

Tratamiento de las fracturas de húmero proximal mediante osteosíntesis con placa de ángulo fijo (PHILOS®)

Treatment of proximal humerus fractures with osteosynthesis with fixed angular plate (PHILOS®)

Jiménez Martín, A.
Najarro Cid, F.J.
Santos Yubero, F.J.
Navarro Martínez, S.
Pérez Hidalgo, S.

*Hospital FREMAP Sevilla.
Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología.*

antonio_jimenez10@hotmail.com

Resumen

Introducción. Las fracturas de húmero proximal representan un 5% de las fracturas del adulto. Nuestro objetivo es revisar nuestra experiencia con la osteosíntesis con placa Philos® de estas fracturas.

Material y métodos. Estudio observacional, descriptivo y retrospectivo de 39 pacientes. Analizamos datos de filiación, clasificación de Neer, tiempo quirúrgico, rehabilitador, escala de Constant, movilidad, complicaciones y reintervenciones.

Resultados. Edad media: 46.8 ± 9.1 años. Tipo de 3 fragmentos de Neer (35.9%), tiempo quirúrgico: 110.6 ± 33.5 minutos, 22.1 ± 7.1 semanas de rehabilitación, Constant final: 68.2 ± 17.3 puntos. Movilidad final: flexión anterior activa: $134.6 \pm 35.8^\circ$. Abducción anterior activa: $129.3 \pm 41.5^\circ$. Flexión anterior pasiva: $154.7 \pm 26.1^\circ$. Abducción anterior pasiva: $150.7 \pm 31.5^\circ$. Complicaciones en el 51.3%, destacando rigidez (38.5%). Tasa de reintervención del 30.8%.

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas respecto a la posición final de osteosíntesis, siendo peor si sucedía en varo, en flexión anterior pasiva ($p=0.05$), tasa de consolidación ($p=0.045$)

Abstract

Introduction. Proximal humerus fractures represent about 5% of adult fractures. Our aim is reviewing our experience about osteosynthesis of these fractures with Philos® plate.

Materials and Methods. Observational, descriptive and retrospective study of 39 patients. We analyze personal data, Neer's classification, surgical time, rehabilitation, Constant' score, mobility, complications and reoperations.

Results. Average age: 46.8 ± 9.1 years. 3 fragments of Neer was the most common fracture (35.9%). Surgical time: 110.6 ± 33.5 minutes. Patients precised about 22.1 ± 7.1 weeks of rehabilitation. Final Constant's result was 68.2 ± 17.3 points. Final mobility: active forward flexion: $134.6 \pm 35.8^\circ$. Active abduction: $129.3 \pm 41.5^\circ$. Passive forward flexion: $154.7 \pm 26.1^\circ$. Passive abduction: $150.7 \pm 31.5^\circ$. Complications happened in 51.3% of cases, with stiffness (38.5%). Reoperation rate was of 30.8%.

Statistically significant differences were found regarding the final position of fixation, being worse results if union was on varus position. Mainly pas-

o necrosis de cabeza humeral ($p < 0.05$). También el número de fragmentos empeoró el resultado, con mayor tiempo de rehabilitación ($p = 0.01$), peor Constant ($p = 0.007$), peor flexión anterior activa ($p = 0.04$), abducción pasiva ($p = 0.02$), tiempo quirúrgico ($p = 0.001$), frecuencia de complicaciones ($p = 0.08$), o rigidez ($p = 0.01$).

Conclusiones. En nuestra experiencia la osteosíntesis con placa Philos® aporta buenos resultados funcionales y radiológicos, aunque en los casos de osteosíntesis en varo se alcanzaría menor grado de consolidación y peor flexión pasiva. Por otro lado, el número de fragmentos empeoraría también el resultado clínico final, y llevaría asociado mayor número de complicaciones.

Palabras clave: Fractura, húmero, placa, osteosíntesis.

sive forward flexion ($p = 0.05$), rate of union ($p = 0.045$) or humeral head necrosis ($p < 0.05$). Also number of fragments worsened the outcome, with more rehabilitation time ($p = 0.01$), worse Constant ($p = 0.007$), worse active forward flexion ($p = 0.04$), passive abduction ($p = 0.02$), surgical time ($p = 0.001$), frequency of complications ($p = 0.08$) or stiffness ($p = 0.01$).

Conclusions. In our experience osteosynthesis with Philos® plate provides good functional and radiological result. However, in cases of osteosynthesis in varus position appeared lesser degree of union and worst passive flexion was achieved. On the other hand, number of fragments also worsen final clinical outcome, and it would associate with more complications.

Key Words: Humerus, fracture, plate, osteosynthesis.

Introducción y objetivos

Las fracturas de húmero proximal representan un 5% de las fracturas del adulto, hasta un 85% son fracturas no desplazadas y son más frecuentes en mayores de 65 años, donde existe una clara base osteoporótica.

Considerando los factores pronósticos de necrosis de Hertel¹: Patrón de la fractura, longitud de la extensión metafisaria medial de la cabeza (< 8 mm) e integridad de la bisagra medial (> 2 mm), la indicación de osteosíntesis con placas de ángulo fijo ha evitado la realización de artroplastias en fracturas de varios fragmentos.

Nuestro objetivo es revisar nuestra experiencia con la placa de ángulo fijo Philos® (Synthes®).

La hipótesis de trabajo fue que la posición de la osteosíntesis influiría en la tasa de consolidación y riesgo de necrosis de la cabeza humeral posterior. Por otro lado, el mayor número de fragmentos empeoraría el resultado clínico y llevaría asociadas más complicaciones.

Material y métodos

Estudio observacional, descriptivo y retrospectivo de 39 pacientes, con fracturas de húmero proximal tratadas mediante osteosíntesis con placa Philos®. Figura 1.



Figura 1: Cirugía. Imagen intraoperatoria de osteosíntesis con placa Philos®.

Analizamos datos de filiación, clasificación de Neer, tiempo previo a la cirugía, tiempo quirúrgico, de rehabilitación y de baja, escala de Constant, flexión, abducción pasivas y activas, así como complicaciones y necesidad de reintervención.

La edad media fue de 46.8 ± 9.1 años, siendo el 74.4% varones y el 25.6% restante mujeres. Un 53.6% fueron hombros derechos, frente al 46.4% restante, que fueron izquierdos. Eran trabajadores de alta demanda en el 51.3% de los casos. El traumatismo fue por precipitación en el 56.4%, tráfico en el 35.9% y contusiones directas en el 7.7%. La distribución según la clasificación de Neer² fue de fracturas de 2 fragmentos en el 20.5%, fracturas de 3 fragmentos en el 35.9%, fracturas de 4 fragmentos en el 23.1% y fracturas-luxación en el 20.5%. Sólo 2 casos fueron el tratamiento de una pseudoartrosis previa.

El número de días previos a la intervención fue de una mediana de 7 días. El tiempo quirúrgico fue de 110.6 ± 33.5 minutos.

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS 15.0. Se exploró la normalidad de las variables numéricas, mediante el test de Shapiro-Wilk. Posteriormente se analizaron las variables cuantitativas en función de la posición de la osteosíntesis, de modo que para las variables numéricas con distribución normal se utilizó el test ANOVA. En el caso de variables numéricas con distribución no paramétrica se utilizó el test de Kruskal Wallis. Para las variables categóricas se utilizaron tablas de contingencia y chi cuadrado. Se consideró un intervalo de confianza del 95%, para que hubiera significación estadística.

Resultados

El tiempo de rehabilitación fue de 22.1 ± 7.1 semanas. El tiempo de baja tuvo una mediana de 24 semanas.

El resultado final del test de Constant fue de 68.2 ± 17.3 puntos, con una flexión activa de $134.6 \pm 35.8^\circ$, una abducción activa de $129.3 \pm 41.5^\circ$, una flexión pasiva de $154.7 \pm 26.1^\circ$ y una abducción pasiva de $150.7 \pm 31.5^\circ$. La distribución de resultados según el test de Constant fue de un 30.8% de resultados excelentes (mayores o iguales a 80 puntos), un 28.2% de resultados buenos (65-79 puntos), un 25.6% de resultados medios (entre 50-64 puntos) y

un 15.4% de resultados malos (inferiores a 50 puntos). Figura 2.

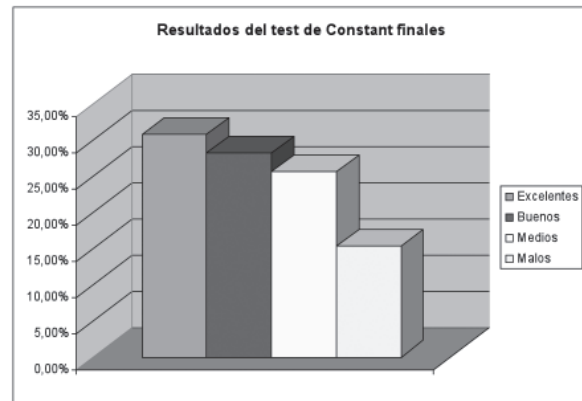


Figura 2: Distribución de resultados funcionales finales según el test de Constant.

Consolidó el 96.4% de las fracturas intervenidas con esta osteosíntesis. El tiempo de consolidación fue de 3.3 ± 1.6 meses. La consolidación fue en varo en el 14.2%, en valgo en el 17.9% y en ortoposición en el 67.9%. Figura 3.

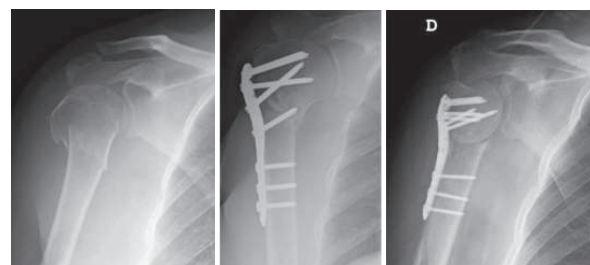


Figura 3: A. Fractura de 3 fragmentos de Neer. B. Osteosíntesis en ortoposición. C. Ejemplo de osteosíntesis en varo.

Se reintervino el 30.8% de los pacientes, siendo ésta fundamentalmente la retirada exclusiva de material de osteosíntesis en el 41.7%, la movilización bajo anestesia general en el 16.7%, la retirada de material y artroplastia en un caso (8.2%), la retirada y artroplastia en 2 casos (16.7%) y otros 2 casos (16.7%) de desbridamientos por infección.

Hubo complicaciones en el 51.3%, destacando la rigidez de hombro en el 38.5% y la cicatriz queloida en el 12.8%. También hubo rotura del bíceps en el 2.6%, impingement subacromial por el material de osteosíntesis en el 14.3%, necrosis de la cabeza humeral en el 7.7%, 2 casos de osteomielitis y 1 de paresia radial.

El alta por mejoría sucedió en el 76.9%, siendo el 23.1% restante, propuestas de incapacidad.

Contraste de hipótesis

El análisis comparativo entre los valores numéricos obtenidos al comparar las distintas posiciones de la osteosíntesis arrojó los datos siguientes: No obtuvimos diferencias estadísticamente significativas en cuanto a semanas de rehabilitación ($p=0.28$), semanas de baja ($p=0.45$), puntos finales en la escala de Constant ($p=0.24$), meses para la consolidación ($p=0.64$), flexión activa final ($p=0.20$), abducción activa final ($p=0.20$) o abducción pasiva final ($p=0.12$). Sólo se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la flexión pasiva final ($p=0.05$), siendo ésta mayor cuando se alcanzaba la ortoposición ($161,05^\circ \pm 24.47^\circ$) frente a la posición en valgo ($158^\circ \pm 24.9^\circ$) o varo ($118.75^\circ \pm 28.39^\circ$).

En cuanto a las variables categóricas, no se obtuvieron diferencias significativas, en función de la posición final de la osteosíntesis, en cuanto a la tasa de reintervención ($p=0.95$), tipo de reintervención ($p=0.13$), tipo de resultado final en el test de Constant ($p=0.83$), presencia de complicaciones ($p=0.57$), rigidez ($p=0.17$), rotura de la porción larga del bíceps ($p=0.78$), dolor residual ($p=0.65$), impingement ($p=0.33$), o tipo de alta ($p=0.48$). Sí se apreciaron diferencias significativas en cuanto al hecho de que sucediera la consolidación, ($p=0.045$), ya que cuando la fractura se estabilizaba en ortoposición o valgo, se alcanzaba la consolidación en el 100% de los casos, frente a un 25% que no consolidó cuando la posición tras osteosíntesis era en varo. Del mismo modo, se hallaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al riesgo de necrosis de la cabeza humeral ($p<0.05$), que no surgió cuando se alcanzaba la osteosíntesis en valgo u ortoposición, pero que sí apareció en hasta un 75% de los casos en los que la posición final fue de varo.

Por otro lado, el número de fragmentos arrojó peores resultados, a medida que mayor era o coexistía una fractura luxación. De modo, que hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a mayor tiempo de rehabilitación ($p=0.01$), mayor tiempo de baja ($p=0.36$), peor resultado en el test de Constant ($p=0.007$), peor flexión activa ($p=0.04$), peor abducción pasiva ($p=0.02$) o mayor tiempo quirúrgico ($p=0.001$), cuanto peor era la fractura. Sin embargo, no se apreciaron diferencias significativas en cuanto a meses para la consolidación ($p=0.68$), abducción activa ($p=0.21$) o flexión pasiva ($p=0.02$).

En cuanto a las variables categóricas, al comparar las fracturas según el número de fragmentos, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la tasa de reintervención ($p=0.18$), tipo de reintervención ($p=0.28$), tipo de resultado del test de Constant ($p=0.10$), consolidación ($p=0.18$), presencia de cicatrices queloides ($p=0.13$), roturas de bíceps ($p=0.26$), dolor residual ($p=0.47$), impingement ($p=0.66$), o tipo de alta ($p=0.63$). Sin embargo, sí hubo diferencias significativas en cuanto a presencia de complicaciones ($p=0.08$), rigidez ($p=0.01$) o necrosis de cabeza humeral ($p=0.006$), que fueron más frecuentes, cuanto peor era la fractura.

Discusión

En el tratamiento de las fracturas de húmero proximal se han planteado distintas opciones, en función del número de fragmentos. Desde el tratamiento ortopédico, la reducción percutánea (con 59% de buenos resultados³), hasta el tratamiento con osteosíntesis con placa o la artroplastia. En este trabajo se ha revisado la osteosíntesis con placa de ángulo fijo. Los beneficios de la osteosíntesis con placa Philos® han sido recogidos por diversos autores. Así autores como Iacobellis⁴ describen un resultado en el test de Constant de hasta los 69 puntos, incluso en fracturas de 4 fragmentos, mientras que para Parmaksizoglu⁵ o Thanasas⁶ se alcanzan resultados del test de Constant finales de 79.5 o 74.3 puntos, respectivamente.

En nuestra experiencia el test de Constant final fue de 68.2 ± 17.3 puntos. Para Gaheer⁷ se consigue hasta un 87.5% de reincorporación de los trabajadores de gran demanda funcional. En nuestra serie se consiguió la reincorporación en el 76.9%.

Para Konrad⁸ no hay diferencias estadísticamente significativas entre la utilización de esta placa y otras de ángulo fijo, en cuanto a los resultados del test de Constant, $p>0.05$, para fracturas de 4 partes. Tampoco se han encontrado diferencias respecto del clavo humeral PHN⁹ (Synthes®).

La edad influiría en los resultados, al tener peor pronóstico cuanto mayor grado de osteoporosis presentara el húmero proximal, como describe Leonard¹⁰. Sin embargo, también se recogen trabajos en la bibliografía con resultados buenos en pacientes mayores de 60 años. En este sentido, Norouzi¹¹, que compara un grupo de 20 pacientes de 60 años o menos y otro grupo de 17 pacientes mayores de 60

años, tratados con esta placa, encuentra una media de 77.6 puntos en las escala ASES, sin diferencias significativas entre ambos grupos. Para Kumar¹², no habría diferencias significativas entre pacientes mayores o menores de 60 años. En nuestro estudio la edad media fue de 46.8 ± 9.1 años. No hubo grandes diferencias de edades entre los pacientes, por lo que este aspecto no influyó en nuestra serie como factor pronóstico.

Por otro lado, comparativamente con las hemiartroplastias, se han desarrollado estudios como el de Spross¹³, que analiza el resultado funcional para fracturas conminutas de húmero proximal tras comparar 22 casos de osteosíntesis con placa Philos®, frente a otros 22 casos de hemiartroplastias. En el grupo de placa Philos® hasta un 63.6% de los pacientes presentaron complicaciones, de las que un 45.4% requirieron cirugía de revisión. En cambio en el grupo de las hemiartroplastias sólo un 4.5% requirió cirugía de revisión. Nuestra tasa de reintervención fue del 30.8%.

Parece ser que el abordaje utilizado para la osteosíntesis con estas placas podría influir en los resultados. No obstante, para Martetschläger¹⁴ no hay grandes diferencias entre realizar un abordaje deltopectoral y otro anterolateral con despegamiento deltoideo. Para Zhou¹⁵ el abordaje mínimamente invasivo es el más indicado especialmente en fracturas osteoporóticas, para evitar devascularizar la zona en mayor cuantía, consiguiendo la consolidación en unas 17.4 semanas, con un test de Constant de 85.8 puntos y la ausencia de omalgia en el 83.8% de los pacientes. Aksu¹⁶ recomienda también este miniabordaje, ya que consigue en pacientes de edad media de 75.2 años, resultados clínicos favorables, con una media de 86.8 ± 2.2 puntos en el test de Constant. El abordaje percutáneo es también recomendado por Imarisio¹⁷, al tener menos riesgo de necrosis. Nuestro abordaje fue deltopectoral en el 100% de los casos.

La osteosíntesis con placas de ángulo fijo en el húmero proximal, sin embargo, no está exenta de complicaciones (en torno al 39.1% para Faraj¹⁸ o el 45% para Athwal¹⁹). Así, Aksu²⁰ revisó 103 pacientes durante un período de 19 meses, tras la osteosíntesis con placas de ángulo fijo, observando que sólo un 9.7% de casos presentaban complicaciones. Las principales fueron la inclinación en varo de una media de 112.6° en el 4.6% de los pacientes, la penetración de tornillos intraarticulares en el 3.9% (o incluso en el 11.2% Spross²¹), la rotura del material

en el 1% , el fallo del implante en el 0.9% (o hasta el 6.5% Faraj¹⁸) y la infección profunda en otro 0.9%. Para otros autores, como Clavert²², las principales complicaciones son el desplazamiento secundario en estas fracturas es del 8.2%, la ausencia de consolidación, que aparece en el 5.5% y la necrosis de la cabeza humeral, que puede surgir en el 16.4%, o 29.6% Schliemann²³. La pseudoartrosis infectada tras osteosíntesis en el húmero es una complicación grave, que aparece en el tercio proximal humeral en el 26.6%, según la experiencia de la Clínica Mayo (Haydukewych²⁴). En nuestra experiencia el número de complicaciones fue del 51.3%.

Resulta primordial considerar diversos puntos en esta osteosíntesis. Así, sería fundamental la reducción con respecto al troquíter, así como, la orientación de la cabeza humeral en la reducción. De tal modo que, para Clavert²², la ausencia de consolidación fracturaria, la osteonecrosis de la cabeza humeral, la posición del troquíter, la penetración intraarticular de los tornillos o la colocación demasiado alta de la placa, son los factores que más pueden influir en los resultados clínicos, como el test de Constant, con $p=0.018$, $p=0.029$, $p=0.037$, $p=0.001$ y $p=0.002$, respectivamente. Para Spross²¹ los fumadores de más de 20 paquetes al año tienen un significativo mayor índice de complicaciones en caso de estas fracturas.

También, la disposición de la fractura en varo es un factor de mal pronóstico, algo que en nuestra experiencia sucedió en el 14.2% y marcó claras diferencias estadísticamente significativas con respecto a la síntesis en ortoposición, tanto en flexión pasiva final ($p=0.05$), consolidación, ($p=0.045$) y necrosis de la cabeza humeral ($p<0.05$). Este hecho es analizado por diversos autores. Así, para Pak²⁵ la tasa de complicaciones fue mayor cuando no había un correcto soporte medial, angulación en varo y mayor frecuencia de fragmentos. También para Ponce²⁶, la conminución medial y angulación en varo, determinó el fallo del 48% de las osteosíntesis que presentaban esta disposición, ($p=0.015$). La estabilización del calcar medial determinaría un incremento en la resistencia al colapso de la fractura del 31%, significativa respecto de cuando no se conseguía dicha correcta estabilización ($p=0.002$). También para Burke²⁷, la osteosíntesis con placas de ángulo fijo tendría complicaciones como el riesgo de necrosis avascular (7.9%), migración de tornillos (11.6%) y cirugía de revisión (13.7%), algo que sucedería de modo más frecuente cuando había disposición de la cabeza humeral en varo. Para Südkamp²⁸ la angu-

lación en varo de más de 30° es uno de los factores predictivos negativos de mal pronóstico en estas osteosíntesis. Parece ser que el aporte de cemento con fosfato cálcico determinaría un menor desplazamiento en varo en estas osteosíntesis y Gradi²⁹ lo recomendaría para mejorar la biomecánica de estas fracturas.

Finalmente, la presencia de mayor número de fragmentos es otro gran factor de mal pronóstico.

Kumar¹² describe resultados del test de Contant diferentes según el número de partes. Así en fracturas de 2 partes (79.83 ± 6.95 puntos), fracturas de 3 partes (74.22 ± 12.53 puntos), cuyos resultados fueron significativamente mejores que los de aquellos en 4 partes (61.09 ± 14.29 puntos), con p=0.002 y 0.018, respectivamente. En nuestra experiencia con dos fragmentos se obtuvo un test de Constant de 84.3 ± 13.6 puntos, con 3 fragmentos fue de 63.8 ± 16.9 puntos, con 4 fragmentos fue de 70.3 ± 11.9 puntos, mientras que en los casos de fracturas-luxación fue de 57.3 ± 16.6 puntos.

Conclusiones

En nuestra experiencia, la osteosíntesis con placa Philos® arrojó buenos resultados funcionales, sin embargo, tanto la flexión final pasiva, como la consolidación fueron mejores cuando la osteosíntesis se

consiguió en ortoposición y el riesgo de necrosis de cabeza humeral fue más importante cuando se admitía una osteosíntesis en varo.

Por otro lado, la mayor complejidad de la fractura, en nuestra experiencia, llevaría asociada mayor tiempo quirúrgico, de rehabilitación y de baja, peor movilidad final, así como, peor resultado funcional, además de mayor cantidad de complicaciones, como la necrosis de la cabeza humeral.

Agradecimientos: Quisiéramos agradecer la colaboración prestada por el personal de quirófano de nuestro centro en la realización de las fotografías intraoperatorias que conforman este trabajo, y en especial a los Sres. Villanueva, Muñoz, González y Sra. Betanzos.

Conflicto de intereses: Los autores no hemos recibido ayuda económica alguna para la realización de este trabajo. Tampoco hemos firmado ningún acuerdo por el que vayamos a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial. Por otra parte, ninguna entidad comercial ha pagado, ni pagará a fundaciones, instituciones educativas u otras organizaciones sin ánimo de lucro a las que estamos afiliados.

Nivel de evidencia IV

Bibliografía

1. Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, et al. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg.*2004 Jul-Aug;13(4):427-33.
2. Neer CS 2nd. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am.*1970 Sep;52(6):1077-89.
3. Bernáldez Domínguez P, Prieto Álvarez A, Cintado Avilés M, et al. Estudio retrospectivo (1994-1998) acerca del tratamiento de las fracturas de la extremidad proximal de húmero mediante fijación interna percutánea. *Rev.S.And.Traum y Ort.*2002. 22(2):106-16.
4. Iacobellis C, Fountzoulas K, Aldegheri R. Plating of proximal fracture of the humerus: a study of 30 cases.

5. Parmaksizolu AS, Sökücü S, Ozkaya U, et al. Locking plate fixation of three- and four-part proximal humeral fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc.*2010;44(2):97-104.
6. Thanasas C, Kontakis G, Angoules A, et al. Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg.*2009 Nov-Dec;18(6):837-44.
7. Gaheer RS, Hawkins A. Fixation of 3- and 4-part proximal humerus fractures using the PHILOS plate: mid-term results. *Orthopedics.*2010 Sep 7;33(9):671.
8. Konrad G, Hirschmüller A, Audige L, et al. Comparison of two different locking plates for two-, three- and four part proximal humeral fractures--results

of an international multicentre study. *Int Orthop*.2012 May;36(5):1051-8.

9. Konrad G, Audigé L, Lambert S, et al. Similar outcomes for nail versus plate fixation of three-part proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res*.2012 Feb;470(2):602-9.

10. Leonard M, Mokotedi L, Alao U, et al. The use of locking plates in proximal humeral fractures: Comparison of outcome by patient age and fracture pattern. *Int J Shoulder Surg*.2009 Oct;3(4):85-9.

11. Norouzi M, Naderi MN, Komasi MH, et al. Clinical results of using the proximal humeral internal locking system plate for internal fixation of displaced proximal humeral fractures. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*.2012 May;41(5):E64-8.

12. Kumar C, Gupta AK, Nath R, et al. Open reduction and locking plate fixation of displaced proximal humerus fractures. *Indian J Orthop*.2013 Mar;47(2):156-60.

13. Spross C, Platz A, Erschbamer M, et al. Surgical treatment of Neer Group VI proximal humeral fractures: retrospective comparison of PHILOS® and hemiarthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*.2012 Jul;470(7):2035-42.

14. Martetschläger F, Siebenlist S, Weier M, et al. Plating of proximal humeral fractures. *Orthopedics*.2012 Nov 1;35(11):e1606-12.

15. Zhou ZB, Gao YS, Tang MJ, et al. Minimally invasive percutaneous osteosynthesis for proximal humeral shaft fractures with the PHILOS through the deltopectoral approach. *Int Orthop*.2012 Nov;36(11):2341-5.

16. Aksu N, Karaca S, Kara AN, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in diaphyseal humerus and proximal humerus fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc*.2012;46(3):154-60.

17. Imarisio D, Trecci A, Sabatini L, et al. Treatment for proximal humeral fractures with percutaneous plating: our first results. *Musculoskelet Surg*.2013 Jun;97 Suppl 1:85-91.

18. Faraj D, Kooistra BW Vd, Stappen WA, et al. Results of 131 consecutive operated patients with a displaced proximal humerus fracture: an analysis with more than two years follow-up. *Eur J Orthop Surg Traumatol*.2011 Jan;21(1):7-12.

19. Athwal GS, Sperling JW, Rispoli DM, et al. Acute deep infection after surgical fixation of proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*.2007 Jul-Aug;16(4):408-12.

20. Aksu N, Gödüs A, Kara AN, et al. Complications encountered in proximal humerus fractures treated with locking plate fixation. *Acta Orthop Traumatol Turc*.2010;44(2):89-96.

21. Spross C, Platz A, Rufibach K, et al. The PHILOS plate for proximal humeral fractures--risk factors for complications at one year. *J Trauma Acute Care Surg*.2012 Mar;72(3):783-92.

22. Clavert P, Adam P, Bevort A, et al. Pitfalls and complications with locking plate for proximal humerus fracture. *J Shoulder Elbow Surg*.2010 Jun;19(4):489-94.

23. Schliemann B, Siemoneit J, Theisen Ch, et al. Complex fractures of the proximal humerus in the elderly--outcome and complications after locking plate fixation. *Musculoskelet Surg*.2012 May;96 Suppl 1:S3-11.

24. Haidukewych GJ, Sperling JW. Results of treatment of infected humeral nonunions: the Mayo Clinic experience. *Clin Orthop Relat Res*.2003 Sep;414:25-30.

25. Pak P, Eng K, Page RS. Fixed-angle locking proximal humerus plate: an evaluation of functional results and implant-related outcomes. *ANZ J Surg*.2013 Sep 5.

26. Ponce BA, Thompson KJ, Raghava P, et al. The role of medial comminution and calcar restoration in varus collapse of proximal humeral fractures treated with locking plates. *J Bone Joint Surg Am*.2013 Aug 21;95(16):e1131-7.

27. Burke NG, Kennedy J, Green C, et al. Locking plate fixation for proximal humerus fractures. *Orthopedics*.2012 Feb 17;35(2):e250-4.

28. Südkamp NP, Audigé L, Lambert S, et al. Path analysis of factors for functional outcome at one year in 463 proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*.2011 Dec;20(8):1207-16 .

29. Gradl G, Knobe M, Stoffel M, et al. Biomechanical evaluation of locking plate fixation of proximal humeral fractures augmented with calcium phosphate cement. *J Orthop Trauma*.2013 Jul;27(7):399-404.