



## Proksimal humerus kırıklarında PHILOS plağı ile tespitin fonksiyonel sonuçları ve komplikasyonları

Emanuel V. GEIGER, Marcus MAIER, Arne KELM, Sebastian WUTZLER, Caroline SEEBACH, Ingo MARZI

*Johann Wolfgang Goethe Üniversitesi Travma, El ve Rekonstrüktif Cerrahi Kliniği, Frankfurt/Main, Almanya*

**Amaç:** Tüm kırıkların yaklaşık %5'ini proksimal humerus kırıkları oluşturur. Stabilitayı artırmak için yeni plak teknikleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, proksimal humerus kırıklarında Proksimal Humerus İnternal Kilit Sistemi (Proximal Humeral Internal Locking System-PHILOS) plağı ile tespitin fonksiyonel sonuçları değerlendirildi ve implantla ilişkili potansiyel komplikasyonlar incelendi.

**Çalışma planı:** Ayrılmış proksimal humerus kırığı olan 28 hastaya (20 kadın, 8 erkek; ort. yaş 60.7±12.9) PHILOS plağı ile internal tespit uygulandı. Kırık nedeni 21 hastada düşük enerjili travma (boy hizasından düşme), yedi hastada kayak ya da bisiklet kazasıydı. Kırık 16 hastada sağ, 12 hastada sol taraftaydı. Neer sınıflamasına göre, sekiz hastada iki parça, 12 hastada üç parça, sekiz hastada dört parça ayrılmış kırık vardı. Tüm hastalara PHILOS plağı ile internal tespit ardından benzer fizik tedavi programı uygulandı. Hastalar klinik ve radyografik olarak ortalama 25.2±11.8 aylık takip sonunda değerlendirildi. Fonksiyonel sonuçlar için yaş ve cinsiyete göre ayarlanmış Constant-Murley skoru kullanıldı. Hareket açıklığı ve omuz abduksiyon kuvveti ölçüldü. Hastalar ayrıca Kol, Omuz ve El Sorunları Anketi (Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand-DASH) ve görsel analog skala ile değerlendirildi. Takip sırasında görülen komplikasyonlar kaydedildi.

**Sonuçlar:** Yirmi kırık (%71.4) iyi anatomik konumda iyileşti. Takip süresi sonunda ortalama Constant-Murley skoru 57.9±21.7, yaş ve cinsiyete göre ayarlanmış Constant-Murley skoru ise 67.5±23.6 bulundu. On altı hastada (%57.1) mükemmel veya iyi, bir hastada (%3.6) orta, 11 hastada (%39.3) kötü sonuç elde edildi. Ortalama DASH ve görsel analog skala skorları sırasıyla 28.3±24.3 ve 75.4±21.2 bulundu. Takip sırasında 11 komplikasyon (%39.3) görüldü. Sekiz hastada (%72.3) yeniden ameliyat gerekti. Komplikasyonlar iki hastada (%7.2) humerus başı avasküler nekrozu, altı hastada (%21.4) subakromiyal sıkışma, bir hastada (%3.6) kilit vidasında gevşeme ve iki hastada (%7.2) radial sinirde geçici duyu kaybı şeklinde idi. Subakromiyal sıkışma esas olarak plağın süperior konumundan kaynaklanıyordu.

**Çıkarımlar:** Sonuçlarımız, yaşlı hastalardaki proksimal humerus kırıklarında PHILOS plağı ile yeterli kırık stabilizasyonu sağlanabileceğini göstermektedir.

**Anahtar sözcükler:** Kemik plağı; kırık tespiti, internal/yöntem; humerus/yaralanma; omuz kırığı/cerrahi; tedavi sonucu.

Tüm kırıkların yaklaşık %5'ini proksimal humerus kırıkları oluşturur.<sup>[1]</sup> Son otuz yıl içinde, proksimal humerus kırıklarının yaşa göre ayarlanmış sıklı-

ğında yılda %15 artış olmuştur. Proksimal humerus kırıklarındaki bu artış daha çok komplikasyonu da beraberinde getirmektedir.<sup>[2]</sup>

**Yazışma adresi:** Emanuel V. Geiger, MD. Department of Trauma, Hand and Reconstructive Surgery, Johann Wolfgang Goethe-University Frankfurt/Main, Theodor-Stern-Kai 7, D-60590 Frankfurt/Main, Germany. Tel: +49-69-6301-5069 e-posta: Emanuel.Geiger@kgu.de

**Başvuru tarihi:** 19.05.2009 **Kabul tarihi:** 12.10.2009

© 2010 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Proksimal humerus kırıklarının yaklaşık %80'i tatmin edici sonuçlarla ameliyatsız olarak tedavi edilebilir.<sup>[3]</sup> Bununla birlikte, parçalı ve yer değiştirmiş proksimal humerus kırıklarının tespitinde farklı teknikler tanımlanmıştır; bunlar dikiş, serklaj teli, K-teli, plak-vida sistemi, intramedüller araçlar ve omuz artroplastisidir.<sup>[4-7]</sup>

Komplikasyon oranı %50 ve daha yüksekler kadar çıkabilir.<sup>[8,9]</sup> Vida ve plaklarda sıyrılmaya ya da geri gelme, kaynamama, avasküler nekroz, çivi migrasyonu, rotator manşet yırtığı ve sıkışma sendromu gibi çeşitli komplikasyonlar bildirilmiştir.<sup>[10,11]</sup> Proksimal humerus kırıklarında omuz artroplastisi bile fonksiyonel açıdan kötü sonuçlar verebilir.<sup>[12]</sup>

Özellikle tespit yetersizliği ve stabilite kaybı olmak üzere komplikasyonları azaltmak amacıyla ve stabilitenin artırılması ve ameliyat sonrası erken mobilizasyonun sağlanabilmesi için yeni plak teknikleri geliştirilmiştir. Bunlardan biri de Proksimal Humerus İnternal Kilit Sistemi'dir (Proximal Humeral Internal Locking System-PHILOS, Synthes, Solothurn, İsviçre).<sup>[13]</sup>

Vidaların tespit kapasitesi ile bölgesel kemik morfolojisi (örn. kortikal kalınlık ve kemik mineral yoğunluğu) arasında ileri derecede bir ilişki bulunduğu,<sup>[14]</sup> proksimal humerus kırıklarında osteoporotik kemik varlığı da komplikasyon gelişimini etkileyen faktörler arasındadır.

Bu çalışmada, proksimal humerus kırıklarında PHILOS plağı ile tespitin klinik sonuçları değerlendirildi ve implantla ilişkili potansiyel komplikasyonlar incelendi.

### Hastalar ve yöntem

Çalışma yerel etik kurul tarafından onaylandıktan sonra her hastadan yazılı bilgilendirilmiş onam formu alındı. Ayrışmış proksimal humerus kırığı olan 28 hastaya (20 kadın, 8 erkek) PHILOS plağı ile internal tespit uygulandı. Ortalama yaş erkeklerde 56.4±19.0, kadınlarda 62.5±9.6 olmak üzere, tüm grupta 60.7±12.9 idi. Hastalar hastane ve ameliyathane kayıtları taranarak belirlendi. Çalışmaya alınma ölçütleri şunlardı: (i) Kapalı proksimal humerus kırığı (Neer sınıflamasına göre iki, üç veya dört parçalı),<sup>[15]</sup> (ii) ameliyatsız tedavinin başarısız olması ve (iii) 18 yaşından büyük olmak. Patolojik kırıklar ve açık kırıklar çalışmaya alınmadı. Kırıklar radyografi

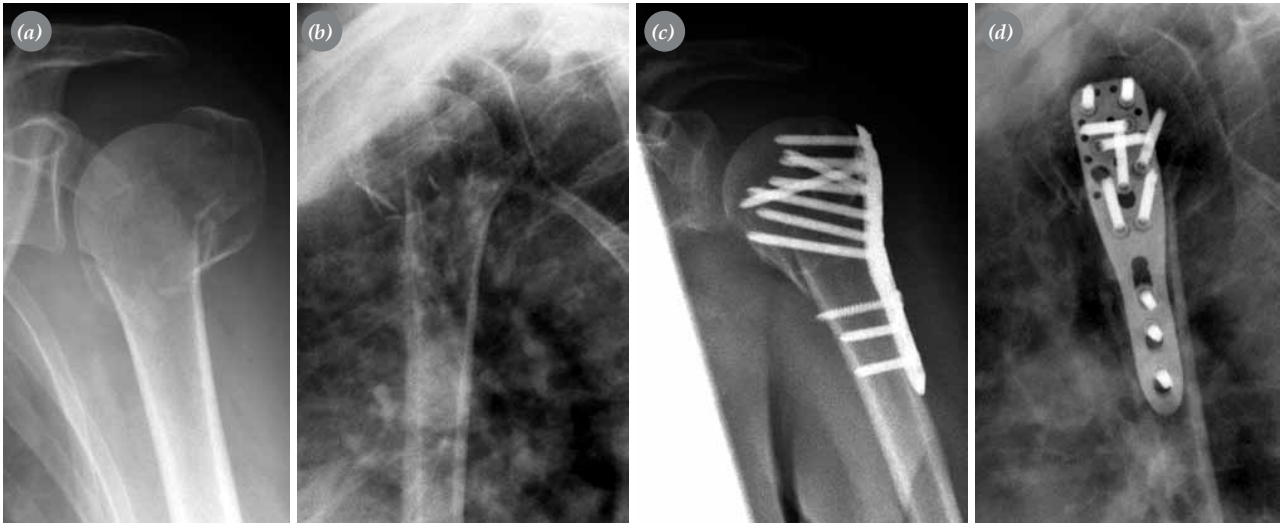
görüntüleri ve varsa bilgisayarlı tomografi görüntüleri incelenerek, Neer sınıflamasına göre ayrışmış 2, 3 veya 4 parçalı kırıklar olarak ayrıldı.<sup>[15]</sup>

Kırıkların nedeni 21 hastada düşük enerjili travma (boy hizasından düşme), yedi hastada kayak veya bisiklet kazası idi. Kırık 16 hastada sağ tarafta, 12 hastada sol tarafta idi. Sekiz hastada iki parçalı kırık, 12 hastada üç parçalı kırık, sekiz hastada ise dört parçalı kırık vardı. Ortalama beden kütle indeksi erkeklerde 27.9±5.0 kg/m<sup>2</sup>, kadınlarda 28.3±7.2 kg/m<sup>2</sup> olmak üzere tüm grupta 28.2±6.5 kg/m<sup>2</sup> idi.

Cerrahi işlem standart deltopektoral yaklaşımla hasta şezlong pozisyonunda iken uygulandı. Ameliyat sonrasında omuz kol askısıyla sabitlendi. Ameliyat sonrası üçüncü günde, sertleşmeyi önlemek için pasif hareket ve sarkaç egzersizlerine başlandı. Aktif yardımcı hareket altı hafta boyunca 40 derece ile sınırlandı. Dirençli güçlendirme egzersizlerine kırık kaynamasından emin olunduktan sonra başlandı. Tüm hastalara benzer fizik tedavi programı uygulandı.

### Klinik ve radyografik değerlendirme

Hastalar klinik ve radyografik olarak ortalama 25.2±11.8 aylık takip sonunda değerlendirildi. Takip sırasında görülen komplikasyonlar ve fonksiyonel sonuçlar kaydedildi. Son takipte standart ön-arka ve yan radyografiler çekildi (Şekil 1). Radyografik değerlendirme ile kaynama, kaynamama, avasküler nekroz, implant gevşemesi ve ilgili komplikasyonlar belirlendi. Hastalar birincil cerrahi tedavilerine katılmamış bulunan bir yazar tarafından muayene edildi. Fonksiyonel sonucun belirlenmesinde Constant-Murley skoru kullanıldı.<sup>[16]</sup> Hareket açıklığı gonyometre ile ölçüldü. Omuz abduksiyon kuvveti, daha önce önerilen şekilde dinamometre ile ölçüldü.<sup>[17]</sup> Ölçümler her biri üç saniye sürecek şekilde üç kez tekrarlandı. Tüm ölçümler için ortalama değer hesaplanarak kilogram cinsinden kuvvet belirlendi. Bankes ve ark.nın<sup>[18]</sup> önerdiği gibi, omuz kuvveti ölçümünde 90° abduksiyona gelememe sıfır olarak kabul edildi. Normal omuz kuvveti yaşla azalır cinsiyete göre farklılık gösterebildiğinden, Constant-Murley skoru daha önce tanımlandığı gibi yaş ve cinsiyete göre ayarlandı.<sup>[19]</sup> Constant-Murley skoru kötü (0-55 puan), orta (56-70), iyi (71-85) ve mükemmel (86-100) olarak derecelendirildi.<sup>[11]</sup> Ayrıca, Kol, Omuz ve El Sorunları Anketi (Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand-DASH)<sup>[20]</sup> ile



**Şekil 1.** (a, b) Düşme sonucu üç parçalı kırık oluşan 65 yaşındaki kadın hastanın ameliyat öncesi radyografileri. Ön-arka görüntüde humerus başında impaksiyon ve majör tüberkül çıkığı izleniyor. (c, d) Ameliyat sonrası radyografilerde kırığın anatomik redüksiyonu ve PHILOS plağının uygun şekilde konumlanması görülüyor.

hastaların engellilik durumları, görsel analog skala (0 mm-kötü, 100 mm-mükemmel) ile genel memnuniyet düzeyleri ölçüldü.

#### Verilerin değerlendirilmesi

Verilerin kaydedilmesinde ve analizinde SPSS 11.5.1 paket programı kullanıldı. Sürekli değişkenler ortalama ve standart sapma (SS) olarak ifade edildi. Sıralı değişkenler için ortalamalar ve çeyrekler arası genişlikler hesaplandı.

#### Sonuçlar

Toplam 28 kırıktan 20'si (%71.4) iyi anatomik konumda iyileşti. Takip süresi sonunda ortalama Constant-Murley skoru  $57.9 \pm 21.7$ , ayarlanmış Constant-Murley skoru ise  $67.5 \pm 23.6$  bulundu. Sonuçlar 16 hastada (57.1%) mükemmel veya iyi, bir hastada (%3.6) orta, 11 hastada (%39.3) kötü bulundu. Ortalama DASH ve görsel analog skala skorları  $28.3 \pm 24.3$  ve  $75.4 \pm 21.2$  bulundu.

Takip sırasında 11 komplikasyon (%39.3) görüldü; bunların sekizinde (%72.3) yeniden ameliyat gerekti (Tablo 1). Avasküler nevroz iki hastada (%7.2) gözlemlendi; bu hastalarda dört parçalı kırık vardı. Humerus başında kısmi nekroz gelişen bir hasta revizyon cerrahisini reddetti, diğerine ise hemiarthroplasti ile revizyon cerrahisi uygulandı. Altı hastada (%21.4) esas olarak PHILOS plağının superior konumundan kaynaklanan subakromiyal sıkışma görüldü. Bir hastada ciddi kalsifiye tendinite bağlı subakromiyal sıkışma,

bir hastada ise osteofit oluşumuna bağlı ekstrinsik sıkışma görüldü. Sıkışma oluşan tüm hastalar plağın çıkarılmasının ardından akromiyoplastiyle iyileşti. Bir hastada (%3.6) ameliyattan dört ay sonra kilit vidası başında gevşeme görüldü. Bu kırık, gevşeyen vidanın çıkarılmasıyla sorunsuz şekilde iyileşti. Ameliyat sonrasında iki hastada (%7.2) radial sinirde duyu kaybı yakınmaları görüldü; bu durum cerrahi işleme gerek kalmadan birkaç ay sonra tamamen düzeldi.

#### Tartışma

Parçalı ve ayrılmış proksimal humerus kırıklarının cerrahi tedavisi, özellikle osteoporotik kemik söz konusu olduğunda, karmaşık ve zor bir sorun olmuştur. Parçalı ve ayrılmış proksimal humerus kırıklarında

**Tablo 1**  
PHILOS plağı ile tespit sonrası ortaya çıkan komplikasyonlar

|                                  | Sayı | Yüzde |
|----------------------------------|------|-------|
| Toplam komplikasyon              | 11   | 39.3  |
| Toplam revizyon cerrahisi        | 8    | 28.6  |
| Humerus başında avasküler nekroz | 2    | 7.2   |
| Kısmi                            | 1    |       |
| Tam                              | 1*   |       |
| Subakromiyal sıkışma             | 6*   | 21.4  |
| Sinirde duyu kaybı               | 2    | 7.2   |
| Vida gevşemesi                   | 1*   | 3.6   |

\*Revizyon cerrahisi gerektiren komplikasyonlar.

rının tespiti için farklı teknikler tanımlanmıştır.<sup>[4-7]</sup> Bu tekniklerin tümünde çeşitli oranlarda komplikasyonlar (vida ve plaklarda sıyrılma ya da geri gelme, kaynamama, avasküler nekroz, plak distalinde kırıklar, vb.) görülmüştür.<sup>[8,9,21]</sup> Fonksiyonel sonuç sadece kemik stoğunun kalitesine değil, implantın sağladığı stabiliteye de bağlıdır. PHILOS plağı gibi bir internal kilit sisteminde, bütün kuvvetler kemikten plağa (blade), plaktan kemiğe kilit vidaları aracılığıyla iletilir. Dolayısıyla, sabit açılı plaklar torsiyonel sağlamlık ve stabiliteyi artırarak daha iyi sonuç elde edilmesini sağlayabilir.<sup>[22]</sup>

Çalışmamız, PHILOS plağı ile tespit sonrası klinik sonuçları değerlendirmek ve takip sırasında oluşabilecek komplikasyonları belirlemek amacıyla planlandı. Bugüne dek proksimal humerus kırıklarının kilit plakla tespitinin erken sonuçları bildirilmiştir.<sup>[8,9,11,23-26]</sup>

Çalışmamızda, proksimal humerus kırıklarında PHILOS plağı kullanılarak yapılan osteosentezin klinik sonuçları ortaya kondu. Toplam komplikasyon oranı %39.3 bulundu. Erken dönemde implantta gevşeme olmadı. Başlıca komplikasyon PHILOS plağın superior konumlanmasına bağlı oluşan subakromiyal sıkışma idi; bu durum, abduksiyon sırasında subakromiyal sıkışmaya yol açmaması için, PHILOS plağının daha distale yerleştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Olguların hepsinde plağın çıkarılmasıyla bu sorun giderildi. Constant-Murley skoruna göre, %57.1 oranında mükemmel veya iyi sonuç, %39.3 oranında kötü sonuç elde edildi. Bazı farklılıklar olsa da, sonuçlarımız PHILOS plağı için bildirilenlerle benzerlik göstermektedir.<sup>[25]</sup>

Frankhauser ve ark.<sup>[9]</sup> 28 hastada Kilitli Proksimal Humerus Plak (Locking Proximal Humerus Plate-LPHP) ile tedavi edilen 29 proksimal humerus kırığını incelemişlerdir. Hiçbir hastada kaynamama görülmemiş, yeniden ameliyat oranı ise düşük bulunmuştur (n=2). Ortalama Constant-Murley skoru 12 ay sonunda 74.6 bulunmuştur. Yazarlar, humerus cisminde plağın daha iyi konumlandırılması ve kilit vidalarının yeniden çıkma, kötü kaynama ve implantla ilişkili sıkışmayı önleyecek şekilde yerleştirilmesiyle sonuçların daha da iyileştirilebileceğini öne sürmüşlerdir.

Björkenheim ve ark.<sup>[11]</sup> geriye dönük bir çalışmada PHILOS plağıyla tedavi edilen 72 hastayı değerlendirmişlerdir. Son kontrollerde Constant-Murley

skoruna göre fonksiyonel sonuç 36 hastada iyi veya mükemmel, 31 hastada orta, beş hastada kötü bulunmuştur. Yazarlar özellikle osteoporotik kemikte PHILOS plağı kullanımını savunmuşlardır.<sup>[11]</sup>

Koukakis ve ark.<sup>[26]</sup> 20 ardışık hastanın PHILOS plağı kullanılarak tedavi edilen proksimal humerus kırıklarında erken dönem sonuçları olumlu bulunmuşlardır. Ortalama 16 aylık takip sonrası ortalama Constant skoru 76.1 bulunmuştur. Sonuçlarda yaşa göre değişme gözlenmemiştir (<65 yaş ve ≥65 yaş).

Hente ve ark.<sup>[23]</sup> ayrılmış 3-4 parçalı proksimal humerus kırığı olan 31 hastayı PHILOS plağı ile tedavi etmişler ve ortalama 18.5 ay takip sonunda ortalama Constant skorunu 76 bulmuşlardır. Yazarlar ortalama kuvveti ise 22 kg olarak bildirmişlerdir. Ancak, bu veri dikkatli yorumlanmalıdır; çünkü kuvvet ölçümlerinde yaylı terazinin kemerini proksimal humerusta deltoid kasının yanından geçirmişlerdir. Ayrıca, kuvvet ölçümlerine kollarını 90° abduksiyona getiremeyen hastaları da katmışlardır; biz ise bu hastaları Bankes ve ark.<sup>[18]</sup> önerdiği gibi sıfır olarak kabul etmiştik. Kuvvet toplam Constant-Murley skorunun başlıca belirleyicilerinden biri olduğundan ve ölçüm yöntemine göre değiştiği (örn. kaldırma kolu) için, daha önce de belirtildiği gibi, ölçüm yöntemini standart hale getirmek son derece önemlidir.<sup>[18]</sup>

Genelde, tedaviye karar verirken kemik kalitesinin dikkate alınması gerektiği vurgulanır. Ancak ne yazık ki, düşük kemik mineral yoğunluğunun (KMY) proksimal humerus kırıklarının PHILOS plağı ile tespit sonuçlarına etkisi hakkında yorum yapabilmek için, hastaların ameliyat öncesi KMY değerleri hakkında verimiz yoktu. PHILOS plağı ile tespit ile ilgili literatür taramamızda, bütün çalışmalarda KMY'nin dikkate alındığını; ancak, osteoporoz üzerine tartışmaların önceden KMY ölçümü yapılmadan sürdürüldüğünü gözlemledik. Yani, hastalarda klinik olarak osteoporoz olup olmadığı kararı, ya standart radyografilere ya da cerrahın ameliyat sırasındaki izlenimine dayandırılmıştı. Çalışmamızın geriye dönük yapısı nedeniyle, KMY ile ilişkili komplikasyonları ve santral KMY'nin fonksiyonel sonuçlar ile doğrudan ilişkili olup olmadığını veya lokal komplikasyonların öngörülmesinde kullanılıp kullanılmayacağını değerlendiremedik. Bu nedenle, çok zor da olsa, ilk travma ve birincil cerrahi sırasında KMY'nin ölçülmesi ileriye dönük bir çalışmanın konusu olabilir. Bu, ikincil osteoporozu olan hastaları dışta bırakarak,

KMY ile komplikasyonlar arasında ilişki olup olmadığını anlamamızı sağlayabilir.

Gözlemlerimize dayanarak, uygun olmayan implant konumunun fonksiyonel sonucu olumsuz etkilediğini söyleyebiliriz. Dolayısıyla, fonksiyonel sonuçları iyileştirmek için, PHILOS plağı ile yapılan tespitite plak konumunun son derece önemli olduğunu düşünürüz.

Bu çalışmanın iki önemli kısıtlaması vardır. Birincisi, hasta sayısının azlığıdır. Bunun nedeni, çalışmaya sadece verileri tam olan hastaları katmamızdır (radyografiler, Constant-Murley skoru, DASH skoru). İkinci eksik yanı, geriye dönük olması nedeniyle, KMY değerlerinin bulunmaması ve KMY'nin ameliyat sonrası sonuçları nasıl etkilediğinin değerlendirilememiş olmasıdır.

Sonuç olarak, PHILOS plağı kullanımını yaşlı hastalarda proksimal humerus kırıklarının tedavisi için uygun ve elverişli bir seçenektir.

### Kaynaklar

- Lind T, Krøner K, Jensen J. The epidemiology of fractures of the proximal humerus. *Arch Orthop Trauma Surg* 1989;108:285-7.
- Kannus P, Palvanen M, Niemi S, Parkkari J, Järvinen M, Vuori I. Osteoporotic fractures of the proximal humerus in elderly Finnish persons: sharp increase in 1970-1998 and alarming projections for the new millennium. *Acta Orthop Scand* 2000;71:465-70.
- Zyto K, Ahrengart L, Sperber A, Törnkvist H. Treatment of displaced proximal humeral fractures in elderly patients. *J Bone Joint Surg [Br]* 1997;79:412-7.
- Park MC, Murthi AM, Roth NS, Blaine TA, Levine WN, Bigliani LU. Two-part and three-part fractures of the proximal humerus treated with suture fixation. *J Orthop Trauma* 2003;17:319-25.
- Ogiwara N, Aoki M, Okamura K, Fukushima S. Ender nailing for unstable surgical neck fractures of the humerus in elderly patients. *Clin Orthop Relat Res* 1996;(330):173-80.
- Resch H, Povacz P, Fröhlich R, Wambacher M. Percutaneous fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg [Br]* 1997;79:295-300.
- 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.
- Lill H, Hepp P, Rose T, König K, Josten C. The angle stable locking-proximal-humerus-plate (LPHP) for proximal humeral fractures using a small anterior-lateral-deltoid-splitting-approach - technique and first results. [Article in German] *Zentralbl Chir* 2004;129:43-8.
- Fankhauser F, Boldin C, Schippinger G, Haunschmid C, Szyszkowitz R. A new locking plate for unstable fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop Relat Res* 2005;(430):176-81.
- Sadowski C, Riand N, Stern R, Hoffmeyer P. Fixation of fractures of the proximal humerus with the PlantTan Humerus Fixator Plate: early experience with a new implant. *J Shoulder Elbow Surg* 2003;12:148-51.
- Björkenheim JM, Pajarinen J, Savolainen V. Internal fixation of proximal humeral fractures with a locking compression plate: a retrospective evaluation of 72 patients followed for a minimum of 1 year. *Acta Orthop Scand* 2004;75:741-5.
- Movin T, Sjöden GO, Ahrengart L. Poor function after shoulder replacement in fracture patients. A retrospective evaluation of 29 patients followed for 2-12 years. *Acta Orthop Scand* 1998;69:392-6.
- Frigg R. Development of the Locking Compression Plate. *Injury* 2003;34 Suppl 2:B6-10.
- Seebeck J, Goldhahn J, Städele H, Messmer P, Morlock MM, Schneider E. Effect of cortical thickness and cancellous bone density on the holding strength of internal fixator screws. *J Orthop Res* 2004;22:1237-42.
- Neer CS 2nd. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg [Am]* 1970;52:1077-89.
- Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 1987;(214):160-4.
- Yian EH, Ramappa AJ, Arneberg O, Gerber C. The Constant score in normal shoulders. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;14:128-33.
- Bankes MJ, Crossman JE, Emery RJ. A standard method of shoulder strength measurement for the Constant score with a spring balance. *J Shoulder Elbow Surg* 1998;7:116-21.
- Katolik LI, Romeo AA, Cole BJ, Verma NN, Hayden JK, Bach BR. Normalization of the Constant score. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;14:279-85.
- Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. *The Upper Extremity Collaborative Group (UECG)*. *Am J Ind Med* 1996;29:602-8.
- Hall JA, Phieffer LS, McKee MD. Humeral shaft split fracture around proximal humeral locking plates: a report of two cases. *J Orthop Trauma* 2006;20:710-4.
- Lill H, Hepp P, Korner J, Kassi JP, Verheyden AP, Josten C, 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.

23. Hente R, Kampshoff J, Kinner B, Füchtmeier B, Nerlich M. Treatment of dislocated 3- and 4-part fractures of the proximal humerus with an angle-stabilizing fixation plate. [Article in German] *Unfallchirurg* 2004;107:769-82.
24. Hessler C, Schmucker U, Matthes G, Ekkernkamp A, Gütschow R, Eggers C. Results after treatment of instable fractures of the proximal humerus using a fixed-angle plate. [Article in German] *Unfallchirurg* 2006;109:867-70, 872-4.
25. Kettler M, Biberthaler P, Braunstein V, Zeiler C, Kroetz M, Mutschler W. Treatment of proximal humeral fractures with the PHILOS angular stable plate. Presentation of 225 cases of dislocated fractures. [Article in German] *Unfallchirurg* 2006;109:1032-40.
26. Koukakis A, Apostolou CD, Taneja T, Korres DS, Amiri A. Fixation of proximal humerus fractures using the PHILOS plate: early experience. *Clin Orthop Relat Res* 2006;(442):115-20.