



Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología

ISSN: 1852-7434

publicaciones@aaot.org.ar

Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología
Argentina

Maiorano, Marcos; Argüelles, Santiago; Pereira, Enrique; Zaidenberg, Carlos
**Fracturas articulares complejas del húmero distal. Recomendaciones
para optimizar los resultados y disminuir las complicaciones**

Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y
Traumatología, vol. 87, núm. 2, 2022, Marzo-, pp. 259-272
Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología
Argentina

DOI: <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2022.87.2.1477>

- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Fracturas articulares complejas del húmero distal. Recomendaciones para optimizar los resultados y disminuir las complicaciones

Marcos Maiorano,* Santiago Argüelles,** Enrique Pereira,# Carlos Zaidenberg##

*Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital "Dr. Carlos A. Bocalandro", Loma Hermosa, Buenos Aires, Argentina

**Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Municipal "Dr. Bernardo Houssay", Vicente López, Buenos Aires, Argentina

#Instituto Argentino de Diagnóstico y Tratamiento, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

##Unidad de Estudio del Aparato Locomotor, 1ª. Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Las fracturas articulares complejas del húmero distal suponen un gran desafío para el cirujano ortopédico. La complejidad de la anatomía, la presencia de múltiples fragmentos y la mala calidad ósea representan algunas de las principales dificultades para resolver. La relativa infrecuencia de estas fracturas atenta directamente contra el entrenamiento y la sistematización del procedimiento quirúrgico y, por consiguiente, tiene impacto sobre el resultado final y la tasa de complicaciones. El objetivo de esta comunicación es proporcionar herramientas al cirujano a través de la revisión de la bibliografía y la experiencia de los autores para disminuir las complicaciones y optimizar los resultados en el tratamiento de estas fracturas.

Palabras clave: Fractura; húmero distal; planificación; osteosíntesis.

Nivel de Evidencia: V

Complex Articular Fractures of the Distal Humerus. Recommendations to Optimize Outcomes and Reduce Complications

ABSTRACT

Complex articular fractures of the distal humerus represent a real challenge for orthopedic surgeons. The complexity of the anatomy, fracture patterns, the presence of multiple fragments, and low bone density in the elderly represent some difficulties to address. The relatively low frequency of these fractures directly undermines training and systematization of the surgical procedure and therefore has an impact on the final functional outcome and complication rate. The aim of this article is to provide practical tools to the novel surgeon, through the review of the literature and the author's experience, to reduce complications and optimize the treatment of these fractures.

Key words: Fractures; distal humerus; planning; osteosynthesis.

Level of Evidence: V

INTRODUCCIÓN

Las fracturas del húmero distal son relativamente infrecuentes en el adulto y su tratamiento representa un desafío para el cirujano ortopédico. Tienen una incidencia anual estimada de 5,7 por cada 100.000 habitantes adultos, y representan entre el 0,5 y el 7% de todas las fracturas, y alrededor del 30% de las fracturas que ocurren alrededor del codo.^{1,2} Su presentación es bimodal: en personas jóvenes que sufren traumatismos de alta energía y en ancianos con traumatismos de mediana y baja energía.

Recibido el 12-12-2021. Aceptado luego de la evaluación el 30-1-2022 • Dr. MARCOS MAIORANO • marcosmaioranocx@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-7135-2535>

Cómo citar este artículo: Maiorano M, Argüelles S, Pereira E, Zaidenberg C. Fracturas articulares complejas del húmero distal. Recomendaciones para optimizar los resultados y disminuir las complicaciones. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2022;87(2):259-272. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2022.87.2.1477>

El tratamiento quirúrgico es el método de elección para las fracturas complejas del húmero distal. No obstante, frente a pacientes cuyas comorbilidades aumenten significativamente el riesgo quirúrgico o aquellos que, por factores propios o de su entorno, no sean capaces de cumplir con las indicaciones y la rehabilitación posoperatoria, el tratamiento conservador clásico “bolsa de huesos” es una opción para considerar que puede brindar resultados funcionales aceptables en este grupo de pacientes con baja demanda funcional. Consiste en un corto período de inmovilización con yeso o el uso de un cabestrillo, seguido de una movilización según la tolerancia del paciente.^{3,4}

En la actualidad, existe consenso respecto del impacto que la calidad de la fijación de la fractura y la rehabilitación posoperatoria tienen sobre el resultado final del tratamiento. Si bien es cierto que la evolución de la técnica quirúrgica y el desarrollo de implantes han permitido mejorar, de forma significativa, la calidad de la fijación y los resultados terapéuticos, la relativa infrecuencia de estas fracturas dificulta el entrenamiento del equipo quirúrgico y conspira contra la “sistematización” del procedimiento.

Finalmente y, a pesar de dicho avance, existen aún hoy algunos aspectos controversiales en torno al manejo ideal de estas fracturas.

El objetivo de esta publicación es enumerar y desarrollar los aspectos que, sobre la base de nuestra experiencia y la revisión de la bibliografía, consideramos fundamentales para optimizar los resultados y reducir, al mínimo, las complicaciones en el manejo de las fracturas articulares complejas del húmero distal.

DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN

El examen físico inicial es de vital importancia y debe realizarse en la primera consulta. Es imprescindible retirar toda inmovilización y vendaje para poder identificar cualquier lesión asociada de partes blandas, ya sea relacionada directamente con el trauma inicial o posterior a este. Se debe evaluar su posible relación con una fractura abierta o bien con lesiones iatrogénicas por decúbito ocasionadas por la inmovilización enyesada. La exploración neurovascular debe realizarse en forma detallada y documentarse en la historia clínica, teniendo en cuenta que hasta el 25% de las fracturas articulares complejas cursan con síntomas asociados al nervio cubital.⁵

Las proyecciones radiográficas de frente y de perfil del codo suelen ser suficientes para el diagnóstico. En las fracturas articulares complejas, siempre se debe solicitar una tomografía computarizada con reconstrucción tridimensional, ya que permite comprender mejor el patrón fracturario y facilita la planificación preoperatoria.⁶

La edad, la demanda funcional y la calidad ósea del paciente son tres aspectos importantes que deben considerarse para la toma de decisiones.⁷ En los pacientes con buena calidad ósea, el tratamiento de elección es la osteosíntesis, mientras que, en los añosos con hueso osteoporótico, conminución o patrones de fractura muy distales, en quienes la fijación puede ser técnicamente dificultosa, la artroplastia total de codo es una opción por considerar, ya que ha logrado resultados predecibles para este grupo de pacientes.⁸

PLANIFICACIÓN PREOPERATORIA

Debido a la relativa infrecuencia de estas fracturas y la gran variedad de patrones fracturarios, la planificación preoperatoria es de importancia capital. Prever y anticiparse a las dificultades y complicaciones intraoperatorias tendrá un impacto directo sobre la reducción del tiempo quirúrgico.

La comprensión anticipada del patrón fracturario a través de los estudios por imágenes es muy útil. Las radiografías con tracción, la tomografía computarizada y especialmente la reconstrucción tridimensional, aportan información valiosa para el cirujano en la interpretación de la lesión (Figura 1).

La identificación y el dibujo preoperatorio de los fragmentos principales y los fragmentos “clave” suelen ser de gran utilidad para anticipar la dinámica de la reducción, prever y definir el tipo de fijación transitoria y preestablecer la disposición definitiva más conveniente de los implantes.

La calidad ósea, el grado de conminución metafisaria o articular, y la cantidad y la altura de los trazos de fractura son aspectos que debemos tener en cuenta en la planificación y que tendrán implicancia en cuanto al abordaje quirúrgico y la elección de los implantes según sus características.



Figura 1. Tomografía computarizada con reconstrucción tridimensional de una fractura articular del húmero distal.

ELECCIÓN DE IMPLANTES

El objetivo del tratamiento quirúrgico de las fracturas del húmero distal consiste en restituir la anatomía y la relación entre las dos columnas y el macizo articular mediante una fijación estable. Si bien el empleo de las placas de reconstrucción de 3,5 mm es una opción vigente en la actualidad, la introducción y la evolución en los diseños de placas anatómicas con estabilidad angular han permitido mejorar la calidad de la osteosíntesis, principalmente cuando hay conminución y mala calidad ósea.

La disponibilidad de estos implantes permite lograr una adecuada fijación aun de aquellas fracturas complejas que no pueden ser fijadas con los implantes convencionales. La incorporación de la tecnología de bloqueo de ángulo variable representa un beneficio adicional en la fijación de fracturas con trazos multiplanares y muy distales, pues permite una fijación lo suficientemente estable como para poder instaurar un protocolo de rehabilitación basado en la movilización temprana.

Sin embargo, muchas de las placas denominadas “anatómicas” no cumplen con dicha característica, ya que no solo no se adaptan a la anatomía del húmero distal, sino que, también, en ocasiones, no permiten fijar el macizo articular de manera satisfactoria (Figura 2).

Por lo tanto, resulta de suma importancia y recomendamos a los cirujanos que comienzan a dar sus primeros pasos en el tratamiento de estas fracturas, que conozcan las características de los implantes disponibles en nuestro mercado.

Por otra parte, se deben prever la disponibilidad y el uso de tornillos canulados autocompresivos sin cabeza en aquellos patrones fracturarios que presentan trazos coronales o axiales a nivel del capitellum o de la tróclea y que no pueden ser fijados por los tornillos dispuestos a través de las placas.



Figura 2. Demostración en hueso plástico de la mala reproducción anatómica y la insuficiente fijación articular de un implante X.

POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE

El procedimiento puede llevarse a cabo con el paciente en decúbito prono ([Figura 3](#)) o en decúbito lateral ([Figura 4](#)). La elección debe contemplar múltiples factores, entre ellos, el equipamiento disponible, las características físicas y las comorbilidades del paciente y, en última instancia, la preferencia del cirujano.

El decúbito prono tiene la ventaja de mejorar la relación entre ventilación y perfusión, y permitir una mejor ventilación del paciente; sin embargo, dificulta el acceso y la instrumentación de la vía aérea. Por estos motivos, este último aspecto debe considerarse cuando dicha posición es la elegida por el cirujano, porque el procedimiento deberá llevarse a cabo bajo anestesia general.

En nuestro caso, preferimos el decúbito lateral, ya que nos permite llevar a cabo la cirugía bajo anestesia regional del miembro y con el paciente despierto, lo cual representa una ventaja si se desea realizar el procedimiento de forma ambulatoria. Vale la pena aclarar que, si se hace de esta forma, se requiere de un equipo familiarizado y entrenado para poder optimizar el tiempo quirúrgico. De todas maneras, si se prolonga el tiempo de la cirugía, producto de algún imprevisto o complicación, el decúbito lateral permite un buen acceso a la vía aérea para su instrumentación y conversión a la anestesia general, si es necesaria. Asimismo, recomendamos contar con un soporte estabilizador del brazo, porque facilita el procedimiento al margen de la posición elegida.



Figura 3. Paciente ubicado en decúbito prono.



Figura 4. Paciente ubicado en decúbito lateral.

ABORDAJE QUIRÚRGICO

El abordaje está determinado por la “personalidad” de la fractura, de la cual se deduce el grado de exposición necesaria para lograr la síntesis planificada previamente. De acuerdo con O’Driscoll, “la puerta de entrada al codo se encuentra en la parte de atrás” (Figura 5) y, en artículos publicados, se describen las ventajas de distintos abordajes posteriores, aunque no existe un consenso claro acerca de la superioridad de uno u otro en términos de eficacia, seguridad y resultados funcionales.

Dakouré y cols. compararon el porcentaje de exposición de la superficie articular entre el abordaje paratricipital bilateral de Alonso-Llames, la división tricipital de Campbell y la osteotomía del olécranon, con valores del 26%, 37% y 52%, respectivamente, lo que deja en evidencia que la osteotomía del olécranon es la vía que provee mayor exposición de la superficie articular.⁹ La necesidad de exposición articular deberá ser evaluada en cada caso, teniendo en cuenta que la tasa global de complicaciones para la vía transolecraneana es del 36% y la de reoperación es de alrededor del 14%.¹⁰ Por lo tanto, se debe considerar el beneficio de la exposición articular frente a esta tasa relativamente alta de complicaciones.

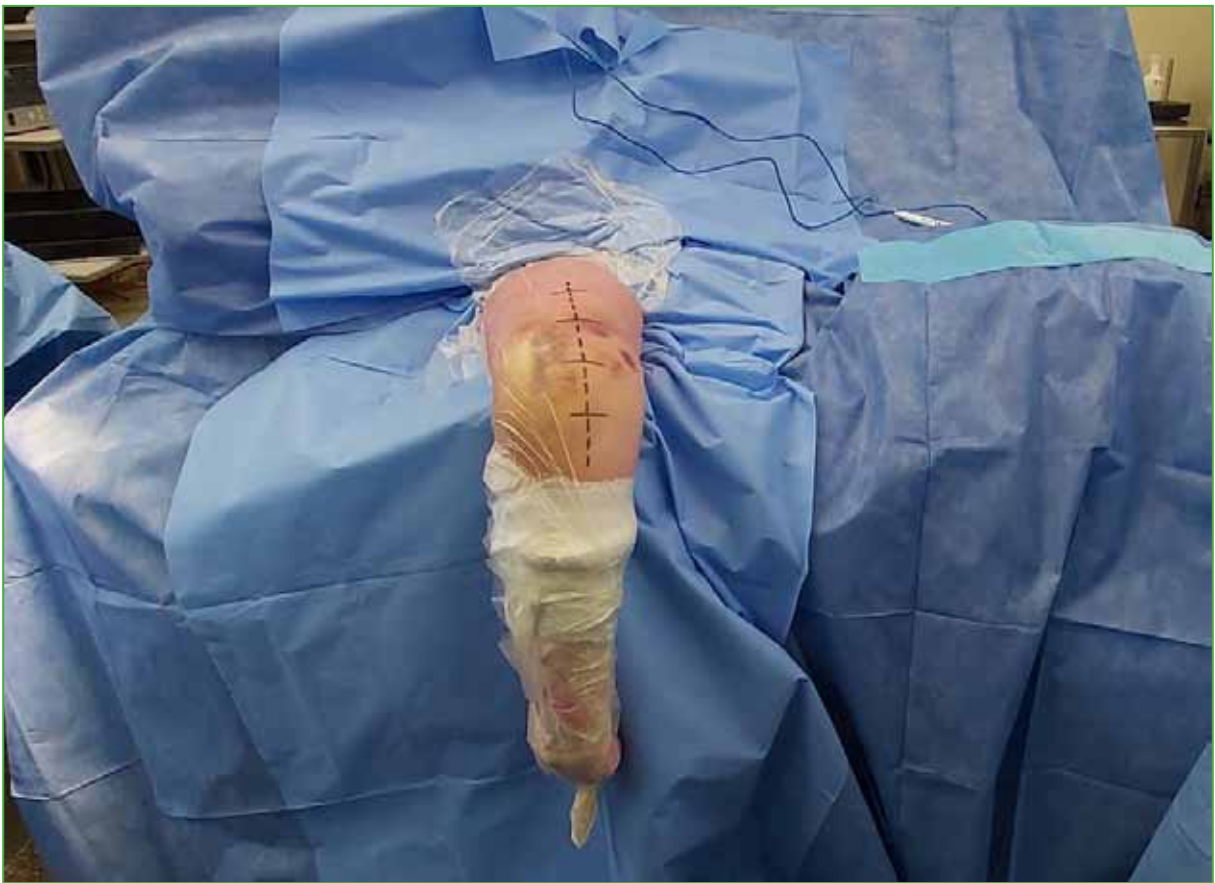


Figura 5. Abordaje posterior al codo.

En nuestra práctica, cuando nos enfrentamos a una fractura tipo C1 o C2 según la clasificación AO, evitamos la osteotomía olecraneana y recurrimos a un abordaje paratricipital bilateral, que permite lograr una buena reducción de la superficie articular y colocar las placas tanto en disposición ortogonal como paralela (Figuras 6 y 7).

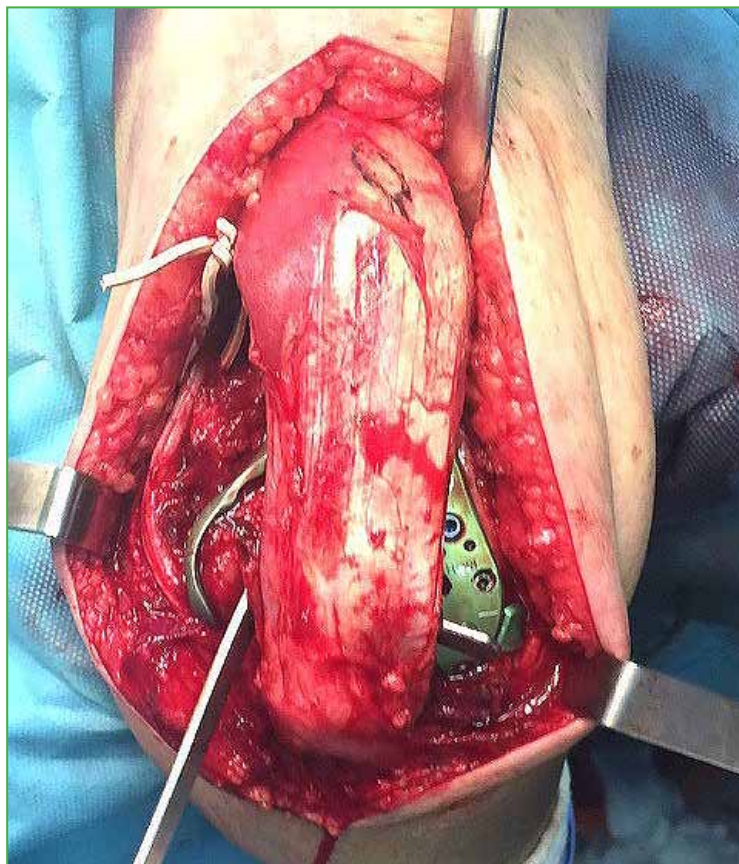


Figura 6. Disposición de placas ortogonales mediante abordaje paratricipital.

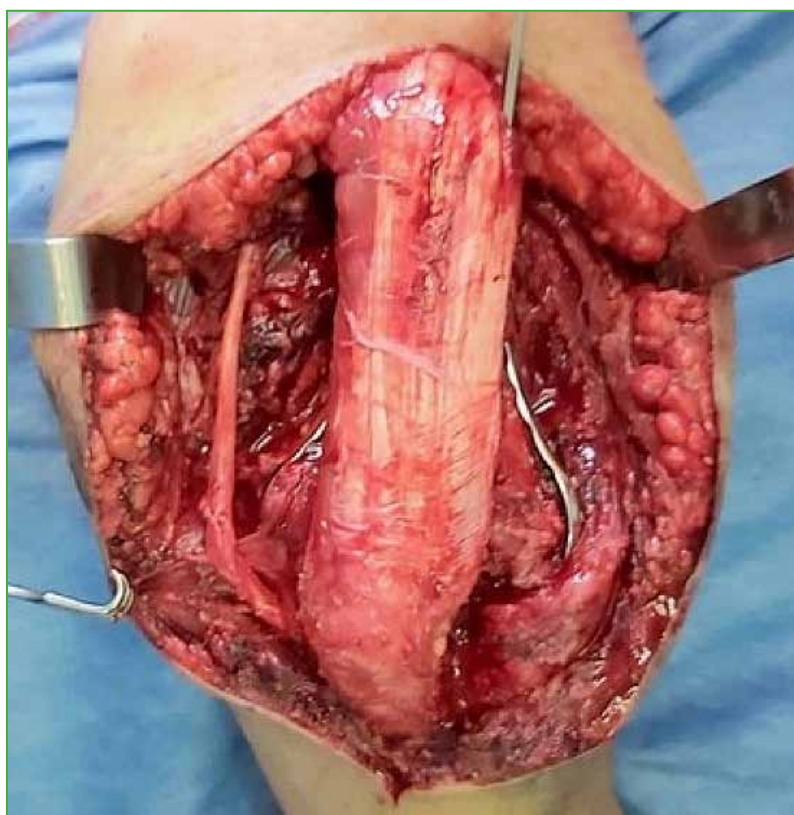


Figura 7. Disposición de placas paralelas mediante abordaje paratricipital.

En el contexto de una fractura tipo C3, se debe evaluar la calidad ósea y el grado de conminución, ya que estas dos variables condicionan la viabilidad de la osteosíntesis. Cuando la calidad ósea es adecuada y el patrón de fractura permite prever su instrumentación, optamos por la osteotomía en chevron del olécranon (Figura 8).

Como contrapartida, cuando el escenario es el de un paciente añoso, con mala calidad ósea y extensa conminución articular o en trazos muy distales, la artroplastia puede llegar a ser una opción aconsejable y, entonces, el abordaje con reflexión del aparato extensor propuesto por Bryan-Morrey puede ser la alternativa de elección.

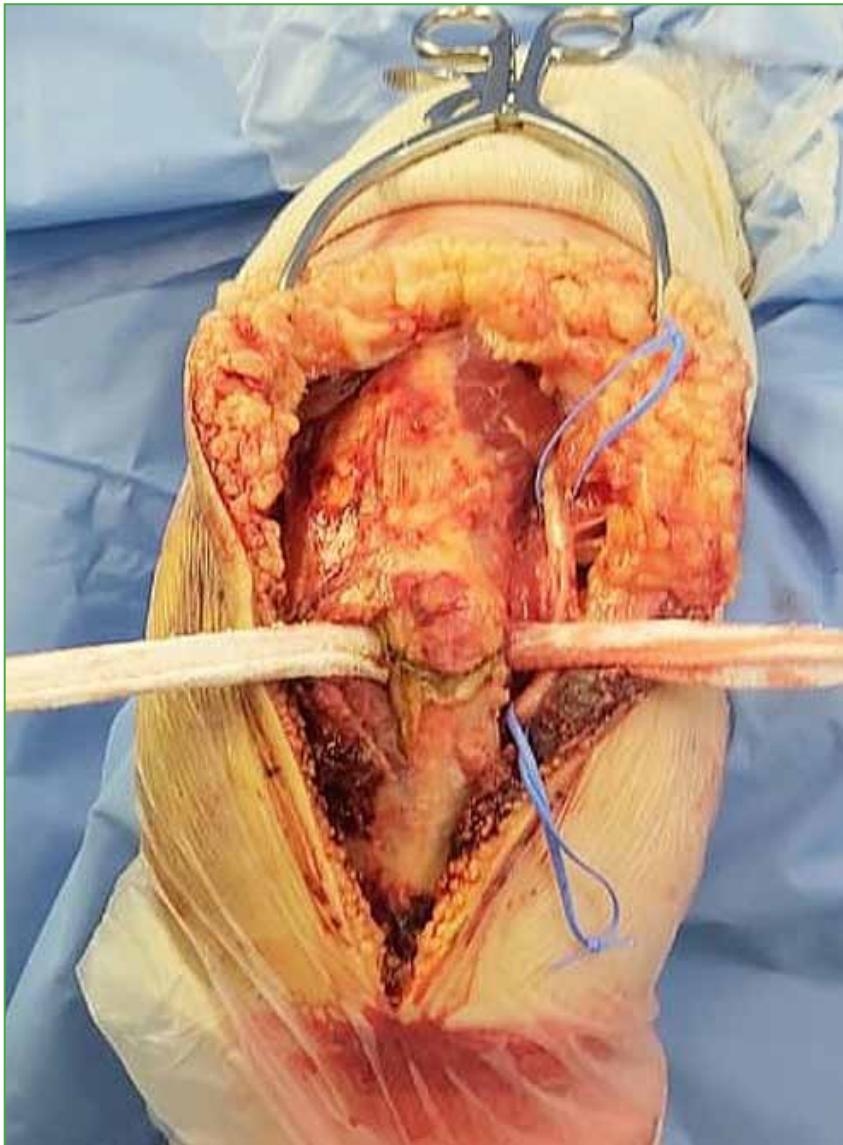


Figura 8. Preparación de la osteotomía del olécranon en chevron.

REDUCCIÓN Y FIJACIÓN TRANSITORIA

La reducción debe comenzar por los fragmentos que comprometen la superficie articular. La restitución de la anatomía a este nivel es fundamental para lograr un resultado satisfactorio. Se puede utilizar una pinza de puntas y, en ocasiones, es útil un palpador dental para mantener la reducción y luego fijar, de manera transitoria, el macizo articular mediante agujas de Kirschner. Es muy importante que estas agujas sean colocadas estratégicamente, de forma tal que no entorpezcan la colocación posterior de las placas definitivas. La disposición en triángulo (Figura 9) suele ser suficiente y eficaz para mantener la reducción hasta la fijación definitiva.

La fijación mediante suturas de alta resistencia para fragmentos metafiso-diafisarios es una alternativa válida que, según nuestra experiencia, es muy útil y fácil de ejecutar, no interfiere con la posterior colocación de las placas como ocurre, a veces, con los tornillos interfragmentarios y se evita el riesgo de migración que presentan las clavijas en caso de permanecer en forma definitiva.

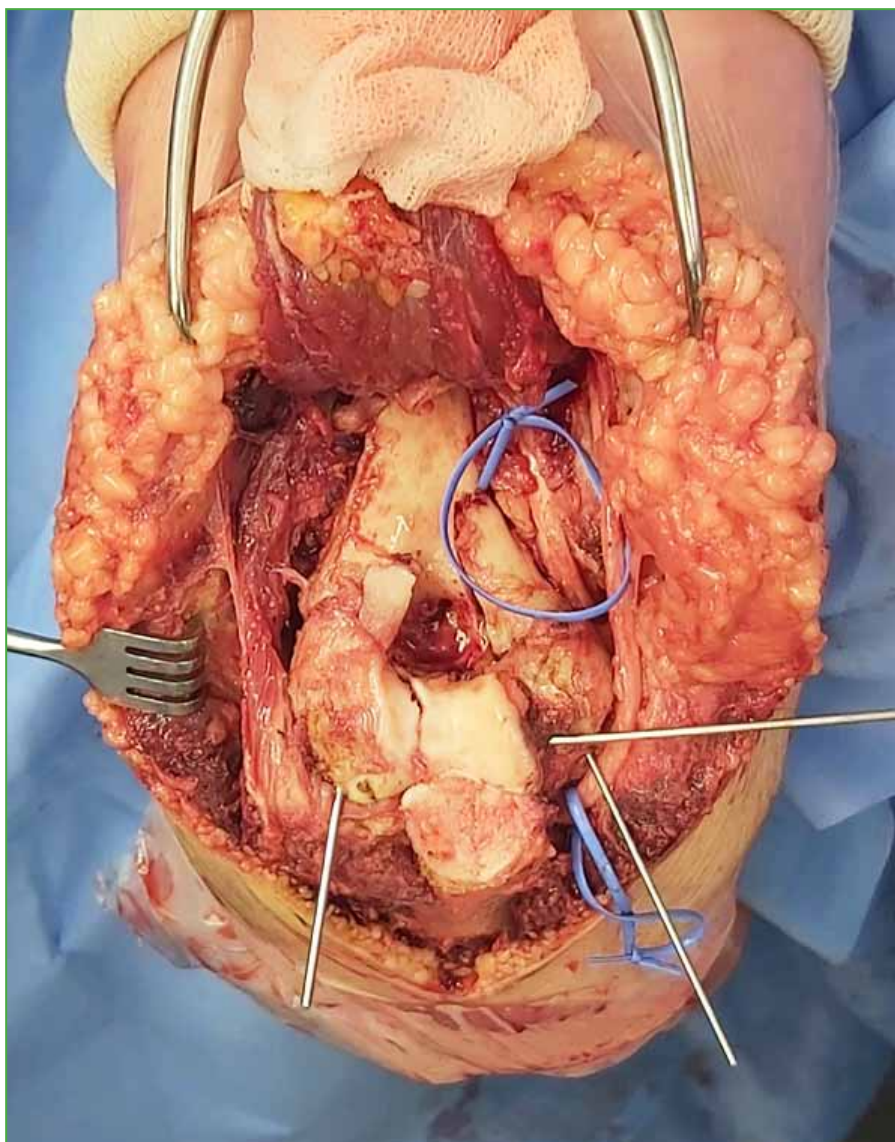


Figura 9. Fijación transitoria mediante agujas de Kirschner en disposición triangular. Nótese que la disposición de las clavijas no interfiere con la colocación de las placas.

FIJACIÓN DEFINITIVA

Una vez reducido y fijado transitoriamente el macizo articular y solidarizado a la metáfisis, se debe proceder a la fijación definitiva de la fractura. Las placas pueden disponerse en una configuración ortogonal o paralela, y probablemente, este haya sido el tópico de mayor discusión en los últimos 20 años (Figuras 10 y 11).

Múltiples estudios clínicos y biomecánicos han evaluado estas dos configuraciones. En 2016, Taylor y cols., en un estudio biomecánico, comunicaron una rigidez significativamente mayor de la configuración de placas paralelas en relación con las ortogonales.¹¹ Un año después, Atalar y cols. compararon la estabilidad biomecánica de ambos montajes y no obtuvieron diferencias significativas.¹² Mediante un estudio clínico prospectivo aleatorizado, Lee y cols. compararon la fijación paralela y la ortogonal utilizando implantes bloqueados, y no observaron diferencias significativas en los resultados entre ambos grupos tras un seguimiento mínimo de dos años.¹³

La evidencia más reciente sostiene que ambas disposiciones son efectivas y que la configuración de placas paralelas podría ser superior a la ortogonal en cuanto al tiempo de consolidación ósea.¹⁴

La elección del tipo de construcción dependerá del patrón de fractura. En nuestro equipo, preferimos la disposición de placas paralelas propuesta por O'Driscoll,¹⁵ considerando que la interdigitación de los tornillos distales y la toma de los fragmentos articulares desde ambas vertientes permiten lograr una construcción sólida y confiable para la movilización de la articulación.

Como mencionamos en la elección de los implantes, optamos por colocar placas ortogonales cuando la columna lateral presenta trazos asociados en el plano coronal. En primer lugar, porque se puede fijar el capitellum con tornillos en sentido postero-anterior a través de la placa posterolateral, reduciendo, al mínimo, la necesidad de colocar tornillos “por fuera de las placas”. El segundo motivo es que buscamos evitar la colocación de tornillos cuya dirección sea en el mismo plano de la fractura, ya que, en ocasiones, se interponen entre los fragmentos en su recorrido hacia la tróclea, y ocasionan una diástasis de ellos que interfiere en su reducción y fijación.

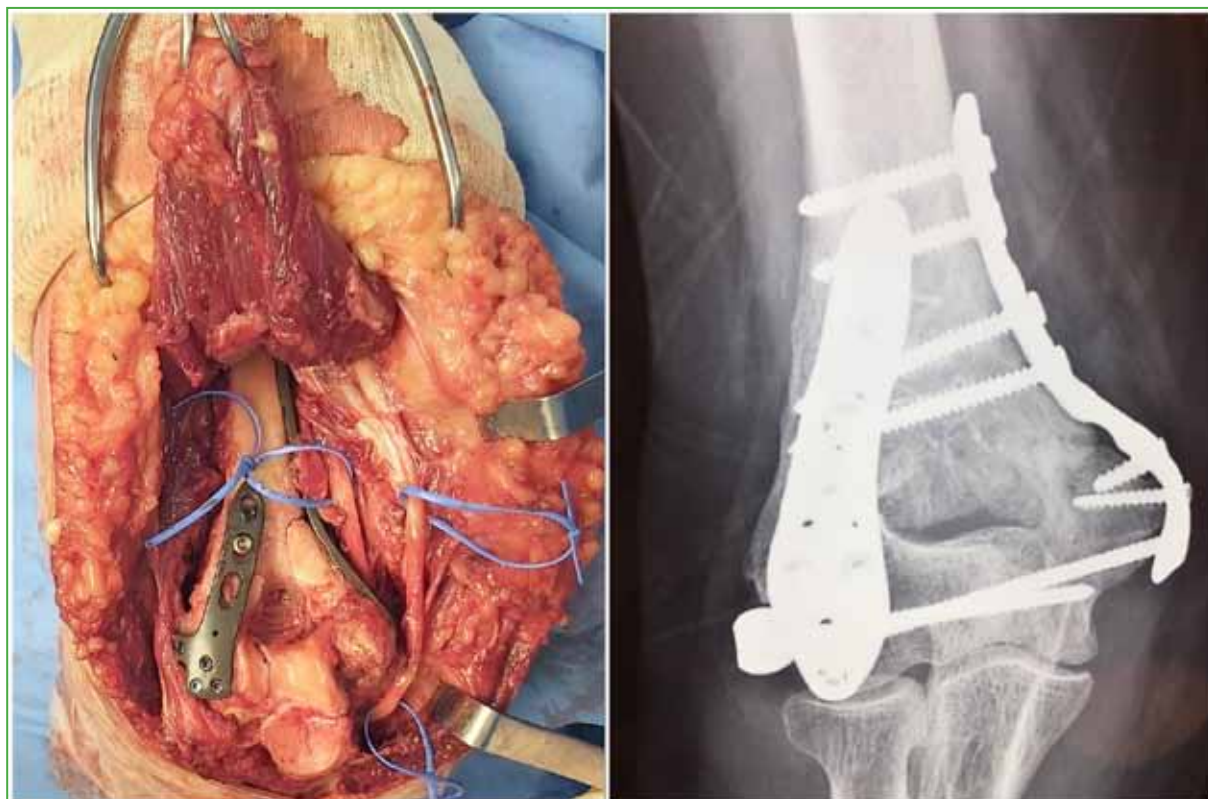


Figura 10. Fijación definitiva mediante una disposición de placas ortogonales.

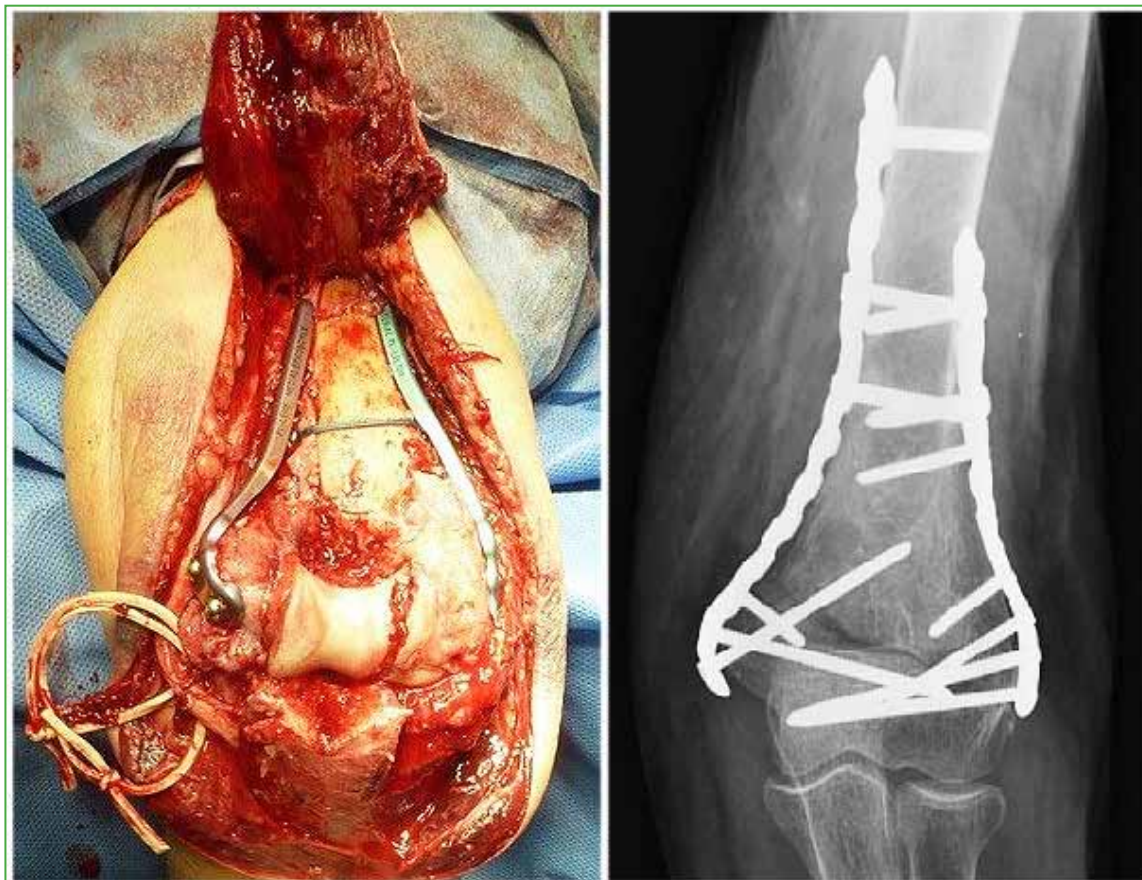


Figura 11. Fijación definitiva mediante una disposición de placas paralelas.

MANEJO DEL NERVIO CUBITAL

Como ya se mencionó, hasta el 25% de las fracturas articulares complejas del húmero distal pueden cursar con síntomas relacionados con el nervio cubital y, por tal motivo, una adecuada inspección inicial es de suma importancia para pesquisar estas alteraciones y consignarlas en el historial clínico y comunicarlas debidamente al paciente.

Al comienzo del procedimiento, como rutina, se debe efectuar la identificación, la neurólisis y el reparo del nervio con bandas de goma (Figura 12). Tanto la tracción, como la manipulación excesiva o imprudente del nervio durante la cirugía son factores predisponentes para el desarrollo de una neuropatía cubital posoperatoria que alcanza tasas de hasta el 38%.

En la actualidad, se desconoce cuál es el método más adecuado para el manejo intraoperatorio del nervio cubital tras la fijación de la fractura. Tanto la transposición anterior como la liberación *in situ* tienen defensores y detractores. En 2018, Shearin y cols. realizaron un metanálisis que incluyó 366 casos, y comunicaron que la neuropatía cubital posoperatoria fue mayor en el grupo de transposición anterior del nervio (23,5%) que en el de descompresión *in situ* (15,3%).¹⁶ No obstante, es interesante observar que ninguna de las publicaciones incluidas en este estudio discrimina entre los pacientes que tenían síntomas antes de la cirugía y los que no.

Una vez realizada la fijación definitiva de la fractura, se debe evaluar la situación del nervio cubital mediante la movilización pasiva de la articulación y observar si existe contacto extenso con el implante medial o inestabilidad que puedan predisponer a su irritación. Si el nervio se encuentra inestable, de acuerdo con lo planteado en la bibliografía,¹⁷ optamos por la transposición anterior subcutánea del nervio. Por el contrario, si el nervio es estable ante la movilización pasiva, pero tiene contacto con el implante medial, a diferencia de lo propuesto por los autores antes citados, cuando el tejido lo permite, preferimos realizar un colgajo local de tejido adiposo para cubrir el implante manteniendo el nervio *in situ*.

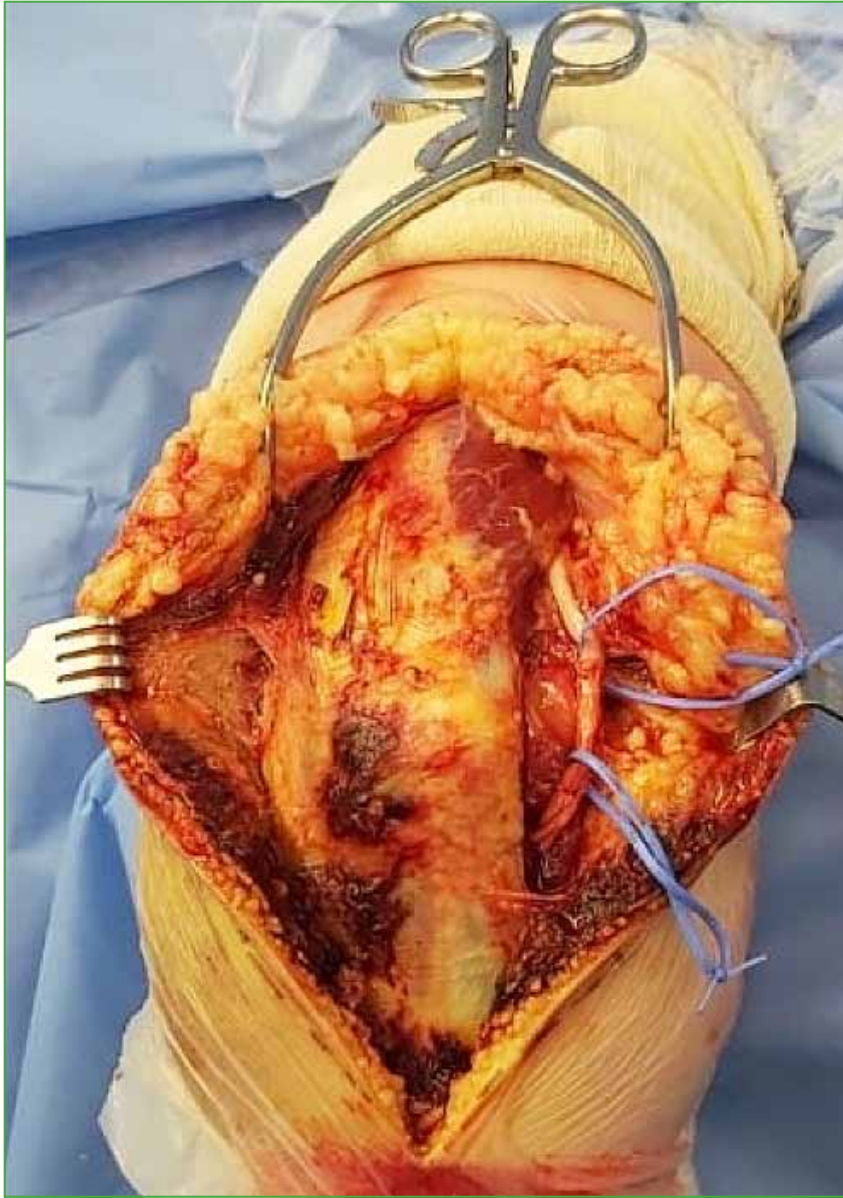


Figura 12. Identificación y reparo del nervio cubital con bandas de goma.

Por otra parte, la formación de edema y hematoma es reconocida como causa predisponente para el desarrollo de neuropatía cubital posoperatoria; por tanto, una técnica quirúrgica metódica y una hemostasia adecuada son de suma importancia.

POSOPERATORIO

En el posoperatorio inmediato, el codo es inmovilizado en flexión de 90° con la finalidad de proteger las partes blandas, disminuir el edema y la inflamación, y reducir el dolor. El tiempo de inmovilización puede variar según la evolución clínica del paciente, pero no superar los 14 días. La movilización temprana, como se dijo, es una de las premisas clave, ya que no solo tendrá influencia sobre el rango final de movilidad, sino que también favorecerá el deslizamiento del nervio cubital reduciendo la formación de adherencias perineurales y el desarrollo de una neuropatía posoperatoria. Para ello utilizamos una ortesis articulada autorregulable que le permite al paciente mover precozmente dentro de un rango controlado y supervisado por el cirujano y el terapeuta.

CONCLUSIONES

Las fracturas articulares del húmero distal plantean un escenario demandante para el cirujano ortopédico. Su relativa infrecuencia, la complejidad de la anatomía y la rápida tendencia del codo a la rigidez conllevan una alta tasa de complicaciones tanto intraoperatorias como posoperatorias.

La determinación de la “personalidad” de la fractura, el diagnóstico preciso del patrón fracturario mediante estudios por imágenes y la adecuada planificación preoperatoria permiten seleccionar el abordaje quirúrgico más conveniente y la disposición más adecuada de la osteosíntesis.

El entrenamiento del equipo tratante y la sistematización del procedimiento permitirían reducir el tiempo quirúrgico, obtener fijaciones más anatómicas y estables, lo cual posibilita la rehabilitación y la movilidad tempranas, disminuyendo así la tasa de complicaciones y optimizando los resultados funcionales.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

ORCID de S. Argüelles: <https://orcid.org/0000-0002-9002-5687>

ORCID de E. Pereira: <https://orcid.org/0000-0001-7307-7824>

ORCID de C. Zaidenberg: <https://orcid.org/0000-0001-5921-0828>

BIBLIOGRAFÍA

1. Robinson CM, Hill RMF, Jacobs N, Dall G, Court-Brown CM. Adult distal humeral metaphyseal fractures: epidemiology and results of treatment. *J Orthop Trauma* 2003;17(1):38-47. <https://doi.org/10.1097/00005131-200301000-00006>
2. Galano GJ, Ahmad CS, Levine WN. Current treatment strategies for bicolunar distal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 2010;18(1):20-30. <https://doi.org/10.5435/00124635-201001000-00004>
3. Ring D, Jupiter JB. Fractures of the distal humerus. *Orthop Clin North Am* 2000;31(1):103-13. [https://doi.org/10.1016/s0030-5898\(05\)70131-0](https://doi.org/10.1016/s0030-5898(05)70131-0)
4. Aitken SA, Jenkins PJ, Rymaszewski L. Revisiting the ‘bag of bones’: functional outcome after the conservative management of a fracture of the distal humerus. *Bone Joint J* 2015;97-B(8):1132-8. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.97B8.35410>
5. Ruan H-J, Liu J-J, Fan C-Y, Jiang J, Zeng B-F. Incidence, management, and prognosis of early ulnar nerve dysfunction in type C fractures of distal humerus. *J Trauma* 2009;67(6):1397-401. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181968176>
6. Zalavras CG, Papasoulis E. Intra-articular fractures of the distal humerus—a review of the current practice. *Int Orthop* 2018;42(11):2653-62. <https://doi.org/10.1007/s00264-017-3719-4>
7. Hausman M, Panozzo A. Treatment of distal humerus fractures in the elderly. *Clin Orthop Relat Res* 2004;425:55-63. [https://doi.org/10.1016/s1551-7977\(08\)70054-2](https://doi.org/10.1016/s1551-7977(08)70054-2)
8. McKee MD, Veillette CJH, Hall JA, Schemitsch EH, Wild LM, McCormack R, et al. A multicenter, prospective, randomized, controlled trial of open reduction—internal fixation versus total elbow arthroplasty for displaced intra-articular distal humeral fractures in elderly patients. *J Shoulder Elbow Surg* 2009;18(1):3-12. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2008.06.005>
9. Dakouré PWH, Ndiaye A, Ndoye J-M, Sané AD, Niane MM, Séye SIL, et al. Posterior surgical approaches to the elbow: a simple method of comparison of the articular exposure. *Surg Radiol Anat* 2007;29(8):671-4. <https://doi.org/10.1007/s00276-007-0263-8>
10. Ljungquist KL, Beran MC, Awan H. Effects of surgical approach on functional outcomes of open reduction and internal fixation of intra-articular distal humeral fractures: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21(1):126-35. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2011.06.020>

11. Taylor PA, Owen JR, Benfield CP, Wayne JS, Boardman ND. Parallel plating of simulated distal humerus fractures demonstrates increased stiffness relative to orthogonal plating with a distal humerus locking plate system. *J Orthop Trauma* 2016;30(4):e118-22. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000477>
12. Atalar AC, Tunalı O, Erşen A, Kapıcıoğlu M, Sağlam Y, Demirhan MS. Biomechanical comparison of orthogonal versus parallel double plating systems in intraarticular distal humerus fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2017;51(1):23-8. <https://doi.org/10.1016/j.aott.2016.11.001>
13. Lee SK, Kim KJ, Park KH, Choy WS. A comparison between orthogonal and parallel plating methods for distal humerus fractures: a prospective randomized trial. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2013;24(7):1123-31. <https://doi.org/10.1007/s00590-013-1286-y>
14. Wang X, Liu G. A comparison between perpendicular and parallel plating methods for distal humerus fractures. *Medicine (Baltimore)* 2020;99(23):e19602. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019602>
15. Sanchez-Sotelo J, Torchia ME, O'Driscoll SW. Complex distal humeral fractures: internal fixation with a principle-based parallel-plate technique. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90(Suppl 2 Pt 1):31-46. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.01502>
16. Shearin JW, Chapman TR, Miller A, Ilyas AM. Ulnar nerve management with distal humerus fracture fixation. *Hand Clin* 2018;34(1):97-103. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2017.09.010>
17. Worden A, Ilyas AM. Ulnar neuropathy following distal humerus fracture fixation. *Orthop Clin North Am* 2012;43(4):509-14. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2012.07.019>