

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
PROGRAMA DE POSGRADO EN ESPECIALIDADES MÉDICAS  
POSGRADO EN ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA

MANEJO DE LAS FRACTURAS SUPRACONDÍLEAS DE HÚMERO  
DISTAL EN LA POBLACIÓN PEDIÁTRICA.  
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Trabajo Final de Graduación sometido a la consideración del Comité del Programa de Estudios de Posgrado de la Especialidad de Ortopedia y Traumatología para optar por el grado de Especialista en Ortopedia y Traumatología

Sustentante: Dr. David González Castro

Tutor: Dr. Max Méndez Salazar

San José, Costa Rica

2023

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer, en primer lugar, a mi familia, por darme la oportunidad de estudiar esta carrera.

A mis amigos, por su apoyo; así como a los compañeros que han sido parte de este largo proceso.

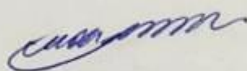
También quiero agradecer a mis profesores por la enseñanza brindada y a la Caja Costarricense del Seguro Social por la formación brindada a través de los años.

Al Dr. Max Méndez Salazar, por su apoyo en la realización de este trabajo y sus enseñanzas en el campo académico y humano.

## **Dedicatoria**

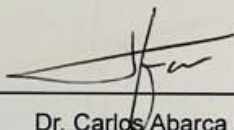
A mi familia, por su apoyo durante este proceso, al entenderme y escucharme; mención especial para mi padre Manuel González Torres y María Castro González, quienes fueron mi pilar durante este proceso de formación.

Este trabajo final de graduación fue aceptado por el Comité de la Especialidad en Ortopedia y Traumatología del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar al grado y título de Especialista en Ortopedia y Traumatología



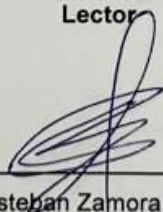
---

Dr. Max Méndez Salazar  
Médico especialista en Ortopedia y Traumatología Pediátrica  
**Tutor**



---

Dr. Carlos Abarca Campos  
Médico especialista en Ortopedia y Traumatología Pediátrica  
**Lector**



---

Dr. Esteban Zamora Estrada  
Médico especialista en Ortopedia y Traumatología  
**Jefe del Posgrado de Ortopedia y Traumatología**



---

Dr. David González Castro  
**Sustentante**



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, David González Castro, con cédula de identidad 206650866 en mi condición de autor del TFG titulado Manejo de las fracturas supracondíleas de humero distal en la población pediátrica

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:**

Nombre Completo: David González Castro

Número de Carné: 389636 Número de cédula: 206650866

Correo Electrónico: dagoca27@gmail.com

Fecha: 4/4/23 Número de teléfono: 87065591

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Max Mendez Salazar

**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## Carta de revisión filológica

San José, 12 de abril de 2023

Señores(as):

Programa de Posgrado en Especialidades Médicas  
Universidad de Costa Rica

Estimados señores(as):

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 114290780, bachiller en Filología española graduada en la Universidad de Costa Rica, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos (ACFIL), carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica (COLYPRO), código 75402, hago constar que he revisado el documento titulado:

**MANEJO DE LAS FRACTURAS SUPRACONDÍLEAS DE HÚMERO DISTAL EN  
LA POBLACIÓN PEDIÁTRICA. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Dicho documento fue elaborado por David González Castro, cédula de identidad 206650866, con el fin de optar al grado de Especialista en Ortopedia y Traumatología. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico.

Atentamente,

*Fernanda S. Coto.*



María Fernanda Sanabria Coto  
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225  
Colypro. Código 75402  
fernanda.sanabria@filologos.cr  
Teléfono: +506 6022 9569

MARIA  
FERNANDA  
SANABRIA  
COTO (FIRMA)

Firmado  
digitalmente por  
MARIA FERNANDA  
SANABRIA COTO  
(FIRMA)  
Fecha: 2023.04.12  
09:08:03 -06'00'

## Índice

Capítulo I. Aspectos introductorios .....	1
1.1. Metodología .....	1
1.2. Objetivo general .....	2
1.3. Objetivos específicos .....	2
Capítulo II. Marco teórico .....	3
2.1. Epidemiología .....	3
2.2. Anatomía .....	3
2.3. Osteogénesis .....	4
2.4. Mecanismo de lesión .....	5
2.5. Presentación clínica .....	8
2.6. Evaluación inicial.....	9
2.7. Examen físico .....	9
2.8. Evaluación radiológica .....	11
2.9. Clasificación .....	17
2.10. Lesiones asociadas.....	21
2.11. Manejo inicial.....	27
2.12. Manejo no quirúrgico.....	28
2.13. Momento de la cirugía.....	30
2.14. Fracturas expuestas.....	30
2.15. Manejo quirúrgico.....	30
2.16. Fracturas con inestabilidad multidireccional.....	34
2.17. Manejo postoperatorio .....	38
2.18. Complicaciones postoperatorias .....	39
2.19. Defectos neurológicos.....	39
2.20. Defectos óseos .....	40
Capítulo III. Conclusiones .....	41
Bibliografía .....	43

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Anatomía de la fractura supracondílea de húmero.....	4
<b>Figura 2.</b> Osteogénesis del húmero distal .....	5
<b>Figura 3.</b> Mecanismo de caída .....	6
<b>Figura 4.</b> Caída hacia anterior .....	7
<b>Figura 5.</b> Caída hacia posterior .....	7
<b>Figura 6.</b> Signos clínicos .....	8
<b>Figura 7.</b> Codo flotante.....	10
<b>Figura 8.</b> Proyecciones radiográficas .....	12
<b>Figura 9.</b> Signo de almohadilla grasa .....	13
<b>Figura 10.</b> Signo del reloj de arena.....	14
<b>Figura 11.</b> Línea humeral anterior con signo de almohadilla grasa .....	15
<b>Figura 12.</b> Ángulo de Bauman.....	16
<b>Figura 13.</b> Clasificación de Gartland radiológica .....	19
<b>Figura 14.</b> Síndrome compartimental con fasciotomía .....	21
<b>Figura 15.</b> Regiones sensitivas de la mano según dermatomo .....	23
<b>Figura 16.</b> Exploración neurológica y signo del OK.....	24
<b>Figura 17.</b> Neuropraxia.....	25
<b>Figura 18.</b> Compresión vascular dentro del foco de la fractura .....	27
<b>Figura 19.</b> Yeso braquiopalmar.....	29
<b>Figura 20.</b> Técnica de joystick .....	35
<b>Figura 21.</b> Técnica de pin transolecraneano .....	36
<b>Figura 22.</b> Método de push-pull.....	37

## Resumen

Las fracturas supracondíleas de húmero distal en la población pediátrica representan una consulta frecuente, así como una de las fracturas más comunes asociadas a los traumatismos del codo que se presentan en los servicios de emergencias. Debido a las características anatómicas de la región distal del húmero, además de su desarrollo embriológico, se asocian a esta patología, al favorecer la aparición según el mecanismo de trauma presentado. Además, las estructuras anatómicas asociadas a esta región pueden sufrir diferentes complicaciones que deben ser sospechadas y tratadas. Por lo que se han desarrollado diferentes clasificaciones a través del tiempo, con el fin de valorar el manejo a seguir, ya sea ortopédico o quirúrgico. También se han analizado distintas técnicas quirúrgicas para obtener los mejores resultados y evitar complicaciones futuras, las cuales deben ser tratadas para obtener buenos resultados biomecánicos durante el crecimiento. A partir de lo anterior, en este estudio se lleva a cabo una revisión bibliográfica, con el fin de evaluar el manejo y resultados obtenidos de las fracturas supracondíleas de húmero distal en la población pediátrica.

## **Abstract**

Supracondylar fractures of the distal humerus in the pediatric population represent a frequent consult, as well as one of the most common fractures associated with elbow trauma that occur in emergency services. The anatomical characteristics of the distal region of the humerus, in addition to its embryological development, are associated with this pathology by favoring the appearance according to the trauma mechanism presented. The anatomical structures associated with this region can suffer different complications that must be suspected and treated. Different classifications have been developed over time in order to assess the management to be followed, whether orthopedic or surgical. Different surgical techniques have been analyzed in order to obtain the best results and avoid future complications, which must be treated to obtain good biomechanical results during growth.

## Capítulo I. Aspectos introductorios

Las fracturas supracondíleas de húmero distal son las más comunes alrededor del codo; además, debido a la relación del húmero distal con estructuras neurovasculares, se pueden presentar complicaciones tempranas que no deben pasar desapercibidas. No obstante, aún existe controversia, y se sigue investigando, sobre la clasificación utilizada, así como la necesidad de un manejo ortopédico o quirúrgico y el tiempo con el que se debe priorizar el manejo quirúrgico para prevenir las complicaciones.

Por su parte, el manejo quirúrgico, ya sea reducción cerrada y fijación externa (RCFE) o reducción abierta con fijación externa (RAFE) con pines de Kirschner (KW) sigue siendo el manejo estándar de esta fractura. Aunque la cantidad de KW utilizados, así como la zona desde donde se coloquen siguen siendo motivo de estudio.

Finalmente, una adecuada reducción de la fractura tiene como fin evitar complicaciones a futuro; sin embargo, dichas complicaciones no están exentas de suceder a mediano y largo plazo, por lo cual se sigue investigando cómo manejarlas.

### 1.1. Metodología

Este análisis se elaboró mediante la revisión bibliográfica de libros y artículos relacionados a las fracturas supracondíleas de húmero en la población pediátrica. Para ello, se tomaron en cuenta textos tanto en inglés como en español, los cuales fueron elaborados entre el 2007 hasta el primer trimestre de 2023.

La búsqueda de los textos se hizo en bases de datos confiables como PUBMED, Clinical Key y sus revistas indexadas: injury, EMC, Journal of Hand Surgery, también se utilizaron fuentes como: Journal Of Pediatric Orthopaedic, Springer y JAAOS. Además, los motores de búsqueda se relacionaron a conceptos generales como la valoración inicial, examen físico, clasificación, evaluación radiológica, lesiones asociadas, así como el manejo ortopédico y quirúrgico, además de sus complicaciones.

## **1.2. Objetivo general**

Revisar el manejo y resultados obtenidos de las fracturas supracondíleas de húmero distal en la población pediátrica.

## **1.3. Objetivos específicos**

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre el manejo de las fracturas supracondíleas de húmero distal en la población pediátrica.
2. Evaluar los factores y características de esta patología, así como sus lesiones asociadas.
3. Comparar el manejo ortopédico y quirúrgico según su clasificación.
4. Describir las diferentes técnicas quirúrgicas
5. Revisar las diferentes complicaciones asociadas a un manejo inadecuado de esta patología.

## Capítulo II. Marco teórico

### 2.1. Epidemiología

Desde el punto de vista general, las fracturas supracondíleas de húmero distal representan entre el 12 y el 17% de todas las fracturas pediátricas . Siendo el tipo más común de fractura alrededor del codo, su incidencia ronda en un 60%; esta representa la segunda causa de fractura pediátrica, únicamente superada por las de radio distal (Russo y Abzug, 2017).

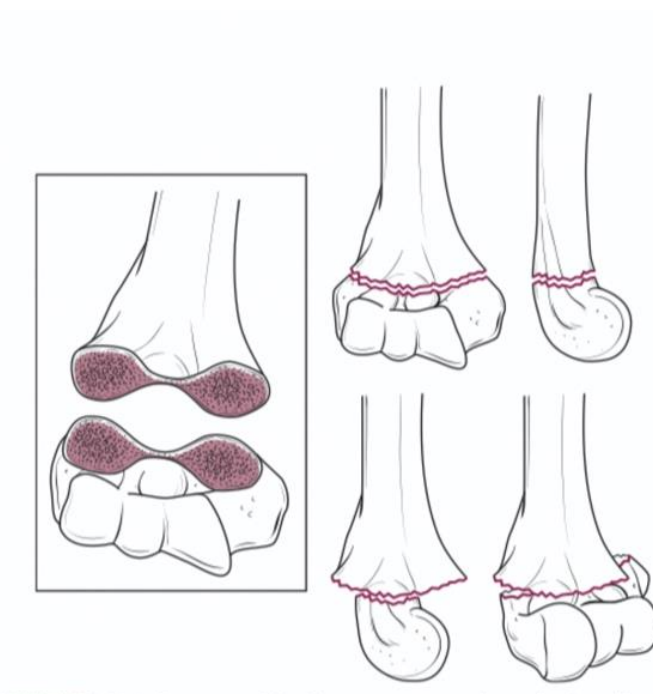
Se dice que es más común en varones, pero no existe una diferencia clara de incidencia entre géneros (Russo y Abzug, 2017). Además, esta fractura ocurre con mayor frecuencia entre los 5 y 7 años de edad (St. Clair y Schreiber, 2019), con una incidencia anual de 180 por cada 100 000 habitantes (Talbot y Madan, 2018).

### 2.2. Anatomía

La región supracondílea del húmero representa una zona de transición de una región diafisaria donde hay un cambio de hueso cortical, el cual es más grueso y duro, a una región metafisaria donde confluyen centros de osificación, los cuales son: el epicóndilo medial y la tróclea y el cóndilo lateral (capitellum y epicóndilo lateral), creando una columna medial y lateral, respectivamente (Russo y Abzug, 2017).

Por su parte, la zona de transición se caracteriza por una disminución de su grosor, con el fin de formar la fosa del olécranon en la región posterior, la fosa coronoides, así como la fosa radial anteriormente, esto con el fin de articular con el radio y la ulna. Esta disminución del grosor es responsable de generar la fractura, ya que los vectores de energía producidos durante una caída con el brazo en extensión o un trauma directo generarán dicha fractura en la zona de mayor debilidad (figura 1).

**Figura 1.** Anatomía de la fractura supracondílea de húmero



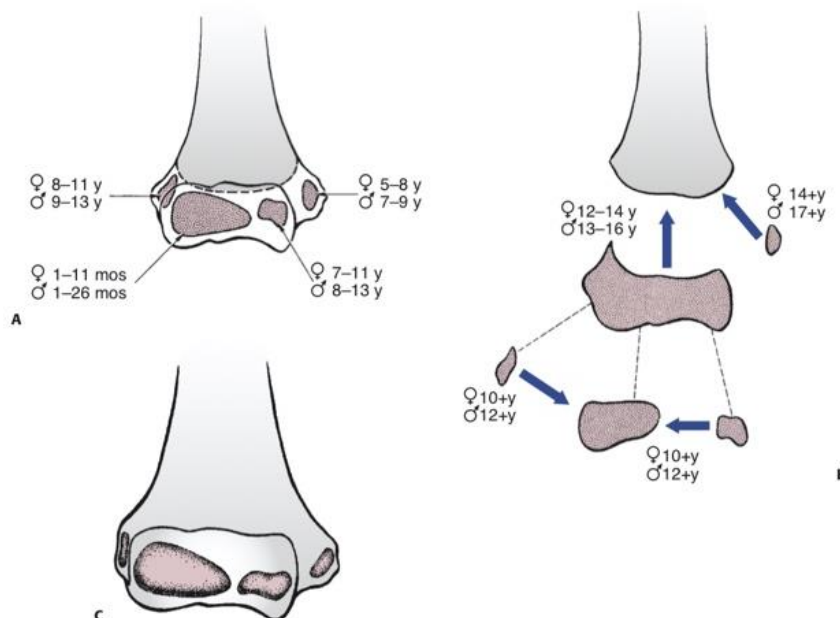
Fuente: tomada de Flynn (2015).

### 2.3. Osteogénesis

La región distal de húmero está conformada por diferentes centros de osificación, los cuales se desarrollan a través de zonas cartilaginosas que se osificarán conforme avance la edad del niño. Esto implica que no sean identificados radiológicamente por completo, hasta que se dé la madurez esquelética. Por lo que es necesario conocer el orden cronológico de aparición de estas estructuras para tener una idea clara de su interpretación en la valoración inicial.

El capitellum es el primer centro de osificación que aparece y, por lo general, está bien formado al año de edad en ambos sexos. La cabeza radial aparece alrededor de los 5 a 6 años. Por su parte, el epicóndilo medial, generalmente, acompaña la aparición de la estructura citada previo. Posteriormente, a los 8 años hace su aparición el olécranon e, inmediatamente, le sigue la tróclea; por último, se encuentra el epicóndilo lateral (figura 2).

**Figura 2.** Osteogénesis del húmero distal



Fuente: tomada de Flynn (2015).

#### 2.4. Mecanismo de lesión

La fractura supracondílea de húmero distal consiste en una fractura extraarticular, aunque no se puede obviar la presencia de trazos intraarticulares en algunas ocasiones. El mecanismo de lesión corresponde, en la mayoría de los casos, a una caída sobre el brazo en extensión, siendo usualmente el brazo izquierdo o no dominante el más afectado (Abzug y Herman , 2012).

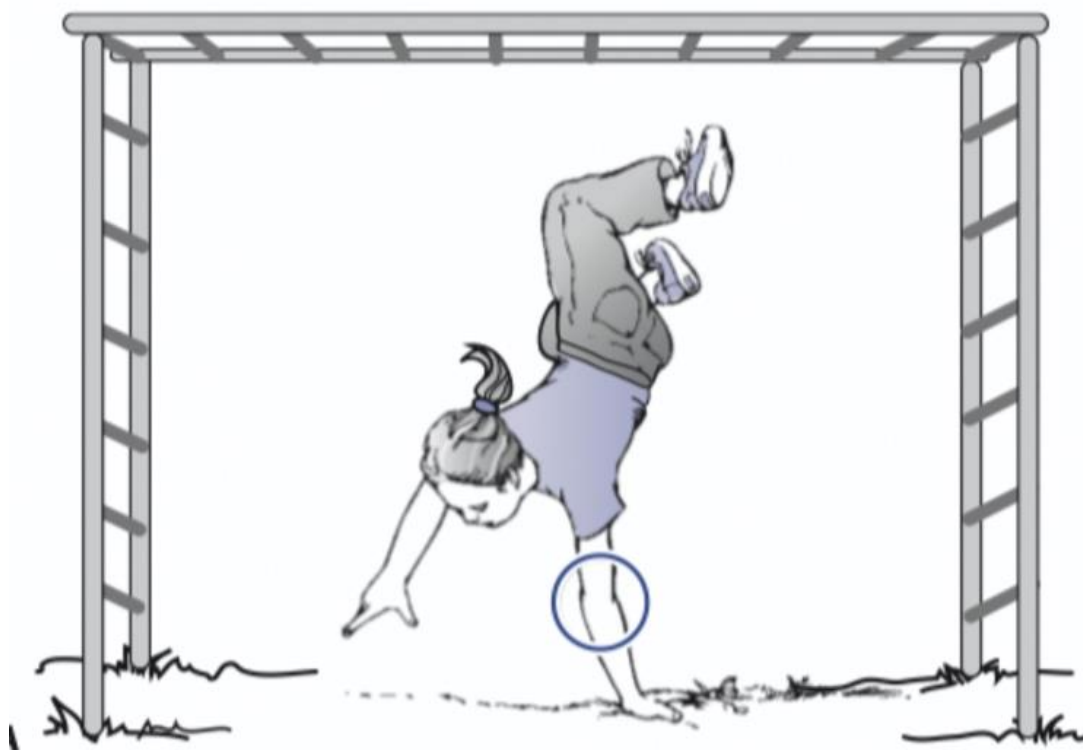
Se ha demostrado que existe una asociación entre la obesidad y las fracturas supracondíleas más complejas (Talbot y Madan, 2020). Además, aproximadamente, el 5% de las fracturas supracondíleas están asociadas a una fractura de antebrazo ipsilateral, patología denominada como codo flotante, lo que aumenta el riesgo de complicaciones, tales como síndrome compartimental, lesión neurológica y vascular (Muchow et al., 2015).

Existen dos tipos de patrones asociados al mecanismo de trauma: una fractura con desplazamiento en extensión que corresponde al 95% de los casos y 5% que corresponden a un mecanismo de tipo flexión (Russo y Abzug, 2017). Un estudio

retrospectivo que valoró 1 120 casos de fracturas supracondíleas de húmero durante un periodo de 20 años demostró que tan solo 22 casos presentaron un desplazamiento del fragmento distal en flexión (Khare, 2010).

Respecto a estos mecanismos, el primero y más común consiste en una caída con el brazo en extensión, generalmente del brazo no dominante, con el fin de amortiguar la caída. Esto contribuye a un desplazamiento posterior del fragmento distal del húmero. El segundo mecanismo consiste en un impacto directo sobre la región distal del húmero, siendo el menos común; esto generará un desplazamiento del fragmento distal hacia anterior en la mayoría de los casos (figura 3).

**Figura 3.** Mecanismo de caída



Fuente: tomada de Flynn (2015).

Aunque se han descrito previamente los dos tipos de mecanismo de lesión, existe controversia al pensar que un impacto directo sobre el codo es capaz de generar una fractura con desplazamiento en flexión; por lo cual, Khare (2010) sugiere una hipótesis

que indica que el desplazamiento anterior del húmero distal es causado por una fuerza de rotación lateral en una caída en dirección posterior, con el antebrazo en extensión y supinación; siendo la caída en extensión, hacia anterior y con pronación, más una rotación medial, la causante de un desplazamiento posterior del fragmento distal del húmero (figura 4 y 5).

**Figura 4.** Caída hacia anterior



Fuente: tomada de Khare (2010).

**Figura 5.** Caída hacia posterior



Fuente: tomada de Khare (2010).

## 2.5. Presentación clínica

De acuerdo con lo citado sobre el mecanismo de lesión y los datos epidemiológicos, por lo general, se trata de un paciente entre los 5 o 7 años que presenta una caída con el brazo en extensión, asociando una posición supina o prona del antebrazo más una rotación medial o lateral; también se puede presentar con un impacto directo sobre el codo en flexión, usualmente, el no dominante. Debido a ello, el paciente se puede presentar con síntomas como dolor, edema, equimosis, limitación en los arcos de movilidad a nivel del codo, déficit neurológico, así como signos de una baja perfusión distal hasta la disminución o ausencia de pulsos distales.

El paciente que acude con su familiar al servicio de emergencias puede presentarse con dolor y edema alrededor del codo; la deformidad puede no ser tan evidente como en las fracturas supracondíleas clasificadas como Gartland I y II. Además, la presencia de equimosis anterior puede reflejar el atrapamiento del músculo braquial en el foco de fractura (figura 6).

**Figura 6.** Signos clínicos



Fuente: tomada de Flynn (2015).

## 2.6. Evaluación inicial

La evaluación inicial de un niño con una fractura supracondílea debe ir de la mano con la valoración de los principios del Soporte Vital Avanzado en Trauma (ATLS), donde lo más importante será manejar todas las lesiones que amenacen la vida del paciente, antes que la propia extremidad (Talbot y Madan, 2020).

## 2.7. Examen físico

El examen físico en estos casos implica una valoración detallada de toda la extremidad afectada, ya que un 5% de estas fracturas asocian otra fractura ipsilateral. Además, dichos pacientes tienen una tasa más alta de lesión neurológica aguda respecto a las fracturas aisladas (14,7% frente a 7,8%) (Talbot y Madan, 2018).

Se debe comenzar con la inspección, el paciente se puede presentar con dolor y edema alrededor del codo, asociando limitación en los arcos de movilidad, sobre todo, para la extensión. Así mismo, es necesario palpar las prominencias óseas, aunque en ocasiones el edema puede impedirlo (Shrader, 2008).

Las fracturas no desplazadas asocian deformidad, la cual puede no ser evidente. Por su parte, la valoración de los tejidos blandos tiene como fin determinar la presencia de equimosis o alguna herida que haga pensar en la asociación de una fractura expuesta, además, los arcos de movilidad pueden estar limitados tanto por la fractura como por el dolor.

Es posible que las fracturas desplazadas presenten signos críticos como la equimosis de la piel en la fosa antecubital que podría indicar el atrapamiento del músculo braquial o alguna estructura neurovascular, lo cual dificultaría la reducción (Talbot y Madan, 2018).

También, se debe buscar la presencia de fracturas asociadas. En la mayoría de los casos, se trata de una fractura de radio distal ipsilateral y, en menor medida, una

fractura de diafisaria de radio y ulna. Dichas condiciones implican la presencia de un codo flotante, lo cual aumenta el riesgo de síndrome compartimental (figura 7).

**Figura 7.** Codo flotante



*Fuente: tomada de Hermosilla et al. (2010).*

Se debe explorar la presencia de pulsos distales, tanto radial como ulnar, así como signos de hipoperfusión: disminución del llenado capilar, frialdad distal o palidez. La ausencia de pulsos o la duda diagnóstica puede sugerir la utilización de un ultrasonido Doppler, aunque este no sea un proceso de rutina, ya que se considera que los signos clínicos de hipoperfusión son un mejor indicador del estado vascular que la ausencia de pulsos, debido a que existe una irrigación colateral que es capaz de mantener la viabilidad de la extremidad.

Por esta razón, es posible clasificar el estado vascular de la extremidad lesionada como normal, sin pulso, pero con mano rosada, o sin pulso y con mano blanca. Este último aspecto se considera una urgencia quirúrgica (Abzug y Herman, 2012).

Aunque se pensaría que la ausencia de pulsos distales, aun en presencia de una mano rosada, haría pensar en la necesidad de una exploración quirúrgica, existen estudios que avalan la decisión de un manejo conservador. Un estudio de siete pacientes que se manejaron de forma conservadora sin exploración vascular informó un retorno palpable del pulso radial en seis pacientes a las tres semanas, mientras que un paciente recobro el pulso a las seis semanas de seguimiento sin ninguna complicación posterior (Talbot y Madan, 2020).

Así mismo, la evaluación neurológica es un aspecto importante por considerar. Se deben realizar diferentes pruebas con el fin de valorar la lesión del nervio interóseo anterior, el cual se explora con el signo del *ok*, nervio radial, interóseo posterior y ulnar.

Respecto al síndrome compartimental, los signos más confiables son: el dolor extremo, dolor en rango de movimiento pasivo de los dedos, y un compartimento lleno o tenso (Shrader, 2008).

## **2.8. Evaluación radiológica**

Una vez realizada la valoración física, se deben obtener estudios radiográficos. La radiografía anteroposterior (AP), lateral y oblicua interna y externa tienen como fin valorar el grado de desplazamiento, rotación, translación, conminución y extensión intraarticular (figura 8).

**Figura 8.** Proyecciones radiográficas



Fuente: tomada de Flynn (2015).

Pareciera que la realización de radiografías completas de antebrazo y húmero tienen únicamente la importancia de descartar una lesión asociada, pero no parece tener relevancia a la hora de clasificar las fracturas, así como en cambiar las decisiones por seguir, comparado con las radiografías convencionales (Bloom et al., 2016).

En la radiografía lateral es posible valorar la presencia del signo de almohadilla grasa tanto anterior como posterior, siendo la segunda la más importante. Este signo podría asociarse a la presencia de una fractura o incluso una fractura oculta, ya que se ha reportado que hasta el 76% de los pacientes con presencia de almohadilla grasa posterior sin datos de fractura, inicialmente, presentarán una fractura en una segunda valoración (Sullivan et al., 2019) (figura 9).

**Figura 9.** Signo de almohadilla grasa



*Fuente: tomada de Flynn (2015).*

Dentro de la valoración radiográfica, se debe buscar la continuidad de las corticales tanto anterior como posterior, así como el signo del reloj de arena en una radiografía lateral (figura 10).

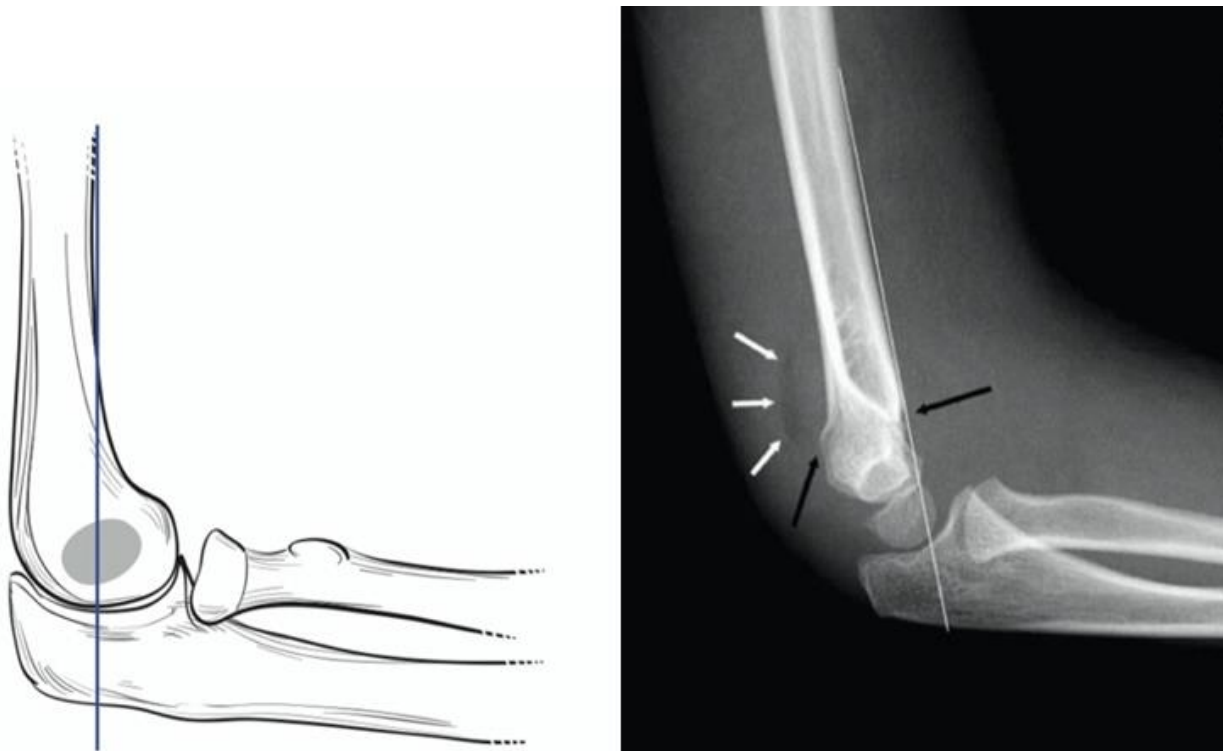
**Figura 10.** Signo del reloj de arena



Fuente: tomada de Flynn (2015).

La línea humeral anterior o de Rogers, la cual representa una línea trazada en la longitud de la cortical anterior en una radiografía lateral, permite valorar la dirección y el grado de desplazamiento que presenta el capitellum respecto a esta (figura 11).

**Figura 11.** Línea humeral anterior con signo de almohadilla grasa



Fuente: tomada de Flynn (2015).

Ryan et al. (2016) realizaron un estudio retrospectivo en un total de 124 radiografías laterales de codos pediátricos normales. El objetivo del estudio era valorar la relación entre la línea humeral anterior y el capitellum. En este, se demostró que, en los pacientes mayores de 5 años, en el 100% de los casos, la línea humeral anterior atravesaba el tercio medio del capitellum y que, en los pacientes menores de 5 años, en el 25% de los casos la línea se encontraba anterior al tercio medio del capitellum. Este estudio concluyó que se debe buscar la presencia de una fractura, si la línea humeral anterior no atraviesa el capitellum (Ryan et al., 2016).

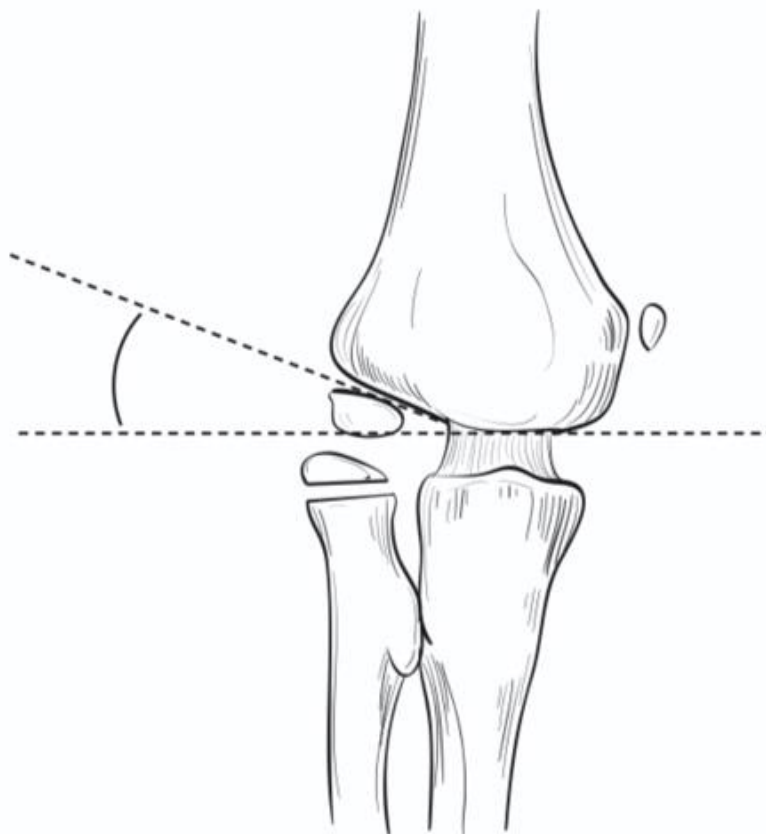
Por su parte, Sato et al. (2020) realizaron un estudio con el fin de comparar la confiabilidad interobservador en 42 pacientes que fueron sometidos a reducción cerrada

con KW, utilizando radiografías pre y postquirúrgicas. A partir del análisis, lograron demostrar que la relación entre el capitellum y la línea humeral anterior determinado como la distancia AC era el mejor parámetro para definir el éxito posterior a una reducción.

El ángulo de Bauman también debe ser valorado en una radiografía AP. Los puntos de referencia consisten en una línea trazada sobre el centro del eje longitudinal del húmero y otra línea a través de la línea fisaria del cóndilo lateral. El ángulo normal se encuentra entre los 70 y 75 grados. Al respecto, Sullivan et al. (2019) confirman en su estudio una excelente fiabilidad intraobservador.

Otra forma de medirlo es desde una línea perpendicular a la línea centrodiafisaria, el rango normal es de 9 a 26 grados. Por lo que un ángulo menor a 9 grados indica la presencia de un varo (figura 12).

**Figura 12.** Ángulo de Bauman



Fuente: tomada de Flynn (2015).

## 2.9. Clasificación

Las fracturas supracondíleas se generan bajo dos modalidades de desplazamiento: el posterior es el más frecuente, ya que se reporta en un 95 a un 98% de los casos, o anterior, el cual es la modalidad menos común, entre un 3 y un 5% de los casos, respectivamente (Russo y Abzug, 2017).

Históricamente, la primera clasificación de estas fracturas fue realizada por Felsenreich en el año 1931 (citado por Tantray et al., 2018). Sin embargo, la clasificación más utilizada a través del tiempo ha sido la de Gartland, a la cual se le han sumado algunas modificaciones por otros autores como Leitch al agregar una cuarta clasificación y Wilkins creando dos subtipos en las tipo dos.

Al ser el desplazamiento posterior el que se presenta de forma más común, la clasificación de Gartland se basa en este tipo. Esta divide las fracturas supracondíleas de húmero distal en tres grupos grupos. No obstante, existe cierta controversia, la cual ha sido motivo de estudios posteriores que valoran la necesidad de una reducción intraoperatoria a partir de las fracturas clasificadas como tipo II.

**Tipo 1.** Implica una fractura supracondílea con menos de 2 mm de desplazamiento, con una línea humeral anterior continua y sin alteración del eje rotaciones. Este tipo de fractura, por lo general, no requiere una reducción intraoperatoria y puede ser manejada desde el servicio de emergencias con inmovilización y seguimiento.

**Tipo 2.** Las fracturas supracondíleas tipo II han sido motivo constante de investigación, ya que aún existe duda sobre si se puede optar por un manejo conservador o quirúrgico. Se caracteriza por un desplazamiento posterior mayor de 2 mm con ruptura de la cortical anterior, pero con preservación del periostio posterior y contacto cortical.

Wilkins (citado por Tangadulrat et al., 2022) subclasificó este tipo de patrón en dos subtipos, siendo las tipo IIA aquellas que no presentan ningún grado de rotación y las IIB cuando se asocian a algún grado de rotación. La diferencia entre ambas se asoció a que las clasificadas como tipo IIB presentaban más de 18 grados de diferencia en ángulo

condilar diafisiario, lo que impulsa a los cirujanos a tomar decisiones sobre llevar al paciente a sala de operaciones (Tangadulrat et al., 2022).

Existe controversia sobre si esta subclasificación es fiable para decidir si un paciente debe ser llevado a sala de operaciones o no. Tangadulrat et al., (2022) realizaron una encuesta a 57 ortopedistas pediátricas donde, aproximadamente, solo la mitad de los encuestados consideraron necesaria dicha subclasificación; por lo tanto, concluyeron que es necesario mejorar los criterios de subclasificación para la toma de decisiones.

A pesar de que la Academia Estadounidense de Cirujanos Ortopédicos recomienda la colocación de KW para las fracturas supracondíleas tipo II, Silva et al. (2019) realizaron un estudio prospectivo en 1 120 pacientes con fractura supracondílea de humero (SCHF, por sus siglas en inglés) durante un periodo de 8 semanas; 72% se manejaron de forma conservadora, mientras que 28% ameritaron cirugía. Dentro de las características radiográficas que se encontraron para una intervención quirúrgica, se encuentran: la deformidad rotacional, mal alineación en varo o valgo, y un ángulo eje condíleo menor de 30 grados. Los autores demostraron que, posterior a las ocho semanas, no existieron diferencias significativas en el ángulo de carga, rango de movimiento y complicaciones entre ambos grupos (Silva et al., 2019).

Por su parte, Pierantoni et al. (2020) realizaron un estudio retrospectivo donde manejaron 31 pacientes con SCHF clasificados como tipo II, mediante reducción cerrada con sedación consciente, en el servicio de emergencias, con un seguimiento de 26 meses con buenos resultados. Los autores indican que la reducción cerrada con yeso es una buena opción de tratamiento, siempre y cuando, se dé un seguimiento regular para valorar desplazamientos que se den después.

**Tipo 3.** Las fracturas tipo 3 están caracterizadas por la presencia de un desplazamiento completo de la fractura sin ningún grado de contacto cortical. Suelen estar rotadas, sin embargo, la presencia de periostio podría mejorar la capacidad de reducción de este tipo de fractura

**Tipo 4.** Incorporada por Leitch, este patrón de fractura implica una inestabilidad multidireccional; lo cual produce el desplazamiento del fragmento distal en cualquier dirección, por lo que es difícil de lograr una óptima reducción.

Se realizó un estudio sobre las características epidemiológicas de las fracturas supracondíleas en 140 pacientes, entre el año 2014 al 2018, y se encontró que, según la clasificación de Gartland, 40% de los pacientes presentaron una tipo I, 20,7% una tipo II y un 39% una tipo III, respectivamente (Aparicio et al., 2019) (figura 13).

**Figura 13.** Clasificación de Gartland radiológica



Fuente: tomada de Cardona et al. (2020).

Aunque se conoce poco sobre otros tipos de clasificaciones, Tantray et al. (2018) realizaron un estudio prospectivo con 207 pacientes que presentaron una fractura en extensión tipo III de Gartland. El objetivo fue realizar una clasificación basada en el estado clínico y radiológico de la extremidad afectada. Dicha clasificación consta de dos tipos:

**Fracturas simples:** únicamente presentan desplazamiento de la fractura sin alguna complicación asociada.

**Fracturas complejas:** presentan complicaciones asociadas y se subdividen en las siguientes:

- Tipo A: presenta fractura ipsilateral asociada
- Tipo B: asocia una fractura expuesta
- Tipo C: presenta síndrome compartimental
- Tipo D: presenta ausencia distal de perfusión

Aunque en su estudio reportan buenos resultados, esta clasificación es únicamente descriptiva; además, se sugiere la necesidad de más estudios para obtener mejores resultados. De igual manera, Laurent et al. (2011) realizaron una clasificación basados en la valoración de 154 fracturas supracondíleas utilizando radiografías anteroposteriores y laterales, las cuales clasificaron en cuatro grados (Laurent-Audige et al., 2011):

- **Grado I:** fractura incompleta sin desplazamiento o con desplazamiento mínimo.
- **Grado II:** fractura completa con continuidad de la cortical posterior.
- **Grado III:** falta de continuidad ósea, pero con algún grado de contacto entre los planos de fractura.
- **Grado IV:** fractura completa sin continuidad ósea y sin ningún grado de contacto entre corticales.

## 2.10. Lesiones asociadas

**Codo flotante:** la asociación de una fractura supracondílea de húmero y una fractura de radio y ulna, ya sea distal, media o proximal, determina la presencia de un codo flotante. Esta condición exige tener en cuenta la posibilidad de aparición de un síndrome compartimental, ya que se reporta dicha asociación en un 33% de los casos (Russo y Abzug, 2017) (figura 7).

Muchow et al. (2015) realizaron una revisión retrospectiva comparando un total de 150 pacientes pediátricos con fractura supracondílea de húmero y antebrazo ipsilateral, contra un grupo de 1228 pacientes operados de una fractura supracondílea de húmero aislada. En su estudio, concluyen que existe un aumento de lesiones neurológicas en codo flotante comparado con fracturas supracondíleas aisladas y que no existe diferencia respecto a la ausencia de pulsos entre ambas fracturas. Además, el codo flotante se considera una indicación relativa para la fijación de ambas fracturas (Russo y Abzug, 2017).

**Síndrome compartimental:** esta patología implica el aumento de la presión dentro de un compartimento muscular, el cual puede generar daño neurológico y muscular, si pasa desapercibido (figura 14).

**Figura 14.** Síndrome compartimental con fasciotomía



Fuente: tomada de Fundación ICATME (s.f.).

Se dice que la incidencia de esta patología es baja, sin embargo, St. Clair y Schreiber (2019) demostraron que la incidencia del síndrome compartimental en fracturas supracondíleas de húmero distal, asociado a una fractura del antebrazo ipsilateral, aumento de la edad, sexo masculino, lesión neurovascular y reparación neurovascular inmediata, aumentan el riesgo de aparición del síndrome compartimental.

Además, se han reportado diferentes formas para valorar clínicamente la presencia de este síndrome en el paciente adulto; sin embargo, ninguna de ellas es útil en la población pediátrica. También, se debe considerar la aparición de un síndrome compartimental, si el paciente presenta una necesidad aumentada en el uso de analgésicos para controlar el dolor.

Se han sugerido las tres A del síndrome compartimental pediátrico: aumento de analgesia, ansiedad y agitación. En general, cuando existe algún factor que haga sospechar la posible aparición de esta patología, se recomienda su observación por un periodo de 24 horas (Russo y Abzug, 2017).

Todd et al. (2022) evaluaron las presiones compartimentales de 29 niños con fracturas supracondíleas de húmero clasificadas como II y III. Además, concluyeron que las presiones intracompartimentales después de una fractura supracondílea son más altas en el compartimento palmar profundo y más cerca del sitio de fractura, existiendo presiones mayores a los 30 mmHg, incluso sin datos clínicos de síndrome compartimental, la flexión mayor de 90 grados posterior a la reducción puede ser un desencadenante en un aumento de la presión; por lo cual es recomendable no inmovilizar el codo por encima de los 90 grados.

**Lesión neurológica:** la región supracondílea está en estrecha relación con estructuras nerviosas. Y se reporta una incidencia de lesión neurológica en un 11,3% de todas las fracturas supracondíleas desplazadas (Abzug y Herman, 2012).

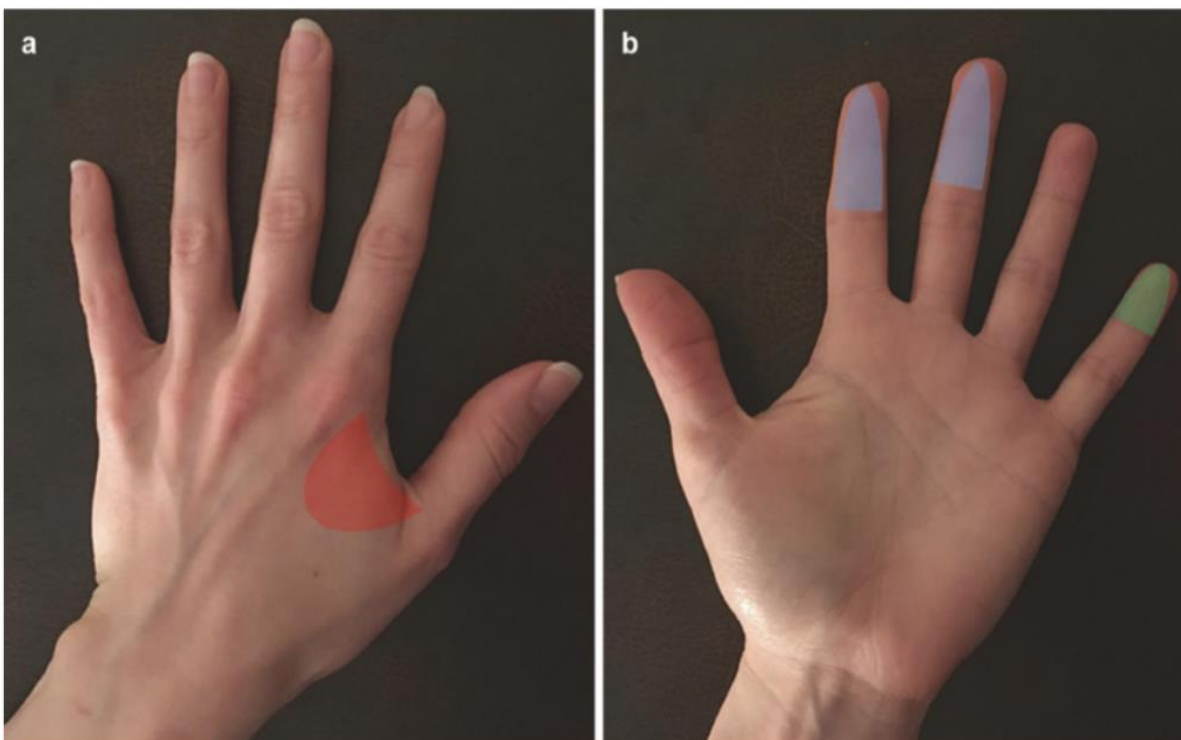
Russo y Abzug (2017) reportan una incidencia de hasta un 20%. Dependiendo del tipo de desplazamiento, existe un mayor riesgo de afectación de una estructura en

específico. En orden de frecuencia, la lesión del nervio interosseo anterior (NIA) representa la lesión más común, seguida por la lesión del nervio radial, mediano, ulnar e interosseo posterior (NIP), en orden decreciente. El desplazamiento posterolateral del fragmento distal de la fractura aumenta el riesgo de lesión del NIA y mediano; mientras el desplazamiento posteromedial se asocia a lesión del nervio radial e interosseo posterior (NIP) (Russo y Abzug, 2017).

Las fracturas con patrón de lesión en flexión se asocian más a lesión del nervio cubital. Según lo explicado anteriormente, es necesario realizar una adecuada valoración neurológica de la extremidad afectada, se debe evaluar la sensibilidad al tacto ligero según dermatomas (figura 15):

- Nervio radial: espacio interdigital dorsal entre el pulgar y el índice.
- Nervio mediano: cara palmar de los segmentos distal y medio del índice.
- Nervio ulnar: cara palmar del segmento distal del meñique.

**Figura 15.** Regiones sensitivas de la mano según dermatomo

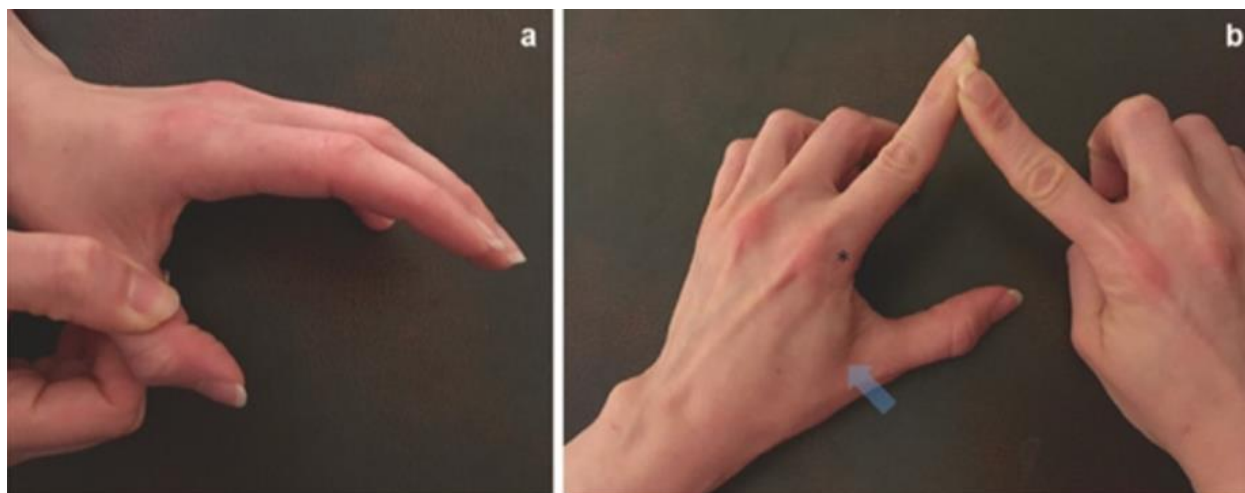


Fuente: tomada de Russo, y Abzug (2017).

**Valoración de la función motora** (ver figura 16). Debe ser valorada poniendo énfasis en lo siguiente:

- Nervio interóseo anterior: flexión de la articulación interfalángica del pulgar y el índice (signo del OK).
- Nervio radial: extensión activa del dedo índice y pulgar.
- Nervio ulnar: abducción del dedo meñique o resistencia a la aducción en un dedo índice extendido.

**Figura 16.** Exploración neurológica y signo del OK

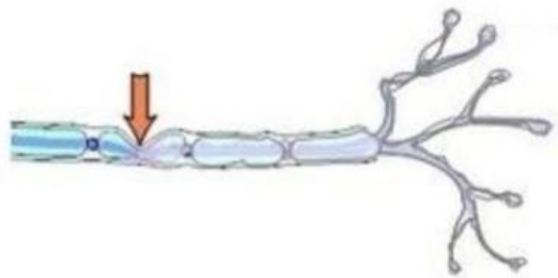


tomada de Russo, y Abzug (2017).

Debido a la dificultad que presentan los niños para seguir órdenes, se debe ser cuidadoso y explorar la región contralateral para mejorar los resultados. Incluso, repetir las pruebas cuando el paciente se sienta más tranquilo.

En la mayoría de los casos, la lesión neurológica que se presenta implica una neuroapraxia, la cual consiste en una contusión del nervio sin sección de sus estructuras. Esta lesión suele resolverse de forma espontánea al cabo de unos meses (figura 17).

**Figura 17.** Neuroapraxia



*Fuente: tomada de Klopfer (2010).*

En caso de que no exista recuperación, se puede realizar un estudio de conducción nerviosa más una electromiografía. Si no se demostrara actividad nerviosa, está indicada la exploración quirúrgica.

Por su parte, Valencia et al. (2015) realizaron una revisión de 448 historias clínicas de fracturas supracondíleas que asociaban una lesión neurológica. Se demostró que el tiempo promedio de recuperación fue bimodal, siendo de 1 a 3 meses o de 6 hasta 8 meses.

Khademolhosseini et al. (2013) realizaron un estudio con un total de 272 pacientes con fracturas supracondíleas, de los cuales, solo 48 presentaron una lesión nerviosa; únicamente cinco pacientes requirieron exploración quirúrgica asociada a la presencia de una fractura expuesta. Todos los pacientes recuperaron su función nerviosa al cabo

de tres meses, por lo que concluyen que la exploración nerviosa no es una indicación necesaria de rutina.

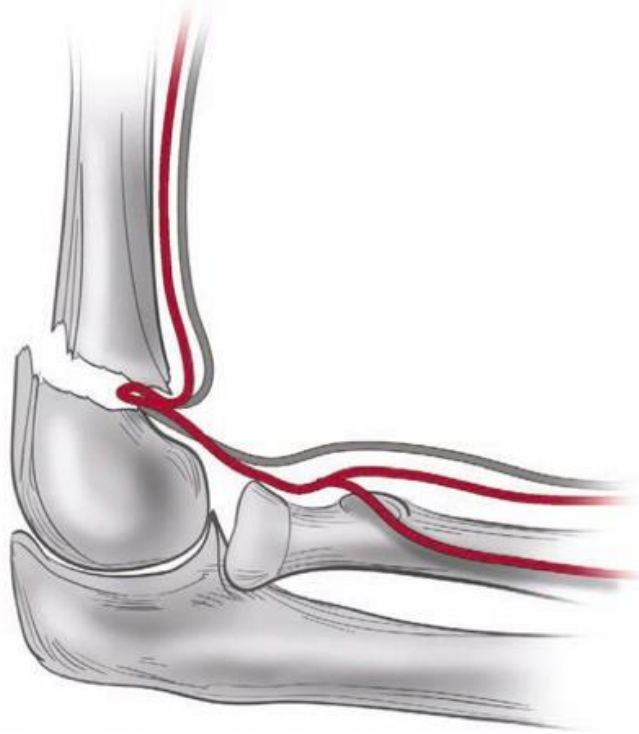
También se han reportado lesiones neurológicas asociadas al procedimiento quirúrgico hasta en un 3% de los casos. El nervio cubital es uno de los más afectados, sobre todo, durante la colocación de una fijación percutánea medial. Si esto se presentara, se sugiere la extracción de la fijación medial con el fin de mejorar la recuperación (Russo y Abzug, 2017).

**Lesión vascular:** debido a la estrecha relación anatómica que existe en la región distal del húmero, cuando se genera una fractura supracondílea, la energía del trauma, así como el desplazamiento del o los fragmentos de la fractura, podrían comprometer las estructuras vasculares como lo es la arteria braquial. Se informa que el compromiso vascular sucede hasta en un 20% de las fracturas supracondíleas de húmero distal, sin embargo, existen otros estudios que reportan una incidencia mucho más baja.

Nordin et al. (2020) realizaron una revisión retrospectiva de 53 571 pacientes con fracturas supracondíleas de húmero distal. Los autores reportaron una incidencia de lesión vascular de un 0,3% asociando la mayoría de los casos a una fractura expuesta asociada.

El compromiso vascular puede consistir en una contusión, compresión, laceración parcial o total y daño de la íntima que ocasionaría un trombo oclusivo tardío o en aneurisma. Los pacientes que ingresan con una fractura supracondílea desplazada pueden presentar atrapamiento de la arteria braquial dentro del foco de fractura y se reporta que su liberación podría darse en un 77% de los casos posterior a la reducción (Nordin et al., 2020). También, es posible que se dé un escenario donde el atrapamiento suceda durante el proceso de reducción. Por este motivo, es importante la valoración constante de los pulsos con el fin de identificar el momento preciso donde se podría generar dicho atrapamiento (figura 18).

**Figura 18.** *Compresión vascular dentro del foco de la fractura*



*Fuente: tomada de Flynn (2015).*

### **2.11. Manejo inicial**

El manejo inicial de una fractura supracondílea implica su arribo al servicio de urgencias, donde la información suministrada anteriormente brinda una idea de cómo abordarlas. Una vez realizada la historia clínica y examen físico adecuado, así como los estudios de imagen necesarios y determinando la presencia de una fractura supracondílea de húmero, se debe proceder a la colocación de un mitón alto. Es importante tener en consideración que, si se sospecha la presencia de un síndrome compartimental, así como signos de hipoperfusión, no se debe colocar una inmovilización muy ajustada.

Además, se debe colocar la extremidad con una flexión del codo entre 20 y 40 grados (Russo y Abzug, 2017). Esto con el fin de disminuir la presión producida por el edema. También, se debe tener cuidado con la colocación excesiva de analgesia que

pueda enmascarar un síndrome compartimental en desarrollo, así como valoraciones neurológicas seriadas.

A continuación, se expone el manejo por seguir, ya sea no quirúrgico o quirúrgico, según la clasificación de Gartland descrita previamente, ya que la mayoría de publicaciones existentes se basan en esta para definir su manejo y teniendo en cuenta la presencia de lesiones asociadas.

## **2.12. Manejo no quirúrgico**

**Tipo 1.** Se consideran como fracturas donde el manejo puede ser no quirúrgico, siempre y cuando no exista una lesión asociada. Dentro de este tipo, es posible tener en cuenta los siguientes aspectos: la línea humeral anterior atraviesa el capitelum, no hay presencia de impactación medial que predisponga a un cúbito varo, el ángulo de Bauman está dentro de los límites normales y hay alineación de las corticales.

Como se describió anteriormente, existe un porcentaje de fracturas que no serán visibles en una valoración inicial y donde solo existe la presencia de un signo de almohadilla grasa posterior. En estos casos, existe una recomendación para indicar la colocación de una inmovilización, tal cual se tratara de una fractura supracondílea.

El manejo consiste en la colocación de un yeso braquiopalmar entre los 60 y 90 grados de flexión, más un seguimiento aproximado de tres semanas. Posteriormente, es posible proceder al retiro más el inicio de los rangos de movilidad. No se requiere terapia física y está descrito que los rangos de movilidad completos se pueden obtener incluso posterior al año (figura 19).

**Figura 19.** Yeso braquiopalmar



*Fuente: tomada de Prada et al. (2007).*

**Tipo 2.** Las fracturas de tipo 2 presentan una peculiar importancia, ya que todavía no existe un consenso claro sobre si se deben manejar de forma conservadora o quirúrgica. Algunos autores sugieren que, si se logra una reducción óptima, se puede optar por el manejo conservador con mitón alto; sin embargo, existen estudios que han reportado un aumento del riesgo de desplazamiento en las valoraciones posteriores. Incluso, se ha descrito la presencia de deformidades en el plano sagital, coronal y rotacionales desde el manejo inicial (Russo y Abzug, 2017).

Se reporta hasta una pérdida de la reducción en un 20% de las fracturas manejadas conservadoramente (Shah y Asimuddin, 2016). En caso de considerar un manejo conservador, se sugiere un seguimiento estricto con radiografías semanales para valorar algún grado de desplazamiento. Si esto sucediera, es necesario proceder con un manejo quirúrgico (Abzug y Herman, 2012).

**Tipo 3 y 4.** Las fracturas tipos 3 y 4 se consideran de manejo quirúrgico, por lo tanto, se realiza una descripción del manejo de estas en general, recalcando que las fracturas tipo 2 también se pueden considerar de manejo quirúrgico.

### **2.13. Momento de la cirugía**

Surge la pregunta sobre en qué tiempo se debe realizar el manejo quirúrgico desde que sucede la fractura, esto con el fin de disminuir el riesgo de complicaciones. Varios estudios realizados concluyeron que no existían diferencias significativas en la tasa de complicaciones de los pacientes con fracturas supracondíleas simples tratadas posterior a las 24 horas (Russo y Abzug, 2017). Sin embargo, también se aclara que es importante tener en consideración la presencia de lesiones asociadas, las cuales aumentan la complejidad de la fractura y deben ser manejadas a la brevedad del caso.

### **2.14. Fracturas expuestas**

En el caso particular de las fracturas expuestas, es claro que deben ser manejadas de manera quirúrgica. Se realizó un estudio comparativo entre fracturas cerradas y expuestas, donde se documentó que las expuestas presentaban mayor riesgo de lesión nerviosa, fractura de antebrazo ipsilateral y la necesidad de un procedimiento vascular asociado respecto a las fracturas cerradas (Armstrong et al., 2021).

### **2.15. Manejo quirúrgico**

El manejo quirúrgico estándar de las fracturas supracondíleas consiste en la reducción cerrada y la fijación percutánea con KW, aunque, en algunos casos, donde la reducción no es aceptable o es complicada, la reducción abierta puede ser necesaria.

Una vez que el paciente es llevado a sala de operaciones, se debe revisar la colocación de un antibiótico prequirúrgico. Cuando este se encuentra en una mesa quirúrgica, listo para proceder con la cirugía, se puede colocar en una posición supina o prona. Venkatadass et al. (2015) realizaron un estudio comparativo entre 26 fracturas supracondíleas operadas en posición supina y 26 en posición prono. En dicho estudio, no encontraron diferencias en la duración del procedimiento, tiempo de exposición a la radiación, intentos de reducción cerrada y colocación de clavos.

Se puede optar por colocar la extremidad afectada en una mesa radiotransparente, sobre el mismo arco en C, o bien siendo sostenida con la colaboración de un ayudante.

La colocación adecuada del arco en C es fundamental para tener una mayor comodidad a la hora del procedimiento. Algunos autores sugieren colocar la máquina de fluoroscopia desde la cabecera del paciente, con el fin de que pueda girar para obtener proyección tanto anteroposteriores como laterales.

Cuando se procede con la reducción de la fractura, se debe considerar la dirección del desplazamiento, ya que la reducción debe ser inversa a esta. También se debe valorar la fuerza de reducción, debido a que se puede incurrir en un aumento de la inestabilidad de la fractura aumentando la dificultad del procedimiento quirúrgico.

Existen técnicas descritas como la maniobra de ordeño que consiste en realizar presión en dirección proximal a distal sobre el brazo, así como la tracción sostenida sobre el brazo para liberar las espículas de ambos fragmentos. En caso de desplazamientos en extensión, se puede realizar una presión posteoanterior sobre el codo, con el fin de alinear el fragmento distal de la fractura.

Una vez reducido, se obtienen proyecciones AP o vista de Jones, con el codo en hiperflexión, se valora la línea de Rogers, así como el ángulo de Bauman; clínicamente, se puede palpar el triángulo de Nelaton (cuyos vértices están conformados por ambos epicóndilos, así como el olécranon distalmente) procediendo a la fijación percutánea. En ocasiones, la reducción cerrada no es capaz de realizarse, por lo que se considera necesario preceder con una reducción abierta.

Sería normal pensar que, ante una fractura supracondílea evolucionada, es necesario realizar una reducción abierta debido a la existencia de callo óseo; sin embargo, Wu et al. (2022) realizaron un estudio retrospectivo en 16 pacientes que se sometieron a cirugía posterior a 14 días de su fractura. Se manejaron mediante reducción cerrada con KW y obtuvieron buenos resultados en 15 pacientes.

Biaggi et al. (2022) realizaron un estudio comparativo en 362 pacientes con fracturas supracondíleas tipo Gartland III que se manejaron mediante reducción abierta y cerrada, entre los años 2011 al 2017. El objetivo de este estudio fue determinar los

factores que se asociaron con la conversión de una reducción cerrada a una abierta. La tasa de conversión fue de un 12,2% y los factores asociados fueron: desplazamiento posterolateral, desplazamiento mayor a 4 mm, presencia de una espícula anterior y compromiso neurovascular. Es importante recordar que la ausencia de pulsos en la extremidad, así como una pérdida la función neurológica, no son indicaciones absolutas para realizar un procedimiento abierto.

Por su parte, Tarallo et al. (2022) realizaron un estudio retrospectivo en 56 pacientes con fracturas supracondíleas grado III. Compararon los resultados en dos grupos que se sometieron a cirugía cerrada y abierta, y no encontraron diferencias respecto a las complicaciones al escoger cualquier técnica.

Existen diferentes abordajes recomendados en el manejo de las fracturas supracondíleas. En términos generales, estos son: abordaje anterior, medial, lateral o posterior. La utilización de cada uno de estos depende del tipo de desplazamiento, la experiencia del cirujano, así como consideraciones relacionadas a la vascularización de la región distal del húmero, pudiendo incurrir en complicaciones como la necrosis avascular.

Una vez obtenida la reducción según el método utilizado, se procede a la colocación de los pines percutáneos. Con el paso del tiempo, ha existido discusión sobre cuál es la mejor forma de colocarlos, la cantidad por utilizar, la distancia entre cada uno de estos, el punto de colocación por considerar para evitar lesiones neurológicas; con el fin de evitar un fallo en la reducción de la fractura durante este procedimiento.

La Academia Estadounidense de Cirujanos Ortopédicos (citada por Mulpuri et al., 2012) creó una Guía de práctica clínica en el 2011, donde establecían ciertas recomendaciones sobre la colocación adecuada de los pines KW. En esta guía, se recomienda la colocación de dos o tres pines laterales colocados de forma divergente, paralela o convergente y la colocación de un pin medial, si existen datos de conminución de la columna medial en las fracturas supracondíleas de húmero.

Pennock et al. (2014) realizaron un estudio prospectivo de 192 fracturas supracondíleas desplazadas, con el fin de valorar causas potenciales de pérdida de reducción durante la reducción cerrada con KW. En este estudio, se determinó que el principal factor de pérdida de la reducción fue una disminución de la distancia entre cada KW colocado, además, sugieren que exista, al menos, una distancia de 13 mm o un tercio del ancho del húmero entre cada pin al nivel de la fractura.

Por su parte, Carrazzone et al. (2021) realizaron un metaanálisis de ensayos controlados aleatorizados para evaluar la utilización de KW bajo una técnica de fijación cruzada contra una fijación lateral, en total, se valoraron 930 pacientes. Este estudio determinó que existe poca evidencia para asegurar que la fijación cruzada es más peligrosa para producir una lesión neurológica iatrogénica, mientras que la fijación cruzada demostró ser mejor para mantener la reducción de la fractura.

Skaggs (citado Abzug y Herman, 2012) realizó un estudio retrospectivo con 345 fracturas supracondíleas de tipo extensión y comparó los resultados de las fracturas desplazadas tratadas solo con clavos de entrada lateral o con clavos cruzados. El mantenimiento de la reducción fue el mismo para ambos grupos. Sin embargo, no se produjeron lesiones del nervio cubital en el grupo con clavos de entrada lateral, mientras que se notificó una incidencia del 7,7% de lesión nerviosa iatrogénica en el grupo con clavos cruzados (Abzug y Herman, 2012).

Aunque la colocación de pines laterales tiene como finalidad evitar potenciales lesiones nerviosas, todavía no existe un consenso claro, ya que el compromiso de la columna medial sugeriría la necesidad de una reducción con pines desde dicha zona. A continuación, se explican algunas técnicas utilizadas en la colocación de pines.

**Técnica de Dorgan.** Debido al riesgo de lesión neurológica con la colocación de un pin medial ante fracturas oblicuas mediales, donde los pines laterales podrían generar una reducción subóptima, Dorgan ideó una técnica de fijación utilizando un pin proximal lateral dirigido hacia el cóndilo medial. El objetivo era evitar la lesión del nervio cubital, sin embargo, es importante indicar que puede existir lesión del nervio radial asociado a

esta técnica, es por esta razón que se sugiere la colocación del pin a una distancia no mayor de dos centímetros del epicóndilo lateral. Gangadharan et al. (2014).

**Técnica de Cross-Pining.** Cuando surge la necesidad de colocar un pin medial ante trazos inestables, una técnica adecuada para evitar la lesión del nervio cubital es la llamada Cross-pinning; esta consiste en introducir el pin medial con el codo en extensión, una vez se hallan colocado los pines laterales. El objetivo es desplazar el nervio cubital hacia posterior, ya que en flexión puede luxarse justo anterior del epicóndilo medial, esto minimiza el riesgo de lesión de dicho nervio (Eidelman et al., 2007).

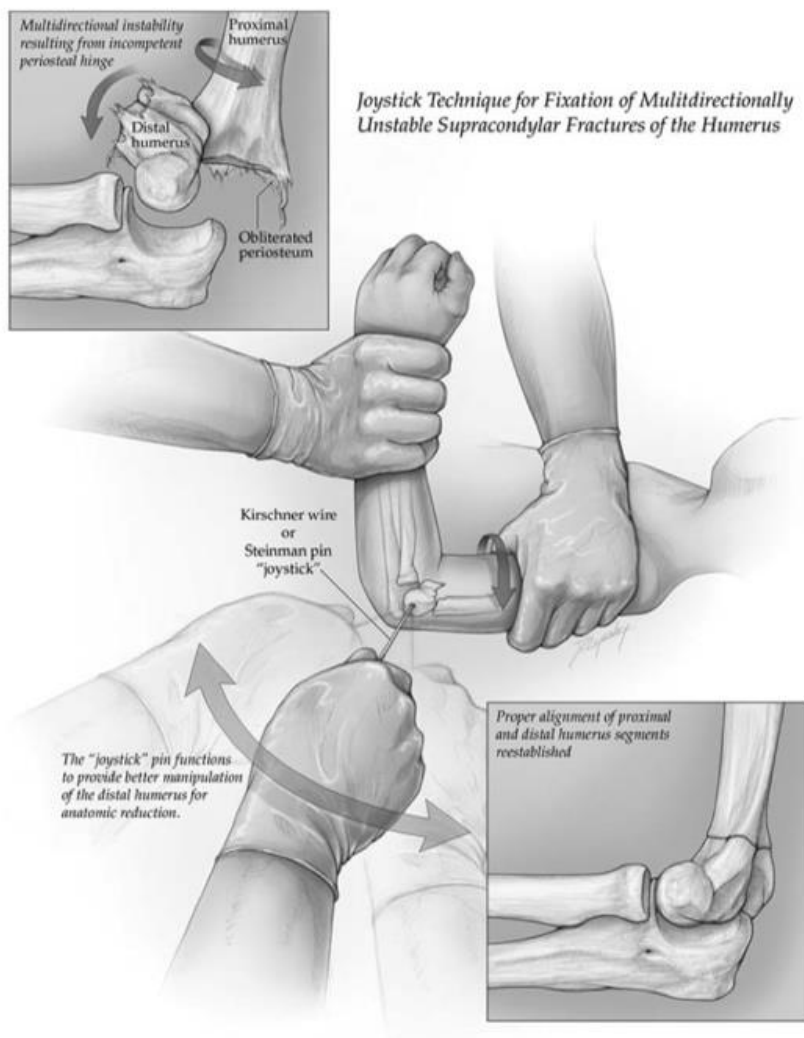
Otros estudios sugieren que, para la colocación de un pin medial, es necesario realizar un abordaje sobre el epicóndilo medial, con el fin de localizar el nervio ulnar y así evitar una lesión iatrogénica.

## **2.16. Fracturas con inestabilidad multidireccional**

Ante la presencia de fracturas con inestabilidad multidireccional, donde la reducción cerrada se vuelve un desafío, se han descrito técnicas de reducción:

**Técnica de joystick:** con el fin de facilitar la reducción y disminuir la manipulación excesiva, esta técnica consiste en colocar los pines en el fragmento distal ubicándose con proyecciones anteroposterior y lateral, donde, posteriormente, se hará una manipulación en forma de *joystick*, con el fin de lograr la reducción y pasar los pines hacia el fragmento proximal (Novais et al., 2013) (figura 20).

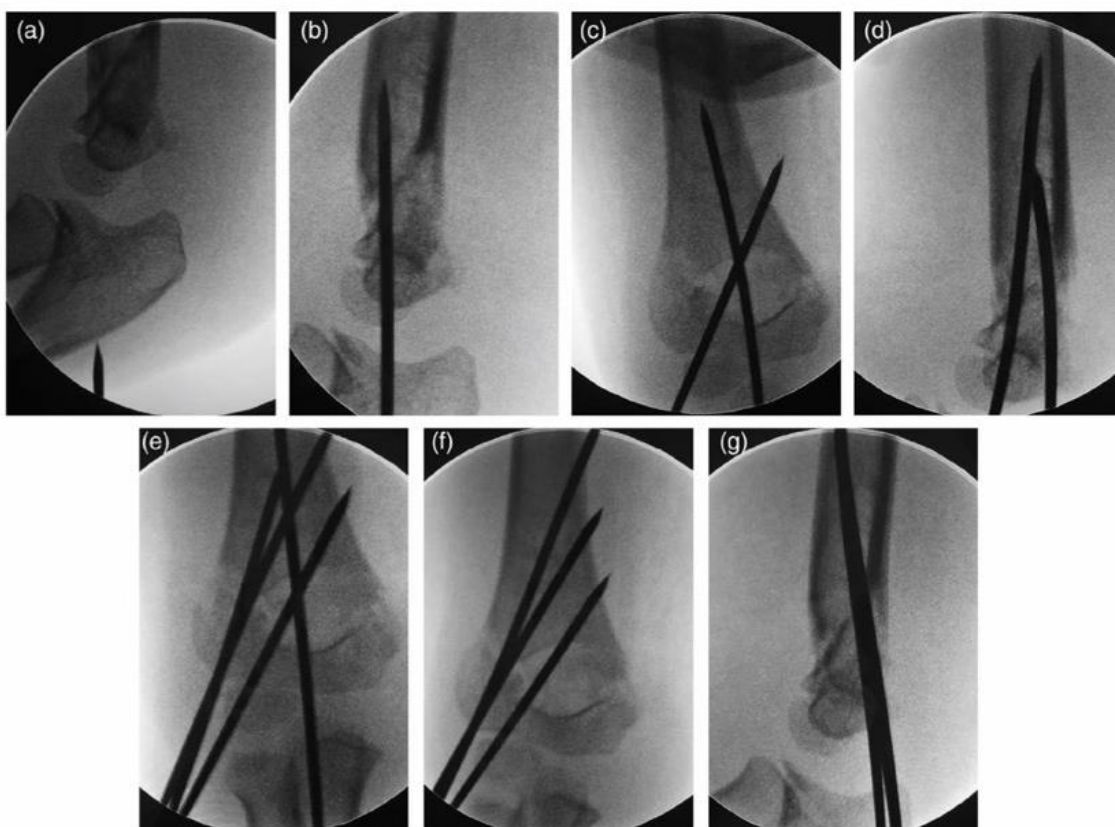
**Figura 20.** Técnica de joystick



Fuente: tomada Novais et al. (2013).

**Técnica de pin transolecraneano:** esta técnica consiste en la utilización de un pin transolecraneano de 2 mm dirigido hacia el canal medular del húmero, una vez se haya reducido la fractura en el plano sagital, con una flexión del codo de 90 grados. El objetivo es dar estabilidad momentánea al foco de fractura en un solo plano para, posteriormente, realizar la reducción con pines laterales en un plano coronal (Wei et al., 2020) (figura 21).

**Figura 21.** Técnica de pin transolecraneano

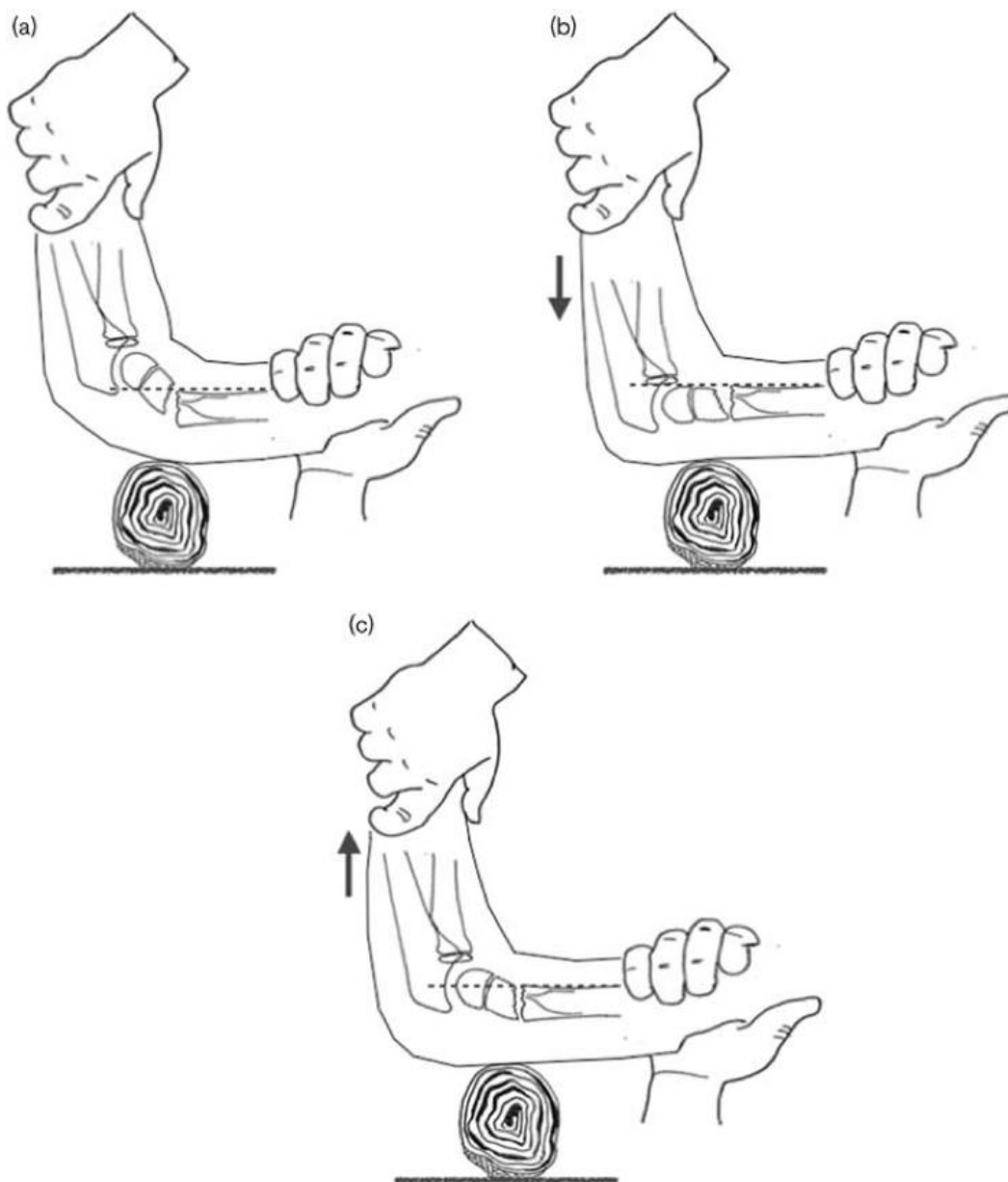


Fuente: tomada de Novais et al (2013).

Las fracturas supracondíleas con desplazamiento anterior, conocidas como fracturas en flexión, también presentan una inestabilidad multidireccional y su reducción es todo un reto. La técnica de *push-pull* consiste en colocar una mesa de apoyo para reposar la extremidad; a continuación, se realiza una ligera tracción en el plano coronal para alinear el varo o el valgo con el antebrazo a 45 grados y un paño enrollado justo por debajo del foco de fractura para que funcione como fulcro; se coloca el arco en c en

posición sagital y el codo a 90 grados manteniendo la tracción. La reducción digital consiste en empujar el antebrazo para alinearlo una vez que la línea humeral anterior atraviese el capitellun, se procede a colocar los pines con entrada lateral (Chukwunyerenwa, 2016) (figura 22).

**Figura 22.** Método de push-pull



Fuente: tomada de Chukwunyerenwa (2016).

## 2.17. Manejo postoperatorio

Una vez se consigue la reducción y se comprueba radiográficamente, se procede a la colocación de un yeso braquipalmar, recordando no exceder la flexión más de 90 grados para evitar riesgo de síndrome compartimental. El manejo analgésico y una explicación clara a los familiares serán necesarios. Además, la valoración posterior de la función neurológica de la extremidad debe ser constatada para la toma de decisiones, así como la revisión de parámetros radiográficos postoperatorios previo al egreso.

Respecto al manejo analgésico, es necesario conseguir un control adecuado del dolor. Para ello se dispone de una gran cantidad de fármacos, sin embargo, según su espectro, pueden presentar efectos secundarios, por lo tanto, es necesario una elección adecuada de este.

Swanson et al. (2012) valoraron retrospectivamente a 217 pacientes que fueron operados mediante reducción cerrada y fijación con KW en fracturas supracondíleas de húmero grado 2 y 3, y recibieron analgésicos clasificados como narcóticos y no narcóticos. En su estudio, concluyeron que el uso de fármacos no narcóticos, tales como el paracetamol, es igual de eficaz para el manejo del dolor que los fármacos narcóticos, teniendo menos efectos secundarios en los pacientes.

Una de las preocupaciones más importantes que surgen posterior a la cirugía es el riesgo de que la fijación realizada en sala de operaciones pueda fallar, al existir una pérdida de la reducción, produciendo a futuro un defecto óseo residual conforme transcurre el crecimiento óseo.

Existen factores que podrían conducir a una pérdida de la reducción, por ejemplo, Venkatadass et al. (2022) realizaron un estudio retrospectivo de 187 pacientes que fueron operados mediante reducción cerrada y fijación con dos KW en fracturas supracondíleas grado 3 y 4. Ellos determinaron que el resultado que existe entre la relación del ancho de la fractura y la longitud entre los pines menor de 0,37 mm era el factor más crucial para predecir la pérdida de reducción. También se encontró una mayor

pérdida de reducción cuando se colocaban pines de forma convergente, sin existir diferencia entre la colocación de pines cruzados o divergentes (Venkatadass et al., 2022).

Existen dudas sobre el tiempo estimado para dar seguimiento a los pacientes sometidos a una cirugía. Un estudio retrospectivo de 131 pacientes tratados quirúrgicamente sugirieron el seguimiento de los casos posterior a tres semanas. (Mansor et al., 2019).

El seguimiento de un paciente con un antecedente de una fractura supracondílea de húmero, habiendo sido operada o no, implica la valoración de un examen físico, donde se medirán los arcos de movilidad articular, función neurológica y la presencia de defectos óseos residuales; apoyado de estudios de gabinete como la radiografía anteroposterior y lateral de codo. El retiro del yeso braquiopalmar, así como los pines de KW, en caso de cirugía, dependerán del proceso de consolidación ósea.

## **2.18. Complicaciones postoperatorias**

Las complicaciones postoperatorias de una fractura supracondílea de húmero pueden estar asociadas a infección, defectos óseos residuales, pérdida de la vascularidad ósea y defectos neurológicos producto de la fractura o al procedimiento quirúrgico.

## **2.19. Defectos neurológicos**

La incidencia de lesión neurológica de una fractura supracondílea de húmero ha sido reportada entre un 5% hasta un 19%. El nervio afectado puede estar asociado al patrón de fractura que presenta el paciente. Además, la lesión puede ser primaria cuando está asociada propiamente al trauma o secundaria cuando es producido de forma iatrogénica mediante la colocación de los puntos de entrada de los KW (Valencia et al., 2015). Por su parte, un metaanálisis de 5 154 pacientes con fracturas supracondíleas de húmero identificó una incidencia de lesiones primarias de un 12 a un 20% y de lesiones secundarias de un 2 a un 16%, respectivamente (Dolan y Giele, 2020). Finalmente,

muchos estudios indican que la recuperación neurológica se puede dar de manera espontánea al cabo de 2 a 4 meses (Valencia et al., 2015).

## **2.20. Defectos óseos**

El defecto óseo más común asociado a las fracturas supracondíleas de húmero es el cúbito varo; el cual consiste en una deformidad tridimensional y se caracteriza por presentar extensión, rotación interna y angulación en varo del segmento distal del húmero (Abdelmotaal et al., 2013).

Aunque se sugiere que la causa del cúbito varo es secundaria a una mala reducción de las fracturas supracondíleas de húmero, hay autores que sugieren que esta se genera por el daño mecánico de la epífisis distal del húmero impidiendo el crecimiento del segmento (Bukvić et al., 2013).

Bukvic et al. (2013) analizaron los resultados de 56 niños con fracturas supracondíleas de húmero mediante estudios radiológicos con un seguimiento de 15 años. Su objetivo era determinar si existía alguna diferencia en las mediciones radiológicas desde que se realizó la reducción hasta un tiempo determinado. Los autores no encontraron diferencias significativas, por lo que determinaron que no existía una capacidad de remodelación biológica del húmero distal y que la deformidad en varo estaba siempre asociada a una reducción inadecuada posterior a la fractura.

Su incidencia se estima entre un 3 y un 57%. El cúbito varo puede generar consecuencias para el paciente como problemas estéticos y deterioro funcional; si la deformidad es poco significativa y la función del codo está preservada, no es necesario incurrir en un manejo quirúrgico. Sin embargo, la preocupación de los familiares ante los defectos estéticos es un motivo de consulta y de solicitud de cirugía (Ali et al., 2016).

Se ha informado de varios tipos de osteotomías de corrección para el cúbito varo, sin embargo, la tasa de complicaciones de estas se estima entre un 30 y un 50%. Por lo que muchos autores consideran que los beneficios de este procedimiento son cuestionables.

### Capítulo III. Conclusiones

- Las fracturas supracondíleas representan una causa frecuente de consulta en los servicios de emergencias.
- Una adecuada valoración clínica permite detectar la presencia de lesiones asociadas sobre las cuales se debe proceder con cautela y estar atento ante complicaciones que pueden pasar desapercibidas.
- El conocimiento de los parámetros radiológicos es importante para valorar cuáles fracturas se pueden beneficiar de un manejo conservador o quirúrgico.
- La clasificación de Gartland brinda información sobre las decisiones terapéuticas por seguir.
- Las fracturas de Gartland tipo 1 son candidatas a manejo conservador.
- Las fracturas de Gartland tipo 2 siguen presentando controversia, en caso de manejo conservador, un seguimiento riguroso permite detectar posibles desplazamientos que ameriten otro tipo de manejo.
- Existe controversia sobre el momento adecuado para llevar al paciente a sala de operaciones, debido a que, en ausencia de lesiones potenciales, los resultados son similares incluso posterior a las 24 horas de haber sucedido la fractura.
- Las fracturas de Gartland tipo 3 y 4 ameritan manejo quirúrgico, por lo que es necesario conocer las técnicas de reducción según el desplazamiento, así como el riesgo de atrapamiento de estructuras circundantes, lo cual ameritaría un procedimiento quirúrgico abierto.

- La fijación percutánea con KW sigue siendo el método de preferencia desde el punto de vista quirúrgico, no obstante, aún existe controversia sobre cuál es la mejor forma de fijar estas fracturas.
- Se debe tener especial cuidado en la valoración neurovascular, con el fin de evitar lesiones que comprometan la funcionalidad del paciente.
- Los defectos óseos residuales deben tener un seguimiento riguroso, tomando en cuenta la capacidad funcional para valorar la necesidad de un manejo quirúrgico.

## Bibliografía

- Abdelmotaal, H. M., Abutalib, R. A., y Khoshhal, K. I. (2013). The closed wedge counter shift osteotomy for the correction of post-traumatic cubitus varus. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 22(4), 376–382. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e328360c528>
- Abzug, J., y Herman, M. (2012). Management of Supracondylar Humerus Fractures in Children: Current Concepts. *Journal Of The American Academy Of Orthopaedic Surgeons*, 20(2), 69-77. <https://doi.org/10.5435/jaaos-20-02-069>
- Ali, A. M., Abouelnas, B. A., y Elgohary, H. S. A. (2016). Dome osteotomy using the paratricipital (triceps-sparing) approach for cubitus varus deformity in children: A surgical technique to avoid lateral condylar prominence. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 25(1), 62–68. <https://doi.org/10.1097/bpb.0000000000000205>
- Aparicio, J., Pino Almero, L., Cibrian Ortiz de Anda, R., Guillén Botaya, E., García Montolio, M., y Mínguez Rey, M. (2019). Estudio epidemiológico sobre fracturas supracondíleas de húmero distal en pacientes pediátricos. *Revista Española De Cirugía Ortopédica Y Traumatología*, 63(6), 394-399. <https://doi.org/10.1016/j.recot.2019.07.001>
- Armstrong, D. G., Monahan, K., Lehman, E. B., y Henrikus, W. L. (2021). The pediatric open supracondylar fracture: Associated injuries and surgical management: Associated injuries and surgical management. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 41(4), e342–e346. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001772>
- Biaggi, A., Haidar, L. A., Goldberg, B., Mansour III, A., Younas, S., Siahaan, J., y Crawford, L. (2022). Factors associated with conversion to open reduction of type 3 supracondylar humerus fractures in children. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 30, 101893. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2022.101893>

- Bloom, T., Seigerman, D. A., Zhao, C., y Sabharwal, S. (2016). Do additional full-length radiographs of the humerus and forearm improve the decision making in children with supracondylar humerus fractures? *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 25(5), 417–423. <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000344>
- Bukvić, N., Kvesić, A., Brekalo, Z., Bosak, A., Bukvić, F., y Karlo, R. (2013). The problem of post-traumatic varization of the distal end of the humerus remaining after the recovery of a supracondylar fracture. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 22(4), 372–375. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e328360f8df>
- Cardona, C. J. P., Madrid, L. M. M., González, C. I. T., López, A. D. J. P., y González, V. G. (2020). Actualización en fracturas supracondíleas del codo en la infancia. *Medicina UPB*, 39(1), 57-70.
- Carrazzone, O., Barbachan Mansur, N., Matsunaga, F., Matsumoto, M., Faloppa, F., Belloti, J., y Sugawara Tamaoki, M. (2021). Crossed versus lateral K-wire fixation of supracondylar fractures of the humerus in children: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal Of Shoulder And Elbow Surgery*, 30(2), 439-448. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.09.021>
- Chukwunyerenwa, C., Orlik, B., El-Hawary, R., Logan, K., y Howard, J. J. (2016). Treatment of flexion-type supracondylar fractures in children: the ‘push–pull’ method for closed reduction and percutaneous K-wire fixation: The ‘push-pull’ method for closed reduction and percutaneous K-wire fixation. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 25(5), 412–416. <https://doi.org/10.1097/bpb.0000000000000241>
- Dolan, R. T., y Giele, H. P. (2020). Radial nerve palsies associated with paediatric supracondylar humeral fractures: a caution in the interpretation of neurophysiological studies: A caution in the interpretation of neurophysiological studies. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 29(2), 126–132. <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000680>

- Eidelman, M., Hos, N., Katzman, A., y Bialik, V. (2007). Prevention of ulnar nerve injury during fixation of supracondylar fractures in children by 'flexion–extension cross-pinning' technique. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 16(3), 221-224..
- Flynn, S. (2015). Supracondylar Fracture of the Distal Humerus. En John M. Flynn, David L. Skaggs, y Peter M. Waters (Eds.), *Rockwood and Wilkins': Fractures in Children* (pp. 581-624). Wolters Kluwer.
- Fundación ICATME. (s.f.). *Caso síndrome compartimental crónico antebrazo*. Recuperado el 11 de marzo de 2023 de <https://www.icatma.es/caso-sindrome-compartimental-cronico-antebrazo/>
- Gangadharan, S., Rathinam, B., y Madhuri, V. (2014). Radial nerve safety in Dorgan's lateral cross-pinning of the supracondylar humeral fracture in children: A case report and cadaveric study. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 23(6), 579–583. <https://doi.org/10.1097/bpb.000000000000104>
- Hermosilla, F., Pino, L., Mínguez, M. F., y Gomar, F. (2010). El codo flotante en el niño: Opciones terapéu-ticas y complicaciones. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular*, 45(243), 65-70. <https://core.ac.uk/download/pdf/71036972.pdf>
- Khademolhosseini, M., Abd Rashid, A. H., y Ibrahim, S. (2013). Nerve injuries in supracondylar fractures of the humerus in children: is nerve exploration indicated?: Is nerve exploration indicated? *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 22(2), 123–126. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e32835b2e14>
- Khare, G. N. (2010). Anteriorly displaced supracondylar fractures of the humerus are caused by lateral rotation injury and posteriorly displaced by medial rotation injury: a new hypothesis. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 19(5), 454–458. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e32833af4ef>
- Kim, T., & Sponseller, P. (2014). Pediatric Supracondylar Humerus Fractures. *The Journal Of Hand Surgery*, 39(11), 2308-2311. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2014.07.005>

- Klopfer, M. (2010). *Peripheral Nerve Anatomy*. University of California. Recuperado el 10 de abril de 2023 de <https://bme240.eng.uci.edu/students/10s/mklopfer/anatomy.html>
- Laurent-Audige, P., Schmittenebecher, M. D., Clavert, J.-M., Frick, S., y Slongo, T. (2011). *Diagnostic Algorithm for a Validated Displacement Grading of Pediatric Supracondylar Fractures* Nicolas Lutz.
- Mansor, Y., Givon, A., Sherr-Lurie, N., Seltser, A., Schindler, A., y Givon, U. (2019). Is a radiograph needed one week after internal fixation of a supracondylar humeral fracture? *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 28(6), 536–541. <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000659>
- Muchow, R., Riccio, A., Garg, S., Ho, C., & Wimberly, R. (2015). Neurological and Vascular Injury Associated With Supracondylar Humerus Fractures and Ipsilateral Forearm Fractures in Children. *Journal Of Pediatric Orthopaedics*, 35(2), 121-125. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000000230>
- Mulpuri, K., Hosalkar, H., y Howard, A. (2012). AAOS Clinical Practice Guideline: The Treatment of Pediatric Supracondylar Humerus Fractures. *Journal Of The American Academy Of Orthopaedic Surgeons*, 20(5), 328-330. <https://doi.org/10.5435/jaaos-20-05-328>
- Nordin, A., Shi, J., Kenney, B., Xiang, H., y Samora, J. (2020). Pediatric supracondylar humerus fractures and vascular injuries: A cross-sectional study based on the National Trauma Data Bank. *Journal Of Clinical Orthopaedics And Trauma*, 11(2), 264-268. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.01.004>
- Novais, E. N., Andrade, M. A., y Gomes, D. C. (2013). The Use of a Joystick Technique Facilitates Closed Reduction and Percutaneous Fixation of Multidirectionally Unstable Supracondylar Humeral Fractures in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 33.1(2013): 14-19.

- Pennock, A., Charles, M., Moor, M., Bastrom, T., y Newton, P. (2014). Potential Causes of Loss of Reduction in Supracondylar Humerus Fractures. *Journal Of Pediatric Orthopaedics*, 34(7), 691-697. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000000154>
- Pierantoni, S., Alberghina, F., Cravino, M., Paonessa, M., Canavese, F., y Andreacchio, A. (2020). Functional and radiographic outcomes of Gartland type II supracondylar humerus fractures managed by closed reduction under nitrous oxide as conscious sedation. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 29(2), 117–125. <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000679>
- Prada, A., Blázquez, C., Domínguez, D., Chozas, B., Leal, E., y Sánchez, A. (2007). Técnicas de enfermería: inmovilizaciones con férula de yeso. *Sociedad Española de Enfermería de Urgencias y Emergencias*, 55. [http://www.enfermeriadeurgencias.com/ciber/PRIMERA\\_EPOCA/2007/octubre/ferulayeso.htm](http://www.enfermeriadeurgencias.com/ciber/PRIMERA_EPOCA/2007/octubre/ferulayeso.htm)
- Russo, S., y Abzug, J. (2017). Supracondylar Humerus Fractures. En Abzug, J., Herman, M., Kozin, S. (Eds.), *Pediatric Elbow Fractures* (pp.37-64). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68004-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68004-0_4)
- Ryan, D., Lightdale-Miric, N., Joiner, E., Wren, T., Spragg, L., y Heffernan, M. (2016). Variability of the Anterior Humeral Line in Normal Pediatric Elbows. *Journal Of Pediatric Orthopaedics*, 36(2), e14-e16. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000000529>
- Sato, K., Mimata, Y., Takahashi, G., Murakami, K., Ouchi, S., Shiraishi, H., Numata, N., y Doita, M. (2020). Validity of the distance between the anterior humeral line and capitellum as a quantitative measure of supracondylar humeral fracture in children. *Injury*, 51(6), 1321–1325. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.04.003>
- Shah, D., y Asimuddin, D. (2016). Management of Supracondylar Fractures of the Humerus in Children: Conservative versus Operative. *Scholars Journal Of Applied Medical Sciences*, 4(6), 1960-1969. <https://doi.org/10.21276/sjams.2016.4.6.19>

- Shrader, M. W. (2008). Pediatric supracondylar fractures and pediatric physeal elbow fractures. *The Orthopedic Clinics of North America*, 39(2), 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2007.12.005>
- Silva, M., Cooper, S., & Cha, A. (2015). The Outcome of Surgical Treatment of Multidirectionally Unstable (Type IV) Pediatric Supracondylar Humerus Fractures. *Journal Of Pediatric Orthopaedics*, 35(6), 600-605. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000000344>
- Silva, M., Delfosse, E. M., Park, H., Panchal, H., y Ebrahimzadeh, E. (2019). Is the “appropriate use criteria” for type II supracondylar humerus fractures really appropriate? *Journal of Pediatric Orthopedics*, 39(1), 1–7. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000001142>
- St. Clair, J., y Schreiber, V. (2019). Supracondylar Humerus Fractures. *Operative Techniques In Orthopaedics*, 29(1), 11-16. <https://doi.org/10.1053/j.oto.2018.12.003>
- Sullivan, J., Gregory, J., Wiley, K., Parris, D., y Stoner, J. (2019). Supracondylar Humeral Fracture Documentation: A Performance Improvement Study. *Journal Of Pediatric Orthopaedics*, 39(10), e777-e781. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000001372>
- Swanson, M. D., Chang, K., Bs, E., Ba, P. D., Pizzutillo, M. D., y Herman, M. J. (2012). Postoperative Pain Control After Supracondylar Humerus Fracture Fixation *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 32(5), 452-455. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318259f85a>
- Talbot, C., y Madan, S. (2018). Paediatric humeral supracondylar fractures. *Orthopaedics and Trauma*, 32(5), 343–351. <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2018.07.011>
- Talbot, C., y Madan, S. (2020). Paediatric humeral supracondylar fractures. *Surgery*, 38(9), 517–525. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2020.06.015>

- Tangadulrat, P., Adulkasem, N., Suganjanasate, K., Wongcharoenwatana, J., Ariyawatkul, T., Kaewpornasawan, K., Chotigavanichaya, C., y Eamsobhana, P. (2022). Is subclassification of Gartland extension-type pediatric supracondylar fracture into types IIA and IIB necessary for treatment decision? A result of pediatric orthopedist's survey and review of literature. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B, Publish Ahead of Print*. <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000001035>
- Tantray, M., Manaan, Q., Bashir, S., Bhat, R., y Waris, Q. (2018). Management of completely displaced extension type supracondylar fractures of humerus in children based on a new classification. *Journal Of Clinical Orthopaedics And Trauma*, 9, S106-S111. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2017.07.014>
- Tarallo, L., Novi, M., Porcellini, G., Schenetti, C., Micheloni, G. M., Maniscalco, P., y Catani, F. (2022). Gartland type III supracondylar fracture in children: is open reduction really a dangerous choice? *Injury*, 53(1), S13–S18. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.02.071>
- Todd, C., Battaglia, M. D., Armstrong, G., Schwend, M. D., y Studyconductedatthechildrenshospitalofbuffalo, M. D. (2022). Factors Affecting Forearm Compartment Pressures in Children with Supracondylar Fractures of the Humerus. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 22, 431-439.
- Valencia, M., Moraleda, L., y Díez-Sebastián, J. (2018). Long-term functional results of neurological complications of pediatric humeral supracondylar fractures. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 35(6), 606–610. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000337>
- Venkatadass, K., Balachandar, G., y Rajasekaran, S. (2015). Is Prone Position Ideal for Manipulation and Pinning of Displaced Pediatric Extension-type Supracondylar Fractures of Humerus?. *Journal Of Pediatric Orthopaedics*, 35(7), 672-676. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000000360>
- Venkatadass, K., Maji, M., Sangeet, G., Raghavendra, K., y Rajasekaran, S. (2022). Factors determining loss of reduction in paediatric supracondylar humerus

fractures treated by closed reduction and percutaneous pinning. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 31(3), 289–295.  
<https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000899>

Wei, Y.-S., Liu, W.-L., Bai, R., Li, D.-H., Zhao, Z.-Q., Wang, Y., Sun, L., Sun, C., y Na, M.-H. (2020). The use of a transolecranon pin joystick technique in the treatment of multidirectionally unstable supracondylar humeral fractures in children. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 29(5), 452–457.  
<https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000787>

Wingfield, J., Ho, C., Abzug, J., Ritzman, T., & Brighton, B. (2015). Open Reduction Techniques for Supracondylar Humerus Fractures in Children. *Journal Of The American Academy Of Orthopaedic Surgeons*, 23(12), e72-e80. <https://doi.org/10.5435/jaaos-d-15-00295>

Wu, X., Lin, R., Chen, J., y Chen, S. (2022). Closed reduction with percutaneous Kirschner wire drill-and-pry for pediatric supracondylar humeral fractures with bony callus formation and delayed presentation. *Injury*, 54(2), 547–551.  
<https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.11.068>