

Criterios radiográficos para la reducción rotatoria en fracturas diafisarias de húmero

Julio J. Contreras,^{***} Camila Azocar,^{**} Manuel Beltrán,^{*} Alex Redlich,[#] Edmundo Sánchez,[#] Rodrigo J. Liendo^{**}

^{*}Equipo de Hombro y Codo, Instituto Traumatológico de Chile, Santiago, Chile

^{**}Cirugía de Mano y Microcirugía, Clínica Indisa, Santiago, Chile

[#]Servicio de Traumatología, Hospital "Dr. Hernán Henríquez Aravena", Temuco, Chile

^{***}Equipo de Hombro y Codo, Departamento de Traumatología y Ortopedia, Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

RESUMEN

Introducción: La fractura diafisaria de húmero es frecuente y, en la actualidad, se privilegia el tratamiento quirúrgico. La consolidación en mala rotación puede causar un deterioro de la función y artrosis a largo plazo. Con las técnicas mínimamente invasivas, es difícil manejar la rotación intraoperatoria al no tener una visión directa de la reducción fracturaria. **Objetivo:** Describir criterios radiográficos para la reducción rotatoria en las fracturas diafisarias de húmero. **Materiales y Métodos:** Estudio retrospectivo de radiografías de húmero comparando criterios radiográficos del húmero distal entre radiografías con rotación interna (sin retroversión proximal) y rotación externa (con retroversión fisiológica). Criterios estudiados: sobreproyección del epicóndilo lateral por sobre el *capitellum* >50%, esclerosis del borde inferior de la fosa olecraneana, esclerosis del borde lateral de la fosa olecraneana y asimetría de la fosa olecraneana. **Resultados:** El 97% de las 200 radiografías estudiadas cumplió con los criterios de inclusión y exclusión. Sobreproyección del epicóndilo por sobre el *capitellum*: 83,3% de los casos; esclerosis del borde inferior de la fosa olecraneana: 30%, esclerosis del borde lateral de la fosa olecraneana: 86,6% y asimetría: 80% de ellas. Todos los criterios con significancia estadística ($p < 0,001$). Al analizar los tres signos positivos en conjunto, la sensibilidad fue del 70% y la especificidad, del 98%; valor predictivo positivo 95,5% y valor predictivo negativo 84,5%. **Conclusiones:** La rotación humeral correcta es difícil de reproducir en las cirugías mínimamente invasivas, en pacientes con una fractura diafisaria. Describimos cuatro criterios radiográficos que permiten inferir una correcta rotación humeral.

Palabras clave: Fractura de húmero; fractura diafisaria; clavo endomedular; criterios radiológicos; retroversión humeral; cirugía de húmero.

Nivel de Evidencia: III

Radiological Criteria for Rotational Reduction in Humeral Shaft Fractures

ABSTRACT

Introduction: Humeral shaft fractures are frequent and surgical treatment is currently favored. Consolidation in malrotation is a complication that can lead to impaired function and long-term osteoarthritis. In minimally invasive techniques, it is difficult to manage intraoperative rotation as there is no direct view of the fracture reduction. **Objective:** To describe radiological criteria for rotational reduction in humeral shaft fractures. **Materials and Methods:** Retrospective study of humerus radiographs comparing radiological criteria of the distal humerus between radiographs with internal rotation (without proximal retroversion) and radiographs with external rotation (with physiological retroversion). Criteria studied: Overprojection of the lateral epicondyle over the *capitellum* of more than 50%; sclerosis of the lower border of the olecranon fossa (OF); sclerosis of the lateral border of the OF and asymmetry of the OF. **Results:** 200 radiographs were studied; 97% met the inclusion and exclusion criteria. Overprojection of the epicondyle over the *capitellum* was found in 83.3% of the cases. Sclerosis of the inferior border of the OF in 30%, sclerosis of the lateral border of the OF in 86.6%, and asymmetry of OF in 80%. All criteria with statistically significant ($p < 0.001$). When analyzing the 3 positive signs, we found a sensitivity of 70% and a specificity of 98%. The positive predictive value was 95.5% and the negative predictive value was 84.5%. **Conclusions:** Correct humeral rotation is difficult to reproduce when performing minimally invasive surgeries in patients with a diaphyseal fracture. We describe 4 radiological criteria that allow inferring a correct humeral rotation.

Keywords: Humerus fracture; diaphyseal fracture; intramedullary nail; radiological criteria; humeral retroversion; humerus surgery.

Level of Evidence: III

Recibido el 19-5-2021. Aceptado luego de la evaluación el 9-8-2021 • Dr. JULIO J. CONTRERAS • ju.contreras@uc.cl  <https://orcid.org/0000-0002-0115-1711>

Cómo citar este artículo: Contreras JJ, Azocar C, Beltrán M, Redlich A, Sánchez E, Liendo RJ. Criterios radiográficos para la reducción rotatoria en fracturas diafisarias de húmero. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2021;86(5):568-574. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2021.86.5.1379>

INTRODUCCIÓN

Las fracturas diafisarias de húmero representan el 1-3% de todas las fracturas del adulto^{1,2} y su incidencia tiene una distribución bimodal con un aumento entre los 20 y 30 años, en los hombres, asociado a traumatismos de mediana y alta energía, y una segunda alza en mujeres de entre 60 y 70 años con mecanismos frecuentemente de baja energía.³

Los inmovilizadores funcionales (*braces*) son el tratamiento ortopédico de elección para el manejo de las fracturas diafisarias de húmero.^{4,5} Sin embargo, en la actualidad, existen estudios prospectivos y ensayos clínicos aleatorizados que han detectado una tasa más alta de complicaciones asociadas a este tratamiento y se ha notado una tendencia a privilegiar el tratamiento quirúrgico de estas fracturas por sobre el manejo conservador.⁶

Las alternativas de tratamiento quirúrgico corresponden a reducción abierta y fijación interna con placas, ya sea mediante un abordaje amplio o con técnicas mínimamente invasivas, o la fijación con implantes endomedulares que pueden ser anterógrados o retrógrados.⁷⁻¹¹ Ambas técnicas han logrado buenos resultados, aunque no hay consenso sobre cuál es el mejor tratamiento para este tipo de fracturas.⁷⁻¹¹

Los clavos endomedulares requieren bloqueos proximales y bloqueos distales para fijar la reducción funcional (largo, angulación y rotación) en las fracturas de húmero, por lo que el trazo de fractura debe estar ubicado bajo el cuello quirúrgico del húmero y sobre 5 cm desde la fosa olecraneana para asegurar el posicionamiento adecuado de ambos bloqueos.¹² La estabilidad obtenida es relativa, con excepción de aquellas fracturas transversales donde, según el implante que se utilice, se puede comprimir el foco de fractura, confiriéndole una estabilidad absoluta.¹³ En general, se busca la consolidación indirecta de la fractura sin la necesidad de abrir el foco de fractura, permitiendo la conservación del hematoma fracturario, y favorecer las etapas propias de la consolidación.

Para una adecuada consolidación se requiere de la restauración del largo, el eje (o angulación) y la rotación, esta última es más difícil de lograr cuando se trata de fracturas conminutas.¹²

Una complicación del enclavado endomedular (y para placa con técnica mínimamente invasiva) para fracturas diafisarias de húmero es la consolidación en mala rotación interna excesiva (sin retroversión o en anteversión del húmero proximal), la cual puede ocurrir hasta en el 27% de los casos y se asocia a malos resultados funcionales.¹⁴ Esto es difícil de controlar durante la cirugía por la falta de visión directa de la reducción, la presencia de conminución y, muchas veces, la radioscopia resulta insuficiente y no nos permite obtener una imagen completa del húmero. La mala rotación interna excesiva deriva de alinear una imagen radioscópica anteroposterior estricta del húmero proximal con el distal sin considerar la retroversión normal de este.

En algunos estudios, se ha demostrado que una consolidación en mala rotación interna excesiva de la cabeza humeral puede ocasionar alteraciones severas de la función del paciente y llevar a la artrosis a largo plazo.¹⁵

No se dispone de criterios que permitan inferir una correcta rotación humeral utilizando la radioscopia durante la cirugía.

El objetivo de este estudio fue describir criterios radioscópicos que permitan indirectamente determinar una correcta retroversión de la cabeza humeral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisaron 200 radiografías de húmero tomadas durante 2015 y 2016. Se incluyeron aquellos estudios con visualización completa de ambas articulaciones proximal y distal de húmero, en pacientes >18 años (madurez esquelética), sin antecedentes quirúrgicos ni traumáticos.

Cien de estas radiografías presentaban la cabeza humeral en rotación externa, lo que simula una radiografía anteroposterior verdadera de húmero proximal sin retroversión. En estas se cumplía que se podía apreciar una clara diferencia entre ambas superficies articulares y la cabeza humeral se observaba con su mayor radio. Las restantes 100 radiografías presentaban una posición anteroposterior verdadera del húmero distal donde se cumplía que hubiese una proyección de perfil del *capitellum* y la tróclea con ambos epicóndilos visualizados en su perfil con la mayor distancia entre ellos (Figura 1).

Se excluyó a las radiografías que no incluyeran el húmero completo en la proyección, y aquellas que mostraran material de osteosíntesis, fracturas previas, lesiones tumorales, inflamatorias o enfermedades óseas.

Sobre la base de nuestra experiencia, describimos cuatro criterios radiográficos que permitieran predecir la correcta rotación del húmero distal manteniendo una imagen anteroposterior verdadera del húmero proximal. Es decir, en la cirugía por fractura diafisaria de húmero con enclavado endomedular anterógrado, luego de bloquear la zona distal o proximal, se prepara el bloqueo respectivo con una imagen anteroposterior verdadera del húmero proximal y el húmero distal debería rotar a externo hasta lograr la correcta retroversión con apoyo radioscópico.

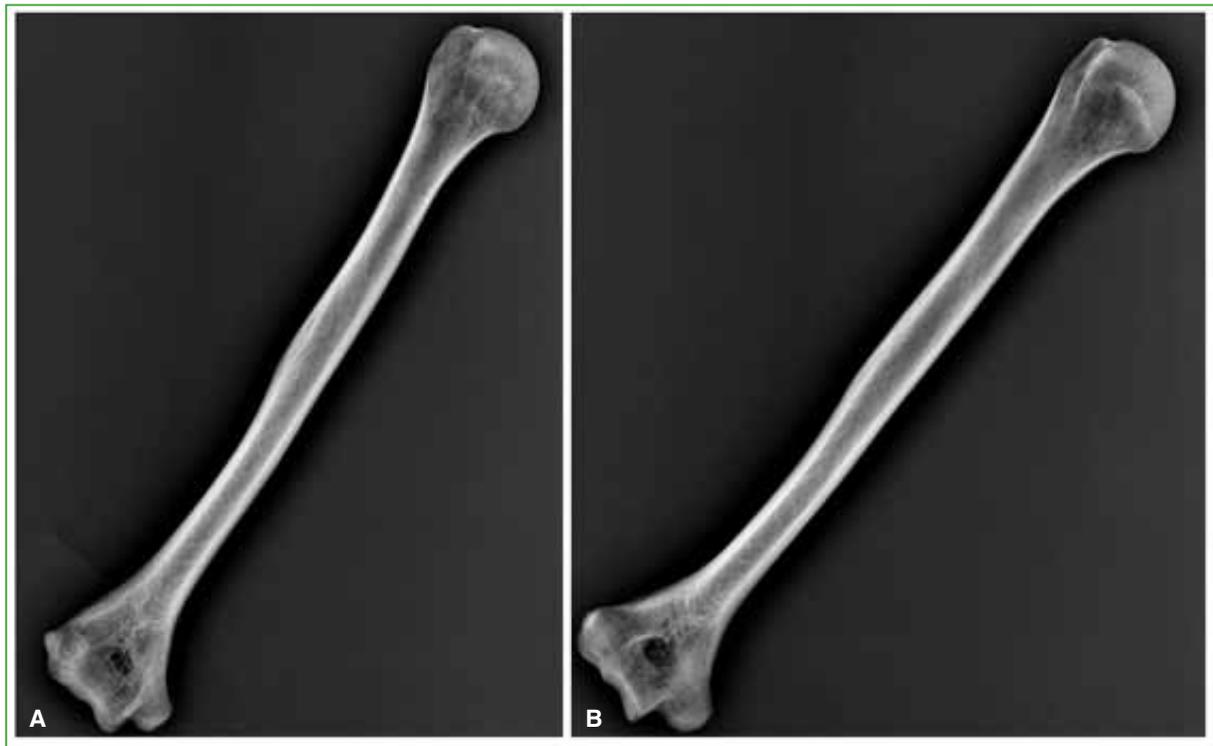


Figura 1. Radiografías de húmero (pieza cadavérica). **A.** Proyección anteroposterior real del segmento proximal del húmero con el segmento distal en rotación según la retroversión anatómica. **B.** Proyección en retroversión del segmento proximal del húmero con una proyección anteroposterior real del húmero distal.

Para describir los criterios se compararon las 100 radiografías de húmero con rotación externa logrando una visión anteroposterior del húmero proximal con las 100 radiografías con rotación interna logrando una visión anteroposterior del húmero distal.

Criterios radiográficos (Figura 2):

- Sobreproyección del epicóndilo lateral por sobre el *capitellum* >50%
- Esclerosis del borde inferior de la fosa olecraneana
- Esclerosis del borde lateral de la fosa olecraneana
- Asimetría de la fosa olecraneana (diferencia entre el borde medial y lateral de la fosa olecraneana)

La evaluación de las radiografías estuvo a cargo de cuatro investigadores independientes (dos traumatólogos subespecialistas en cirugía de hombro con más de 5 años de experiencia y dos residentes de traumatología de segundo año). Todas se obtuvieron utilizando un sistema de imágenes digitales (DigiRAD-FP ([ST-5000C]), Gyeonggi-do, Corea). Se utilizó un programa de imágenes comercial (Vue PACS, Carestream) para analizar las imágenes. La correlación interobservador se midió mediante el coeficiente kappa. Se consideró una fuerza de concordancia débil para un kappa de entre 0,21 y 0,4; moderada de entre 0,41 y 0,6; buena de entre 0,61 y 0,8; y excelente de entre 0,81 y 1. Para el análisis estadístico se utilizaron la prueba de ji al cuadrado y el programa STATA IC 16®.

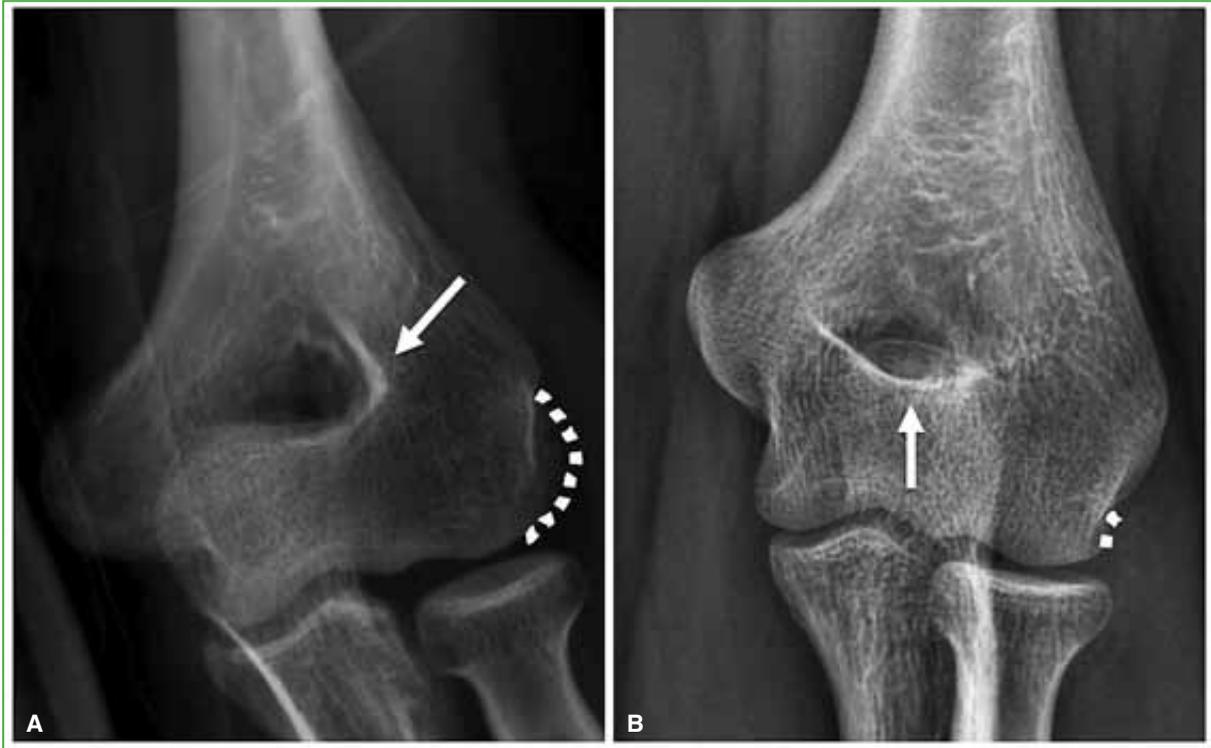


Figura 2. Criterios radiográficos. **A.** Radiografía anteroposterior de húmero distal. Se visualiza el segmento distal del húmero con rotación según la retroversión anatómica. La flecha muestra la esclerosis del borde lateral de la fosa olecraneana. Se puede apreciar la asimetría de la fosa olecraneana. La línea punteada muestra la sobreproyección del epicóndilo por sobre el *capitellum* de más de un 50%. **B.** Radiografía anteroposterior de húmero distal. Se observa la simetría de la fosa olecraneana. La flecha señala la esclerosis del borde inferior de la fosa olecraneana y la línea punteada muestra la ausencia de sobreproyección del epicóndilo por sobre el *capitellum*.

RESULTADOS

El 97,5% de las 200 radiografías revisadas cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. En el 83,3% de las radiografías anteroposteriores del húmero proximal, se encontró la sobreproyección del epicóndilo por sobre el *capitellum*; en el 30%, esclerosis del borde inferior de la fosa olecraneana y, en el 86,6%, esclerosis del borde lateral de la fosa olecraneana. En el 80% de las radiografías, había asimetría de la fosa olecraneana.

En las radiografías anteroposteriores del húmero distal, había sobreproyección del epicóndilo por sobre el *capitellum* en el 9% de los casos y esclerosis del borde inferior y del borde lateral de la fosa olecraneana en el 69,8% y 22,6%, respectivamente. En el 26,5%, se halló asimetría de la fosa olecraneana.

Al comparar se hallaron diferencias significativas en la presencia de los cuatro criterios entre las radiografías anteroposteriores del húmero proximal y del distal ($p < 0,001$).

Se calculó el rendimiento diagnóstico de los signos radiográficos sobre las 195 radiografías seleccionadas. Al analizar los tres signos con mejor rendimiento (esclerosis del borde lateral de la fosa olecraneana, sobreproyección del epicóndilo por sobre el *capitellum*, asimetría de la fosa), la sensibilidad combinada fue del 70%; la especificidad, del 98%; el valor predictivo positivo del 95,5% y el valor predictivo negativo, del 84,5% (Tabla).

El coeficiente kappa de correlación en los investigadores fue de 0,85 correspondiente a la categoría “excelente”.¹⁶

Tabla. Sensibilidad, especificidad y valores predictivos de los criterios radiográficos

| | Esclerosis inferior | Esclerosis lateral | Sobreproyección del epicóndilo | Asimetría de la fosa | Tres signos positivos |
|----------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Sensibilidad | 80% | 86,67% | 83,33% | 80,00% | 70,00% |
| Especificidad | 57% | 77,36% | 90,57% | 77,36% | 98,00% |
| Valor predictivo positivo | 70% | 68,42% | 83,33% | 66,67% | 95,45% |
| Valor predictivo negativo | 70% | 91,11% | 90,57% | 87,23% | 84,48% |

DISCUSIÓN

El húmero es un hueso largo que tiene intrínsecamente un grado de torsión que determina una retroversión de la cabeza humeral.^{17,18} La secuela de una consolidación en mala rotación interna luego de una fractura diafisaria de húmero puede provocar un déficit funcional con peores resultados en escalas funcionales, disminución de los rangos articulares y artrosis glenohumeral a largo plazo.^{14,15,19}

Flury y cols.¹⁵ realizaron osteotomías desrotadoras del húmero para el manejo de la inestabilidad llevando la cabeza humeral a una posición de rotación interna y hallaron que el 88% de los pacientes desarrolló algún grado de artrosis en un plazo de 14 años.

Fjalestad y cols.¹⁹ describen una pérdida de la rotación externa en el 38% de los pacientes con fracturas diafisarias de húmero tratados ortopédicamente, como consecuencia del manejo del hombro en rotación interna con cabestrillo durante las primeras semanas; se publicaron resultados similares en otras series y se correlaciona el déficit de rotaciones clínicas con una consolidación en mala rotación por imágenes.^{14,20,21}

En la actualidad, es difícil de lograr la correcta rotación de los fragmentos en la cirugía de la fractura diafisaria de húmero con enclavado endomedular, dado que la radioscopia intraoperatoria no permite una visualización completa del húmero y los parámetros anatómicos topográficos no son precisos. Además, esto se hace aún más difícil cuando se trata de fracturas complejas o conminutas donde los bordes de la fractura no permiten inferir la posición anatómica de estos.

El objetivo de este estudio fue describir criterios radiográficos que permitan indirectamente predecir una correcta retroversión humeral basándose en la visualización de una imagen anteroposterior verdadera del húmero distal dirigida a solucionar las dificultades mencionadas durante la cirugía de enclavado endomedular para fracturas diafisarias de húmero. Tres de los cuatro criterios descritos, si están presentes, orientan, de manera significativa, a una correcta retroversión de la cabeza humeral: sobreproyección del epicóndilo por sobre el *capitellum* >50%, esclerosis del borde lateral de la fosa olecraneana y asimetría de la fosa olecraneana. Si bien el criterio de esclerosis del borde inferior de la fosa olecraneana tuvo significancia estadística, su presencia no fue tan alta como los otros criterios, por lo que sugerimos utilizar los otros tres criterios para tener más seguridad.

Durante la cirugía, después del bloqueo distal o proximal, se busca una imagen anteroposterior real del húmero proximal (para realizar el bloqueo proximal o distal, respectivamente) manteniendo el mismo eje de rotación se traslada la fluoroscopia a distal y se rota a externo el húmero distal hasta lograr los tres criterios radiográficos descritos. Luego se procede a comprimir el foco (si es necesario) y a realizar el bloqueo respectivo. Esta maniobra permite que el húmero consolide en retroversión evitando la mala rotación interna excesiva y todas las complicaciones funcionales y a largo plazo descritas.

Este estudio cuenta con un amplio número de exámenes evaluados, describe tres criterios sencillos de buscar y con una alta correlación interobservador. Al ser un estudio retrospectivo de imágenes, carece de evaluación clínica y, por ende, el real impacto en la cirugía es desconocido y el beneficio es teórico. Sería importante llevar a cabo estudios clínicos prospectivos para evaluar la real utilidad de estos criterios.

CONCLUSIONES

Existen criterios radiográficos a nivel del codo que determinan, de manera indirecta, una correcta retroversión humeral con un alto grado de correlación interobservador. Esta puede ser una herramienta útil a la hora de realizar la cirugía de enclavado endomedular para fracturas diafisarias de húmero a fin de disminuir la mala rotación residual, pero se requieren estudios clínicos prospectivos para poder emitir una recomendación al respecto.

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

ORCID de C. Azocar: <https://orcid.org/0000-0001-7676-6633>

ORCID de M. Beltrán: <https://orcid.org/0000-0001-6906-9215>

ORCID de A. Redlich: <https://orcid.org/0000-0002-3442-8342>

ORCID de E. Sánchez: <https://orcid.org/0000-0003-4080-0339>

ORCID de R. J. Liendo: <https://orcid.org/0000-0001-6172-5396>

BIBLIOGRAFÍA

1. Updegrave GF, Mourad W, Abboud JA. Humeral shaft fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 2018;27(4):e87-e97. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2017.10.028>
2. Gallusser N, Barimani B, Vauclair F. Humeral shaft fractures. *EFORT Open Rev* 2021;6(1):24-34. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.2000033>
3. Tytherleigh-Strong G, Walls N, McQueen MM. The epidemiology of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80(2):249-53. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.80b2.8113>
4. Walker M, Palumbo B, Badman B, Brooks J, Van Gelderen J, Mighell M. Humeral shaft fractures: a review. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20(5):833-44. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.11.030>
5. Clement ND. Management of humeral shaft fractures; non-operative versus operative. *Arch Trauma Res* 2015;4(2):e28013. <https://doi.org/10.5812/at.28013v2>
6. Matsunaga FT, Tamaoki MJ, Matsumoto MH, Netto NA, Faloppa F, Belloti JC. Minimally invasive osteosynthesis with a bridge plate versus a functional brace for humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2017;99(7):583-92. <https://doi.org/10.2106/JBJS.16.00628>
7. Ouyang H, Xiong J, Xiang P, Cui Z, Chen L, Yu B. Plate versus intramedullary nail fixation in the treatment of humeral shaft fractures: an updated meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22(3):387-95. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2012.06.007>
8. Benegas E, Ferreira Neto AA, Gracitelli ME, Malavolta EA, Assunção JH, Prada F, et al. Shoulder function after surgical treatment of displaced fractures of the humeral shaft: a randomized trial comparing antegrade intramedullary nailing with minimally invasive plate osteosynthesis. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23(6):767-74. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2014.02.010>
9. Kulkarni SG, Varshneya A, Jain M, Kulkarni VS, Kulkarni GS, Kulkarni MG, et al. Antegrade interlocking nailing versus dynamic compression plating for humeral shaft fractures. *J Orthop Surg* 2012;20(3):288-91. <https://doi.org/10.1177/230949901202000304>
10. Kurup H, Hossain M, Andrew JG. Dynamic compression plating versus locked intramedullary nailing for humeral shaft fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2011;(6):CD005959. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005959.pub2>
11. Ma J, Xing D, Ma X, Gao F, Wei Q, Jia H, et al. Intramedullary nail versus dynamic compression plate fixation in treating humeral shaft fractures: grading the evidence through a meta-analysis. *PLoS One* 2013;8(12):e82075. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082075>
12. Pidhorz L. Acute and chronic humeral shaft fractures in adults. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015;101(1):S41-S49. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.07.034>
13. Kojima KE, Pires RES. Absolute and relative stabilities for fracture fixation: the concept revisited. *Injury* 2017;48(4):S1. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(17\)30766-0](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(17)30766-0)

14. Ying Li, Wang C, Wang M, Huang L, Huang Q. Postoperative malrotation of humeral shaft fracture after plating compared with intramedullary nailing. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20(6):947-54. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.12.016>
15. Flury MP, Goldhahn J, Holzmann P, Simmen BR. Does Weber's rotation osteotomy induce degenerative joint disease at the shoulder in the long term. *J Shoulder Elbow Surg* 2007;16:735-41. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2007.02.130>
16. Landis J, Koch G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33(1):159-74. PMID: 843571
17. Öztuna V, Öztürk H, Eskandari MM, Kuyurtar F. Measurement of the humeral head retroversion angle. A new radiographic method. *Arch Orthop Trauma Surg* 2002;122(7):406-9. <https://doi.org/10.1007/s00402-002-0398-3>
18. Boileau P, Bicknell R, Mazzoleni N, Walch G, Urien JP. CT scan method accurately assesses humeral head retroversion. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466(3):661-9. <https://doi.org/10.1007/s11999-007-0089-z>
19. Fjalestad T, Stromsoe K, Salvesen P, Rostad B. Functional results of braced humeral diaphyseal fractures: why do 38% lose external rotation of the shoulder? *Arch Orthop Trauma Surg* 2000;120:281-5. <https://doi.org/10.1007/s004020050465>
20. Sarmiento A, Horowitch A, Aboulafia A, Vangsness CT. Functional bracing for comminuted extra-articular fracture of the distal third of the humerus. *J Bone Joint Surg Br* 1990;72(2):283-7. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.72B2.2312570>
21. Wasmer G, Worsdorfer O. Management of humeral shaft fractures with Sarmiento cuff. *Unfallheilkunde* 1984;87(7):309-15. PMID: 6474620