

Prótesis de hombro tras fractura de húmero proximal. Indicaciones, técnica quirúrgica y resultados.

V. ESTREMS DÍAZ, A. BRU POMER.

SERVICIO DE CIRUGÍA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA. CONSORCIO HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO DE VALENCIA.

Resumen. Las fracturas de húmero proximal suponen el 5% de todas las fracturas. La mayoría pueden ser tratadas de forma conservadora, sin embargo, el manejo de las fracturas desplazadas o complejas resulta controvertido. La hemiartroplastia está indicada en fracturas en tres y cuatro fragmentos de húmero proximal en ancianos con baja densidad ósea y en aquellas fracturas no susceptibles de tratamiento con osteosíntesis. Proporciona un buen control del dolor tras la fractura, sin embargo, los resultados funcionales son pobres si no se consigue una reparación anatómica de las tuberosidades. Respecto a la hemiartroplastia, la prótesis total inversa de hombro obtiene resultados funcionales más predecibles en términos de abducción, elevación anterior y alivio del dolor, sin embargo, presenta una tasa de complicaciones elevada y sus resultados a largo plazo son desconocidos.

Shoulder arthroplasty after proximal humerus fracture. Indications, surgical technique and results.

Summary. Proximal humeral fractures account for 5% of all fractures. Although the majority can be managed non-operatively, the optimal treatment of displaced or complex fractures remains controversial. Hemiarthroplasty is indicated for three and four-part proximal humeral fractures in elderly patients with poor bone stock and fractures in which internal fixation is difficult or unreliable. Hemiarthroplasty provides patients with reliable pain relief. However, functional results are poor if anatomical repair of the tuberosities is not achieved. Reverse total shoulder prosthesis provides more predictable functional outcomes in terms of abduction, anterior elevation and pain relief, but has a high rate of complications and its long-term results are unknown.

Correspondencia:

V Estrem Díaz

Consortio Hospital General Universitario de Valencia.

Avda. Tres cruces, 2.

46014 Valencia.

Introducción

Las fracturas de húmero proximal suponen aproximadamente el 5% de todas las fracturas¹. Su incidencia aumenta con la edad, alcanzando su pico máximo en la octava década de vida^{1,2}.

Entre el 50% y el 80% son fracturas mínimamente desplazadas y pueden tratarse sin necesidad de una intervención quirúrgica, obteniendo resultados clínicos satisfactorios y tasas de consolidación cercanas al 100%³⁻⁵. Sin embargo, el manejo de las fracturas desplazadas o conminutas despierta una gran controversia. No hay una clara evidencia de que el tratamiento qui-

rúrgico sea mejor que el conservador para la mayoría de las fracturas desplazadas^{6,7}, excepto en las fracturas en cuatro fragmentos, donde el tratamiento no quirúrgico puede acarrear hasta un 48% de complicaciones^{5,8}. Varios estudios recientes demuestran que la tendencia actual es aumentar el porcentaje de pacientes tratados quirúrgicamente, especialmente pacientes jóvenes con fracturas desplazadas o aquellos de edad avanzada, pero con vida activa⁹⁻¹¹.

El amplio espectro de tratamientos quirúrgicos disponibles incluye desde procedimientos de preservación de la cabeza humeral como la fijación percutánea con agujas, la osteosíntesis con placa y el enclavado endomedular a aquellos de sustitución articular como la hemiartroplastia o la artroplastia total inversa de hombro. De nuevo tampoco hay evidencia de que algún tipo de implante obtenga resultados clínicos claramente superiores a otros^{6,12}. La elección de la técnica quirúrgica se basará en cuatro factores clave: edad, calidad ósea,

patrón de fractura y tiempo de evolución de la lesión¹³. En pacientes jóvenes (< 65 años) con buen stock óseo se debe considerar como primera opción la osteosíntesis, aunque existan criterios radiográficos para pensar que la cabeza humeral está isquémica; pues trabajos recientes concluyen que la perfusión inicial no se correlaciona con el desarrollo de necrosis avascular y colapso articular a medio plazo¹⁴. El uso de la artroplastia queda reservado a fracturas que se presenten como irreconstruibles, fracturas con impactación de más del 40% de la superficie articular y en pacientes con una osteoporosis moderada o avanzada que puede comprometer las técnicas de fijación mediante osteosíntesis¹⁵⁻¹⁷. En el presente estudio se discutirán las indicaciones actuales, técnica quirúrgica, resultados y complicaciones de la hemiarthroplastia y la artroplastia total inversa de hombro (ATIH) como tratamiento de fracturas agudas del húmero proximal.

Hemiarthroplastia

Neer introdujo y posteriormente generalizó el uso de la hemiarthroplastia como tratamiento de las fracturas agudas de húmero proximal, publicando un 98% de resultados satisfactorios o excelentes^{18,19}. Este procedimiento proporciona estabilidad inmediata y un alivio predecible del dolor tras la cirugía. Sin embargo, su capacidad para restaurar la biomecánica normal y la función del hombro está en debate²⁰.

Indicaciones: Las indicaciones de la hemiarthroplastia incluyen fracturas desplazadas en tres y cuatro fragmentos (según la clasificación de Neer) no susceptibles de tratamiento con reducción abierta y fijación interna, fracturas-luxaciones, fracturas con fragmentación de la cabeza humeral, consolidación viciosa, pseudoartrosis, fracaso del material de osteosíntesis u osteonecrosis de la cabeza humeral tras una osteosíntesis²¹. Los pacientes de edad superior a los 70 años son candidatos a hemiarthroplastia, aunque es importante tener en cuenta que la edad cronológica no constituye una indicación en sí misma^{22,23}.

Consideraciones técnicas: Tres aspectos fundamentales de la técnica quirúrgica influyen sobre los resultados funcionales tras hemiarthroplastia: *altura del componente humeral, orientación del mismo y reconstrucción de las tuberosidades*²¹.

Aumentos de longitud del miembro por encima de 10 mm pueden producir el desprendimiento de las tuberosidades, insuficiencia del manguito rotador, así como, la migración proximal de la prótesis y choque con el arco acromial²⁴. El acortamiento humeral es mejor tolerado clínicamente, no produciéndose alteraciones significativas de los resultados funcionales con acortamientos de hasta 15 mm^{24,25}. La altura correcta del componente humeral puede estimarse intraoperatoriamente, utilizando la posición en la que las tuberosidades mayor y menor se reduzcan de forma anatómica y sin tensión. Otros autores utilizan como referencia la

distancia entre la parte superior del tendón del pectoral mayor y el límite superior de la cabeza protésica, que es de media 5,6 cm²⁶. Krishnan y cols. introdujeron el concepto de “*restauración del arco gótico*” como medio para establecer la altura correcta de la prótesis mediante el restablecimiento de una línea imaginaria que sigue el contorno de la cortical medial del húmero, parte inferior de la cabeza protésica y borde lateral de la escápula²³.

En segundo lugar, una excesiva retroversión de la prótesis incrementa el riesgo de luxación gleno-humeral²⁷ y de pseudoartrosis de las tuberosidades²¹. Debería utilizarse una retroversión de entre 20° y 30°²⁸ con la que, en rotación neutra del miembro, la cabeza humeral quede enfrentada a la cavidad glenoidea.

Por último, la restauración de la función del manguito de los rotadores es indispensable para conseguir un arco de movilidad aceptable tras la implantación de una hemiarthroplastia. Por este motivo, la reconstrucción de las tuberosidades debe ser lo más anatómica posible^{24,29,30}. La reaproximación de las mismas sobre la prótesis debe llevarse a cabo mediante suturas horizontales alrededor del vástago y verticales a través de perforaciones practicadas en la diáfisis. La tuberosidad mayor debe quedar posicionada de 0,5 a 1 cm por debajo del límite superior de la cabeza protésica^{30,31}. Con el objetivo de proteger la reconstrucción realizada, la movilidad activa debe posponerse hasta que existan signos radiográficos de consolidación de las tuberosidades (aproximadamente 6 a 8 semanas tras la cirugía)^{17,21,28}. Trabajos recientes defienden que el uso de vástagos humerales específicos para fracturas o recubiertos de materiales con alta capacidad de osteointegración puede mejorar la tasa de consolidación de las tuberosidades³²⁻³⁴.

Complicaciones: La consolidación viciosa o pseudoartrosis de las tuberosidades y el ascenso de la cabeza protésica constituyen las principales complicaciones tras el tratamiento de una fractura de húmero proximal con hemiarthroplastia (Fig. 1). En un estudio a largo plazo Antuña y cols. detectaron que 13 de los 35 pacientes presentaban problemas relacionados con la consolidación de la tuberosidad mayor: en 9 casos se había producido una reabsorción de la misma, un caso presentaba pseudoartrosis y tres consolidación viciosa. Todos estos pacientes presentaban resultados funcionales pobres³⁵. En un meta-análisis de 810 hemiarthroplastias, los autores hallaron un 11,6% de incidencia de complicaciones relacionadas con la fijación y consolidación de las tuberosidades, un 8,8% de osificaciones heterotópicas, un 6,8% de migración proximal de la cabeza humeral y un 1,6% y 0,6% de infección superficial y profunda respectivamente²⁰. Pese a que algunos estudios a largo plazo describen una incidencia elevada de erosión glenoidea, esta suele ser bien tolerada y rara vez requiere revisión quirúrgica³⁵.



Figura 1. A: Fractura en 3 fragmentos de húmero proximal en paciente de 79 años. B: Control radiográfico 2 meses postquirúrgico. C: Reabsorción de la tuberosidad mayor y ascenso de la cabeza protésica tras 2 años de evolución. D: Resultados funcionales pobres.

Resultados: En términos generales, la hemiarthroplastia proporciona una mejoría completa o casi completa del dolor en el 60 a 90% de pacientes intervenidos por fractura aguda. Sin embargo, la recuperación del rango de movilidad y de la fuerza es menos predecible^{36,37}.

Algunos autores han observado buenos resultados funcionales en sus series, similares a los publicados inicialmente por Neer. Mighell y cols., en 2003, presentaron una serie de 72 fracturas complejas de húmero proximal tratadas mediante hemiarthroplastia. Con un seguimiento medio de 36 meses observaron que el 93% de los pacientes no tenían dolor y estaban satisfechos con la cirugía. La antepulsión media fue de 128°, la rotación externa de 43° y la rotación interna hasta L1. Los mejores resultados fueron obtenidos en pacientes intervenidos en las dos primeras semanas tras la fractura y en aquellos en los que se obtuvo una reconstrucción anatómica de las tuberosidades³⁰. Krishnan y cols., en 2008, analizaron de forma retrospectiva 130 pacientes tratados con hemiarthroplastia por fractura con un seguimiento medio de dos años. Los pacientes obtuvieron una puntuación media de 74 puntos sobre 100 en la escala de la *American Shoulder and Elbow Surgeons Society* (ASES) y una antepulsión media de 129°. Las puntuaciones en las escalas del dolor y de satisfacción también fueron muy satisfactorias. Los pacientes de menor edad y aquellos en los que se utilizó un vástago específico para fracturas obtuvieron mejores resultados¹³.

En otros trabajos, sin embargo, los resultados de la hemiarthroplastia han sido menos satisfactorios. Kontakis y cols., en 2008, realizaron una revisión sistemática de 16 artículos con un total de 810 hemiarthroplastias por fractura en pacientes con una edad media de 67,7

años. Pese a que la mayoría de los pacientes no presentaban ningún dolor o este era leve, el 41% no estaban satisfechos con los resultados de la intervención y la valoración media en la escala de Constant fue de tan solo 56,63 puntos, debido a la marcada limitación de la movilidad que presentaban²⁰. En el mismo sentido, Robinson y cols., en 2003, en un estudio de cohortes de 163 pacientes tratados con hemiarthroplastia por fracturas complejas de húmero proximal observaron que, si bien la mayoría de los pacientes no presentaron dolor al año de la cirugía, el resultado funcional global en términos de rango de movilidad y fuerza fue pobre³⁶.

Boileau y cols. describieron la “*triada terrible*” en la cual la prótesis presenta una altura y retroversión excesivas asociada a una posición demasiado baja de la tuberosidad mayor. Esta combinación de factores conlleva resultados funcionales pobres, rigidez y dolor persistente³⁸.

Solo hay un trabajo que evalúe los resultados a largo plazo de la hemiarthroplastia en el tratamiento de las fracturas agudas de húmero. En él, Antuña y cols. revisaron 57 pacientes con un promedio de seguimiento de 10,3 años encontrando que el 53% de los pacientes estaban insatisfechos debido al dolor o a la movilidad limitada. Los pacientes mayores de 70 años presentaron resultados estadísticamente peores³⁵.

Artroplastia total inversa

Aunque inicialmente la ATIH fue diseñada para el tratamiento de la artropatía por rotura del manguito rotador, sus indicaciones se han expandido en los últimos años, incluyendo roturas masivas irreparables del manguito rotador, fracturas agudas, secuelas de fracturas tales como la consolidación viciosa o la pseudoartrosis,

luxaciones gleno-humerales crónicas, resecciones oncológicas de tumores de húmero proximal, artroplastia de revisión y otras situaciones de rescate^{39,40}.

La ATIH se compone de un platillo metálico posterior (o metaglena) y una glenosfera en el lado glenoideo junto a una copa humeral y vástago en el húmero. Se trata de una prótesis semiconstreñida, cuya estabilidad depende de la tensión del deltoides. Actualmente existen dos métodos en el diseño de las prótesis inversas de hombro. El primero está basado en los diseños originales de Grammont con medialización del centro de rotación a la interfaz metaglena-hueso⁴¹. El segundo lateraliza el centro de rotación hacia la glenosfera. A pesar de las diferencias biomecánicas, ambos diseños aumentan el brazo de palanca del deltoides alargándolo, lo que permite la abducción del brazo en ausencia de un manguito de los rotadores funcionantes^{42,43}. Ello constituye la principal ventaja sobre la hemiartroplastia en el tratamiento de fracturas, pues la restitución de la elevación activa en los pacientes tratados con ATIH no se verá influenciada por la consolidación, o no, de las tuberosidades.

Indicaciones: El uso de la ATIH en el tratamiento de las fracturas de húmero proximal queda restringido a pacientes mayores de 70 años. Las fracturas en tres y cuatro fragmentos constituyen la principal indicación, siendo indicaciones relativas de ATIH aquellos factores de riesgo que pueden comprometer los resultados del tratamiento con osteosíntesis o hemiartroplastia: fracturas irreconstruibles, riesgo elevado de necrosis avascular, osteoporosis severa o conminución de las tuberosidades y lesiones previas del manguito rotador. Las lesiones permanentes del nervio axilar o de la totalidad del plexo braquial, así como, cualquier patología que produzca una disfunción severa del deltoides, constituyen contraindicaciones absolutas de la ATIH. Fracturas de acromión o de la espina de la escápula que corran el riesgo de desplazarse al sobre tensionar el deltoides y aquellas fracturas de glena que impidan el correcto anclaje de la metaglena son contraindicaciones relativas de la ATIH. La prótesis inversa está contraindicada en pacientes jóvenes y activos (excepto en situaciones excepcionales). Ello es debido a que los resultados a largo plazo (>10 años) de este tipo de implante aún no están bien definidos, además, existen pocas opciones de rescate si la artroplastia fracasa^{39,44}.

Consideraciones técnicas: la ATIH puede ser implantada a través de un abordaje deltopectoral estándar o mediante un abordaje superolateral transdeltoides. Pese a que no existe consenso, la mayoría de los autores recomiendan el abordaje deltopectoral en el tratamiento de fracturas, pues evita la división del deltoides, facilitando la rehabilitación postoperatoria; disminuye el potencial riesgo de lesión del nervio axilar, mejora el acceso al tercio inferior de la cavidad glenoidea y permite ampliar la incisión distalmente en caso de que fuese necesario exponer la diáfisis humeral⁴⁴⁻⁴⁶.

El posicionamiento del componente glenoideo resul-

ta decisivo para el éxito y la longevidad de la ATIH. El contacto mecánico repetitivo entre el componente humeral y el ángulo lateral de la escápula mientras el brazo se mantiene en aducción puede producir un fenómeno de erosión del cuello glenoideo conocido como "notching" en la literatura anglófona (Fig. 2). Su incidencia varía entre el 44% y el 96% en las diferentes series^{47,48}. La aparición de *notching* no solo puede comprometer la fijación del componente glenoideo⁴⁹, sino que también asocia peores resultados funcionales y es considerado un factor de riesgo para el fracaso del implante⁵⁰. La incidencia de *notching* puede limitarse mediante la colocación inferior de la metaglena en la cavidad glenoidea⁵¹ y con el uso de glenosferas excéntricas que distalizan varios milímetros el centro de rotación. La lateralización del componente glenoideo mediante el uso de aloinjerto estructural colocado sobre la cavidad glenoidea tras el fresado de la misma puede también disminuir la aparición de *notching*⁵².

La estabilidad de la ATIH depende, en orden de mayor a menor importancia, de las fuerzas compresivas producidas por la tensión de la musculatura adyacente,



Figura 2. Erosión del cuello de la escápula (*notching*) en paciente tratada con artroplastia total inversa de hombro tras 5 años de evolución.

profundidad del inserto humeral y diámetro de la glenosfera⁵³. La altura correcta del componente humeral y por ende la tensión a la que se somete el deltoides puede ser difícil de juzgar en el contexto de una fractura, especialmente en aquellos casos con conminución metafisaria grave. Como reglas generales, deberá comprobarse la tensión del tendón conjunto; las maniobras de reducción y luxación del implante deberán requerir cierto esfuerzo; realizando tracción axial con el miembro en aducción, la diástasis producida entre la copa humeral y la glenosfera no debe de superar los dos milímetros y por último, la prótesis deberá mantenerse estable dentro de un rango funcional de movimiento antes de reinsertar las tuberosidades^{40,45,46}. Pese a que algunos autores han propuesto que el alargamiento del deltoides se asocia con una mejoría de la antepulsión

activa⁵⁴, el miembro intervenido nunca debe aumentar más de 2-2,5 cm respecto al contralateral, pues se corre el riesgo de producir lesiones neurológicas o fracturas por estrés del acromion⁴³.

La obtención de una antepulsión activa aceptable con independencia de la consolidación de las tuberosidades constituye la principal ventaja de la ATIH sobre la hemiartroplastia. Sin embargo, la reparación de la tuberosidad mayor y con ello, la restauración de la función del infraespinoso y del redondo menor mejorará la rotación externa necesaria para actividades de la vida diaria como la alimentación y el aseo personal⁵⁵. Por lo tanto, la técnica de sutura de tuberosidades debe ser similar a la utilizada en la hemiartroplastia, añadiendo en caso de la ATIH la resección del tendón supraespinoso.

Complicaciones: La tasa de complicaciones de la artroplastia inversa en el tratamiento de las fracturas de húmero proximal varía entre el 5% y el 40% según la literatura⁵⁷. La luxación del implante constituye la complicación postoperatoria más frecuente con una incidencia del 4,7%^{57,58}. Otras complicaciones específicas de la ATIH son una mayor incidencia de hematomas y de infección periprotésica debido al aumento del espacio muerto intraarticular; la aparición de *notching* escapular; las fracturas por estrés del acromion y las lesiones neurológicas por un incremento excesivo de la longitud del miembro⁵⁹. Entre un 5% y un 15% de las ATIH utilizadas en fracturas de húmero proximal precisarán reintervención quirúrgica. La curva de aprendizaje de la ATIH es larga, sin embargo, se ha demostrado que la tasa de complicaciones disminuye de forma significativa tras los primeros 40 casos⁶⁰.

Resultados: El tratamiento de las fracturas complejas de húmero proximal mediante ATIH permite la restitución de una función gleno-humeral satisfactoria con una elevación activa media de 113°, rotación externa de 20° y puntuación en la escala de Constant de entre 50 y 65 puntos^{46,61} (Fig. 3).

Bufquin y cols., en 2007, evaluaron de forma prospectiva el uso de la ATIH para fracturas en 3 y 4 fragmentos en 43 pacientes con una edad media de 78 años. El seguimiento medio fue de 22 meses. Los pacientes alcanzaron una antepulsión media de 97° y rotación externa de 30°. Un 53% de los pacientes presentaron pseudoartrosis y migración de la tuberosidad mayor. La pseudoartrosis de tuberosidades solo afectó a la rotación externa, el resto de parámetros funcionales fueron similares a los de pacientes con consolidación anatómica de las mismas⁶². En un estudio similar de 27 pacientes con un seguimiento de dos años Valenti y cols. obtienen una elevación activa media de 112°, abducción de 97°, rotación externa de 12.7° y puntuación en la escala de Constant de 55 puntos⁶³.

En un trabajo con seguimiento a medio-largo plazo Cazeneuve y cols., en 2010, revisaron la evolución de 36 pacientes tratados mediante artroplastia inversa por fractura con un seguimiento medio de 6.6 años. Objetivaron que con la evolución se producía un deterioro en los resultados funcionales y radiológicos, con hasta un 63% de pacientes con signos radiológicos de aflojamiento del componente glenoideo⁶⁴.

Trabajos recientes comparan resultados de la hemiartroplastia y de la artroplastia inversa en el tratamiento de las fracturas. Mata-Fink y cols., en 2013, realizan una revisión sistemática comparando 377 pacientes tratados mediante ATIH y 504 pacientes



Figura 3. Resultados de la artroplastia inversa en fractura aguda. **A:** Fractura en 4 fragmentos de húmero proximal en mujer de 74 años. **B:** Control 4 años postquirúrgico. **C:** Elevación activa 130°. **D** y **E:** Rotación externa e interna limitadas.

tratados mediante hemiartroplastia. El grupo tratado mediante ATIH alcanzó una mayor antepulsión activa y obtuvo mejores resultados en las escalas de valoración funcional. No se detectaron diferencias significativas en el resto de parámetros de la movilidad ni en la incidencia de complicaciones entre ambos grupos⁶¹. Diferentes estudios comparativos muestran resultados similares^{65,66}.

Conclusión

El tratamiento de las fracturas complejas de húmero proximal está en continua evolución. La sustitución protésica representa la solución más aceptada en fracturas irreconstruibles o cuando el riesgo de necrosis articular sea demasiado elevado. En pacientes capaces de asumir un período de rehabilitación prolongado, la hemiartroplastia puede lograr un buen alivio del dolor

y una función aceptable de la extremidad. Es esencial una técnica quirúrgica minuciosa centrada en la obtención de una apropiada altura, orientación del implante y reconstrucción de las tuberosidades. Por su parte, la artroplastia inversa provee de resultados funcionales más predecibles que la hemiartroplastia en cuanto a la recuperación de la abducción, elevación activa y alivio del dolor siendo considerada tratamiento de elección en pacientes de edad avanzada con tuberosidades irreconstruibles, patología concomitante del manguito rotador y en aquellos incapaces de seguir un protocolo de rehabilitación adecuado. Sin embargo, la aparición de complicaciones específicas de este tipo de implante, así como, la carencia de estudios a largo plazo, impiden la generalización de su uso en todas aquellas fracturas no susceptibles de tratamiento con osteosíntesis.

Bibliografía

1. Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM. The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand* 2001; 72:365-71.
2. Baron JA, Karagas M, Barrett J, Kniffin W, Malenka D, Mayor M y cols. Basic epidemiology of fractures of the upper and lower limb among Americans over 65 years of age. *Epidemiology* 1996; 7:612-8.
3. Koval KJ, Gallagher MA, Marsicano JG, Cuomo F, McShinawy A, Zuckerman JD. Functional outcome after minimally displaced fractures of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg (Am)* 1997; 79:203-7.
4. Gaebler C, McQueen MM, Court-Brown CM. Minimally displaced proximal humeral fractures: epidemiology and outcome in 507 cases. *Acta Orthop Scand* 2003; 74:580-5.
5. Iyengar JJ, Devic Z, Sproul RC, Feeley BT. Nonoperative treatment of proximal humerus fractures: a systematic review. *J Orthop Trauma* 2011; 25:612-7.
6. Handoll HH1, Oliviere BJ, Rollins KE. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2012; 12:CD000434.
7. Lanting B, MacDermid J, Drosdowech D, Faber KJ. Proximal humeral fractures: a systematic review of treatment modalities *J Shoulder Elbow Surg* 2008; 17:42-54.
8. Stableforth PG. Four-part fractures of the neck of the humerus. *J Bone Joint Surg (Br)* 1984; 66:104-8.
9. Tepass A, Blumenstock G, Weise K, Rolauffs B, Bahrs C. Current strategies for the treatment of proximal humeral fractures: an analysis of a survey carried out at 348 hospitals in Germany, Austria, and Switzerland. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22:8-14.
10. Khatib O, Onyekwelu I, Zuckerman JD. The incidence of proximal humeral fractures in New York State from 1990 through 2010 with an emphasis on operative management in patients aged 65 years or older. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; 23:1356-62.
11. Bell JE, Leung BC, Spratt KF, Koval KJ, Weinstein JD, Goodman DC y cols. Trends and variation in incidence, surgical treatment, and repeat surgery of proximal humeral fractures in the elderly. *J Bone Joint Surg (Am)* 2011; 93:121-31.
12. Murray IR, Amin AK, White TO, Robinson CM. Proximal humeral fractures: current concepts in classification, treatment and outcomes. *J Bone Joint Surg (Br)* 2011; 93:1-11.
13. Krishnan SG, Bennion PW, Reineck JR, Burkhead WZ. Hemiarthroplasty for proximal humeral fracture: restoration of the Gothic arch. *Orthop Clin North Am* 2008; 39:441-50.
14. Bastian JD, Hertel R. Initial post-fracture humeral head ischemia does not predict development of necrosis. *J Shoulder Elbow Surg* 2008; 17:2-8.
15. Bell JE, Cadet ER. Traumatismo de hombro: fracturas. En: American Academy of Orthopaedic Surgeons. *Orthopaedic Knowledge Update 11. Traumatismos de extremidad superior*. Barcelona: Medical Trends S.L.; 2014. p. 1-20.
16. Robert W Jordan, Chetan S Modi. A Review of Management Options for Proximal Humeral Fractures. *Open Orthop J* 2014; 8:148-56.
17. Sirveaux F, Roche O, Molé D. Shoulder arthroplasty for acute proximal humerus fracture. *Orthop Traumatol Surg Res* 2010; 96:683-94.
18. Neer CS II. Displaced proximal humeral fractures. Part II. Treatment of three part and four part displacement. *J Bone Joint Surg (Am)* 1970; 52:1090-103.
19. Neer CS 2nd. Indications for replacement of the proximal humeral articulation. *Am J Surg* 1955; 89:901-7.
20. Kontakis G, Koutras C, Tosounidis T, Giannoudis P. Early management of proximal humeral fractures with hemiarthroplasty: a systematic review. *J Bone Joint Surg (Br)* 2008; 90:1407-13.
21. Cadet ER, Ahmad CS. Hemiarthroplasty for three-and four-part proximal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 2012; 20:17-27.
22. Hertel R. Fractures of the proximal humerus in osteoporotic bone. *Osteoporos Int* 2005; 16:65-72.
23. Krishnan SG, Bennion PW, Reineck JR, Burkhead WZ. Hemiarthroplasty for proximal humeral fracture: restoration of the Gothic arch. *Orthop Clin North Am* 2008; 39:441-50.
24. Boileau P, Krishnan SG, Tinsi L, Walch G, Coste JS, Molé D. Tuberosity malposition and migration: reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11:401-12.
25. Neer CS 2nd, Kirby RM. Revision of humeral head and total shoulder arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res* 1982; 170:189-95.
26. Murachovsky J, Ikemoto RY, Nascimento LG, Fujiki EN, Milani C, Warner JJ. Pectoralis major tendon reference (PMT): a new method for accurate restoration of humeral length with hemiarthroplasty for fracture. *J Shoulder Elbow Surg* 2006; 15:675-8.

27. **Hempfling A, Leunig M, Ballmer FT, Hertel R.** Surgical landmarks to determine humeral head retrotorsion for hemiarthroplasty in fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 2001; 10:460-3.
28. **Voos JE, Dines JS, Dines DM.** Arthroplasty for fractures of the proximal part of the humerus. *Instr Course Lect* 2011; 60:105-12.
29. **Christoforakis JJ, Kontakis GM, Katonis PG, Maris T, Voloudaki A, Prassopoulos P y cols.** Relevance of the restoration of humeral length and retroversion in hemiarthroplasty for humeral head fractures. *Acta Orthop Belg* 2003; 69:226-32.
30. **Mighell MA, Kolm GP, Collinge CA, Frankle MA.** Outcomes of hemiarthroplasty for fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2003; 12:569-77.
31. **Demirhan M, Kilicoglu O, Altinel L, Eralp L, Akalin Y.** Prognostic factors in prosthetic replacement for acute proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 2003; 17:181-8.
32. **Krishnan SG, Reineck JR, Bennion PD, Feher L, Burkhead WZ Jr.** Shoulder arthroplasty for fracture: does a fracture-specific stem make a difference? *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469:3317-23.
33. **Li F, Zhu Y, Lu Y, Liu X, Wu G, Jiang C.** Hemiarthroplasty for the treatment of complex proximal humeral fractures: does a trabecular metal prosthesis make a difference? A prospective, comparative study with a minimum 3-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; 23:1437-43.
34. **Boileau P, Winter M, Cikes A, Han Y, Carles M, Walch G y cols.** Can surgeons predict what makes a good hemiarthroplasty for fracture? *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22:1495-506.
35. **Antuña SA, Sperling JW, Cofield RH.** Shoulder hemiarthroplasty for acute fractures of the proximal humerus: a minimum five-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg* 2008; 17:202-9.
36. **Robinson CM, Page RS, Hill RM, Sanders DL, Court-Brown CM, Wakefield AE.** Primary hemiarthroplasty for treatment of proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg (Am)* 2003; 85:1215-23.
37. **Arenas Miquélez AJ, D'arrigo A, Arenas Planelles AJ, Duart Clemente J, Garbayo Marturet AJ.** Papel de la hemiarthroplastia en el tratamiento de las fracturas del húmero proximal tipo C3. *Rev Esp Cir Osteoart* 2014; 49:165-72.
38. **Boileau P, Walch G, Krishnan SG.** Tuberosity osteosynthesis and hemiarthroplasty for four part fractures of the proximal humerus. *Tech Shoulder Elbow Surg* 2000 ;1:96-109.
39. **Smith CD, Guyver P, Bunker TD.** Indications for reverse shoulder replacement: a systematic review. *J Bone Joint Surg (Br)* 2012; 94:577- 83.
40. **Sanchez-Sotelo J.** Reverse total shoulder arthroplasty. *Clin Anat* 2009; 22:172-82.
41. **Grammont PM, Baulot E.** Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture. *Orthopedics* 1993; 16:65-8.
42. **Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F.** Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg* 2005; 14 supl 1:147-61.
43. **Henninger HB, Barg A, Anderson AE, Bachus KN, Tashjian RZ, Burks RT.** Effect of deltoid tension and humeral version in reverse total shoulder arthroplasty: A biomechanical study. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21:483-90.
44. **Wall B, Walch G.** Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of proximal humeral fractures. *Hand Clin* 2007; 23:425-30.
45. **Acevedo DC, Vanbeek C, Lazarus MD, Williams GR, Abboud JA.** Reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures: update on indications, technique, and results. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; 23:279-89.
46. **Jobin CM, Galdi B, Anakwenze OA, Ahmad CS, Levine WN.** Reverse Shoulder Arthroplasty for the Management of Proximal Humeral Fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 2015;23:190-201.
47. **Gerber C, Pennington SD, Nyffeler RW.** Reverse total shoulder arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 2009; 17:284-95.
48. **Roche C, Flurin PH, Wright T, Crosby LA, Mauldin M, Zuckerman JD.** An evaluation of the relationships between reverse shoulder design parameters and range of motion, impingement, and stability. *J Shoulder Elbow Surg* 2009; 18:734-41.
49. **Roche CI, Stroud NJ, Martin BL, Steiler CA, Flurin PH, Wright TW y cols.** The impact of scapular notching on reverse shoulder glenoid fixation. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22:963-70.
50. **Simovitch RW, Zumstein MA, Lohri E, Helmy N, Gerber C.** Predictors of scapular notching in patients managed with the Delta III reverse total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg (Am)* 2007;89:588-600.
51. **Hatzidakis AM, Norris TR, Boileau P.** Reverse shoulder arthroplasty: indications, techniques, and results. *Tech Shoulder Elbow Surg* 2005; 6:135-9.
52. **Boileau P, Moineau G, Roussanne Y, O'Shea K.** Bony increased-offset reversed shoulder arthroplasty: Minimizing scapular impingement while maximizing glenoid fixation. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469:2558-67.
53. **Gutiérrez S, Keller TS, Levy JC, Lee WE 3rd, Luo ZP.** Hierarchy of stability factors in reverse shoulder arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466:670-6.
54. **Ladermann A, Walch G, Lubbeke A, Drake GN, Melis B, Bacle G y cols.** Influence of arm lengthening in reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21:336-41.
55. **Gallinet D, Adam A, Gasse N, Rochet S, Obert L.** Improvement in shoulder rotation in complex shoulder fractures treated by reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 22:38-44.
56. **Schwartz DG, Cottrell BJ, Teusink MJ, Clark RE, Downes KL, Tannenbaum RS y cols.** Factors that predict postoperative motion in patients treated with reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; 23:1289-95.
57. **Zumstein MA, Pinedo M, Old J, Boileau P.** Problems, complications, reoperations, and revisions in reverse total shoulder arthroplasty: A systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2011; 20:146-57.
58. **Cheung E, Willis M, Walker M, Clark R, Frankle MA.** Complications of reverse total shoulder arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 2012; 19:439-49.
59. **Affonso J, Nicholson GP, Frankle MA, Walch G, Gerber C, Garzon-Muvdi J y cols.** Complications of the reverse prosthesis: prevention and treatment. *Instr Course Lect* 2012; 61:157-68.
60. **Kempton LB, Ankeron E, Wiater JM.** A complication-based learning curve from 200 reverse shoulder arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469:2496-504.
61. **Mata-Fink A, Meinke M, Jones C, Kim B, Bell JE.** Reverse shoulder arthroplasty for treatment of proximal humeral fractures in older adults: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22:1737-48.
62. **Bufquin T, Hersan A, Hubert L, Massin P.** Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. *J Bone Joint Surg (Br)* 2007; 89:516-20.
63. **Valenti P, Katz D, Kilinc A, Elkholti K, Gasiunas V.** Mid-term outcome of reverse shoulder prostheses in complex proximal humeral fractures. *Acta Orthop Belg* 2012; 78:442-9.
64. **Cazeneuve JF, Cristofari DJ.** The reverse shoulder prosthesis in the treatment of fractures of the proximal humerus in the elderly. *J Bone Joint Surg (Br)* 2010; 92:535-9.
65. **Boyle MJ, Youn SM, Frampton CM, Ball CM.** Functional outcomes of reverse shoulder arthroplasty compared with hemiarthroplasty for acute proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22:32-7.
66. **Sebastiá-Forcada E, Cebrián-Gómez R, Lizaaur-Utrilla A, Gil-Guillén V.** Reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for acute proximal humeral fractures. A blinded, randomized, controlled, prospective study. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; 23:1419-26.