



Distal humerus kırıklarında kilitli plak uygulamaları

Application of locking plates in distal humeral fractures

Mahmut Kömürçü, İsmail Uraş, Osman Yüksel Yavuz

Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara

Humerus alt uç kırıkları, tedavisi oldukça zor olan kırıklar arasındadır ve tüm kırıkların yaklaşık %2'si kadardır. Bu bölgenin anatomik yapısının karmaşıklığı ve eklem yüzeyinin az miktarda kansellöz kemikle desteklenmesi, cerrahi zorlaştırabilir. Nadir görülen bu kırıkların tedavisinde cerrahın deneyimi oldukça önemlidir. Tedavide amacımız, humerus alt uç eklem yüzeyinin onarımını sağlayan medial sütun, lateral sütun ve trokleadan oluşan eşit mesafeli üç köşeli bir yapı oluşturmaktır. Yetersiz ve sağlam olmayan bir cerrahi tespit düzeltilmesi, her zaman için ilk ameliyata göre çok daha zordur. Bu noktada kırığın tespiti için seçilecek implant oldukça önemlidir. İdeal implant, kolay uygulanabilen, fizyolojik yükler altında yeterli stabilite sağlayan, anatomik konturlu veya kontur verilebilen ve kemik-implant ara yüzüne az yük bindiren implanttır. Biyomekanik çalışmalar, lateral ve medial kolonun çift plakla tespitinin tercih edilen tedavi seçeneği olması gerektiğini ve implant yeterliliği ve tespit sağlamlığı açısından kilitli plakların kullanılmasının daha avantajlı olduğunu göstermiştir. Ancak, bazı cerrahlar 90°-90° dik pozisyonlamayı tercih etmektedirler. Diğer taraftan, bazı çalışmalar ise paralel plaklama ile sagittal planda medial ve lateralden kırık distaline doğru uzanan vidaların birbiri ile kenetlenerek oluşturdukları mimari yapının, dik plaklamaya kıyasla, eklem yüzeyinde daha güçlü destek sağladığını göstermiştir. Erken ve aktif hareket için güvenilir tespit gereklidir. Bu mümkün görünmüyorsa, ameliyata başlanmamalıdır. İyi bir cerrahi teknikle ve uyumlu hastalarla, %80 oranında iyi ve mükemmel sonuç elde edilebilir.

Anahtar sözcükler: Biyomekanik; kilitli plak; humerus distal kırıkları.

Distal humerus fractures are one of the most challenging fractures for treatment, accounting for 2% of all types of fractures. The complex anatomical structure of the region and less cancellous bone support for the articular surface may complicate surgery. The experience of the surgeon is of utmost importance for the management of these rarely seen fractures. The main purpose of surgery is to constitute an equilateral triangle by medial column, lateral column and trochlea to restore distal humeral articular surface. Correction of insufficient and unstable surgical fixation is always more challenging than primary fixation surgery. The selection of the implant for the fixation is critical. The ideal implant is a kind of implant which can be applied easily with adequate stability under physiologic stress and anatomical contours, as well as reduced burden for the bone-implant interface. Biomechanical studies have shown that lateral and medial columns should be fixed separately with locking plates to maintain the adequacy of the implants and stability of the fixation in the dual-plate fixation. However, some surgeons positioning of the plates with a 90°-90° angle. On the other hand, several studies have demonstrated that parallel plating with screws which cross fracture zone from medial and lateral to the distal of the fracture in sagittal plane is more effective in supporting the bone structure, compared to perpendicular plating. Secure fixation is essential for early and active mobilization. The surgeon should not perform a surgical operation, unless secure fixation is possible. Adequate surgical technique and higher level of patient compliance may result in good or excellent results with a success rate of 80%.

Key words: Biomechanics; distal humeral fracture; locked plate.

Humerus alt uç kırıkları; karmaşık anatomik yapısı ve çok sık görülmemesinden dolayı cerrahların deneyiminin de sınırlı olması nedeniyle tedavisi oldukça zor olan kırıklar arasındadır.

İNSİDANSI

Humerus alt uç kırıkları, tüm kırıkların yaklaşık %2'si kadardır. Tüm suprakondiler kırıkların %80'den fazlası ekstansiyon tipi kırıklardır. İnterkondiler kırıklar

humerus alt uç kırıklarının en sık görülen şeklidir. İzole kondil kırıkları humerus alt uç kırıklarının %5'ini oluşturur ve lateral tarafta medialden daha fazla görülür. Kapitellum kırıkları, tüm dirsek yaralanmalarının yaklaşık %1'ini oluşturur.^[1]

ANATOMİ

Dirsek eklemi kısıtlı, menteşeli bir eklemdir. Ulna, troklea üzerinde ekstansiyon yaparken önkol valgusa ve dış rotasyona gider. Kapitellum, proksimal radius ile eklem yapar. Bu eklem dirsekte fleksiyon ve ekstansiyon hareketinden daha çok, önkol rotasyon hareketine katılır.^[1] Kapitellumun arkası, eklem yüzeyi içermez ve humerus distalinde posterolateral plak konulmasına izin verir. Radial fossa, fleksiyonda radius başının girdiği yerdir ve tam hareket için ön ve arka fossalarda implant bulunmamalıdır. Medialde, medial epikondilin alt yüzeyinden medial kollateral bağ başlar. Ulnar sinir, kubital tünel içinde cilt altında yerleşir. Lateralde, lateral epikondilden lateral kollateral bağ başlar.^[1]

SINIFLAMA

Humerus alt uç kırıklarının sınıflaması; tanımlayıcı, tutulan kolon sayısı ve kırığın yeri (suprakondiler, transkondiler, kondiler ve bikondiler) temeline dayanır.

AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesfragen) / OTA (Orthopaedic Trauma Association) sınıflama sistemi bu kırıkları, tip A (eklem dışı), tip B (kısmi eklem içi) ve tip C (tam eklem içi) diye gruplara ayırır. Her bir tip, derecesi ve kırık yerine göre alt tiplere ayrılır (Tablo 1).

Kırık tipinin eklem yüzeyini ilgilendirmesi ve çok parçalı olması kötü fonksiyonel sonuca neden olacağı için önemlidir. Açık ya da kapalı kırık olması dışında, kırığa eşlik eden yumuşak doku hasarının miktarı da fonksiyonel sonuç üzerinde etkilidir. Özellikle damar ve sinir yaralanmaları ekstremitenin genel fonksiyon-

ları açısından önemlidir. Tüm bu etkenler ameliyata karar verme aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır. Stabil kırık tespiti ve anatomik eklem onarımı ile birlikte erken aktif hareketin, en iyi klinik fonksiyonel sonuca neden olacağı unutulmamalıdır.^[2]

Humerus alt uç kırıkları dirsek bölgesinden geçen herhangi bir sinir ya da damarın ciddi yaralanması ile birlikte görülebilir. Sinirlerin kopması nadirdir ancak sıkışma veya gerilmeye bağlı oluşan hasarlar görülebilir. Parmak hareketlerine ve elin duyusuna bakılmalıdır. Aşırı ağrı, aktif veya pasif parmak ekstansiyonunun ağrılı olması kompartman sendromunu işaret eder. Brakiyal arter kopması durumunda bile mükemmel kollateral dolaşım, önkol dokularının dolaşımını sağlar. Ezilme yaralanmaları durumunda geniş cilt nekrozu riski olduğundan ameliyat kesileri önceden planlanmalıdır (Şekil 1).^[2]

Hastanın genel tıbbi öyküsü de önemlidir. Tespit sonrası iyi sonuçlar ameliyat sonrası aktif hareket yapmak isteyen fizik tedaviye uyumlu hastalar ile alınabilir. Ciddi kafa travması, bunama, alkol ve madde bağımlısı olan, sigara içen hastalarda sorunlar ortaya çıkabilir.

GÖRÜNTÜLEME

Kaliteli direkt radyografiler (ön-arka, yan, oblik) gereklidir. Sedasyon veya anestezi röntgen çekimi sırasında hafif traksiyona izin verir. Bu işlem kırık tipinin anlaşılmasına ve ameliyat öncesi planlamaya yardımcı olur. Gerek görüldüğü takdirde normal dirseğin radyografilerinin de çekilmesinin yine ameliyat öncesi planlamaya yardımcı olacağı akılda tutulmalıdır. Ezilmiş kırık parçaları ve gizlenmiş parçalar tehlike oluşturur ve direkt radyografilerde gözden kaçabilir. Bilgisayarlı tomografi (BT) veya manyetik rezonans görüntüleme (MRG)'de kullanımı sınırlı olmakla birlikte yüksek görüntü kalitesi ve üç boyutlu yapılandırma sağlaması nedeniyle faydalı olabilir.

Tablo 1. Humerus distal uç kırıklarının sınıflandırılması^[1]

| Eklem içi kırıklar | Eklem dışı/kapsül içi kırıklar | Eklem dışı kırıklar |
|--|--|---------------------|
| Tek kolon kırıklar <ul style="list-style-type: none"> • Medial (yüksek/alçak) • Lateral (yüksek/alçak) • Divergent | Yüksek transkolumnar kırıklar <ul style="list-style-type: none"> • Ekstansiyon • Fleksiyon • Abdüksiyon • Adduksiyon | Medial epikondil |
| İki kolon kırıklar <ul style="list-style-type: none"> • T patern • Y patern • H patern • λ patern (medial/lateral) | Alçak transkolumnar kırıklar <ul style="list-style-type: none"> • Ekstansiyon • Fleksiyon | Lateral epikondil |
| Kapitellum kırıkları | | |
| Troklea kırıkları | | |

Ameliyat öncesi planlama; tüm cerrahi aşamanın her basamağını içermelidir (antibiyotik profilaksisi, uygun implant seçimi, cerrahi yaklaşım tercihi, kemik greftleme vb.). Planlanmış tespitin şablon üzerine kesin çizimi yapılmalı, plakların yerleşim yerleri, kullanılacak vidaların geçiş yerleri belirlenmelidir. Bu yapılamıyorsa seçilen yöntem tekrar gözden geçirilmelidir. Ameliyat esnasında cerrahi anatomiye yardımcı olması açısından gerekirse distal humerus modeli veya kadavra humerusu ameliyathanede bulundurulmalıdır.

Humerus alt uç kırıklarında kullanılacak olan ideal implant, kolay uygulanabilen, fizyolojik yükler altında yeterli stabilite sağlayan, anatomik konturlu veya kontur verilebilen ve kemik-implant ara yüzüne az yük bindiren implanttır. Bu güne kadar Kirschner telleri (K-teli) ile tespit, gergi bandı tekniği ile tespit, ters Y plak, konvansiyonel plak ve 1/3 tübüler plak ve sirküler eksternal fiksator gibi birçok tespit materyali ile kırık tespiti yapılmış ve bu yöntemleri birbirleriyle kıyaslayan çalışmalar yayınlanmıştır.^[3] Tüm bu çalışmalar lateral ve medial kolonun çift plakla tespitinin tercih edilen tedavi seçeneği olması gerektiğini göstermiştir.^[4,5] Ülkemizden yapılan bir kadavra çalışmasında 90° çift plak uygulamasının, AO germe tekniğine göre daha üstün olduğu gösterilmiştir.^[6] Çift kolon konvansiyonel plak uygulamasının, tek kolon kilitli plak uygulamasından daha sağlam bir tespit sağladığı da diğer bir laboratuvar çalışmasında gösterilmiştir.^[4]



Şekil 1. Humerus distal uç kırıkları esnasında ciltte ciddi yaralanmalar olabilir.

Çift kolon plak uygulamasında; 90°/90° dik plaklamanın tercih edilmesi gerektiğini bildiren çalışmalar vardır. Bu çalışmalarda, radial plağın dorsale, ulnar plağın mediale yerleştirilmesi önerilmektedir.^[7,8] Bazı çalışmalarda ise paralel plaklamada, sagittal planda medialden ve lateralden kırık distaline doğru gönderilen vidaların birbiri ile kenetlendiği, bunda dik plaklamaya göre özellikle eklem yüzeyini daha güçlü desteklediği, dolayısıyla da daha avantajlı olduğu bildirilmiştir.^[5] Atalar ve ark.^[9] bu şekilde uyguladıkları paralel plaklama ile iyi sonuçlar bildirmişlerdir.

CERRAHİ TEDAVİ

Hastaların ameliyat masasında yan dekübit veya tam yüzüstü (prone) pozisyonu, mükemmel cerrahi yaklaşıma izin verir. Kol abdüksiyonda, dirsek 90 derece fleksiyonda olacak şekilde ancak 120 derece fleksiyona izin veren yaklaşık 4 cm çapında koruyucu bir destek üzerine konulur (Şekil 2). Greft gerekebileceği düşünülerek, eğer otogreft kullanılacaksa uygun verici saha hazırlığı da yapılmalıdır. Olguların çoğunda gerektiğinde kullanılmak üzere kolda, cerrahi kesi sahasının daha proksimaline turnike konulmalıdır, kullanıldığı takdirde en fazla iki saat sonunda gevşetilmelidir.

Tüm kırıklara hafif eğimli posteriyor kesi ile olekranonun hemen yanından yaklaşılr. Ulnar sinir ortaya konarak ayrılmalıdır (Şekil 3). Olekranon osteotomisi eklem görüşünü en iyi sağlayan teknik olmakla



Şekil 2. Hastanın lateral dekübit pozisyonunda yatırılışı. Omuzdan abdüksiyonda, dirsekte ise fleksiyon pozisyonundadır.



Şekil 3. Posteriyör ve olekranon tepesinde "S-şeklinde" geçen insizyondan sonra, ulnar sinir ortaya konur.

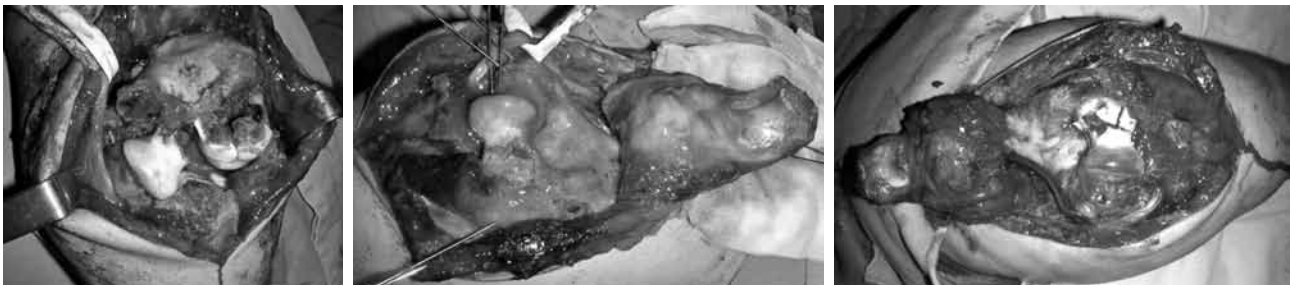


Şekil 4. Humerus distalini en iyi şekilde ortaya koymak için olekranon chevron osteotomisi yapılır.

birlikte (Şekil 4), triseps kasının medialden laterale ayrılması, triseps split veya tendon refleksiyon yöntemlerinin kullanılması, olekranon osteotomisinin tespitinde yaşanabilecek sorunları ortadan kaldırmaktadır. Olekranona yapılan ucu distale doğru bir Chevron osteotomisi kırık hattını en iyi ortaya koyan yöntemdir. Olekranon ince bir kemik testeresi ile kesilmeye başlanır ve son birkaç milimetre osteotom ile kırılır ve daha sonra iki K-teli ve 8 şekilli gergi bandı kullanılarak tekrar tespit edilir. Amacımız, humerus alt uç eklem yüzeyinin onarımını sağlayan medial sütun, lateral sütun ve trokleadan oluşan eşit mesafeli üç köşeli bir yapı oluşturmaktır. İlk olarak eklem yüzeyi onarılmalıdır. Eklem yüzeyine uzanan kırık hattının anatomik redüksiyonu, bu ameliyatın en önemli noktasıdır. Eklem yüzey onarımı için geçici K-telleri ile tespit yardımcı bir yöntemdir (Şekil 5). Kilitli vidalar eklem yüzeyindeki kırık

parçalara kompresyon yapamayacakları için, plak uygulamadan önce plakların yerleştirilmesine engel olmayacak şekilde eklem yüzeyi restorasyonu için kırık parçalarının vidalarla tespiti sağlanabilir. Eklem yüzeyine komşu distal bölgede dizilimin düzeltilmesi için gerekirse suprakondiler bölgeden kısaltma yapılabilir. Bir santimetre veya daha az kısaltmalarda fonksiyonda herhangi bir kayıp görülmediği, 2 cm'ye kadar olan kısaltmaların ise dirsek eklemi biyomekaniğinde ciddi bir rahatsızlığa neden olmadan iyi tolere edilebildiği gösterilmiştir.^[10]

Humerus alt uç kırıklarında tespit sorunlarının çoğu suprakondiler seviyededir (Şekil 6). Tespit stratejisi olarak eklemi içine alan distal parça ile humerus shaftı arasında metafizyel seviyede stabilitenin en üst düzeyde olmasına özen gösterilmelidir. Bunun için aşağıdaki 8 prensip yerine getirilmelidir.^[5]



Şekil 5. Humerus eklem yüzeyinin onarımı için kırıklar önce geçici olarak K-telleri ile tespit edildikten sonra, çift plak uygulaması cerrahi kolaylık sağlar.

1. Tüm vidalar plaktan geçmelidir.
2. Her vida karşı taraf plakla tespit edilmiş fragmanı tutmalıdır.
3. Distal fragmana olabildiğince çok vida yerleştirilmelidir.
4. Her vida olabildiğince uzun olmalıdır.
5. Her vida olabildiğince çok eklem yüzeyi ile ilgili kırık parçayı tutmalıdır.
6. Her vida karşı taraf vidalarla kenetlenerek tüm distal humerusa stabilite sağlayacak şekilde bir mimari oluşturmalıdır.
7. Plak her iki kolonda kompresyon oluşturacak şekilde uygulanmalıdır.
8. Plak kırık kaynayana kadar kırılma ve bükülmelere dayanacak kuvvet ve sertlikte olmalıdır.

Bu prensiplere uyularak iki plağın birbirine bağlanması ile distal humerus bir temel taşı görevi görür.^[9] Kırık tespiti için kullanılan plak, proksimalde en az ikisi kilitli vida olacak şekilde üç vida yerleştirmeye izin verecek uzunlukta olmalıdır.^[11] Distalde ise mümkün olan tüm delikler vidalan-



Şekil 6. Humerus alt uç kırıklarında tespit sorunlarının çoğu suprakondiler seviyededir.

malıdır. Diyafizde tek korteks vidalama yeterli stabilite sağlar. Kortikal kalınlığın azaldığı metafiz ve epifizyel bölgede vida boyu önemlidir. Medial (ulnar) kolon onarımında olekranon (arka) fossa ve koronoid (ön) fossanın vidalarla geçilmesi potansiyel risktir. Eğer vida bu boşluğa geçecek olursa fleksiyon ve ekstansiyon açıklığını kısıtlayacaktır. Kilitli ve kortikal vidalar birlikte kullanılacaksa, kortikal vidalar önce kullanılır. Aksi takdirde kilitli vida önce kullanılır ve daha sonra kortikal vida kullanılırsa vidaya ek yük biner. Plak kemik uyumu iyi değilse, kompresyon vidası ile plak kemiğe yaklaştırılır. Gerekirse bu vida daha sonra kilitli vida ile değiştirilebilir ancak osteoporotik kemiklerde vida değiştirme stabiliteyi azaltır.

Ek stabilite için ulnar plak trokleaya doğru uzatılıp yukarı doğru uzun bir vida yerleştirilir. Bu durumda ulnar sinir irritasyonunu engellemek için ulnar sinirin anteriora subkutan bölgeye transpozisyonu gerekir. Ancak Chen ve ark.^[12] ulnar sinir anterior subkutan transferi yapılan distal humerus kırıklarında, sinir transpozisyonu yapılmayanlara göre ulnar nöritis oluşma riskini dört kat daha yüksek bulmuşlar ve sinir transpozisyonunu önermemişlerdir.

Ameliyat sonrası; ağır kontrolü için dorsalden çıkarılabilir breys uygulanabilir, ikinci gün dren çıkarıldıktan sonra pasif eklem hareketlerine izin verilir ancak dirence karşı egzersiz altı haftadan önce başlanmamalıdır. İmplantlar 12-18 aydan önce çıkarılmamalıdır. Yaşlı hastalarda zorunluluk olmadıkça implant çıkarılması önerilmemektedir.



Şekil 7. Humerus distal uç kırıklarında en sık karşılaşılan sorunlardan biri de suprakondiler bölgedeki kaynama yokluğudur.

Dirsek eklemine kalıcı sertliği, en sık görülen komplikasyondur. Kullanılan yetersiz tespit materyali nedeni ile genellikle dirseğin uzun süre hareketsiz bırakılması sonucu görülür. Suprakondiler seviyede kaynamama ikinci en sık görülen komplikasyondur (Şekil 6, 7). Diğer sık görülen komplikasyonlardan biri olan kaynamamanın %75'i ilk kırık tespitinin yetersiz yapılmasına bağlıdır. Kötü kaynama da görülebilir. İnce yumuşak doku örtüsüne ve bu örtünün travma sırasında sıklıkla hasar görmüş olmasına rağmen enfeksiyonla nadiren karşılaşılır. Profilaktik antibiyotik verilir. Heterotopik ossifikasyon, kafa travmaları sonrası oluşabilir ve özellikle gecikmiş tespit veya dirseğin pasif gerilmesi ile ilişkilidir. Travma sonrası osteoartroz ve ulnar nöropati de karşılaşılabilecek sorunlardır. Bu karşılaşılan komplikasyonların nedenleri; kompleks eklem anatomisi, dirsek bölgesindeki ciddi kuvvetler, azalmış kemik mineral kalitesi ve primer stabilite yoksuludur.^[13,14]

Ortopedik implantların ve cerrahi tekniklerin gelişmesinden önce cerrahi tedavi ile ilgili sorunlar vardı. Mutlak cerrahi endikasyonu olan kırıklara yetersiz implantlarla yapılan sınırlı cerrahi girişimler, konservatif tedaviye benzer şekilde olumsuz sonuçlar doğurmaktaydı. Bu nedenle, bu kırıklarda dirsek eklem hareket açıklığının normale dönmesinin imkânsız olduğu düşünülüyordu. Farklı çalışmalar arasında karşılaştırma yapmak, değerlendirmede kullanılan "iyi" ve "orta" gibi objektif olmayan değerlendirme kriterleri nedeni ile mümkün olmuyordu. Cassebaum derecelendirmesi bu konuda faydalı olmuş ve buna göre fleksiyon ve ekstansiyonda 15°'den fazla kayıp olmadan ağrısız hareket mükemmel, 40°-120° arasındaki hareket arki iyi, 110°'den az fleksiyon orta sonuç olarak kabul edilmiştir. Son çalışmalarda bu yöntemle değerlendirilen hastaların %75-80'i en azından iyi sonuç almıştır. Humerus alt uç kırıkları zordur ve hiç kimse %15'ten daha az kötü sonuç iddia edemez.^[13]

Humerus alt uç kırıklarının kilitli plaklar ile tedavisinde cerrahi planlama, uygun ve yeterli implant temini önemlidir. Planlama yapmak, öngörülen tespiti veya buna en yakın durumu saptamak önemlidir. Eğer bunlar mümkün olmazsa, hastanın dirsek sorunları konusunda daha deneyimli bir cerraha gönderilmesi gerekebilir. Yetersiz ve sağlam olmayan bir cerrahi tespit düzeltilmesi ilk ameliyata göre her zaman daha zordur. Erken aktif hareket için güvenilir tespit gereklidir. Eğer bu mümkün görünmüyorsa ameliyata başlanmamalıdır. İyi bir cerrahi teknikle ve hasta uyumuyla, %80 iyi ve mükemmel klinik fonksiyonel sonuç elde edilebilir.^[2]

KAYNAKLAR

1. Liporace FA. Fractures of the humeral shaft and distal humerus. In: Liberman JR, editor. AAOS comprehensive orthopaedic review. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2009. p. 563-575.
2. Erdemli B. Humerus alt uç. Çeviri Editörü: Ağuş H. Kırık tedavisinde AO kuralları. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2006. s. 307-20.
3. Kömürçü M, Yanmış I, Ateşalp AS, Gür E. Treatment results for open comminuted distal humerus intra-articular fractures with Ilizarov circular external fixator. Mil Med 2003;168:694-7.
4. Tejwani NC, Murthy A, Park J, McLaurin TM, Egol KA, Kummer FJ. Fixation of extra-articular distal humerus fractures using one locking plate versus two reconstruction plates: a laboratory study. J Trauma 2009;66:795-9.
5. O'Driscoll SW. Optimizing stability in distal humeral fracture fixation. J Shoulder Elbow Surg 2005;14:1865-1945.
6. Doğramacı Y, Esen E, Kürklü M, Kirici Y, Atahan AO, Kömürçü M. Double plate osteosynthesis provides better biomechanical stabilization than double tension band technique in distal humerus fractures. Eklem Hastalık Cerrahisi 2010;21:44-9.
7. Helfet DL, Hotchkiss RN. Internal fixation of the distal humerus: a biomechanical comparison of methods. J Orthop Trauma 1990;4:260-4.
8. Holdsworth BJ. Distal humerus fractures. In: Ruedi TP, Murphy WM, editors. AO principles of fracture management. New York: Thieme; 2000. p. 307-20.
9. Atalar AC, Demirhan M, Salduz A, Kiliçoğlu O, Seyahi A. Functional results of the parallel-plate technique for complex distal humerus fractures. [Article in Turkish] Acta Orthop Traumatol Turc 2009;43:21-7.
10. Hughes RE, Schneeberger AG, An KN, Morrey BF, O'Driscoll SW. Reduction of triceps muscle force after shortening of the distal humerus: a computational model. J Shoulder Elbow Surg 1997;6:444-8.
11. Mehling I, Schmidt-Horlohé K, Müller LP, Sternstein W, Korner J, Rommens PM. Locking reconstruction double plating of distal humeral fractures: how many screws in the distal ulnar column segment in A3 fracture provide superior stability? A comparative biomechanical in vitro study. J Orthop Trauma 2009;23:581-7.
12. Chen RC, Harris DJ, Leduc S, Borrelli JJ Jr, Tornetta P 3rd, Ricci WM. Is ulnar nerve transposition beneficial during open reduction internal fixation of distal humerus fractures? J Orthop Trauma 2010;24:391-4.
13. Amis AA, Hughes S, Miller JH, Wright V, Dowson D. Elbow joint forces in patients with rheumatoid arthritis. Rheumatol Rehabil 1979;18:230-4.
14. Södergård J, Sandelin J, Böstman O. Postoperative complications of distal humeral fractures. 27/96 adults followed up for 6 (2-10) years. Acta Orthop Scand 1992;63:85-9.