

Fracturas del húmero. Enclavado intramedular con clavo de Seidel

Fractures of the humerus. Intramedullary nailing with Seidel's nail

GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, C. y ORTEGA ORTEGA, M. A.

Servicio de Traumatología. Hospital Ramón y Cajal. Madrid.

RESUMEN: En el presente trabajo se analiza la etiopatogenia y los diferentes tipos de tratamiento de las fracturas de la diáfisis del húmero y los resultados del tratamiento de 239 pacientes intervenidos en el Hospital Ramón y Cajal, mediante enclavado de Seidel, entre 1988 y 1995. De éstos, 197 fueron fracturas, 24 pseudoartrosis, 13 fracturas patológicas y 5 tumores primarios. Se logró la consolidación en 230 pacientes (96%) con una movilidad del hombro buena/excelente del 87%.

Los problemas de bloqueo proximal se encontraron en 49 implantes mientras que los del bloqueo distal aparecieron en 32. Hubo dos parálisis radiales postoperatorias que se resolvieron espontáneamente y cuatro casos de infección superficial. La protrusión proximal del clavo con la consiguiente limitación para la movilidad del hombro se encontró en 24 pacientes lo que obligó a la retirada del implante tras la consolidación de la lesión.

La osteosíntesis con el clavo de Seidel es una técnica útil en el tratamiento de fracturas de la diáfisis del húmero, y no tanto para el tratamiento de pseudoartrosis. Las complicaciones encontradas son explicables en la mayor parte de los casos por una mala técnica quirúrgica y por la utilización de clavos excesivamente gruesos.

PALABRAS CLAVE: Diáfisis del húmero. Fracturas. Tratamiento quirúrgico. Enclavado endomedular. Clavo cerrojado de Seidel.

Abstract: In the present study, an analysis was made of the etiopathogenesis and treatment of humeral shaft fractures and the results of treatment of 239 patients at the Hospital Ramón y Cajal between 1988 and

1995 with the Seidel nail. These patients had 197 fractures, 24 non-unions, 13 pathological fractures, and 5 primary tumors. Consolidation was achieved in 230 patients (96%) with good or excellent mobility of the shoulder in 87%.

Problems of proximal articular locking occurred in 49 implants, while problems of distal locking appeared in 32. There were two cases of postoperative radial paralysis that resolved spontaneously, and four cases of superficial infection. In 24 patients, proximal protrusion of the nail with subsequent restriction of shoulder movement required implant removal after bone consolidation was achieved.

Osteosynthesis with Seidel's nail is a useful technique for the treatment of fractures of the humeral shaft, but it is less useful for the treatment of non-union. In most cases, complications can be attributed to poor surgical technique and the use of improperly sized nails.

KEY WORDS: Humeral diaphysis. Fractures. Surgical treatment. Intramedullary nailing. Seidel's interlocking nail.

Introducción

Las fracturas de la diáfisis del húmero corresponden a aquellas que se extienden desde el borde superior de la inserción del pectoral mayor hasta la zona supracondílea y representan entre el 2 al 7% del total de las fracturas.^{17,21,32} Son más frecuentes en el lado izquierdo y en mujeres de edad avanzada por la menor densidad ósea.⁸³ La causa más frecuente son los traumatismos. Las fuerzas directas y de compresión lateral causan fracturas transversales y con tercer fragmento, las que se crean tras un accidente de alta energía ocasionan fracturas conminutas (Fig. 1) mientras que las de torsión, como las originadas tras una contracción muscular brusca, producen fracturas espiroideas.^{42,58,72} Las metástasis y los tumores primarios son causas mucho menos frecuentes de fracturas del húmero.

Correspondencia:

Dr. M. A. ORTEGA ORTEGA.
Servicio de Traumatología.
Hospital Ramón y Cajal.
Ctra. Colmenar, Km 9.100.
28034 Madrid.

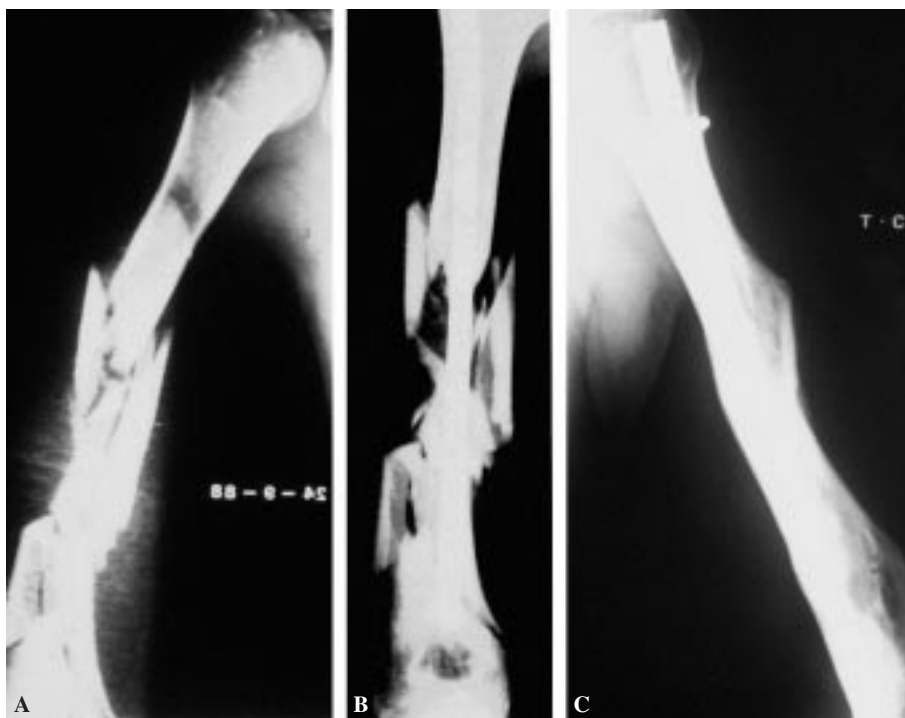


Figura 1. A: Fractura conminuta abierta grado I de húmero. B:) Control tras osteosíntesis con clavo de Seidel. C: Consolidación a los 4 meses con un buen resultado funcional.

El clavo de Seidel, por ser un clavo encerrojado, puede ser utilizado para el manejo de todas las fracturas de la diáfisis del húmero y para el tratamiento de pseudoartrosis. El enclavado humeral tiene como límite proximal el cuello quirúrgico. Como regla general las fracturas que se encuentran dentro de los últimos 5 cm distales del canal medular no deben ser consideradas aptas para el tratamiento mediante enclavado endomedular.

Material y método

Desde enero de 1988 hasta noviembre de 1995, fueron intervenidos un total de 239 pacientes mediante enclavado de Seidel. En todos los pacientes se realizó un protocolo que incluía:

a) datos del paciente: edad, sexo y lado lesionado.

b) indicación:

— fractura inicial: etiología tipo según la clasificación AO, localización de la fractura, grado en las fracturas abiertas, lesión radial asociada.

— pseudoartrosis: tipo, utilización y tipo de injerto, inmovilización postoperatoria y otros tratamientos quirúrgicos necesarios.

— tumores: tipo de tumor y tipo de injerto.

c) complicaciones del tratamiento quirúrgico y la duración y tipo de inmovilización postoperatoria si la hubiere.

En todos los pacientes se realizaron controles mensuales hasta la consolidación, considerando que ésta se había producido cuando se observó paso de trabéculas en ambas proyecciones radiológicas. La recuperación neurológica se valoró por la clínica y los controles electromiográficos trimestrales. La valoración funcional del hombro se realizó según la escala de Neer.

Resultados

En cuanto al sexo 133 eran varones y 106 mujeres, con una edad media de 52 años.

La etiología de la fractura fue traumática en 197 casos de los que hubo 63 politraumatizados, 24 fueron pseudoartrosis, 13 fracturas patológicas y cinco tumores primarios.

En 226 pacientes se hizo una reducción a cielo cerrado y en 13 a cielo abierto para la exéresis de tumores primarios y colocación de aloinjertos, reducción de fracturas y tratamiento de pseudoartrosis con aporte de injerto óseo autólogo.

Las fracturas cerradas fueron las más frecuentes, y hubo 9 fracturas abiertas de las cuales siete fueron del tipo I y dos del tipo III.

El trazo de fractura se localizó en el tercio medio en 123 casos, tercio proximal en 85, distal en 28 y con afectación proximal y media en 3 pacientes.



Figura 2. A: Pseudoartrosis hipertrófica de húmero producida tras enclavado endomedular con haz de Hackethal. B: Consolidación de la pseudoartrosis tras retirada de los clavos y osteosíntesis con clavo de Seidel.

Con respecto a los tipos de fractura según la clasificación AO, la más frecuente fue la fractura en dos partes con trazo espirodeo tipo AI (73) seguidas por

la AIII (64), BI (28), BII (27), CI (14), CIII (12), AII (9), BIII (3) y CII (3).

De las 24 pseudoartrosis intervenidas, 20 fueron del tipo atrófico y 4 hipertróficas (Fig. 2).

Se encontraron parálisis radiales preoperatorias en 17 pacientes y excepto una de ellas todas las demás se recuperaron espontáneamente, entre uno y tres meses después de la intervención.

Complicaciones quirúrgicas:

La entrada del clavo se realizó de forma correcta, a través del troquiter, en la mayor parte de los enclavados. En 21 pacientes se hizo excesivamente externa o a través del sulcus humeral produciéndose tres fracturas iatrogénicas, seis desplazamientos en varo de la fractura y una alta incidencia de molestias en el hombro.

El fresado se hizo de forma correcta en 235 pacientes. En dos casos de pseudoartrosis con hueso osteoporótico la fresa rompió una de las corticales de la diáfisis del húmero mientras que en dos fracturas por un fresado excesivo y excéntrico se produjo una fractura de la diáfisis y una fractura de la paleta humeral (Fig. 3).

La complicación técnica más frecuente, en 49 implantes, fue el bloqueo proximal. Los problemas derivados de la utilización de los tornillos fueron los más frecuentes (Fig. 4). Por errores de medición, los tornillos que se utilizaron fueron de longitud excesiva en 23 pacientes mientras que en otro paciente el tornillo que se emplazó fue corto. En 7 pacientes los tornillos no hicieron una presa adecuada bien por si-

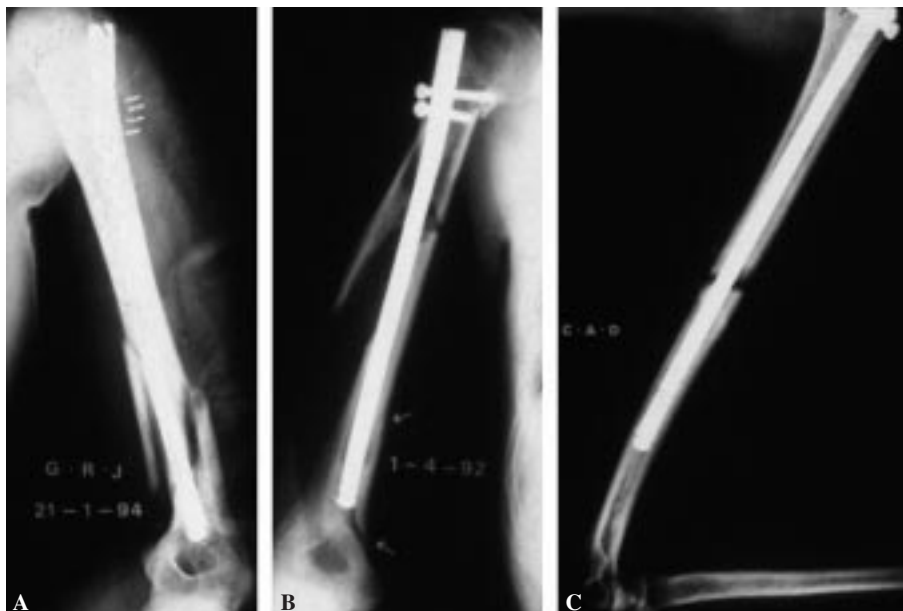


Figura 3. Diferentes complicaciones encontradas en el bloqueo distal. A: Protrusión del clavo en la fosita olecraniana tras osteosíntesis de una fractura muy distal. B: Fractura iatrogénica producida por la expansión de las aletas tras un fresado excesivo. C: Déficit de la expansión de las aletas por un canal medular estrecho.

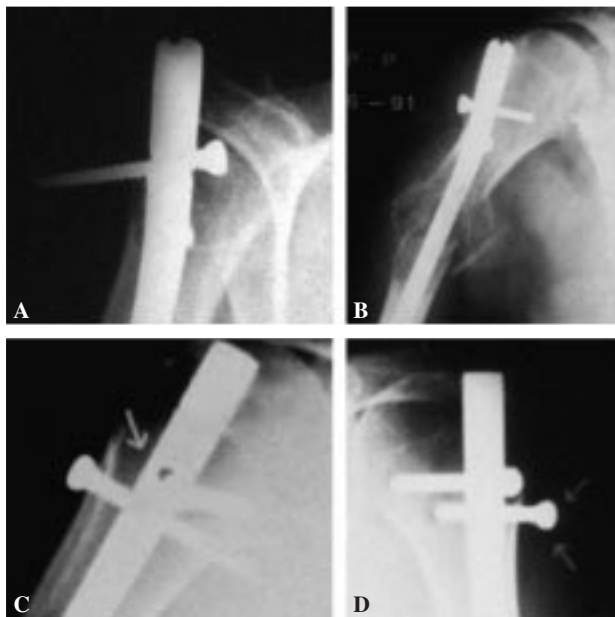


Figura 4. Diferentes complicaciones encontradas en el bloqueo proximal. A: Tornillo excesivamente largo. B: Tornillo corto. C: Tornillo por fuera del clavo. D: Tornillo flojo.

tuarse en el hueso esponjoso de la cabeza humeral o sobre un hueso osteoporótico. En 2 pacientes, por un fallo de la guía de bloqueo proximal, el tornillo se implantó fuera del clavo mientras que en otros dos no pudieron colocarse. En 8 casos de las complicaciones se asociaron varias previas.

Los problemas de bloqueo distal fueron menos frecuentes (32 implantes). En 11 casos el anclaje del clavo en el fragmento distal fue insuficiente al no sobrepasar 5 cm el foco de fractura debido a que en 9 casos la fractura era muy distal mientras que en dos el clavo que se colocó fue excesivamente corto (fig. 5). En dos pacientes, al tratarse de fracturas muy distales, se produjo un paso excesivo del clavo encontrándose la punta del mismo en la fosita olecraniana con la consiguiente limitación para la movilidad del codo. En 16 pacientes la compresión de las aletas sobre el endostio fue insuficiente debido a fracturas iatrogénicas en 9 casos, por tratarse de un canal medular estrecho en seis y por desconocimiento técnico en uno de ellos (Fig. 4).

Se encontraron infecciones postoperatorias superficiales en 4 pacientes que curaron con desbridamiento y antibioterapia adecuada.

Parálisis radial postoperatoria se encontró en 2 pacientes que se resolvieron espontáneamente en un plazo de tres meses

En 24 pacientes se encontraron protrusiones proximales del clavo por encima de la cortical del troquíter. En la mayor parte de estos pacientes, tras la

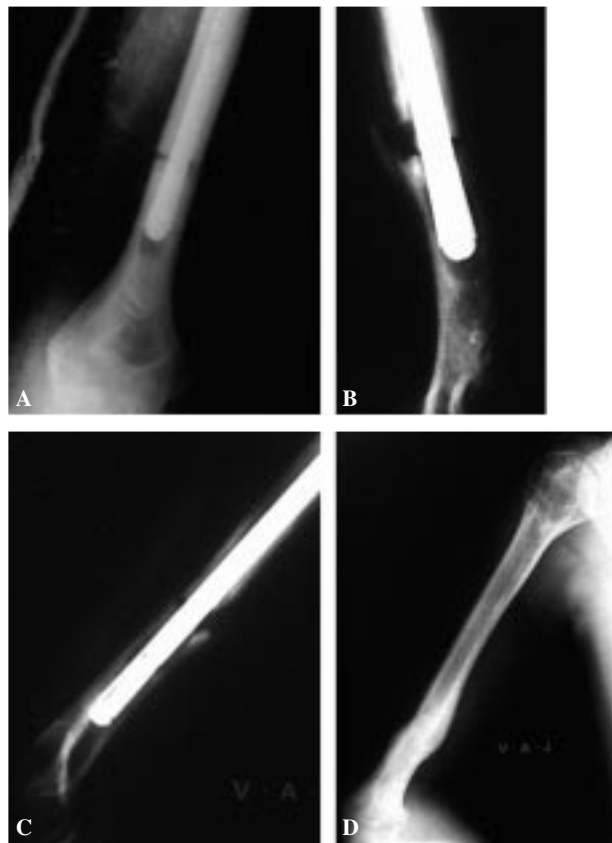


Figura 5. A: Paciente intervenido de fractura de húmero realizándose osteosíntesis con un clavo excesivamente corto. B: Pseudoartrosis provocada por la inestabilidad del implante. C: Recambio por un clavo de longitud adecuada. D: Imagen de la consolidación tras la retirada del implante.

consolidación de la fractura, se retiró el implante por problemas de movilidad del hombro.

Se encontraron acortamientos inferiores a 1 cm en 15 pacientes.

En 54 pacientes en los que existían dudas en cuanto a la estabilidad de la síntesis, se colocó un yeso funcional suplementario durante un periodo medio de 60 días.

Tras la consolidación de la fractura, se extrajeron 34 clavos, la mayor parte por conflictos subacromiales debido a la excesiva longitud de los implantes.

Se obtuvieron 230 consolidaciones en un tiempo medio de 3 meses aunque 9 casos acabaron en pseudoartrosis (Fig. 3), de las cuales cuatro fueron pseudoartrosis previas que no se resolvieron, dos fracturas por traumatismos y tres casos de lesiones tumorales en las que se colocaron aloinjertos.

Se realizó la valoración funcional de la movilidad del hombro según la escala de Neer obteniendo una función buena/excelente en 87,3% de los casos. En el resto la calificación mejoró tras la retirada del implante y posterior rehabilitación.

Discusión

Las contraindicaciones para el uso del yeso funcional incluyen:⁷¹ Lesión importante de partes blandas o pérdida ósea, pacientes no cooperadores e imposibilidad de reducción de la fractura a cielo cerrado.

Los resultados del tratamiento con el yeso funcional son muy satisfactorios^{16,74,90,104} y en la actualidad, es el tratamiento de primera elección de las fracturas cerradas de la diáfisis del húmero. Antes de iniciar un tratamiento conservador es muy importante que el paciente acepte que puede quedar como secuela una deformidad cosmética y que es necesario un seguimiento estricto de la lesión sobre todo durante las primeras semanas.

Para la fijación de las fracturas de la diáfisis del húmero, la osteosíntesis con placa y tornillos es el método quirúrgico más empleado en la actualidad. Esta técnica tiene las ventajas derivadas de una exacta reducción de los fragmentos y la consiguiente consolidación «per primam» de la fractura. El abordaje evita la lesión del manguito rotador y al tratarse de una técnica a cielo abierto permite la exploración de las lesiones de partes blandas asociadas.

Sin embargo, su utilización presenta una larga lista de inconvenientes entre los que se enumeran,^{54,63} la amplia disección de las partes blandas, el mayor tiempo de cirugía y aumento del sangrado intra y postoperatorio. La disección extensa, lesiona la vascularización perióstica lo que es especialmente grave en fracturas que presentan «per se» una extensa lesión vascular como son las fracturas conminutas.

Por el riesgo de ruptura o desmontaje del implante al ser un implante excéntrico y extraóseo, no es aconsejable la carga sobre la extremidad hasta que la fractura no haya consolidado, lo que impide la utilización de muletas en el paciente politraumatizado.

En determinados abordajes es necesario una amplia exposición y liberación del nervio radial con riesgo de lesión yatrogénica del mismo.

En fracturas con importante conminución o pacientes con huesos osteoporóticos o patológicos, pueden encontrarse problemas para la reducción exacta de la fractura y para el correcto agarre de los tornillos. Dependiendo del tipo de fractura, puede ser necesario el aporte de injerto autólogo con lo que se aumenta la morbilidad peroperatoria. La retirada de la placa después de la consolidación supone un riesgo importante de lesión neurológica y existe la posibilidad de refractura.⁶⁷ La incidencia de pseudoartrosis y de osteomielitis es mayor tras osteosíntesis con placa que con enclavado endomedular.^{35,46,65,92,97}

El enclavado endomedular de los huesos largos por ser una técnica a cielo cerrado disminuye el san-

grado, los riesgos de infección² y de lesión neurológica.²⁴ Con el uso de clavos endomedulares se evita la osteopenia cortical por debajo de la placa. La técnica del enclavado endomedular técnicamente es más fácil que la síntesis a cielo abierto, lo que acorta el tiempo de anestesia y de cirugía. La intervención lesiona mínimamente los músculos y los ligamentos y permite la movilización precoz de las articulaciones evitándose así el desarrollo de adherencias.^{9,13} La refractura después de la retirada del implante es excepcional.²⁰

Como inconvenientes se señala la lesión de la circulación endóstica, la radiación intraoperatoria y los problemas derivados de la vía de abordaje.

Básicamente existen dos tipos de implantes los clavos flexibles y los clavos encerrojados.

Los clavos flexibles se basan en la estabilidad producida por la fijación en tres puntos en el canal medular. Se necesitan dos o más clavos para obtener una estabilidad adecuada siendo recomendable rellenar la cavidad medular con el mayor número de clavos posibles.^{96,100}

Los clavos flexibles, clavos de Rush,⁸⁷ de Ender y de Hackethal⁴⁵ presentan una tasa de unión aceptable con bajas tasas de infección. Estos implantes tienen las ventajas derivadas de una técnica atraumática a cielo cerrado. Debido a la flexibilidad del implante, existe una pequeña movilidad controlada en el foco de fractura lo que estimula la formación de un callo externo y una rápida consolidación de las fracturas. Los clavos flexibles son relativamente fáciles de introducir y proporcionan estabilidad en fracturas de trazo simple. El enclavado de Hackethal permite, a través de un enclavado retrógrado, la síntesis mediante varias agujas de las fracturas muy proximales a la cabeza humeral. Sin embargo, los clavos flexibles, no controlan los efectos de la gravedad y proporcionan una débil estabilidad en rotación (fig. 1) por lo que suele ser necesario la colocación de un soporte externo.

El clavo de Seidel⁹⁴ deriva del clavo de Küntschner, se trata de un implante adaptado al canal del húmero. Se trata de una técnica operatoria fiable y corta con poca exposición a la radiación. Proporciona una estabilidad funcional inmediata. Tras la consolidación, el implante es de fácil retirada evitándose el riesgo de refractura.

El clavo de Seidel es un clavo hueco sin hendidura, de acero inoxidable y de diámetro de 7 a 9 mm. Su longitud varía de 140 a 320 mm. El bloqueo proximal se realiza por dos tornillos autorroscantes de 4,5 mm de diámetro. Los dos tornillos son perpendiculares uno sagital y otro frontal. El nuevo clavo de Seidel presenta un tercer tornillo que permite fijar en

la zona lateral del implante una placa en forma de patas de araña, indicada en fracturas muy proximales o en casos de pobre calidad ósea.

El bloqueo distal se efectúa por tres aletas de 2,5 cm de altura que se expanden por una oliva que se aprieta con un destornillador introducido a través del clavo.

El enclavado endomedular de húmero supone una alternativa dentro de los diferentes tipos de tratamiento quirúrgico. Su utilización supone un correcto conocimiento del instrumental y una exquisita técnica para evitar las graves complicaciones que pueden encontrarse.

Los problemas técnicos más frecuentes son los derivadas del bloqueo proximal que aunque no repercuten en la consolidación final, suponen el recambio de los tornillos o su retirada. Estos problemas técnicos derivan del hecho que en los primeros implantes utilizados las guías y el medidor no eran todo lo exactas que cabría esperar. La aparición de un nuevo instrumental más exacto permitirá minimizar dichas complicaciones.

Los problemas del bloqueo distal pueden explicarse porque durante algunos años únicamente se disponía de clavos de 9 mm de diámetro que obligaban a un fresado excesivo del canal medular con el riesgo subsiguiente de fracturas yatrogénicas. El grosor excesivo del implante provocaba que en los

pacientes con canal medular estrecho la expansión de las aletas fuera insuficiente con la subsiguiente pérdida del mecanismo de bloqueo. En la actualidad se dispone de clavos más finos (7 mm) con lo que cabe esperar una disminución de estas complicaciones.

La mayor incidencia de conflictos subacromiales se encontraron en aquellos casos en los que el clavo no se introdujo por debajo de la cortical del troquíter o cuando desarrollaron calcificaciones. El seguimiento estricto de la técnica y el lavado exhaustivo de la puerta de entrada son factores que disminuyen estos riesgos.

En nuestra experiencia, el enclavado endomedular de húmero con clavo de Seidel ha permitido el tratamiento de fracturas, patología tumoral y pseudoartrosis con una tasa de consolidación del 96,2% y buenos resultados en cuanto a la función del hombro. Estos resultados son semejantes a los de otros autores;^{8,84,88,94} siendo la mayor parte de las complicaciones encontradas^{3,79,81} debidas a errores técnicos y de aprendizaje.

Agradecimiento

Al Dr. Juan Carlos Sáez Garrido del servicio de biomecánica por su inestimable ayuda en la obtención de la iconografía.

Bibliografía

1. **Amillo, S; Barrios, RH; Martínez-Peric, R, y Losada, JI:** Surgical treatment of the radial nerve lesions associated with fractures of the humerus. *J Orthop Trauma*, 7: 211-215, 1993.
2. **André, S, y Feuilhade de Chauvin, P:** Les fractures de la diaphyse humérale de l'adulte. Comparisons du traitement orthopédique et des traitements chirurgicaux. A propos de 252 cas. *Rev Chir Orthop*, 70: 49-61, 1984.
3. **Babin, SR:** Les fractures récentes de la diaphyse humérale de l'adulte. Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT. Expansion Scientifique Française.
4. **Bago Granel, J; Collado Fábregas, F, y Nardi Viladarga, J:** Tratamiento de las fracturas diafisarias de húmero con el enclavado endomedular de Küntscher. *Rev Ortop Traumatol*, 30: 425-431, 1986.
5. **Bialecki, P, y Gusta, A:** Niepowodzenia w leczeniu czynnościowym złamania kości ramiennej u dorosłych: *Chir Narządow Ruchu Ortop Pol*, 60: 5-8, 1995.
6. **Bircher, JL:** Complications following fractures. *Reconstr Surg Tramadol*, 16: 499-502, 1985.
7. **Bleeker, WA; Nijsten, MWN y Duis, HJ:** Treatment of humeral shaft fractures related to associated injuries. *Act Orthop. Scand*, 62: 148-153, 1991.
8. **Blum, J; Rommens, PM; Janzing, H, y Langendorff, HS:** Retrograde Nagelung von Humerusschaftfrakturen mit dem UHN. Eine internationale multizentrische Studie. *Unfallchirurg*, 101: 342-352, 1998.
9. **Bohler, J:** Closed Intramedullary nailing of the femur. *Clin Orthop*, 60: 51-67, 1968.
10. **Bostman, O; Bakalim, G; Vainionpaa, S, y cols:** Immediate radial nerve palsy complicating fracture of the shaft of the humerus: When is early exploration justified? *Injury* 16: 409-502, 1985.
11. **Brien, WW; Gellman, H y Becker, V:** Management of fractures of the humerus in patients who have an injury of the ipsilateral brachial plexus. *J Bone Joint Surg*, 72-A: 1208-1210, 1990.
12. **Brumback, RJ; Bosse, MJ; Poka, A, y Burgess, AR:** Intramedullary stabilization of humeral shaft fractures in patients with multiple trauma. *J Bone Joint Surg*, 68 A: 960-970, 1986.
13. **Buchholz, RW:** Dilemmas and Controversies in Intramedullary Nailing. En: Browner BD, Edwards, CC, eds. The Science and Practice of Intramedullary Nailing. Philadelphia: Lea & Febiger, 85-89, 1987.
14. **Burny, F; Hinsenkamp, M, y Donkerwolcke, M:** External fixation of the fractures of the humerus. Analysis of 100 cases. 7^{émes} Journées Internationales: la Fixation Extérieure d'Hoffmann. Montpellier 1980, Diffinco SA Pub., Geneve, 191-202, 1980.

15. **Caldwell, JA:** Treatment of fractures of the shaft of the humerus by hanging cast. *Surg Gyneol Obstet*, 421-425, 1940.
16. **Camden, P, y Nade, S:** Fracture bracing the humerus. *Injury* 23: 245-248, 1992.
17. **Campbell, WC:** Ununited fractures of the shaft of the humerus. *Ann Surg*, 105: 135-149, 1937.
18. **Casteliro González, R, y Sologaitua Cendoya, E:** Análisis del haz de Hackethal. *Rev Ortop Traumatol*, 30: 43-51, 1986.
19. **Chapman, MW:** Principles of Intramedullary Nailing. En: Chapman MW, ed. Operative Orthopaedics. Philadelphia: *J B Lippincott*, 151-160, 1988.
20. **Chapman, NW, y Mahoney, M:** The role of internal fixation in the management of open fractures. *Clin Orthop*, 138: 120-131, 1979.
21. **Christensen, S:** Humeral shaft fractures: operative and conservative treatment. *Act Chir Scand*, 133: 455-462, 1967.
22. **Cynic, IF; Meier, L, y Hollander, A:** Humeral mobility after treatment with hanging cast. *J Trauma*, 31: 230, 1991.
23. **Comarr, AE, y Hutchinson, RH:** Bors: Extremity fractures of patients with spinal cord injuries. *Am J Surg*, 103: 732-739, 1962.
24. **D'Ythurbide, B, y Augereau, B:** Enclouage centro-médullaire par voie haute de fractures récentes de la diaphyse humérale. *Int Orthop*, 7: 195-203, 1983.
25. **Dabezies, EJ; Banta, CJII; Murphy, CP, y D'Ambrosia RD:** Plate fixation of humeral shaft for acute fractures, with and without radial nerve injuries. *J Orthop Trauma*, 6: 10-13, 1992.
26. **Dalton, JE; Salkeld, SL; Satterwhite, YE, y Cook, SD:** A biomechanical comparison of intramedullary nailing systems for the humerus. *J Orthop Trauma*, 7: 367-374, 1993.
27. **Durbin, RA.;Gottesman, MJ, y Saunders, KC:** Hackethal stacked nailing of humeral shaft fractures. Experience with 30 patients. *Clin Orthop*, 179: 168-174, 1983.
28. **Edwards, P, y Kurth, L:** Postoperative radial nerve paralysis caused by fracture callus. *J Orthop Trauma*, 6: 234-236, 1992.
29. **Epps, CH Jr, y Grant, RE:** Fractures of the Shaft of the Humerus. En: Rockwood CA, Green DP, Bucholz RW, eds. Fractures in Adults. 3rd ed. Philadelphia: *JB Lippincott*, 843-869, 1991.
30. **Evans, PD; Conboy, VBL, y Evans, EJ:** The Seidel humeral locking nail: an anatomical study of the complications from locking screws. *Injury*, 24: 175-176, 1993.
31. **Fenyo, G:** On fractures of the shaft of the humerus. A review covering a 12-year period with special consideration of the surgical treated cases. *Acta Chir Scand*, 137: 221-226, 1971.
32. **Fife, D, y Barancik, JI:** Northeastern Ohio trauma study: III. Incidence of fractures. *Ann Emerg Med* 14: 244-248, 1985.
33. **Foster, RJ; Dixon, GL; Bach, AW; Appleyard, RW, y Green, TM:** Internal fixation of fractures and non-unions of the humeral shaft: Indications and results in a multi-center study. *J Bone Joint Surg*, 67A: 857-864, 1985.
34. **Foster, RJ; Swiontkowski, MF; Bach, AW, y Sack, JT:** radial nerve palsy caused by open humeral shaft fractures. *J Hand Surg*, 18A: 121-124, 1993.
35. **Foster, RJ; Dixon, GL Jr; Bach, AW, y Appleyard R:** Internal fixation of humeral shaft lesions. Indications and results. *Orthop Trans*, 7: 69-73, 1983.
36. **Gainor, BJ, y Metzler, M:** Humeral shaft fracture with brachial artery injury. *Clin Orthop*, 204: 154-161, 1986.
37. **García, A, y Maeck, B:** Radial nerve injuries in fractures of the shaft of the humerus. *Ann J Surg*, 99: 625-627, 1960.
38. **García Julve, JG:** Cirugía paliativa de la parálisis radial. *Rev Ortop Traumatol*, 36 (supl 2): 57-62, 1992.
39. **Garland, DE, y Waters, RL:** Extremity fractures in head injured adults. En: Meyers MH, ed. The multiply injured patient with complex fractures. Philadelphia: *Lea and Febiger*, 134-141, 1984.
40. **Gayet, LE; Muller, A, y Pries, P:** Fractures de la diaphyse humérale: place de l'embrocage fasciculé selon Hackethal. A propos de 129 cas. *Rev Chir Orthop*, 78 13-22, 1992.
41. **Green, SA:** Complications of External Skeletal Fixation. En: Uththoft HK, ed. Current Concepts of External Fixation. Heidelberg: *Springer-Verlag*, 43-52; 1982.
42. **Gregersen, HN:** Fractures of the humerus from muscular violence. *Act Orthop Scand*, 42: 506-512, 1971.
43. **Gustilo, RB; Mendoza, RM, y Williams, DN:** Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma*, 24: 742-748, 1984.
44. **Gutiérrez Carbonel, P; Montosa, JC; Lizaur, AY, y Hernández, A:** Tratamiento funcional de las fracturas diafisarias del húmero. *Rev Ortop Traumatol*, 33: 612-616, 1989.
45. **Hackethal, KH:** Die Bündel-Nagelung. Berlin: *Springer*, 1961.
46. **Hall, RF, y Pakovich, AM:** Ender nailing of acute fractures of the humerus. A study of closed fixation by intramedullary nails without reaming. *J Bone Joint Surg*, 69A: 558-567, 1987.
47. **Hall, RF, y Pankovic, AM:** Ender nailing of acute fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg*, 69-A, 558-567, 1987.
48. **Hall, RF:** Flexible intramedullary nailing of long bones: Part G: Closed intramedullary fixation of humeral shaft fractures ICL 1987 Chapter 20 Part G.
49. **Hansen, ST, Jr:** Concomitant Fractures of long bones. En: Meyers MH, ed. The multiply injured patient with complex fractures. Philadelphia: *Lea and Feiberg*, 401-410, 1984.
50. **Henley, MB; Chapman, JR, y Claudi, BF:** Closed retrograde Hackethal nail stabilization of humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma*, 6: 18-24, 1992.
51. **Hergoz, T; Hoffmann, A, y Link, W:** Die Bündelnagelung als Ausnahmeindikation bei pathologischen Oberarmfrakturen. *Unfallchir*, 92, 64-67. 1989.
52. **Holstein, A, y Lewis, G:** Fractures of the humerus with radial nerve paralysis. *J Bone Joint Surg*, 45 A: 1382-1388, 1963.
53. **Ingman, AM, y Waters, DA:** Locked intramedullary nailing of humeral shaft fractures. Implant design, surgical technique, and clinical results. *J Bone Joint Surg*, 76-B: 23-29, 1994.
54. **Johansson, O:** Complications and failures of surgery in various fractures of the humerus. *Acta Chir Scandinavica*, 120: 469-478, 1961.
55. **Jupiter, JB:** Complex non-union of the humeral diaphysis: Treatment with a medial approach,

56. **Kettlekamp, DB, y Alexander, H:** Clinical Review of Radial Nerve Injury. *J Trauma*, 7: 424-432, 1967.
57. **Kim, DD; Sadr, B, y Grant, RE:** Comminuted bilateral humeral fractures treated with interlocking humeral nails: A case report. *Contemp. Orthop*, 23: 607-611, 1991.
58. **Klenerman, L:** Experimental fractures of the adult humerus. *Med Biol Eng*, 7: 357-364, 1969.
59. **Klenerman, L:** Fractures of the shaft of the humerus. *J Bone Joint Surg*, 48-B: 105-111, 1966.
60. **Küntschner, G:** Intramedullary surgical technique and its place in orthopaedic surgery- my present concept. *J Bone Joint Surg*, 47: 808, 1965.
61. **Laing, P:** The arterial supply of the adult humerus. *J Bone Joint Surg* 38 A: 1105, 1956.
62. **Lambotte, A:** Le traitement des fractures. Paris: *Masson*, 1907.
63. **Mast, JW; Spiegel, PG; Harvey, JP, Jr, y Harrison Carol:** Fractures of the humeral shaft. A retrospective study of 240 adult fractures. *Clin Orthop*, 112: 254-262, 1975.
64. **McKee, MD; Miranda, MA; Riemer, BL; Blasier, RB; Redmond, BJ; Sims, SH; Waddell, JP, y Jupiter-JB:** Management of humeral non-union after the failure of locking intramedullary nails. *J Orthop Trauma* ; 11: 238-239, 1997
65. **Meeks, R; Vivoda, E, y Creighton, A:** Comparison of mortality in multiply injured patients according to, the type of fracture pattern. Read at the annual meeting of the Canadian orthopaedic association, Calgary, Alberta, June 9, 1980.
66. **Mourgues, G; Fischer, LP; Gillet, JP, y Carret JP:** Fractures récentes de la diaphyse humérale. A propos d'une série continue de 200 observations dont 107 traitées uniquement par platre pendant. *Rev Chir Orthop*, 61: 191-207, 1975.
67. **Muhr, G; Tscherne, H, y Zech, G:** Konservative oder operative behandlung der oberarmschaftbrüche. *Monatsschr Unfallheilk*, 76: 128, 1973.
68. **Müller, ME., Nazarian, S; Koch, P, y Schatzker, J:** The comprehensive classification of fractures of long bones. Berlin: *Springer-Verlag*, 1990.
69. **Muñoz Berenguer, JA, López López, JM; Gómez Navalón, LA, y Salido Valle, JA:** Enclavado de Hackethal asociado a tratamiento funcional en las fracturas diafisarias del húmero. *Rev Ortop Traumatol*, 41: 244-246, 1997.
70. **Murh G, Tscherne, H, y Zech, G:** Konservative oder operative Behandlung der Oberarmschaftbrüche. *Mschr. Unfallheilk*, 76: 128, 1973.
71. **Naver, L, y Aalberg, JR:** Humeral shaft fractures treated with a ready-made fracture brace. *Arch Orthop Trauma Surg*, 106: 20-22, 1986.
72. **Noack, W, y Rottinger, H:** Indirect humerus fracture in sports. *Sportverletz-Sportschaden*, 4: 50-52, 1990.
73. **Peren, S:** The biomechanics and biology of internal fixation using plates and nails. *Orthopedics*, 12: 21-34, 1989.
74. **Peter, AW; Ostermann, MD, y Gilsings T:** Functional Bracing of Shaft Fractures of the Humerus: An Analysis of 195 Cases. American Academy of Orthopaedic Surgeons. Annual Meeting. Scientific Program, 1993.
75. **Peter, RE; Hoffmeyer, P, y Henley, MB:** Treatment of humeral diaphysal fractures with Hackethal stacked nailing: A report of 33 cases. *J Orthop Trauma*, 6: 14-17, 1992.
76. **Pollock, FH, Drake, D, y Brill, EG:** Treatment of radial neuropathy associated with fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg*, 63-A: 239-243, 1981.
77. **Reimer, BL, y D'Ambrosia, R:** The risk of injury to the axillary's nerve, artery, and vein from proximal locking screws of intramedullary nails. *Orthopedics*, 15: 697-699, 1992.
78. **Riemer, BL, y Burke, CJ:** Risk to the shoulder as an entry portal for anterograde intramedullary nailing of the humeral diaphysis. American Academy of Orthopaedic Surgeons. *Annual Meeting*, 1993.
79. **Riemer, BL; Foglesong, ME; Burke, CJ III, y Butterfield, SL:** Complications of Seidel intramedullary nailing of narrow diameter humeral diaphyseal fractures. *Orthopedics* 17: 19-29, 1994.
80. **Riemer, BL:** Intramedullary nailing of the humerus. En: Brownner BD, ed. The science and practice on intramedullary nailing. 2nd ed. *Williams-Wilkins*, 241-263, 1996.
81. **Robinson, CM; Bell, DM; Court-Brown, CM, y McQueen, MNM:** Locked nailing of humeral shaft fractures. Experience in Edinburgh over a two-year period. *J Bone Joint Surg*, 74B: 558-562, 1992.
82. **Rogers, JF; Bennett, J, y Tullos, HS:** Management of concomitant ipsilateral fractures of the humerus and forearm. *J Bone and Joint Surg*, 66-A: 552-556, 1984.
83. **Rose, SH:** Epidemiological features of humeral fractures. *Clin Orthop*, 168: 24-30 1982.
84. **Ruf, W, y Pauly, E:** Zur Problematik der Humerusverriegelungsnagelung. *SO: Unfallchirurg*, 96: 323-328, 1993.
85. **Rupp, RE; Chrissos, MG, y Ebraheim, NA:** The risk of neurovascular injury with distal locking screws of humeral intramedullary nails. *Orthopedics*, 19: 593-595, 1996.
86. **Rupp, RE; Chrissos, MG, y Ebraheim, NA:** The risk of neurovascular injury with distal locking screws of humeral intramedullary nails Comment in: *Orthopedics*, 19: 926-927, 1996.
87. **Rush, LV, y Rush, HC:** Intramedullary fixation of fractures of the humerus by longitudinal pin. *Surgery*, 27: 268-271, 1950.
88. **Russell, TA; Simard, J, y Taylor, JC:** Interlocking intramedullary nailing of humeral shaft fractures. *Orthop Trans*, 16: 1219-1223, 1993.
89. **Russell, TA; Simard, J, y Taylor, JC:** Interlocking intramedullary nailing of humeral shaft fractures. *Orthop Trans*, 16: 334-338, 1992.
90. **Sarmiento, A, y Latta, LL:** Closed functional treatment o fractures. Berlin: *Springer*, 497, 1981.
91. **Schatzker, J:** Fractures of the Humerus. En: Schatzker J, and Tile M, eds. The rationale of operative fracture care. New York: *Springer-Verlag*, 61-70, 1987.
92. **Schweiberer, L; Betz, A; Krüger, P, y Wilker, D:** Bilanz der Konservativen und operativen Knochenbehandlung-obere extremität. *Chirurg*, 54: 226, 1982.
93. Scientific Research Committee, Pennsylvania Orthopaedic Society: Fresh midshaft fractures of the Humerus in Adults. *Penn Med J*, 62: 848-850, 1959.

94. **Seidel, H:** Humeral locking nail - a preliminary report. *Orthopedic*, 12: 129, 1989.
95. **Shaw, JH,** y **Sake-Larides HT:** Radial nerve paralysis associated with fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg*, 49A: 899-902, 1967.
96. **Stern, PJ; Mattingly, DA,** y **Pomeroy, DL:** Intramedullary fixation of humeral shaft fractures. *J. Bone Joint Surg*; 66A: 639-646, 1984.
97. **Stern, PJ; Zenni, EJ; Krieg, JK; Mattingly, DA,** y **Pomeroy, DL:** Complications of the open treatment of humeral shaft fractures. *Orthop Trans*, 7: 516-520, 1983.
98. **Stewart, MJ; Hundley, JM:** Fractures of the Humerus: a comparative study in methods of treatment. *J Bone Joint Surg*, 37A: 681-692, 1955.
99. **Ward, WG,** y **Nunley, JA:** Occult orthopaedic trauma in the multiply injured patient. *J Orthop Trauma* 5: 308-312, 1991.
100. **Wesely, MS, Barenfeld, PA,** y **Eisenstein, AL:** Rush pin intramedullary fixation for fractures of the proximal humerus. *J Trauma*, 1: 29-37, 1977.
101. **White, R,** y **Ward, EF:** Küntscher nailing of humerus. En: Seligson D, ed. Concepts in intramedullary nailing. Philadelphia: *Lea and Feiberg*, 319-323, 1987.
102. **Winfield, JM; Miller, H,** y **LaFerte, AD:** Evaluation of the «Hanging Cast» as a method of treating fractures of humerus. *Am J Surg*, 55: 228-249, 1942.
103. **Yokoyama, K; Itoman, M; Kobayashi, A; Shindo, M,** y **Futami T:** Functional outcomes of «floating elbow» injuries in adult patients. *J Orthop Trauma*, 12: 284-290, 1998.
104. **Zagorski, JB,** y **Zych, G:** Modern concepts in functional fracture bracing: the upper limb. icl 1987 Chapter 24.