

3 ve 4 Parçalı Humerus Üst Uç Kırıklarının Kilitli Plak ile Tedavisinde Yaş, Cinsiyet ve Kırık Parça Sayısının İşlevsel Sonuçlara Etkisi

Yunus Demirtaş, Serdar Yılmaz, Alper Deveci, Murat Gülçek, Özdamar Fuad Öken, Ahmet Özgür Yıldırım, Sualp Turan, Ahmet Uçaner

Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Ankara, Türkiye

ÖZET

Amaç: Üç ve dört parçalı humerus üst uç kırıklarında anatomik kilitli plak ile cerrahi tedavi uygulanmış hastaların işlevsel sonuçlarının yaşa, kırıkların parça sayısına ve cinsiyete göre değişimi değerlendirildi.

Hastalar ve Yöntem: Humerus üst uç parçalı kırığı nedeniyle anatomik kilitli plak ile tedavi edilen 36 hasta geriye dönük olarak incelendi. Hastaların yaş ortalaması 62.2 (yaş dağılımı 28-81) idi. Hastaların 16'sı erkek, 20'si ise bayan idi. 21 hastada 3 parçalı kırık, 15 hastada ise 4 parçalı kırık nedeniyle tedavi gördüğü anlaşıldı. Hastalar 60 yaş altı A grubu (13 hasta) ve 60 yaş ve üstü (26 hasta) olarak 2 gruba ayrıldı. Hastalar son kontrollerine çağırılarak kırığın radyografik ve işlevsel durumu değerlendirildi. Ortalama takip süresi 31,1 (dağılım 14-56) ay idi. Hastaların yaşı ve kırık parça sayısına göre işlevsel durumlarının karşılaştırılması için Mann-Whitney U testi kullanıldı.

Bulgular: Çalışmaya alınan hastaların tamamında kırık kaynaması gerçekleşti. İki hastada antibiyotik tedavisi ile iyileşen yüzeysel yara yeri enfeksiyonu, 3 hastada kısmi avasküler nekroz, 5 hastada varus açılanması, 2 hastada vida migrasyonu, 2 hastada ise sıkışma sendromu geliştiği tespit edildi. Hastaların ortalama Constant skoru $71,75 \pm 10,6$ (dağılım 48-98) idi. Hastaların ortalama işlevsel sonuçları kırık parça sayısından bağımsız olarak A grubunda B grubuna göre daha yüksek bulundu ($p < 0.001$). Yaştan bağımsız olarak 3 parçalı kırıkların işlevsel sonuç ortalaması 4 parçalı kırıklardan daha yüksek idi ($p = 0.04$). Cinsiyet açısından işlevsel sonuçlar arasında bir fark saptanmadı ($p = 0.091$).

Sonuç: Üç ve dört parçalı humerus üst uç kırıklarında anatomik kilitli plak ile tespit etkili bir tedavi yöntemidir. Ancak kırık parça sayısının artması ve ileri yaş, omuz fonksiyonlarını olumsuz olarak etkilemektedir.

Anahtar sözcükler: humerus üst uç kırığı, kilitli plak, osteopeni, komplikasyon, yaşlı hasta

THE IMPACT OF AGE, GENDER AND FRACTURE COMMINATION ON THE SHOULDER FUNCTION IN 3 AND 4 PROXIMAL HUMERAL FRACTURES TREATED WITH LOCKING PLATE

ABSTRACT

Purpose: We evaluated the relationship between age, fracture comminution and the gender with the functional results in patients with three or four-part fractures of the proximal humerus treated with locking plate.

Patients and Method: We retrospectively evaluated 36 patients who were treated with anatomic locking plate for comminuted proximal humeral fracture. The mean age of patients was 62.2 (range 28-81). There were 16 female, 20 male patients. 21 patients had three-part fractures, 15 patients had four-part fractures. The patients were divided into 2 groups as follows, below 60 years old as Group A and over 60 years as Group B. The patients were called for the last control to check the state of the fracture radiographically and clinically. The mean follow-up time was 31.1 months (range 14-56 months). Mann-Whitney U test was performed to compare the functional state and age and the fracture comminution.

Results: All of the patients had fracture union. Two patients had superficial infection healed with antibiotic treatment, 3 patients had partial avascular necrosis, 5 patients had varus malalignment, 2 patients had screw migration, 2 patients had impingement syndrome. The mean Constant score was 71.75 ± 10.6 (range 48-98). The functional results of Group A was higher than Group B independent of fracture comminution ($p < 0.001$). Also the functional results of three-part fractures was higher than four-part fractures ($p = 0.04$). There was no difference in the functional results between male and female patients ($p = 0.091$).

Conclusion: The anatomic locking plate is an effective fixation method in three- and four-part proximal humeral fracture. But the shoulder function deteriorating with advanced age and fracture comminution.

Key words: proximal humeral fracture, locking plate, osteopenia, complication, advanced age

Humerus üst uç kırıkları, tüm kırıkların %5-9'unu oluşturmaktadır. Üç ve dört parçalı humerus kırıkları daha az görülmele birlikte tüm humerus üst uç kırıklarının %13-16'sını oluşturmaktadır (1-3). İlerleyen yaş ile birlikte osteoporozla bağlı kırıkların görülme sıklığı da arttığından, genellikle basit düşme sonrası oluşan humerus üst uç kırıkları yaşlı hastalarda daha sık görülmektedir (1-5).

Humerus üst uç kırıklarının büyük çoğunluğu konservatif tedavi ile iyileşmekte iken, 3 ve 4 parçalı kırıklarda daha çok cerrahi tedavi uygulanmaktadır (6,7). Cerrahi tedavide kilitli plak ile tespit, gergi bandı yöntemi, perkütan kirsc-hner telleri ile tespit, intramedüller çivileme ve hemiarthroplast gibi farklı yöntemler bildirilmiştir (4-10). Humerus üst uç kırıklarında genel kabul gören yöntem ise anatomik kilitli plak ile tespit yöntemidir (6,11-14). İleri yaş ve kırık parça sayısının artması, işlevsel sonucu olumsuz olarak etkilemektedir (15,16). Bunun dışında hastanın aktivite seviyesi, dominant ekstremitenin etkilenmesi, eşlik eden hastalıklar, hastanın nutrisyonel durumu, anatominin restore edilememesi ve cerrahi sırasındaki komplikasyonlar da işlevsel sonucu etkileyebilir (3,4,5,17).

Her ne kadar genellikle ileri yaş ve kırık parça sayısının artmasının omuz işlevini olumsuz yönde etkilediği, cinsiyetin ise etki etmediği literatürde bildirilse de (15,16), tersi sonucu bildiren yayınlar da bulunmaktadır (18,19). Bu çalışma ile toplumumuzdaki 3 ve 4 parçalı humerus üst uç kırıklarında anatomik kilitli plak ile cerrahi tedavi uygulanmış hastaların işlevsel sonuçlarının yaşa, kırıkların parça sayısına ve cinsiyete göre değişiminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Hastalar ve yöntem

2007-2012 yılları arasında kliniğimizde 3 ve 4 parçalı humerus üst uç kırığı nedeniyle anatomik kilitli plak ile tedavi edilmiş toplam 52 erişkin hasta retrospektif olarak değerlendirildi. Hastaların dosyalarından radyografik veriler ve ameliyat ile ilgili bilgiler elde edildi. Çalışmaya alınan hastalardan 12 hastaya ulaşılamadığından, 2 hastada aynı ekstremitesinde kırık olduğu için, 1 hastada aynı ekstremitede hemiparazisi olduğu için, 1 hastada da patolojik kırık olduğu anlaşıldığından çalışma dışı bırakıldı. Geriye kalan toplam 36 hasta son kontrollerine çağrılarak radyolojik ve klinik olarak değerlendirildi. Hastaların 16'sı erkek, 20'si ise bayan idi. 25 hastada basit düşme, 10 hastada trafik kazası, 1 hastada ise yüksekten düşme nedeniyle kırık olduğu tespit edildi. Hiçbir hastada açık kırık veya kırıklı çıkık yoktu (Tablo 1). Hastaların yaş ortalaması 62.2 (yaş dağılımı 28-81) idi. Hastalar 60 yaş altı A grubu ve 60 yaş ve üstü B grubu olmak üzere 2 gruba

Tablo 1. Hastaların demografik verileri

Cinsiyet	Grup A		Grup B	
	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek
3 parçalı kırıklar	3	6	8	4
4 parçalı kırıklar	2	2	7	4
ASA Skoru*				
ASA I	2		-	
ASA II	6		5	
ASA III	5		16	
ASA IV	-		2	

*ASA Skoru: Amerikan Anestezistler Derneğinin belirlediği ameliyat öncesi hastaların sağlık durumlarını değerlendiren skorlama

ayrıldı. 13 hasta A grubuna, 23 hasta ise B grubuna dahil edildi. A grubunun yaş ortalaması 48.1 (dağılım 28-58), B grubunun yaş ortalaması ise 70.2 (dağılım 60-81) idi. Tüm kırıklar direkt grafiler ve bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri ile değerlendirilerek Neer sınıflandırmasına göre sınıflandırıldı. Buna göre 21 hastada 3 parçalı kırık, 15 hastada 4 parçalı kırık mevcut idi.

Tüm hastalar ortalama 2.7 (1-8) günde operasyona alındı. Tüm cerrahi girişimler genel anestezi altında yarı oturur pozisyonda skopi eşliğinde yapıldı. Operasyona alınmadan 30 dakika önce 1 gr sefazolin sodyum ile profilaksi uygulandı. Hastalara deltopektoral yaklaşım uygulanarak kırığa ulaşıldı ve kırık parçaların yumuşak doku bağlantısını bozmamaya özen göstererek redükte edildi ve geçici K. telleri ile tespit edildi. Daha sonra skopi eşliğinde anatomik kilitli plak yardımıyla kırık stabilitesi sağlandı. Tuberkülüm majus ve/veya minus fragmanları redükte edilerek 5 veya 2 numara Ethibond® (Johnson and Johnson, New Jersey, USA) yardımıyla tendon altından dikiş geçirilerek plağa tutturuldu. Plak biceps oluşunun lateralinde, sıkışma gelişmesini engellemek için tuberkülüm majusun altında olacak şekilde yerleştirildi. Kırıkta varus gelişimini önlemek için medial kalkanın restorasyonu sağlanarak plak üzerinden oblik vida gönderildi. Hiçbir hastada primer greftleme uygulanmadı.

Postoperatif 2. günden itibaren hastaların pasif omuz egzersizlerine başlaması sağlandı. Hastaların ağırlarının müsaade ettiği ölçüde ve operasyondaki kırık stabilizasyonuna göre hasta tolere edebildiği ölçüde erken dönemde aktif asiste omuz egzersizleri yapması önerildi. Egzersiz haricinde ağrı kontrolü açısından üç hafta süreyle hastaların omuz-kol askısı kullanması önerildi. Altıncı haftadan itibaren aktif omuz egzersizleri yapması teşvik edildi. Hastalar 3. ve 6. haftada, 3, 6 ve 12. aylarda poliklinik kontrollerine çağırıldı. Kontrollerde direkt grafi ve muayene bulgularına bakarak kırık kaynaması, redüksiyon kaybı ve işlevsel



Şekil 1. (A, B) 52 yaşında erkek hastada 3 parçalı kırık izlenmekte. (C) Kilitli plak ile açık redüksiyon uygulanan hastanın ameliyat sonrası erken dönemde ve (D) 16. aydaki kontrol grafisinde kırığın pozisyonunun iyi olduğu ve kaynadığı görülmüyor. (E-H) Hastanın işlevsel durumunun oldukça başarılı olduğu görülmüyor.

durumu değerlendirildi. Avasküler nekroz geliştiği düşünülen hastalar, manyetik rezonans görüntüleme ile ayrıca değerlendirildi.

Hastalar son kontrollerine çağırılarak direkt grafi ile kırığın radyolojik durumu, Constant skoru ile işlevsel durumu değerlendirildi. Ortalama takip süresi 31,1 (dağılım 14-56) ay idi. Hastaların yaşı ve kırık parça sayısına göre işlevsel durumlarının karşılaştırılması için Mann-Whitney U testi kullanıldı. 0,05'in altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Çalışmaya alınan 36 hastanın tamamında kırık kaynaması gerçekleşti. Ameliyat sonrası dönemde sinir hasarı ve buna

bağlı deltoid kas güçsüzlüğü saptanmadı. İki hastada antibiyotik tedavisi ile iyileşen yüzeysel yara yeri enfeksiyonu, 3 hastada kısmi avasküler nekroz, 5 hastada varus açılanması, 2 hastada vida migrasyonu, 2 hastada ise sıkışma sendromu geliştiği tespit edildi. Vida migrasyonu olan hastalarda varus açılanması da vardı ve her 2 hastaya da revizyon ameliyatı uygulandı. Her 2 hastada da kaynama gerçekleşti. Avasküler nekrozu olan hastalara artroplasti ameliyatı önerildi, ancak hastalar tekrar ameliyat olmak istemedi. Sıkışma sendromu olan ve varus açılanması olan hastalara ek girişim istemediklerinden müdahale edilmedi.

Hastaların ortalama Constant skoru $71,75 \pm 10,6$ (dağılım 48-98) idi (Şekil 1,2). Kırık parça sayısına, yaşına ve cinsiyetlerdeki dağılımına göre Constant skor ortalamaları değerlendirildi (Tablo 2,3). Hastaların ortalama işlevsel sonuçları

kırık parça sayısından bağımsız olarak A grubunda B grubuna göre daha yüksek bulundu ($p<0.001$). 3 parçalı kırıkların işlevsel sonuç ortalaması 4 parçalı kırıklardan daha yüksek idi ($p=0.04$). Cinsiyet açısından işlevsel sonuçlar arasında bir fark bulunamadı ($p=0.091$).

Tartışma

Retrospektif bir çalışma olmasına ve göreceli olarak az sayıda hasta olmasına rağmen, cerrahi tedavisi oldukça kompleks olan parçalı humerus üst uç kırıklarında işlevsel

sonucu etkilediğini düşündüğümüz yaş, kırık parça sayısı ve cinsiyetin etkileri bu çalışmada değerlendirilmiştir. Literatüre benzer şekilde kırık parça sayısının arttığı ve ileri yaştaki hastalarda omuz fonksiyonlarının daha kötü olduğu bulunmuştur.

Proksimal humerus kırıklarında tespit gücünün yüksek olmasından ve işlevsel sonucu doğrudan etkileyen en önemli faktör olarak gösterilen erken harekete izin vermesinden dolayı anatomik kilitli plak ile tespit daha çok tercih



Şekil 2. (A) 71 yaşında bayan hastada 3 parçalı kırık izlenmekte. (B) Hastaya açık redüksiyon ve kilitli plak ile tespit uygulaması sonrası 22. ayda kırığının kaynadığı görülüyor. (C-F) Hastanın işlevsel durumunun iyi düzeyde olduğu görülüyor.

Tablo 2. Hastaların yaşa göre işlevsel olarak değerlendirilmesi

	<i>Grup A</i>	<i>Grup B</i>	<i>Toplam</i>	<i>P değeri</i>
3 parçalı kırıklar	81.56 ± 2.96 (9 hasta)	67.83 ± 7.16 (12 hasta)	75.86 ± 9.06 (21 hasta)	p<0.001
4 parçalı kırıklar	73.75 ± 2.06 (4 hasta)	60.73 ± 5.88 (11 hasta)	66 ± 10.14 (15 hasta)	p=0.001
Toplam	79.15 ± 4.58 (13 hasta)	64.43 ± 7.38 (23 hasta)	71.75 ± 10.6 (36 hasta)	p<0.001

Tablo 3. Hastaların kırık parça sayısına göre işlevsel olarak değerlendirilmesi

	<i>3 parçalı kırıklar</i>	<i>4 parçalı kırıklar</i>	<i>Toplam</i>	<i>p değeri</i>
Grup A	81.56 ± 2.96 (9 hasta)	73.75 ± 2.06 (4 hasta)	79.15 ± 4.58 (13 hasta)	p=0.117
Grup B	67.83 ± 7.16 (12 hasta)	60.73 ± 5.88 (11 hasta)	64.43 ± 7.38 (23 hasta)	p=0.008
Toplam	75.86 ± 9.06 (21 hasta)	66 ± 10.14 (15 hasta)	71.75 ± 10.6 (36 hasta)	p=0.04

edilmektedir (13,14,20). Anatomik kilitli plaklar şekil vermeye gerek olmadan kolaylıkla uygulanabilmesi, düşük profilli olması, değişik açılarda vida gönderilerek sabit açıda stabilizasyon sağlaması ve humerus başının kanlanması bozmadan tespit yapılabilmesi gibi avantajlarından dolayı osteoporotik kırıklarda sıklıkla uygulanmaktadır (11,12,21-23).

Yaşlı hastalarda humerus üst uç kırığı sonrası omuz işlevsel skorlarının genellikle daha düşük olduğu bildirilmiştir (14,15,24,25). Bunun temel sebebinin osteoporozla bağlı kemik kalitesinin kötü olması ve tespit gücünün düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca yaş ilerledikçe omuz rotator manşet kaslarında oluşan problemler de omuz fonksiyonlarını olumsuz etkilemektedir (15,25). Her ne kadar bazı çalışmalarda yaşın işlevsel sonucu etkilemediği bildirilse de (24), çalışmamızda 60 yaş üzeri hastaların omuz fonksiyonları daha düşük bulundu (p<0.001). Omuz fonksiyonunun iyi olmasını sağlayan faktörlerin en önemlilerinden biri de erken mobilizasyon ve eklem hareket açıklığı egzersizlerinin erken dönemde başlanmasıdır (13,26). Omuzda erken eklem hareket açıklığı egzersizlerine başlama ise kemik kalitesi, kırık fiksasyon yöntemi ve kırık stabilitesi ile ilgilidir ve parçalı kırıklarda daha geç başlanmaktadır (13). Çalışmamızda rehabilitasyon açısından standart bir protokol izlenmesine rağmen özellikle yaşlı hastalarda egzersize uyumun daha kötü olduğu gözlemlendi. Bunlara bağlı olarak 60 yaş üzeri hastalardaki işlevsel sonucun daha kötü olması, kemik kalitesinin düşük olmasına bağlı tespit dayanıklılığının az olmasına ve egzersize uyumun düşük olmasına bağlı olduğu düşünüldü.

Humerus üst uç kırıklarında parça sayısının artması, omuz fonksiyonlarını olumsuz olarak etkilemektedir (16,24). Kırık parça sayısının artması komplikasyon olasılığını ve avasküler nekroz gelişme ihtimalini de artırmaktadır. Çalışmamızda 4 parçalı kırıklarda, 3 parçalı kırıklara göre

işlevsel sonucun daha kötü olduğu görüldü (p=0.04). Altmış yaş altı hastalarda ise kırık parça sayısının omuz fonksiyonlarına etkisinin olmadığı görüldü (p=0.117). Genç hastalarda iyileşmenin daha hızlı olması ve rotator manşet kaslarında olası problemlerin daha az görülmesinden dolayı olabileceği de düşünülmele birlikte, hasta sayısının az olmasının buna neden olabileceğini değerlendirildi.

Literatürde humerus üst uç kırıklarından sonra omuz fonksiyonlarının cinsiyete göre fark göstermediği bildirilmiştir (18,19). Çalışmamızda genellikle erkek hastaların omuz fonksiyonlarının daha iyi olduğu gözlemlendi, ancak bu farklılık anlamlı bulunmadı (p=0.091). Her ne kadar anlamlı bir farklılık saptamasak da, erkek hastaların işlevsel sonucunun daha iyi olmasının egzersize daha iyi uyum göstermesinden kaynaklandığı düşünüldü.

Humerus üst uç kırıklarında avasküler nekroz, kaynama, yanlış kaynama, glenohumeral ekleme vida migrasyonu, implant yetmezliği, subakromial sıkışma sendromu ve enfeksiyon gibi komplikasyonlar bildirilmiştir (4,6,11-15). Yaş ilerledikçe komplikasyon olasılığı daha da artmaktadır (14,15,25). Çalışmamızda osteopeniye bağlı redüksiyon kaybı ve vida migrasyonu en sık gördüğümüz komplikasyonlardı (%13.9). Bu hastaların yaş ortalaması 73,4 idi. Literatürde de benzer şekilde vida migrasyonu ve redüksiyon kaybı ihtimalinin osteoporozda artabileceği bildirilmiştir (12-15,23). Genel olarak komplikasyon olasılığı yüksek olan parçalı humerus üst uç kırıklarında kilitli plak ile tespit yöntemi etkili olmasına rağmen, ileri yaştaki hastalarda redüksiyon kaybı açısından dikkatli olmak gerekmektedir.

Humerus üst uç kırığının kilitli plak ile tespiti sonrası redüksiyon kaybı gelişme sıklığı literatürde %2.7-13.7 oranlarında bildirilmiştir (6,24,27). Agudelo ve ark. kırığın 120 dereceden daha az varusta tespit edilmesinin daha çok redüksiyon

kaybına neden olduğunu bildirmişlerdir (27). Ayrıca humerus başının inferomedial bölümünün devamlılığının sağlanmasının mekanik destek sağlayarak redüksiyon kaybında belirleyici etkenlerin en önemlilerinden olduğu bildirilmiştir (11,12,17,18). Çalışmamızda hastaların %13.9'unda redüksiyon kaybı gelişti (5 hasta). Kilitli plaklardan oblik olarak başın inferomedialine doğru gönderilen vidalar medial desteğin sağlanmasına yardımcı olsa da tek başına yeterli olmamakta, özellikle osteoporotik parçalı kırığı olan ve medial kolonun desteğinin sağlanmadığı durumlarda greft kullanımı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Humerus üst uç kırıklarında kırık parça sayısının artmasına paralel olarak avasküler nekroz oranları da artmaktadır. Avasküler nekroz gelişimi omuz fonksiyonlarında kötü

sonuca neden olmaktadır (7,9,16). Özellikle parçalı kırıklarda minimal yumuşak doku diseksiyonunun avasküler nekroz oranlarını düşürdüğü bilinmektedir. Anatomik kilitli plak ile tespit yöntemi buna izin verdiğinden avasküler nekroz olasılığını azaltmaktadır. Literatürde avasküler nekroz gelişme oranları %4-25 oranında değişmektedir (6,7,9,28). Çalışmamızda 3 (%8) hastada kısmi avasküler nekroz gelişti. Bu hastaların işlevsel sonuçları düşük olmasına rağmen (Constant skorları 48, 52 ve 64) hastaların yaşları ileri olduğundan ek cerrahi girişimi kabul etmediler.

Sonuç olarak 3 ve 4 parçalı humerus üst uç kırıklarında kilitli plak ile tespit etkili bir tedavi yöntemidir. Ancak parça sayısının artması ve ileri yaş işlevsel sonuçları olumsuz olarak etkilemektedir.

Kaynaklar

- Rose SH, Melton LJ 3rd, Morrey BF, Ilstrup DM, Riggs BL. Epidemiologic features of humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1982; 168: 24-30.
- Nayak NK, Schickendantz MS, Regan WD, Hawkins RJ. Operative treatment of nonunion of surgical neck fractures of the humerus. *Clin Orthop Relat Res* 1995;313:200-5.
- Sporer SM, Weinstein JN, Koval KJ. The geographic incidence and treatment variation of common fractures of elderly patients. *J Am Acad Orthop Surg* 2006;14:246-55.
- Nho SJ, Brophy RH, Barker JU, Cornell CN, MacGillivray JD. Innovations in the management of displaced proximal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 2007;15:12-26.
- Demirhan M, Atalar A.C. Humerus üst uç kırıklarına yaklaşım. *TOTBİD Dergisi*. 2003;2:126-34.
- 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.
- Gerber C, Werner CM, Vienne P: Internal fixation of complex fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:848-55.
- Kayalar M, Toros T, Bal E, Özaksar K, Gürbüz Y, Ademoğlu Y. The importance of patient selection for the treatment of proximal humerus fractures with percutaneous technique. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2009;43:35-41.
- Wijgman AJ, Roolker W, Patt TW, Raaymakers EL, Marti RK. Open reduction and internal fixation of three and four-part fractures of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84:1919-25.
- Demirhan M, Kılıçoğlu O, Altınel L, Eralp L, Akalın Y. Prognostic factors in prosthetic replacement for acute proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 2003;17:181-8.
- Brunner F, Sommer C, Bahrs C et al. Open reduction and internal fixation of proximal humerus fractures using a proximal humeral locked plate: a prospective multicenter analysis. *J Orthop Trauma* 2009;23:163-72.
- Sudkamp N, Bayer J, Hepp P et al. Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate. Results of a prospective, multicenter, observational study. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:1320-8.
- Papadopoulos P, Karataglis D, Stavridis SI, Petsatodis G, Christodoulou A. Mid-term results of internal fixation of proximal humeral fractures with the PHILOS plate. *Injury* 2009;40:1292-6.
- Solberg BD, Moon CN, Franco DP, Paiement GD. Surgical treatment of three and four-part proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:1689-97.
- Owsley K, Gorczyka J. Displacement/screw cutout after open reduction and locked plate fixation of humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90:233-40.
- Ong C, Bechtel C, Walsh M, Zuckerman JD, Egol KA. Three- and four-part fractures have poorer function than one-part proximal humerus fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469:3292-9.
- Südkamp NP, Audigé L, Lambert S, Hertel R, Konrad G. Path analysis of factors for functional outcome at one year in 463 proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20:1207-16.
- Gardner MJ, Weil Y, Barker JU, Kelly BT, Helfet DL, Lorch DG. The importance of medial support in locked plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 2007;14:185-91.
- Yang H, Li Z, Zhou F, Wang D, Zhong B. A prospective clinical study of proximal humerus fractures treated with a locking proximal humerus plate. *J Orthop Trauma*. 2011;25:11-7.
- Badman B, Frankle M, Keating C, Henderson L, Brooks J, Mighell M. Results of proximal humeral locked plating with supplemental suture fixation of rotator cuff. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20:616-24.
- Korkmaz MF, Aksu N, Göğüş A, Debre M, Kara AN, Işıklar ZU. The results of internal fixation of proximal humeral fractures with the PHILOS locking plate. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2008;42:97-105
- Lill H, Hepp P, Korner J, Kassi JP 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.
- Charalambous CP, Siddique I, Valluripalli K et al. Proximal humeral internal locking system (PHILOS) for the treatment of proximal humeral fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007;127:205-10.
- Moonot P, Ashwood N, Hamlet M. Early results for treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus using the PHILOS plate system. *J Bone Joint Surg Br* 2007;89:1206-9.
- Leonard M, Mokotedi L, Alao U, Glynn A, Dolan M, Fleming P. The use of locking plates in proximal humeral fractures: comparison of outcome by patient age and fracture pattern. *Int J Shoulder Surg* 2009;3:85-9.
- Yüksel HY, Yılmaz S, Aksahin E, Celebi L, Muratlı HH, Bicimoglu A. The results of nonoperative treatment for three- and four-part fractures of the proximal humerus in low-demand patients. *J Orthop Trauma* 2011;25:588-95.
- Agudelo J, Schürmann M, Stahel P et al. Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *J Orthop Trauma* 2007;21:676-81.
- Lee CK, Hansen HR. Post-traumatic avascular necrosis of the humeral head in displaced proximal humeral fractures. *J Trauma* 1981;21:788-91.