

No consolidaciones del húmero proximal. Estabilización con clavo-placa bloqueado de 90°

CHRISTIAN ALLENDE, MARTÍN MANGUPLI, PABLO BRUNO,
DAMIÁN BUSTOS y BARTOLOMÉ T. ALLENDE

*Departamento de Miembro Superior y Cirugía Reconstructiva de los Miembros, Sanatorio Allende
Hospital Nacional de Clínicas. Universidad Nacional de Córdoba
Hospital de Niños de la Santísima Trinidad, Córdoba, Argentina*

RESUMEN

Introducción: La obtención de una fijación estable y duradera en las no consolidaciones del húmero proximal es demandante.

Materiales y métodos: Entre 2004 y 2007 evaluamos prospectivamente a 12 pacientes tratados con clavo-placa bloqueados por presentar no consolidaciones del tercio proximal del húmero. La edad de los pacientes promedió 59 años. Nueve fueron atróficas, dos oligotróficas y una hipertrófica. El tiempo entre el traumatismo inicial y la cirugía definitiva promedió 21 meses. Ocho pacientes habían tenido cirugías previas.

Resultados: El seguimiento promedió 19 meses. En todos los casos se obtuvo la consolidación sin pérdida de la reducción, luego de un promedio de 5,5 meses. El DASH promedió 17 puntos (rango 8 a 34) y el puntaje de Constant, 72 (rango 62 a 82). La escala analógica del dolor promedió 1 punto (rango 0 a 3).

Discusión: El tratamiento quirúrgico en las no consolidaciones del húmero proximal sigue siendo un desafío, aun para el cirujano más avezado, debido a su frecuente asociación con un fragmento proximal pequeño, mala calidad ósea, infección, pérdida ósea, rigidez articular y múltiples intervenciones quirúrgicas previas.

Conclusiones: Los clavos-placa bloqueados de 90° tienen la ventaja de combinar dos diferentes pero bien conocidos métodos de fijación de fracturas en el mismo implante, aumentando las propiedades mecánicas de ambas técnicas de fijación.

PALABRAS CLAVE: No consolidación. Seudoartrosis. Húmero proximal. Clavo-placa. Placa bloqueada.

STABILIZATION WITH 90° LOCKED BLADE PLATES IN PROXIMAL HUMERUS NON-UNIONS

ABSTRACT

Background: Achieving stable fixation in proximal humerus non-unions is demanding.

Methods: We prospectively evaluated 12 patients with non-unions of the proximal third of the humerus treated with 90° locked blade plates between 2004 and 2007. Patients age averaged 59. Nine non-unions were atrophic, two oligotrophic and one hypertrophic. Time from trauma to definitive surgery averaged 21 months. Eight patients had had previous surgeries.

Results: Follow-up averaged 19 months. Union was achieved in all cases without loss of reduction, after 5.5 months in average. DASH score averaged 17 points (range, 8 to 34), and Constant score averaged 72 points (range, 62 to 82). The Analog Pain Scale averaged 1 point (range: 0 to 3).

Discussion: Surgical treatment of proximal humerus non-unions is demanding, even for skilled surgeons; due to their frequent association with a small proximal fragment, poor bone quality, infection, bone loss, joint stiffness, and multiple previous surgical interventions.

Conclusions: Locked blade plates combine two different but well known fracture fixation methods in the same implant, increasing the mechanical properties of both fixation technologies.

KEY WORDS: Non-union, Proximal humerus, Locked plate, Blade plate.

Recibido el 19-12-2008. Aceptado luego de la evaluación 12-8-2009.

Correspondencia:

Dr. CHRISTIAN ALLENDE
christian_allende@hotmail.com

La incidencia de fracturas del húmero proximal comienza a incrementarse a la edad de 60 años y tiene su pico en los 90. Estas fracturas suelen estar asociadas con osteoporosis.¹⁹ La indicación de reducción abierta y fija-

ción interna en pacientes mayores de 60 años con fracturas del húmero proximal requiere un análisis y revisión constante.²⁴ Los objetivos finales del tratamiento cuando se tratan fracturas o no consolidaciones del húmero proximal son obtener la consolidación y restaurar la función del hombro. Las no consolidaciones del húmero proximal son difíciles de tratar, principalmente porque lograr una fijación estable que mantenga la reducción obtenida intraoperatoriamente es impredecible. El antecedente de otras cirugías, la mala calidad ósea, un fragmento proximal de pequeño tamaño, la infección, las alteraciones del manguito de los rotadores, los cambios degenerativos y las rigideces articulares pueden estar asociadas, e implican grandes desafíos para el cirujano tratante. El objetivo del tratamiento quirúrgico en estos casos es crear un ambiente biológico que estimule los procesos de consolidación, asegurando un buen alineamiento de los fragmentos óseos, y que permita obtener la estabilidad necesaria para comenzar la pronta movilidad. Se describieron diversos métodos de fijación para incrementar la estabilización en las fracturas y las no consolidaciones osteoporóticas en las cuales uno de los fragmentos por estabilizar es pequeño, incluidas técnicas de fijación extramedulares o intramedulares, osteosíntesis compuestas y hemiartroplastias.

Publicaciones recientes han mostrado que las placas bloqueadas permiten obtener la consolidación en una amplia variedad de fracturas y no consolidaciones, con un bajo índice de complicaciones relacionadas con el implante, pero estas complicaciones han sido más frecuentes en el húmero.^{31,32} El uso de placas bloqueadas ha resultado biomecánicamente superior a los clavos endomedulares³ y a los clavos-placa³⁰ en la estabilización de las fracturas del cuello quirúrgico del húmero. A pesar de los recientes avances en la tecnología de las placas bloqueadas, las complicaciones secundarias a la reducción abierta y fijación interna siguen siendo un problema (necrosis de la cabeza humeral, alineaciones defectuosas, no consolidaciones, infecciones profundas, penetración del material y pérdida de reducción).^{6,18,22,24,33} Con el objetivo de disminuir estas complicaciones y para incrementar la estabilidad en las no consolidaciones complejas del tercio proximal del húmero asociadas con pérdida ósea, un fragmento óseo pequeño, osteoporosis y múltiples operaciones previas, diseñamos un clavo-placa de compresión bloqueado (LCBP), que combina las ventajas de un clavo-placa, con las de las placas bloqueadas, permitiendo al mismo tiempo la colocación de tornillos proximales orientados divergentemente en la cabeza humeral para incrementar el soporte metafisario medial, lo que disminuye el riesgo de colapso en varo del fragmento proximal y ayuda a mantener la reducción de la fractura.¹⁰

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados clínicos y radiológicos obtenidos con el uso de clavos-placa bloqueados utilizados en 12 no consolidaciones del tercio proximal del húmero.

Materiales y métodos

Entre 2004 y 2007 evaluamos prospectivamente a 12 pacientes tratados con clavo-placa bloqueados por presentar no consolidaciones del tercio proximal del húmero. La edad de los pacientes promedió 59 años (rango 32 a 78). Diez eran mujeres y dos, varones. Todos referían dolor, pérdida funcional importante e inestabilidad. Según la clasificación de Weber³⁵ para las no consolidaciones, 9 fueron atróficas, 2 oligotróficas y una hipertrófica. El tiempo entre el traumatismo inicial y la cirugía definitiva promedió 21 meses (rango 7 a 51). El miembro superior derecho dominante fue el afectado en 4 casos y el izquierdo no dominante, en 8 casos. Ocho pacientes habían tenido tratamiento quirúrgico previo (promedio 1,6) y 7 fumaban uno o más paquetes de cigarrillos por día. Una paciente inicialmente tratada con una ortesis (*brace*) presentó una distrofia simpática refleja con rigidez importante en los dedos y la muñeca. La fractura inicial fue secundaria a caída desde la propia altura en 7 casos, y accidente de auto o moto en 5 casos.

Los clavos-placa bloqueados de 90° fueron diseñados a partir de estudios cadavéricos y mediante dos programas de computación (3D-Max y AutoCad). Tienen bajo perfil, un orificio en la punta del clavo para permitir la inserción de una clavija guía, tres tornillos bloqueados proximales con orientación divergente dentro de la cabeza humeral, apuntando a incrementar la resistencia al arranque de los tornillos y el soporte metafisario medial, y dos orificios laterales a nivel del ángulo de 90° que posibilitan el pasaje de suturas o alambres a través de la placa.¹ El clavo actúa como un punto de fijación ancho y estable, no depende de la toma rosca-hueso y permite una toma más previsible en el hueso osteoporótico metafisario.²⁸ Los orificios distales son combinados (permiten bloqueo o compresión de acuerdo con las necesidades de la lesión y la preferencia del cirujano). Se fabrican clavos de tres largos diferentes (3, 4.5, y 6 cm).

Los pacientes fueron operados en posición semisentada bajo bloqueo interescalénico. Se preparó el miembro afectado con las normas de asepsia y antisepsia habituales y se posicionó el equipo de radioscopia del mismo lado de la mesa quirúrgica. Se utilizó un abordaje deltopectoral extendido en 10 casos y un abordaje menos invasivo en 2 casos sin cirugías previas (Fig. 1); en 7 casos se exploró el nervio radial y se lo liberó antes de la colocación del implante. Debe conseguirse la reducción y la alineación de los fragmentos antes de realizar la osteosíntesis con clavo-placa bloqueado, buscando obtener buen contacto óseo y restaurando la estabilidad medial en el área metafisaria. Para ayudar en la orientación, se colocó una clavija de Kirschner en forma preliminar en la parte media de la mitad proximal de la cabeza humeral, lateral a la corredera bicipital, perpendicular al eje del húmero. La hoja del clavo tiene filo, lo que permite insertarlo sin necesidad de un orificio previo con osteótomo.

La colocación muy proximal del implante puede producir pinzamiento subacromial. Durante la aplicación del clavo la placa debe permanecer paralela a la diáfisis humeral y el posicionamiento del implante debe ser monitoreado con intensificación de imágenes antes de colocar los tornillos. La obtención de una adecuada reducción y el contacto óseo son los objetivos quirúrgicos principales, aun cuando deba sacrificarse cierta longitud humeral.



Figura 1. A. Paciente de 56 años, con 9 meses de evolución de una fractura tratada con una ortesis. B. Clavo-placa bloqueado colocado en forma percutánea, asociado con injerto óseo autólogo de cresta ilíaca extraído con trefina de 12 mm y colocado por el mismo abordaje sobre la cara medial de la no consolidación. Se exploró el nervio radial y se lo liberó antes de la colocación del implante. C. Consolidación radiográfica.

En un paciente con infección activa y en dos con historia de infección (*Staphylococcus epidermidis*), se indicó tratamiento con ciprofloxacina y clindamicina por las tres primeras semanas posoperatorias, por sugerencia del departamento de infectología de nuestra institución.

En el paciente con infección activa, se realizó la reconstrucción en dos etapas. Primero se extrajo un clavo endomedular flojo y se colocó un espaciador de cemento con antibióticos intramedular (gentamicina y vancomicina) durante 12 semanas, momento en el cual se realizó la estabilización definitiva con clavo-placa bloqueado. En todos los pacientes con cirugías previas se efectuó un amplio desbridamiento de los tejidos avasculares, necróticos e infectados, para permitir la creación de un lecho receptor bien vascularizado. En los 10 casos con abordaje amplio se realizó decorticación en el área de no consolidación; cuando los extremos óseos estaban escleróticos se abrió el conducto medular de ambos extremos con una punta cuadrada o una mecha. Se utilizó injerto óseo esponjoso autólogo de cresta ilíaca en 8 no consolidaciones y aloinjerto crioconservado molido y mezclado con 2 g de vancomicina en polvo en 4 casos (Fig. 2). Se colocó injerto tanto en el foco de no consolidación como en los defectos resultantes de la erosión producida por los implantes previos.

Se utilizó un cabestrillo antirrotatorio hasta que se obtuvo evidencia radiográfica de consolidación. Se realizó profilaxis antibiótica intravenosa por 48 horas. Los pacientes comenzaron con fisioterapia supervisada con movimientos pasivos a las 72 horas posoperatorias y con el movimiento activo una vez evidenciada la consolidación. La evaluación radiográfica consistió en las incidencias convencionales para traumatismo de hombro (vistas anteroposterior, escapular en Y y axilar). Las evaluaciones objetivas y subjetivas preoperatorias realizadas fueron: el puntaje de Constant y Murley,² el DASH (*Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire*)¹⁵ y la escala visual analógica para el dolor (0 sin dolor y 10 dolor intenso), las cuales se utilizaron también para el seguimiento.

Resultados

El seguimiento promedió 19 meses (rango 9 a 36). En todos los casos se obtuvo la consolidación sin pérdida de la reducción luego de un promedio de 5,5 meses (rango 4 a 8). Ningún paciente requirió procedimientos adicionales, no hubo infecciones ni necrosis avasculares. Todos

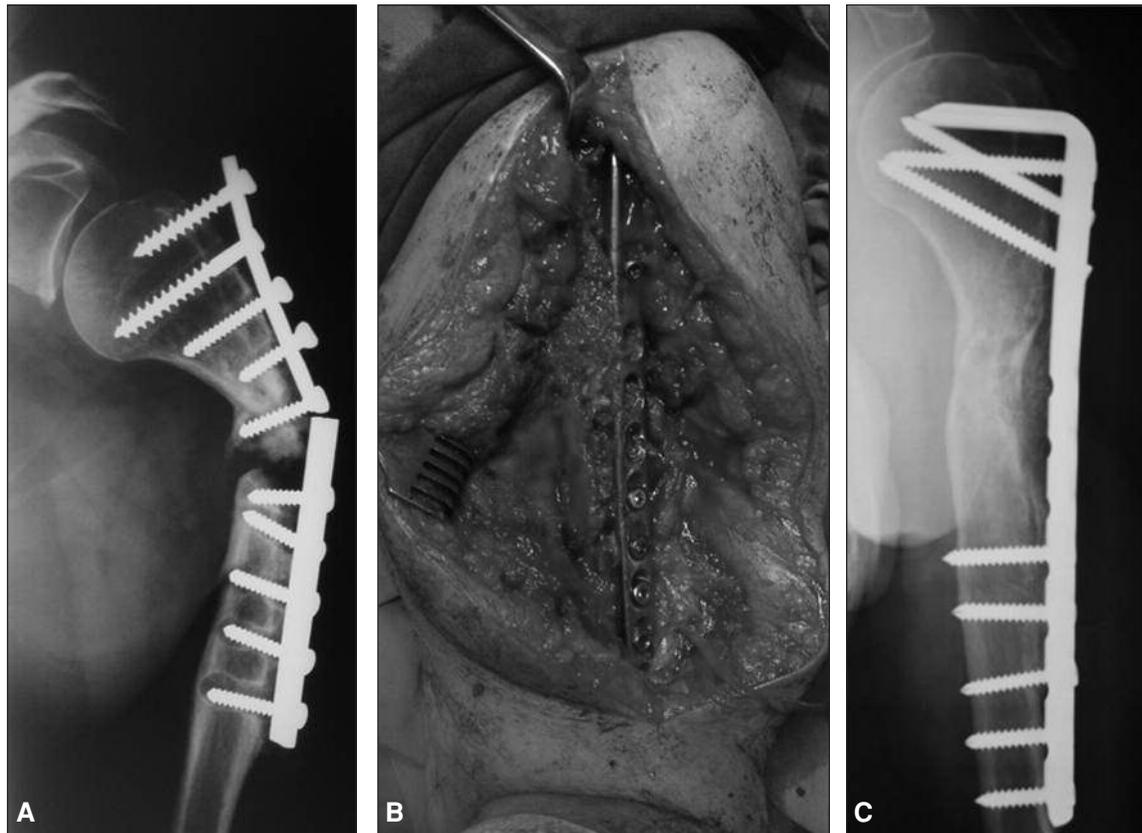


Figura 2. A. Radiografía preoperatoria. Paciente de 78 años, con tres cirugías previas, osteosíntesis fallida, pérdida ósea y necrosis. B. Clavo-placa bloqueado asociado con aloinjerto molido con antibiótico. C. Radiografía del último control que evidencia la consolidación.

los pacientes recuperaron la amplitud de movimiento completa del codo. El DASH promedió 17 puntos (rango 8 a 34) y el puntaje de Constant, 72 (rango 62 a 82). La escala analógica del dolor promedió 1 punto (rango 0 a 3). Un paciente presentó evidencia radiológica de pinzamiento subacromial entre el ángulo de la placa y el acromion durante la abducción de hombro, pero sin dolor o limitación funcional significativa. Todos los pacientes que fumaban se abstuvieron de hacerlo por al menos los tres primeros meses posoperatorios y la paciente con rigidez de dedos y muñeca recuperó una buena función luego de cuatro meses de fisioterapia intensiva.

Discusión

El tratamiento quirúrgico en las no consolidaciones atróficas del húmero proximal sigue siendo un desafío, aun para el cirujano más avezado, debido a su frecuente asociación con un fragmento proximal pequeño, mala calidad ósea, infección, pérdida ósea, rigidez articular y múltiples intervenciones quirúrgicas previas. La reducción y fijación debe ser suficientemente estable como para permitir el movimiento temprano del hombro y

maximizar así las posibilidades de obtener un buen resultado funcional. Los avances recientes en reducción abierta y fijación interna de las fracturas se basaron en un mejor conocimiento de la biología ósea, la biomecánica en la fijación de las fracturas, nuevas técnicas quirúrgicas, y la evaluación y el análisis de las fallas previas.^{11,12,25} Se informó que tanto el uso de placas bloqueadas como el de clavo-placa puede no ser la solución ideal para fracturas del húmero proximal en pacientes adultos.^{5,13,22,24} Cuando se estabiliza una no consolidación atrófica del húmero proximal, el implante seleccionado debe soportar las fuerzas que lo atraviesan por períodos más prolongados que los requeridos en una fractura porque las no consolidaciones atróficas necesitan mayor tiempo para consolidar. Las limitaciones de este estudio son: no haber realizado estudios biomecánicos que compararan estos implantes con los ya disponibles en el mercado, si bien combina dos sistemas de estabilización extensamente evaluados en cuanto a sus funciones biomecánicas; no tener un grupo de control; y el grupo pequeño de pacientes. Sin embargo, la baja frecuencia de esta patología y los buenos resultados obtenidos en este grupo de pacientes justifican la presentación de este trabajo.

Se describieron numerosas técnicas para incrementar la estabilidad en el hueso osteoporótico y en las lesiones en las que uno de los fragmentos por estabilizar es pequeño, las cuales continúan evolucionando. Entre ellas se cuentan el uso de doble placa, la combinación de placa y clavo, la colocación de los tornillos con orientación divergente, la adición de cemento para aumentar la resistencia al arranque de los tornillos,^{16,28} la colocación de una plancha de aloinjerto,¹⁴ el reemplazo de tornillos corticales de 4, 5 mm por tornillos de 6,5 mm de esponjosa,²⁸ la colocación de una placa intramedular,⁷ el clavo-placa¹⁷ y la estabilización con tornillos bloqueados a la placa, ya sea por la adición de Schuller Nuts a placas convencionales, o mediante placas bloqueadas de compresión.^{26,27,32} A pesar de que inicialmente se creía que la fijación híbrida no era recomendable y de que aún no está establecido cuál es la fijación biomecánicamente ideal para cada caso en particular, publicaciones recientes recomiendan la fijación híbrida o combinada,²⁸ porque la combinación de tornillos en las configuraciones híbridas no altera las propiedades mecánicas de la construcción.⁹ Los clavos-placa bloqueados de compresión son esencialmente un método de estabilización híbrida con placas, que combina el mecanismo de fijación del clavo-placa con el de las placas bloqueadas de compresión y permite la colocación simultánea en orientación divergente de los tornillos en el fragmento proximal, que suele ser pequeño; y la combinación de compresión y bloqueo en los restantes orificios. El uso del clavo placa-bloqueado requiere una técnica quirúrgica precisa para alinear anatómicamente el húmero y colocar en forma correcta el clavo en la cabeza humeral.

Las placas bloqueadas de compresión son sistemas complejos de fijación que requieren un profundo conocimiento de los principios biomecánicos, una meticulosa planificación preoperatoria, y una técnica quirúrgica precisa para evitar fallas y complicaciones.³¹ La técnica quirúrgica para la colocación del clavo placa-bloqueado es aún más demandante, porque una inadecuada colocación del clavo en la cabeza del húmero podría hacer que los tornillos de la placa no coincidieran con el húmero, o producir una fricción entre la placa y el acromion. En las fracturas metafisarias y diafisarias de húmero, las placas bloqueadas permiten, pero en general no requieren, una reducción precisa y casi nunca necesitan ser moldeadas para coincidir con la anatomía del hueso,³⁴ ya que proveen estabilidad axial y angular, y reducen el riesgo de pérdida primaria de la reducción.⁴ Los clavos-placa bloqueados de 90° tienen la ventaja de combinar dos diferentes pero bien conocidos métodos de fijación de fracturas en el mismo implante, aumentando las propiedades mecánicas de ambas técnicas de fijación.

En esta serie, el tiempo requerido hasta obtener la consolidación fue significativamente mayor en los pacientes en quienes se utilizó aloinjerto (promedio 7 meses) que en aquellos en que se utilizó autoinjerto (promedio 5 meses), si bien esto no puede considerarse relevante por-

que el número de pacientes es bajo y el aloinjerto se aplicó en 3 pacientes con múltiples operaciones previas y significativa pérdida ósea.

Cuando se decide utilizar clavos-placa bloqueados de 90° se necesita una adecuada planificación y técnica quirúrgica, con una reconstrucción lo más anatómica posible y buena radioscopia intraoperatoria para evitar complicaciones, y un posicionamiento más preciso del implante que cuando se utilizan placas bloqueadas o convencionales. También merece una consideración la selección de un implante de diámetro adecuado y la correcta colocación de los tornillos en la diáfisis humeral; una placa corta determina un largo de trabajo disminuido e incrementa el estrés al cual son sometidos los tornillos y las posibilidades de falla del implante.⁵ Los últimos informes destacan que la integridad y la estabilidad obtenidas en la columna medial son el factor predictivo más importante de pérdida de fijación.¹⁰ Se propuso el aloinjerto intramedular de peroné como una posible solución a este problema, pero presenta grandes desventajas porque los aloinjertos corticales son cadavéricos, con las implicaciones que esto representa: disponibilidad limitada, alto costo, riesgo de infección, y la necesidad de un abordaje más amplio y agresivo para su colocación.⁸

Lever y cols. realizaron pruebas biomecánicas con placas convencionales y clavos-placa para fracturas del húmero proximal; probaron que las placas dinámicas de compresión de 4,5 mm de bajo contacto moldeadas en forma de clavo-placa, con un tornillo de "triangulación" y dos tornillos adicionales en la cabeza humeral eran significativamente más rígidas que otras construcciones no bloqueadas.²⁰ La fijación con clavo-placa, en combinación con injerto óseo autólogo de cresta ilíaca, ha permitido obtener buenos resultados cuando se utilizó para el tratamiento de las no consolidaciones del húmero proximal.^{17,23,29} Los estudios biomecánicos han demostrado que en comparación con los otros tipos de implantes disponibles, la placa bloqueada es más flexible y maximiza la estabilización de las fracturas, a la vez que reduce los picos de estrés en la interfaz hueso-implante.²¹ Aunque no han sido formalmente evaluados, los clavos-placa de 90° permiten la combinación de ambas tecnologías (la de las placas bloqueadas con la de los clavos-placa), para transferir y soportar las fuerzas transferidas en forma más eficaz y para incrementar su resistencia a la deformación. La resistencia al arranque de los tornillos es también teóricamente incrementada por su orientación divergente, el efecto de "triangulación" y por el hecho de estar bloqueados a la placa.

Conclusiones

La selección del implante es uno de los múltiples elementos para evaluar en el tratamiento de estas complejas lesiones. Los clavos-placa bloqueados de 90° fueron dise-

ñados para permitir al cirujano obtener una fijación adecuada en fracturas y no consolidaciones complejas metafisarias del húmero proximal asociadas con osteoporosis; para puentear fracturas conminutas o segmentarias metafisarias proximales o del tercio proximal del húmero; para fracturas espontáneas; y para revisión por falla de implantes con pérdida ósea, necrosis y erosión del húmero

proximal. Las ventajas del uso del clavo-placa-bloqueado de 90° son: a) incrementar la estabilidad rotacional en el plano sagital, b) el clavo en hueso metafisario es más fuerte que los tornillos y c) sigue permitiendo la colocación de tornillos bloqueados divergentes. Los resultados que presentamos son alentadores, considerando la complejidad de las lesiones tratadas.

Bibliografía

1. **Allende C, Allende BT.** The use of a new locking 90 degrees blade plate in the treatment of atrophic proximal humerus nonunions. *Int Orthop.* 2008 Oct 31. [Epub ahead of print] PMID: 18974986.
2. **Constant CR, Murley AH.** A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop* 1987;214:160-64.
3. **Edwards SL, Wilson NA, Zhang LQ, Flores S, Merck BR.** Two-part surgical neck fractures of the proximal part of the humerus. A biomechanical evaluation of two fixation techniques. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:2258-64.
4. **Egol KA, Kubiak EN, Fulkerson E, et al.** Biomechanics of locked plates and screws. *J Orthop Trauma* 2004;18:488-93.
5. **Egol KA, Ong CC, Walsh M, et al.** Early complications in proximal humerus fractures (OTA types 11) treated with locked plates. *J Orthop Trauma* 2008;22:159-64.
6. **Frankhauser F, Boldin C, Schippinger G, et al.** A new locking plate for unstable fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop Relat Res* 2005;430:176-81.
7. **Ganz R, Isler B, Mast J.** Internal fixation technique in pathological fractures of the extremities. *Arch Orthop Trauma* 1984;103:73-80.
8. **Gardner MJ, Boraiah S, Helfet DL, Lorich DG.** Indirect medial reduction and strut support of proximal humerus fractures using an endosteal implant. *J Orthop Trauma* 2008;22:195-200.
9. **Gardner MJ, Griffith MH, Demetrakopoulos D, Brophy RH, Grose A, Helfet DL, Lorich DG.** Hybrid locked plating of osteoporotic fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg* 2006;88:1962-67.
10. **Gardner MJ, Weil Y, Barker JU, Kelly BT, Helfet DL, Lorich DG.** The importance of medial support in locked plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 2007;21:185-91.
11. **Gautier E, Rahn BA, Perren SM.** Vascular remodelling. *Injury* 1995;26:11-19.
12. **Gautier E, Sommer C.** Guidelines for the clinical application of the LCP. *Injury* 2003;34: S-B63-S-B76.
13. **Hintermann B, Trouillier HH, Schafer D.** Rigid Internal Fixation of Fractures of the Proximal Humerus in Older Patients. *J Bone Joint Surg* 2000; 82: 1107-1112.
14. **Hornicek F, Zych G, Hutson JJ.** Salvage of humeral nonunions with onlay bone plate allograft augmentation. *Clin Orthop.* 2001;386:203-9.
15. **Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C.** Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (Disabilities of the arm, shoulder and hand). The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Indust Med.* 1996;29:602-8. erratum 30: 372.
16. **Järvinen M, Kannus P.** Current concepts review. Injury of an extremity as a risk factor for the development of osteoporosis. *J Bone and Joint Surg.* 1997;79-A:263-76.
17. **Jupiter JB, Mullaji AB.** Blade plate fixation of proximal humeral non-unions. *Injury.* 1994;25:301-3.
18. **Koukakis A, Apostolou CD, Taneja T, et al.** Fixation of proximal humerus fractures using the Philos plate: early experience. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 42:115-20.
19. **Kristiansen B, Barfod G, Bredeesen J, Erin-Madsen J, Grum B, Horsnaes MW, Aalberg JR.** Epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand* 1987;58:75-77.
20. **Lever JP, Aksenov SA, Zdero R, et al.** Biomechanical analysis of plate osteosynthesis systems for proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 2008;22:23-9.
21. **Lill H, Hepp P, Korner J, et al.** Proximal humeral fractures: how stiff should an implant be? A comparative mechanical study with new implants in human specimens. *Arch Orthop Trauma Surg* 2003;123:74-81.
22. **Meier RA, Messmer P, Regazzoni P, Rothfischer W, Gross T.** Unexpected high complication rate following internal fixation of instable proximal humerus fractures with an angled blade plate. *J Orthop Trauma* 2006;20:253-60.

23. **Nayak NK, Schickendantz MS, Regan WD, et al.** Operative treatment of nonunion of surgical neck fractures of the humerus. *Clin Orthop* 1995;313:200-5.
24. **Owsley KC, Gorczyca JT.** Displacement/Screw cutout after open reduction and locked plate fixation of humeral fractures. *J Bone Joint Surg* 2008;90:233-40.
25. **Perren SM, Cordey J, Rahn BA, et al.** Early temporary porosis of bone induced by internal fixation implants. A reaction to necrosis, not to stress protection? *Clin Orthop* 1988;232:139-51.
26. **Ring D, Jupiter JB.** Internal fixation of the humerus with locking compression plates. *Tech Shoulder Elbow Surg.* 2003;4:169-74.
27. **Ring D, Kloen P, Kadzielski J, Helfet D, Jupiter J.** Locking compression plates for osteoporotic nonunions of the diaphyseal humerus. *Clin Orthop.* 2004;425:50-4.
28. **Ring D, Perey B, Jupiter JB.** The functional outcome of the operative treatment of ununited fractures of the humeral diaphysis in older patients. *J Bone Joint Surg.* 1999;81A:177-90.
29. **Scheck M.** Surgical treatment of non-unions of the surgical neck of the humerus. *Clin Orthop* 1982;167:255-9.
30. **Siffri PC, Peindl RD, Coley ER, Norton J, CONNOR PM, Kellam JF.** Biomechanical analysis of blade plate versus locking plate fixation for a proximal humerus fracture: comparison using cadaveric and synthetic humeri. *J Orthop Trauma* 2006; 20:547-54.
31. **Sommer C, Babst R, Muller M, Hansosn B.** Locking Compression Plate Loosening and Plate Breakage. A report of four cases. *J Orthop Trauma* 2004;18:571-77.
32. **Sommer C, Gautier E, Muller M, Helfet DL, Wagner M.** First clinical results of the locking compression plate (LCP). *Injury* 2003;34 (Suppl. 2):S-B43-54.
33. **Voigt C, Woltmann A, Partenhiemer A, Lill H.** Management of complications after angularly stable locking proximal humerus plate fixation. *Chirurg* 2007;78:40-6.
34. **Wagner M.** General principles for the clinical use of the LCP. *Injury* 2003;34:S-B31-S-B42.
35. **Weber BG, Cech O.** *Pseudarthrosis: Pathophysiology, biomechanics, therapy, results.* New York, Grune and Stratton, 1976.