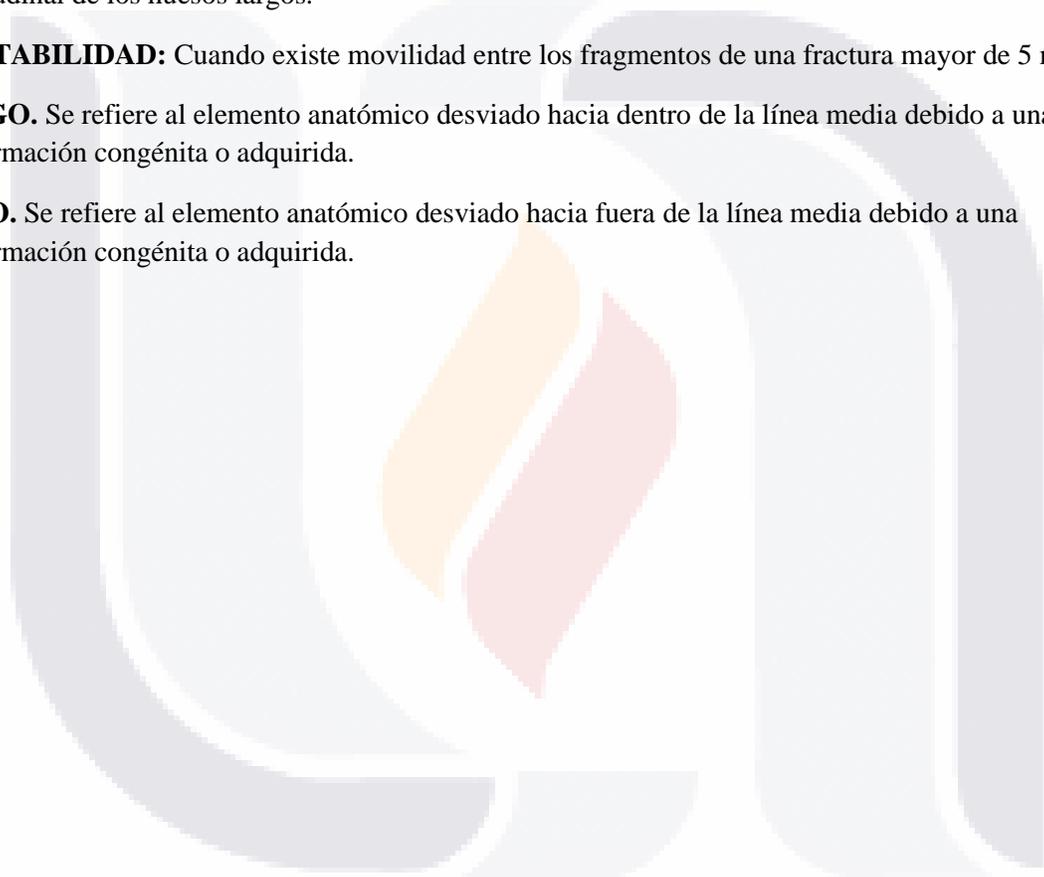
ESTABILIDAD. Grado de desplazamiento inducido por la carga recibida en el sitio de una fractura.

FISIS. Extensión periférica del centro de osificación primario, que produce el crecimiento longitudinal de los huesos largos.

INESTABILIDAD: Cuando existe movilidad entre los fragmentos de una fractura mayor de 5 micras

VALGO. Se refiere al elemento anatómico desviado hacia dentro de la línea media debido a una malformación congénita o adquirida.

VARO. Se refiere al elemento anatómico desviado hacia fuera de la línea media debido a una malformación congénita o adquirida.



BIBLIOGRAFIA

- Acton, J. D., & McNally, M. A. (2001). Baumann's confusing legacy. *Injury*, 32(1), 41–43. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(00\)00102-9](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(00)00102-9)
- Aktekin, C. N., Toprak, A., Ozturk, A. M., Altay, M., Ozkurt, B., & Tabak, A. Y. (2008). Open reduction via posterior triceps sparing approach in comparison with closed treatment of posteromedial displaced Gartland type III supracondylar humerus fractures. In *Journal of Pediatric Orthopaedics B* (Vol. 17). Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins.
- Allouh, M. Z., Ghaida, J. A., Jarrar, A. A., Khasawneh, R. R., Mustafa, A. G., & Bashaireh, K. M. (2016). The carrying angle: racial differences and relevance to inter-epicondylar distance of the humerus. *The Carrying Angle: Racial Differences and Relevance to Inter-Epicondylar Distance of the Humerus.*, 75(3), 388–392.
- Alton, T. B., Werner, S. E., & Gee, A. O. (2014). Classifications In Brief: The Gartland Classification of Supracondylar Humerus Fractures. *Alton, T. B., Werner, S. E., & Gee, A. O. (2014). Classifications In Brief: The Gartland Classification of Supracondylar Humerus Fractures. Clinical Orthopaedics and Related Research*, 473(2), 738–741. *Doi:10.1007/S11999-014-4033-8* , 473(2), 738–741.
- Barron-Torres, E. A., Sanchez-Cruz, J. F., & Cruz-Melendez, J. R. (2015). Perfil clinico-epidemiologico de las fracturas supracondileas de humero en pacientes pediatricos en un hospital general regional. *Cirugia y Cirujanos (English Edition)*, 83(1), 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.circir.2015.04.020>
- Cardona, C. J. P., Madrid, L. M. M., González, C. I. T., López, A. D. J. P., & González, V. G. (2020). Update in suprancondylar elbow fractures in children. . *Medicina UPB*, 39(1), 57.
- Dana, C., & Pannier, S. (2013). Fractures de l'extrémité inférieure de l'humérus chez l'enfant. *EMC Tech Chir Orthop Traumatol*, 8, 1–13.
- Drake, R. L., Vogl, W., & Mitchell, A. W. M. (2005). Pelvis and perineum. In *Gray's Anatomy for Students*. (pp. 666–689).
- Gupta, N., Kay, R. M., Leitch, K., Femino, J. D., Tolo, V. T., & Skaggs, D. L. (2004). Effect of surgical delay on perioperative complications and need for open reduction in supracondylar humerus fractures in children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 24(3), 245–248.
- Herring, J. A., & Tachdjian, M. O. (2014). Texas Scottish Rite Hospital for Children. *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics from the Texas Scottish Rite Hospital for Children*.
- Iyengar, S. R., Hoffinger, S. A., & Townsend, D. R. (1999). Early versus delayed reduction and pinning of type III displaced supracondylar fractures of the humerus in children: a comparative study. *Journal of orthopaedic trauma*, 13(1), 51-55.
- Kim, T. J., & Sponseller, P. D. (2014). Pediatric supracondylar humerus fractures. . *Journal of Hand Surgery*, 39(11), 2308–2311.
- Leet, A. I., Frisancho, J., & Ebramzadeh, E. (2002). Delayed treatment of type 3 supracondylar humerus fractures in children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 22(2), 203-207.
- Loizou, C. L., Simillis, C., & Hutchinson, J. R. (2009). A systematic review of early versus delayed treatment for type III supracondylar humeral fractures in children. *Injury*, 40(3), 245-248.

- Mehlman, C. T., Strub, W. M., Roy, D. R., Wall, E. J., & Crawford, A. H. (2001). The effect of surgical timing on the perioperative complications of treatment of supracondylar humeral fractures in children. *JBJS*, 83(3), 323.
- Micheloni, G. M., Novi, M., Leigheb, M., Giorgini, A., Porcellini, G., & Tarallo, L. (2021). Supracondylar fractures in children: management and treatment. *Acta Bio Medica: Atenei Parmensis*, 92(3).
- Miranda, I., Sánchez-Arteaga, P., Marrachelli, V. G., Miranda, F. J., & Salom, M. (2014). Orthopedic versus surgical treatment of Gartland type II supracondylar humerus fracture in children. *Orthopedic versus Surgical Treatment of Gartland Type II Supracondylar Humerus Fracture in Children.*, 23(1), 93–99.
- Pérez, N. P., Herrera, E. C., Ojeda, J. L. M., Crespo, L. R. A., Machado, D. B., & Chang, Y. A. (2018). Incidencia de las fracturas supracondíleas del codo en pediatría: fijación percutánea lateral. *Acta Médica Del Centro*, 12(2), 140–147.
- Prabhakar, P., & Ho, C. A. (2019). Delaying Surgery in Type III Supracondylar Humerus Fractures Does Not Lead to Longer Surgical Times or More Difficult Reduction. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 33(8), E285–E290. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001491>
- Rupp, M., Schäfer, C., Heiss, C., & Alt, V. (2019). Pinning of supracondylar fractures in children – Strategies to avoid complications. *Injury*, 50, S2–S9. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.03.042>
- Santini, J. F. M. (2009). Fractura supracondílea humeral en niños. *Orthotips AMOT*, 5(3), 218–225.
- Shrader, M. W. (2008). Pediatric supracondylar fractures and pediatric physeal elbow fractures. *Orthopedic Clinics of North America*, 39(2), 163–171.
- Thornton, M. D., Della-Giustina, K., & Aronson, P. L. (2015). Emergency Department Evaluation and Treatment of Pediatric Orthopedic Injuries. *Emergency Medicine Clinics of North America*, 33(2), 423–449
- Walmsley, P. J., Kelly, M. B., Robb, J. E., Annan, I. H., & Porter, D. E. (2006). Delay increases the need for open reduction of type-III supracondylar fractures of the humerus. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 88(4), 528-530.
- Yaokreh, J. B., Odehouri-Koudou, T. H., Tembely, S., Dieth, A. G., Kouamé, D. B., Ouattara, O., & Dick, K. R. (2012). Delayed treatment of supracondylar elbow fractures in children. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 98(7), 808-812.
- Achim, Z., & Torsten, H. (2002). Diagnostic Checking in Regression Relationships. 2(3), 7-10. R News. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>
- Adrian, T., & Kurt, H. (2021). tseries: Time Series Analysis and Computational Finance.
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M., & Hornik, K. (2021). cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=cluster>

Malika, C., Nadia, G., Véronique, B., & Azam, N. (2014). NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set. 61(6), 1-36. Journal of Statistical Software. Retrieved from <http://www.jstatsoft.org/v61/i06/>

Revelle, W. (2021). psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research. Northwestern University. Evanston, Illinois, USA. Retrieved from <https://CRAN.Rproject.org/package=psych>

Venables, W. N., & Ripley, B. D. (2002). Modern Applied Statistics with S. Fourth. New York:Springer.

Yuan, T., Masaaki, H., & Wenxuan, L. (2016). ggfortify: Unified Interface to Visualize Statistical Result of Popular R Packages. The R Journal(8.2), 478-489.



