

# Diyafizer ve proksimal humerus kırıklarında minimal invaziv plak osteosentez (MİPO) uygulaması

Neslihan AKSU, Sinan KARACA, Ayhan Nedim KARA, Zekeriya Uğur IŞIKLAR

*İstanbul Bilim Üniversitesi Tıp Fakültesi, Florence Nightingale Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul*

**Amaç:** Çalışmamızın amacı kilitli plak tespit uygulanan humerus diafiz ve proksimal humerus kırıklarında minimal invaziv plak osteosentez (MİPO) tekniğini sonuçlarını değerlendirmektir.

**Çalışma planı:** Haziran 2006 - Ekim 2009 tarihleri arasında humerus diafiz ve proksimal humerus kırıklarına açık redüksiyon uygulanan 9 hasta çalışmaya alındı. Bir hastada S3<sup>®</sup> proksimal humerus plağı, 8'inde PHILOS<sup>®</sup> plağı kullanıldı. Hastaların yaş ortalaması 75.2 (dağılım: 32-86) idi ve tamamı kadındı. Ortalama takip süresi 33.9 (dağılım: 14.8-54.8) ay olarak gerçekleşti. AO/ASIF sistemine göre dört hastada 12C1, iki hastada 12A1, bir hastada 12A2, ve iki hastada 11A2 tipi kırık vardı. Hastaların hepsinde aksiller ve radial sinir ortaya kondu ve korundu. Constant-Murley skoru ile fonksiyonel ve radyolojik olarak kaynama sonuçları değerlendirildi.

**Bulgular:** Hiçbir hastada kaynamama, implant yetmezliği, avasküler nekroz, aksiller ve radial sinir felci görülmedi. Ortalama Constant-Murley skoru 86.8±2.2 (dağılım: 70-100) idi. Kaynama süresi 3.2 (dağılım: 2.5-5) ay olarak kaydedildi.

**Çıkarımlar:** Humerus diafiz ve proksimal uzanımlı diafiz kırıklarında MİPO uygulaması, kırık fragmanlarında daha az yumuşak doku ve periost hasarı ile kan akımının korunmasına neden olur. Lateral çift insizyonla yapılan bu uygulamada, aksiller ve radial siniri ortaya koymak ve korumak gereklidir. Omuz ve dirsek eklem fonksiyonlarının erken kazanılması, uygun iyileşme zamanı ve mükemmel fonksiyonel sonuçları ile bu tespit şekli, bu kırık tipinde avantajlı bir yöntemdir.

**Anahtar sözcükler:** Kırık; humerus; minimal invaziv; MİPO; osteosentez; PHILOS<sup>®</sup>.

İnternal atelleme, köprüleme ve sınırlı temas sağlayan plaklardan oluşan yeni plak tasarımları ile kemiğin kan akımını korumaya yönelik cerrahiye biyolojik esnek tespit teknikleri adı verilir. Bu teknikler yumuşak dokuların kırık iyileşmesinde önemini vurgulayarak, anatomik redüksiyon ile rijit tespit elde etmek için dolaşımı tehlikeye atmaz. İndirekt yöntemlerde, kırığın kabul edilebilir redüksiyonu ile kırık uçlarının sınırlı hareketine izin veren göreceli bir stabilite sağlayarak tespiti önerilir. Kompresyon yaparak mutlak rijit tespit

yerine, kompresyon yapmadan kırığı köprüleyerek dizilim sağlanır. Kırık parçalarının dizilimi indirekt redüksiyon ile yapılarak, yumuşak doku sıyrılması en aza indirilir.<sup>[1]</sup> İndirekt redüksiyon hem cerrahi travmayı azaltır hem de biyolojik esnek tespit sağlayarak kallus oluşumunu arttırır. "Biyolojik esnek tespit" minimal kemik implant teması, uzun mesafeli köprüleşme ve tespit; daha az vidaları içeren kilitli internal fiksatorlerle sağlanır. Mutlak stabiliteyi sağlayan plaklar ile tespit-te, implantlar mikro hareketleri engellemekteydi. Bi-



yolojik esnek tespit, kırık fragmanları arasındaki mikro hareketleri tolere eder ve hatta kaynama için bir miktar harekete gereksinim duyar. Bu mikro hareket, implant ve kemik arasında kilitli vidalar kullanılarak korunur.<sup>[2]</sup> Yöntem bunu gerçekleştirirken erken ve tam fonksiyona ulaşmayı tehlikeye atmaz.<sup>[3]</sup> Ancak, başarılı sonuçlara ulaşabilmek için her zaman canlı kemiğe gereksinim vardır.<sup>[2]</sup> Baumgaertel ve ark., koyun femurlarında deneysel çalışmalarında, radyolojik, biyomekanik ve mikroanjiyografik olarak anatomik ve rijit tespit ile biyolojik (köprü) tespit arasındaki farkları araştırmış ve indirekt redüksiyon ve köprü plaklamasının, direkt redüksiyonla sağlanan rijit anatomik tespite göre daha üstün olduğunu göstermiştir.<sup>[4]</sup> Kırık kallusunda indirekt redüksiyonda, anatomik redüksiyona göre daha hızlı ve etkili mineralizasyon oluşur.<sup>[4]</sup> Farouk ve ark., kadavra üzerinde konvansiyonel plaklama tekniklerinin perkütan plak kullanarak yapılan minimal invaziv yaklaşıma göre kemiğin kanlanması daha fazla bozduğunu göstermiştir.<sup>[5]</sup> Biyolojik plaklama yöntemlerinde korunmuş kan akımının; kaynama oranının artması ve greft kullanım oranlarının düşmesinin yanı sıra kaynama gecikmesi, tekrar kırık oluşması ve enfeksiyon insidanslarının azalması şeklinde klinik sonuçlara yansıtacağını düşündürebilir.

Plakla yapılan uygulamalarda kırık hattının uzağından yapılan kesilerle girilir. Diafiz kırıklarında plak, perkütan olarak kırık hattını geçecek şekilde periost üzerinden kaydırılarak yerleştirilir, sonra proksimal ve distal kesilerden vidalar yerleştirilir (köprü plaklaması). Biyolojik tespit yöntemlerinde başlangıçta sadece kırık hattını açmaksızın geniş kesiler kullanılırken, bugün Krettek ve ark.'nın tanımladığı minimal invaziv plakla osteosentez (MIPO) yaklaşımı gündeme gelmiştir.<sup>[6-9]</sup> MIPO yönteminde kırık hattı uzağından sadece plağı yerleştirmek ve vidalamak için minimal kesiler kullanılır. Floroskopi ile kırık redüksiyonu ve ekstremita dizilimi kontrol edildikten sonra bu kesilerden plak periost üzerinden kaydırılır ve proksimal ve distal kesilerden vidalanır. Plakla yapılan atellemelerde plağın kemik konturlarına tam uyacak şekilde biçimlendirilmesine gerek yoktur. Bu yöntemde kemik ile yüzeyi az olan implantlar tercih edilmektedir.<sup>[6-9]</sup>

Humerus diafiz kırıklarında konservatif tedavi %90 iyi sonuçlansa da çoklu travma, açık kırık, bilateral kırık, yüzen dirsek, obezite gibi durumlarda mutlak ve göreceli cerrahi tedavi endikasyonları vardır. Segmenler humerus kırıklarında yumuşak doku interpozisyonu ve dolaşım bozukluğu diğer kırıklara göre daha fazla görülür. Bu tür kırıklarda konservatif tedavi yapılması halinde kaynamama daha sık görülür.<sup>[10]</sup>

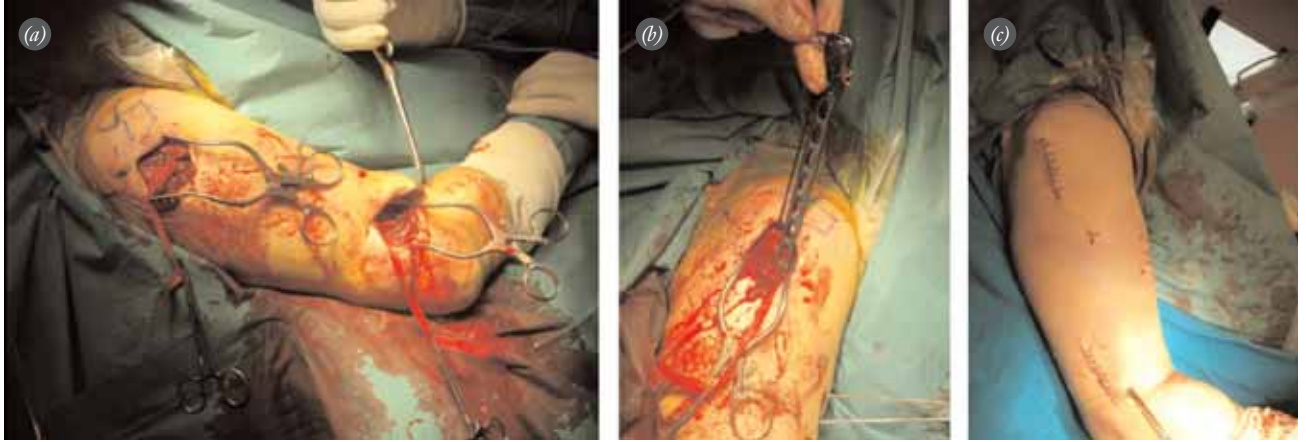
Humerus diafiz kırıklarında açık redüksiyon internal fiksasyon tedavisinde %5.1 kaynamama, %5.8-17.6 arasında radial sinir felci komplikasyonları gözlenebilir.<sup>[11-13]</sup> MIPO daha az komplikasyon oranları ile uzun kemiklerin cerrahisinde günümüzde popüler bir cerrahi tedavi yöntemidir.<sup>[13-16]</sup>

Çalışmamızda minimal invaziv çift kesi kullanılarak, açık redüksiyon ve kilitli plak tespiti uygulanan humerus diafiz ve proksimal uzanımlı diafiz kırıklarındaki sonuçlarımızı değerlendirdik.

### Hastalar ve yöntem

Haziran 2006 - Ekim 2009 arasında ortalama yaşı 75.2 (dağılım: 32-86) olan, bir proksimal, bir diafiz ve 7 proksimal uzanımlı diafiz humerus kırıklı MIPO uygulanan toplam 9 hasta retrospektif olarak değerlendirildi. AO/ASIF sınıflamasına göre 4 hasta 12C1 (4 hastanın 3'ünde 11B3, 11A2, 11A1 tip kırıklar eşlik etmekteydi), 2 hasta 12A1, bir hasta 12A2, ve iki hasta 11A2 olarak sınıflandı.

Hastalar 60° plaj sandalyesi pozisyonunda oturtuldu, C-kollu hastanın karşı tarafına alındı. Birinci kesi, akromionun anterolateral köşesinden aşağı 6-8 cm uzunluğunda longitudinal kesi olarak uygulandı. Anterior ve medial deltoid başı arasındaki avasküler fibröz rafeden deltoid kası ayrıldı. Aksiller sinir askıya alındı ve korundu. İkincil olarak kırığın distalde uzandığı seviyeye göre değişen 6-8 cm'lik distal lateral kesi ile cilt, cilt altı açıldı. Künt diseksiyonla brakialis ve brakioradialis kasları arasında radial sinir bulundu ve askıya alınarak korundu (Şekil 1). Kompresyon ve gerilmeden kaynaklanan aksiller ve radial sinir felcine engel olmak amacıyla hiçbir hastada Hohmann gibi kaldıraç kollu ekartörler kullanılmadı, yerine Parabeuf ekartörler tercih edildi (Şekil 1). Ön kol supinasyon ve dirsek 70° fleksiyonda, omuz 60° abduksiyonda rotasyon hareketleri yapılarak dirsekten uygulanan traksiyonla biceps kası bikondiler aksa dik olacak şekilde dizilim sağlanarak aks düzeltildi. Kırık redüksiyonu ön-arka ve lateral skopi görüntülerinde kontrol edildi. Proksimal kesiden uygulanan bir elevator ile periost üstünden distale doğru kas altı tünel açıldı. Kilitli plağa uygulanan 4.5 milimetre kilitli vida kılavuzu tutacak gibi kullanılarak, plak proksimal kesiden distale ilerletildi ve periost üzerinde açılan tünele yerleştirildi. Kırık tespiti için 2 hastada S3® (DePuy, Kirkel-Limbach, Almanya) (Şekil 2), 7 hastada PHILOS® (Proximal Humerus Internal Locked System; Synthes-Stratec Medical, Oberdorf, İsviçre) plağı kullanıldı. Önce proksimal, daha sonra distal fragman 4.5 mm kilitli vidalar ile plağa tespit edildi.



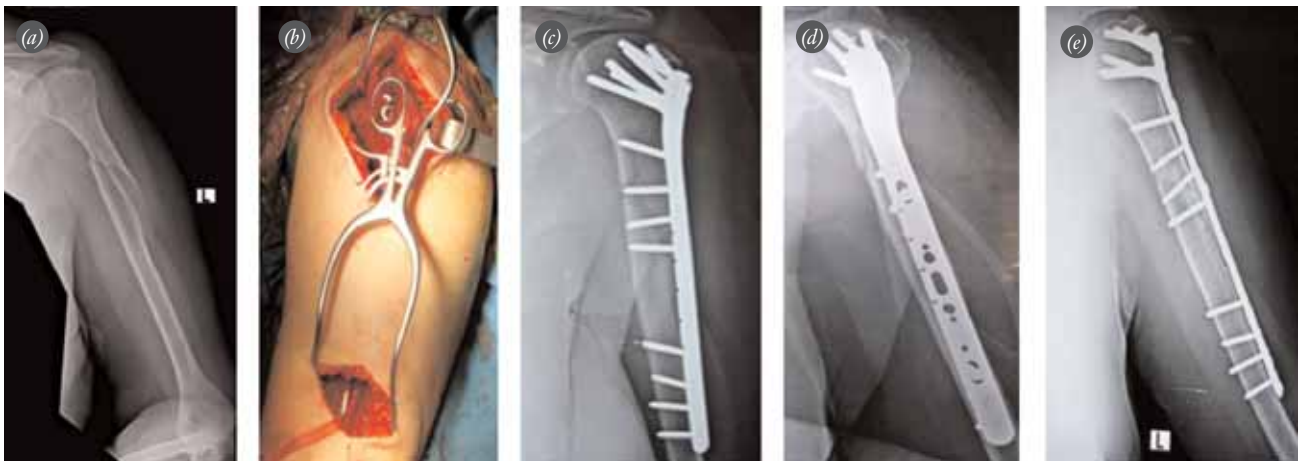
**Şekil 1.** (a) Proksimal keside aksiller sinirin, distal keside ise radial sinirin korunduğu görülüyor. (b) Proksimal kesiden plak uygulaması. (c) İki kesinin de kapatılmış olduğu görülmekte. [Bu şekil, derginin [www.aott.org.tr](http://www.aott.org.tr) adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir]

Her kırık fragmanı tespitinde en az 3-4 vida kullanıldı. Ek cerrahi işlem olarak 2 hastada Mitek çapa dikiş (DePuy, Johnson and Johnson, Boston, MA, ABD) kullanılarak döndürücü manşet onarımı yapıldı (Şekil 2). Tüm hastalarda distal kesiden bir adet dren kondu. Cerrahi sonrası 1. gün dren çıkarıldı. Ortalama drenaj miktarı 60 (dağılım: 40-120) cc idi. Tüm hastalarda omuz kol askısı 3 hafta süre kullanıldı. İlk hafta el bileği, dirsek aktif ve pasif hareketleri, omuz sarkaç egzersizlerine başlanarak, tüm hastalara standart kırık rehabilitasyon programı uygulandı. Hastalar 3. ile 6. haftada, 3. ile 6. aylarda radyolojik ve fonksiyonel olarak değerlendirildi. Kontrol ön-arka radyografilerinde medial ve lateral, lateral radyografilerinde ön ve arka korteks olmak üzere toplam 4 korteksten 3'ünde kallus görüldüğü zaman kaynama olarak kabul edildi. Ortalama

takip süresi 33.9 (dağılım: 14.8- 54.8) ay idi. Constant skorunun 3. ay, 6. ay ve 1. yıl ölçüm değerleri Dunn (çoklu karşılaştırma) testine göre istatistiksel olarak değerlendirildi.

### Bulgular

Hiçbir hastada kaynamama, avasküler nekroz, aksiller ve radial sinir felci görülmedi. Operasyon zamanı ortalama 72.6 (dağılım: 66-150) dakika olarak saptandı. Ortalama Constant-Murley skoru  $86.8 \pm 2.2$  (dağılım: 70-100) idi. Ortalama kaynama süresi 3.2 (dağılım: 2.5-5) ay olarak kaydedildi (Şekil 3 ve 4). Hastaların hepsinde 3. ay sonunda  $90^\circ$  üstü abduksiyon 6. ayda ise  $150^\circ$  üstü abduksiyon elde edildi (Şekil 3). Ortalama Constant-Murley skoru 3. ayda  $64.8 \pm 1.7$ , 6. ayda  $73.5 \pm 1.3$  ve 1 yıl sonunda  $86.8 \pm 2.2$  oldu. Constant sko-



**Şekil 2.** 82 yaşındaki kadın hastanın görüntüleri. (a) 11A1 ve 12C12 tipi kırıklar görülüyor. (b) Cerrahi girişim. (c, d) Ameliyat sonrası erken dönem radyografilerinde kırığın S3® humerus plağı ile tespiti ve döndürücü manşet yırtığının çapa dikiş ile onarımı. (e) 3. ay radyografisinde kırığın kaynadığı görülmektedir. [Bu şekil, derginin [www.aott.org.tr](http://www.aott.org.tr) adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir]



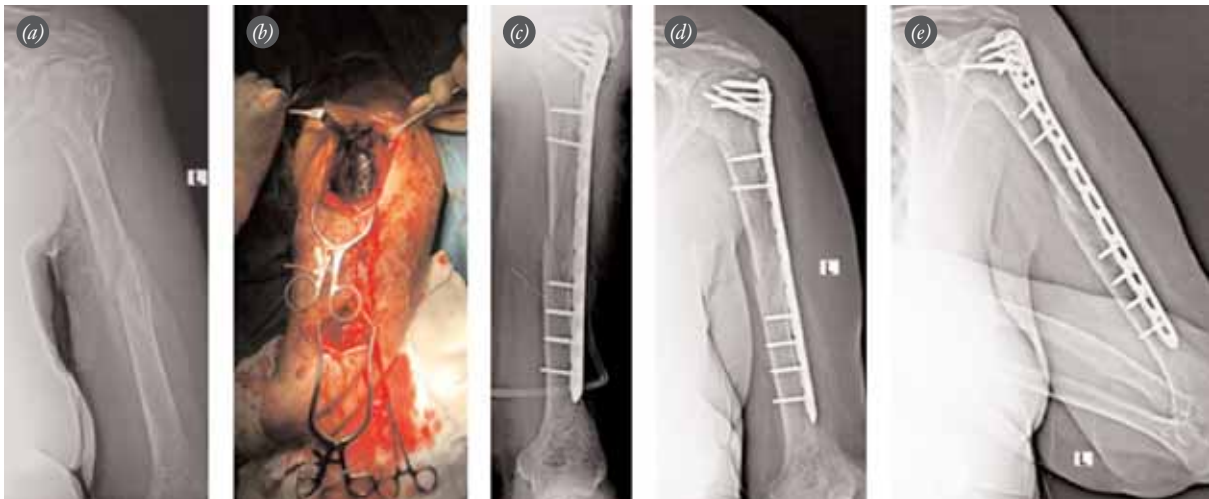
**Şekil 3.** (a-c) Hastanın cerrahi sonrası 3. aydaki hareket açıklığı görülüyor. [Bu şekil, derginin [www.aott.org.tr](http://www.aott.org.tr) adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir]

runun 3. ay, 6. ay ve 1. yıl ölçüm değerleri arasında Dunn testine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede değişim gözlemlendi ( $p=0.0001$ ). Birinci yıl Constant skoru değerleri 3. ay ve 6. ay değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek ( $p=0.007$ ); altıncı ay Constant skoru değerleri 3. ay değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu ( $p=0.007$ ). Mayo dirsek (performans) skoru 3. ay sonunda tüm hastalarda mükemmeldi (ortalama: 92.5).

### Tartışma

Fonksiyonel yük bindiğinde kırık parçalarının saptanabilir hareketine izin veren tespitler, göreceli esnek

tespit olarak kabul edilirler.<sup>[17]</sup> Kısa plaklar uzun eğilme güçlerine maruz kalırlar, uzun plaklarda ise eğilme stresi dağılır ve tespit esnek olur.<sup>[18]</sup> Lateral çift kesi ile yapılan minimal invaziv girişimde, kırık fragmanlarının tam redüksiyonu ve sıkıştırılması yapılmaz. Bu nedenle bu tespit göreceli esnek bir tespittir. Göreceli esnek tespitlerde kırık hattı, kırık uçlarını hızla köprüleyen kallus oluşumuyla iyileşir. Göreceli esnek tespitlerde oluşan kallus ile iyileşme, mutlak sert tespitlerde oluşan kallussuz doğrudan iyileşmelerle kıyaslandığında daha hızlı ve daha etkilidir. Kırık bölgesi açılmadığı için, yumuşak doku ve periost hasarı sınırlıdır ve bu da kırık uçlarındaki kanlanmanın bozulmasına engel olarak



**Şekil 4.** 70 yaşındaki kadın hastanın görüntüleri. (a) AO Tip 11B2 ve 12C22 kırığı. (b) Cerrahi girişim. (c) Ameliyat sonrası erken dönem radyografisinde PHILOS® plağı ile kırığın tespiti. Üçüncü ay (d) ön-arka ve (e) lateral radyografilerinde kırığın kaynadığı görülmektedir. [Bu şekil, derginin [www.aott.org.tr](http://www.aott.org.tr) adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir]

kaynamayı hızlandırır.<sup>[17]</sup> Bu avantajlarının yanı sıra, literatürde bu yöntemlerde de kaynamama, kötü dizilim, implanta ait sorunlar ve bazı cilt sorunlarının görüldüğü de bildirilmiştir.<sup>[19-23]</sup>

Segmenter humerus kırıklarında yumuşak dokunun kırık parçaları arasına girmesi ve segmenter parçalarda dolaşım bozukluğu diğer kırıklara göre daha fazla görülür. Segmenter kırıklar açık cerrahi yöntemlerle tedavi edildiğinde, dolaşımı bozulmuş segmenter parça, yumuşak doku sıyrılması nedeniyle, dolaşımı daha da tehlikeye girerek kaynamamaya sonuçlanabilir.<sup>[10]</sup> MİPO tekniğinde, segmenter kırık parçaları arasına girmiş olan yumuşak dokular elevatör ile çıkarılıp redüksiyon sağlanabilir fakat bu sırada kırık fragmanları üzerindeki yumuşak dokular sıyrılmamalıdır.

Literatürdeki humerus diafiz kırıklarına MİPO uygulamalarında plaklar, radial siniri ortaya koyma gereksinimi olmamasından dolayı gerek kadavra, gerekse klinik çalışmalarda, humerusun anterior yüzüne uygulanmıştır.<sup>[13,16,18,24,25]</sup> Proksimal uzanımli diafiz kırıklarında MİPO uygulamasında plağı laterale yerleştirmek daha uygun olur. Bu deltoidin abdükte ettiği proksimal parçanın redüksiyonunu kolaylaştırmaktadır.<sup>[14,15]</sup>

Aksiller ve radial sinir, humerustaki kırık için yapılan cerrahi tespit sırasında, yaralanabilir. Bu sinirlerin yerleşimini bilmek komplikasyondan kaçınmanın en önemli yoludur. Aksiller sinir, humerus başı üst noktasının 6.1±0.7 (dağılım: 4.5-6.9) cm distalinde, humerus boynunu, posteriordan anteriora dolanır.<sup>[26]</sup> Bizim çalışmamızda, proksimal girişim, akromionun anterolateral kösesinden distale doğru 6-8 cm arası kesi şeklinde yapıldı ve aksiller sinir askıya alındı ve korundu.

Radial sinir, humerus cisim proksimalinde postero-medialde, cisim ortasında posteriorda, cisim distalinde lateraldedir. Birçok MİPO çalışmasında humerus anterior girişimin tercih nedeni radial siniri ortaya koymanın gerekli olmamasındandır. Radial sinir eksplorasyonu gerekmesede, anterior girişimlerde radial sinirin vidalarla posteriorda yaralanma ihtimali vardır.<sup>[18,23]</sup> Posterior kompartmandaki spiral olukta, radial sinir, triceps medial ve lateral yapışma yeri arasında, derin brakial arterle beraber seyredir. Humerusun anterioruna uygulanan plaklarda, bu bölgede anteriordan posterio-ra geçirilen vidaların, posteriorda radial siniri yaralama olasılığı mevcuttur, bu bölge deltoid insersiyonu seviyesidir.<sup>[23,27]</sup> Radial sinir lateral intermusküler septumu (LİS) lateral epikondilin 11.8±2.1 (dağılım: 8.1-19.0) cm proksimalinde delerek, posterior kompartmandan anterior kompartmana girer ve burada humerusa oblik

seyreder. Ayrıca sinirin burada çok az mobil olduğu bildirilmiştir.<sup>[28]</sup> Radial sinir kırık parçaları ve takibindeki kırık tespitinde 2 bölgede risk altındadır. Birincisi, humerus gövdesinin posteriordaki orta bölgesindeki 6.3±1.7 cm'lik deltoid tuberositin distal bölümüdür. İkinci bölge ise, lateral epikondilin 10.9±1.5 cm proksimalindeki, 1/3 distal lateral humerus yüzündeki metafizyel genişlik seviyesidir.<sup>[27]</sup> Radial sinir humerusa sadece suprakondiler sırtın küçük bir bölümünde direkt temastadır. Burası LİS'i geçip brakioradialise ulaşmadan önceki kısmıdır.<sup>[29,30]</sup> Radial sinir ortaya konulmayacaksa, plak alt ucu LİS ve aşağısına kadar uzanmamalıdır. Çalışmamızda tüm hastalarda, plakların LİS ve aşağı seviyesine kadar uzanmasından dolayı radial siniri ortaya koyduk ve koruduk.

Perkütan vidalamada, distalde radial sinirle beraber seyreden derin brakial arterin dalı olan, posterior radial kollateral arter ve lateral antebraial kutanöz sinir yaralanmasına dikkat edilmelidir. Posterior antebraial kutanöz sinir, spiral olukta radial sinirle seyrederken, radial sinir LİS'i delerek anterior kompartmana girer, posterior antebraial kutanöz sinir, posterior kompartmanda distale ilerler ve LİS'i lateral epikondilin 5 cm proksimalinde deler ve cilt altına çıkar ve lateral epikondilin anteriorundan geçer.<sup>[31]</sup> Çalışmamızda hiçbir plak bu kadar distale uzanmadığı için, bu sinirde yaralanma görülmemiştir.

Operasyon sırasında aksiller ve radial siniri korumak için kaldıraç kollu Hohmann ekartörler yerine, Parabeuf ekartörler tercih edildi. Askıya alınan sinirlere traksiyon uygulanmadı, matkap ucu ve vida uygulaması sırasında yaralanmamasına dikkat edildi. Plak tespitinde distal kırık parçasından en az 4 kilitli vida tespiti yapılacak şekilde plak boyu seçildi. Proksimal metafizer uzanımli segmenter diafiz kırıklarında, segmenter parçaya en az 2 en fazla 4 kilitli vida uygulandı. Operasyon sırasında uzun spiral kırıklı 3 hastada perkütan interfragmentar vidalar yerleştirildi.

Lau ve ark.,<sup>[15]</sup> çalışmalarında 17 proksimal diafiz humerus kırığına PHILOS® plağı kullanılarak lateral girişim ile MİPO uygulamışlardır ve proksimalde aksiller sinir ortaya konulmamıştır. Distalde ise radial siniri ortaya koyma ihtiyacından kaçınmak için plak distali lateral epikondile 8 cm'den yukarıda kalacak şekilde plak boyu tercih edilmiştir. Buna rağmen 3 hastada radial sinirde nöropraksi görülmüş ve takiplerde 3., 6. ve 8. aylarda tam iyileşme olmuştur. Bir hastada implant gevşemesine bağlı gecikmiş kaynama olmuş, 4 olguda ise plağın yüksekte konulmasına bağlı sıkışma sendromu

yaşanmış ve bu olguların 2'sinde plak çıkarılınca hareket açıklığının tam kazanım sağlanmıştır. Rancan ve ark.'nın 14 çalışmasında 29 proksimal matadiazifer proksimal humerus kırığına PHILOS® plağı ile lateral girişim ile MIPO uygulanmıştır. Proksimalde aksiller sinir ortaya konulmamış, fakat distalde radial sinir ortaya konulmuştur. Operasyon sonrası takiplerde bir hastada subakromial sıkışma sendromu, bir hastada ise vidaların yanlış yerleştirilmesi nedeniyle vida kırılması ile distal kırık parçasının plaktan sıyrılması görülmüş ve bu hasta aynı teknik ile tekrar opere edilmiştir.

Minimal invaziv girişim ile kırıkların tespiti periost sıyrılması ve yumuşak doku hasarını azaltarak, kırığın biyolojik ortamına verilen zararı minimize eder. Kırık parçalarından daha az yumuşak doku sıyrılması nedeniyle, kırık fragmanlarının kan dolaşımı korunmuş olur. Sonuç olarak, tatminkar iyileşme zamanı ve mükemmel fonksiyonel sonuçlar ile lateral minimal invaziv çift kesi ile cerrahi girişim diafiz ve proksimal uzunluğulu humerus diafiz kırıklarının tespitinde güvenli, etkili ve açık cerrahiye alternatif bir cerrahi yöntemdir.

**Çıkar Örtüşmesi:** Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

### Kaynaklar

- Miclau T, Martin RE. The evolution of modern plate osteosynthesis. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A3-6.
- Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:1093-110.
- Rozbruch SR, Müller U, Gautier E, Ganz R. The evolution of femoral shaft plating technique. *Clin Orthop Relat Res* 1998;(354):195-208.
- Baumgaertel F, Buhl M, Rahn BA. Fracture healing in biological plate osteosynthesis. *Injury* 1998;29 Suppl 3:C3-6.
- Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherne H. Minimally invasive plate osteosynthesis and vascularity: preliminary results of a cadaver injection study. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A7-12.
- Krettek C, Müller M, Miclau T. Evolution of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the femur. *Injury* 2001;32 Suppl 3:SC 14-23.
- Wenda K, Runkel M, Degreif J, Rudig L. Minimally invasive plate fixation in femoral shaft fractures. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A13-9.
- Ağuş H, Reisoğlu A, Zincircioğlu G, Eryanılmaz G. Treatment of intraarticular comminuted supracondylar femoral fractures by indirect plate osteosynthesis. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 2002;36:384-9.
- Ağuş H, Kıran yaz Y, Sezen H, Eryanılmaz G. Treatment of distal tibia fractures by biological plating. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 1999;33:173-8.
- Charles A, Rockwood Jr, David PG, Robert WB, James DH. Rockwood and Green's fractures in adults. Lippincott-Raven; 1996. p. 197-201.
- Ring D, Jupiter JB. Diaphyseal fractures of the humerus. In: Norris TR, editor. *Orthopaedic knowledge update: shoulder and elbow*. 2nd ed. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2002. p. 237-47.
- Liporace FA. Fractures of the humeral shaft. In: Lieberman JR, editor. *AAOS comprehensive orthopaedic review* 2009. p. 563-68.
- Zhiqian A, Bingfang Z, Yeming W, Chi Z, Peiyan H. Minimally invasive plating osteosynthesis (MIPO) of middle and distal third humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2007;21:628-33.
- Rancan M, Dietrich M, Lamdark T, Can U, Platz A. Minimal invasive long PHILOS®-plate osteosynthesis in metadiaphyseal fractures of the proximal humerus. *Injury* 2010;41:1277-83.
- Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP. Minimally invasive plate osteosynthesis in the treatment of proximal humeral fracture. *Int Orthop* 2007;31:657-64.
- Kobayashi M, Watanabe Y, Matsushita T. Early full range of shoulder and elbow motion is possible after minimally invasive plate osteosynthesis for humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2010;24:212-6.
- Perren SM, Claes L. Biology and biomechanics in fracture management. In: Rüedi TP, Murphy VM (eds). [AO principle in fracture management]. Translated by: Ağuş H. [Chapter in Turkish] Istanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2006. p. 7-29.
- Apivatthakakul T, Arpornchayanon O, Bavornratanavech S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of the humeral shaft fracture. Is it possible? A cadaveric study and preliminary report. *Injury* 2005;36:530-8.
- Lujan TJ, Henderson CE, Madey SM, Fitzpatrick DC, Marsh JL, Bottlang M. Locked plating of distal femur fractures leads to inconsistent and asymmetric callus formation. *J Orthop Trauma* 2010;24:156-62.
- Henderson CE, Kuhl LL, Fitzpatrick DC, Marsh JL. Locking plates for distal femur fractures: is there a problem with fracture healing? *J Orthop Trauma* 2011;25 Suppl 1:S8-14.
- Clavert P, Adam P, Bevort A, Bonnomet F, Kempf JF. Pitfalls and complications with locking plate for proximal humerus fracture. *J Shoulder Elbow Surg* 2010;19:489-94.
- Schepers T, van Lieshout EM, De Vries MR, Van der Elst M. Increased rates of wound complications with locking plates in distal fibular fractures. *Injury* 2011;42:11125-9.
- López-Arévalo R, de Llano-Temboury AQ, Serrano-Montilla J, de Llano-Giménez EQ, Fernández-Medina JM. Treatment of diaphyseal humeral fractures with the minimally invasive percutaneous plate (MIPPO) technique: a cadaveric study and clinical results. *J Orthop Trauma* 2011;25:294-9.
- Apivatthakakul T, Patiyasikan S, Luevitoonvechkit S. Danger zone for locking screw placement in minimally inva-

- sive plate osteosynthesis (MIPO) of humeral shaft fractures: a cadaveric study. *Injury* 2010;41:169-72.
25. Concha JM, Sandoval A, Streubel PN. Minimally invasive plate osteosynthesis for humeral shaft fractures: are results reproducible? *Int Orthop* 2010;34:1297-305.
  26. Bono CM, Grossman MG, Hochwald N, Tornetta P 3rd. Radial and axillary nerves. Anatomic considerations for humeral fixation. *Clin Orthop Relat Res* 2000;(373):259-64.
  27. Carlan D, Pratt J, Patterson JM, Weiland AJ, Boyer MI, Gelberman RH. The radial nerve in the brachium: an anatomic study in human cadavers. *J Hand Surg Am* 2007;32:1177-82.
  28. Cox CL, Rihard D, Tubbs RS, Bradley E, Lee DH. Predicting radial nerve location using palpable landmarks. *Clin Anat* 2010;23:420-6.
  29. Holstein A, Lewis GM. Fractures of the humerus with radial-nerve paralysis. *J Bone Joint Surg Am* 1963;45:1382-8.
  30. Whitson RO. Relation of the radial nerve to the shaft of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 1954;36:85-8.
  31. Tubbs RS, Apaydin N, Uz A, Sullivan A, Loukas M, Shoja MM, et al. Anatomy of the lateral intermuscular septum of the arm and its relationships to the radial nerve and its proximal branches. Laboratory investigation. *J Neurosurg* 2009;111:336-9.