



Humerus şaft kırıklarında minimal invaziv perkütan plak osteosentezinin (MİPPO) fonksiyonel sonuçları: Klinik çalışma

Gazi HURİ¹, Ömer Sunar BİÇER², Hakan ÖZTÜRK³, Mehmet Ali DEVECİ², İsmet TAN²

¹Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara;

²Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Adana;

³Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Mersin

Amaç: Çalışmamızda minimal invaziv perkütan plak osteosentezi (MİPPO) ile tedavi edilmiş humerus şaft kırıklarında hem objektif hem de sübjektif sonuçların tartışılmasını ve klinik sonuçları iyileştirecek ve prosedürü kolaylaştıracak noktaların tartışılmasını amaçladık.

Çalışma planı: Bu retrospektif çalışmaya 2009-2011 yılları arasında MİPPO tekniği ile tedavi edilmiş 14 humerus orta şaft kırığı dahil edildi. Hastaların ortalama yaşı 41.7 (dağılım: 19-66) idi. 4.5 mm'lik kilitli plaklar anterior yaklaşım ile deltoid yapışma yerinin bütünlüğünü korumak için antegrad olarak (proksimalden distale) ilerletilerek uygulandı. Kırık iyileşmesi düz radyografiler ile değerlendirildi. Objektif sonuçlar eklem hareket açıklığı, sübjektif sonuçlar ise ASES, UCLA, MEPI ve DASH skorları ile değerlendirildi.

Bulgular: Başarılı kaynamanın görüldüğü tatmin edici sonuçlar ortalama 17.8 (dağılım: 13-30) ayda elde edildi. Omuzun ortalama aktif öne fleksiyonu $163.9^{\circ} \pm 5.6^{\circ}$ iken, ortalama abduksiyon $87.8^{\circ} \pm 3.77^{\circ}$ idi. Ortalama dirsek fleksiyonu ve ekstansiyon kaybı, sırasıyla, $134.6^{\circ} \pm 41.16^{\circ}$ ve $3.9^{\circ} \pm 6.25^{\circ}$ idi. Ortalama ASES ve UCLA skorları 90.2 ± 4.76 ve 31.8 ± 1.56 olarak ölçülürken, ortalama MEPI ve DASH skoru 93.6 ± 4.12 ve 4.6 ± 2.19 olarak kaydedildi.

Çıkarımlar: Minimal invaziv perkütan plak osteosentezi humerus şaft kırıklarının tedavisinde başarılı bir tekniktir. Plağın ilerletilmesi sırasında plağın humerus anterior yüzü ile temas halinde olması, deltoid yapışma yerinin korunması için plağın antegrad ilerletilmesi ve kırık hattının her iki tarafında en az altı korteks ile stabil tespitin yapılması prosedürü basitleştirecek ve sonuçları iyileştireceğini düşündüğümüz unsurlardır.

Anahtar sözcükler: Humerus şaft; kırık; MİPPO.

Humerus şaft kırıkları tüm kırıkların %3'ünü ve tüm humerus kırıklarının %20'sini oluşturur.^[1] Humerus şaft kırıklarının primer nedenleri arasında trafik kazaları, düşmeler veya şiddet yaralanmaları sayılabilir.^[2] Konservatif tedavi altın standart olarak kabul edilse de,^[3-5]

cerrahi tespit için ideal tedavinin ne olduğu hakkında tartışma devam etmektedir. Biyolojik tespit ve minimal invaziv cerrahi geleneksel plaklama, intramedüller ve eksternal tespit yöntemlerine göre daha yüksek oranda kabul gören bir alternatiftir.^[6]

Yazışma adresi: Dr. Gazi Huri, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Sıhhiye, 06100 Ankara, Turkey

Tel: +90 312 – 305 12 09 e-posta: ghuri1@jhmi.edu

Başvuru tarihi: 11.08.2013 **Kabul tarihi:** 04.05.2014

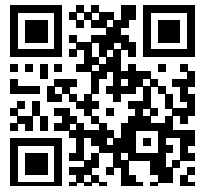
©2014 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu

www.aott.org.tr adresinde

doi: 10.3944/AOTT.2014.13.0009

Karekod (Quick Response Code)



Primer olarak tibia ve femurun parçalı kırıkları için tanımlanan minimal invaziv perkütan plak osteosentezi (MİPPO), humerus shaft kırıklarının tedavisinde de popülerite kazanmıştır.^[7-11] MİPPO'nun açık cerrahi yöntemlerin aksine daha düşük yumuşak doku diseksiyonu ve kaynamama oranları ile daha az iatrojenik radial sinir yaralanması gibi avantajları bulunmaktadır.^[12] Cerrahi sonrasında erken dönemde fonksiyonel tedaviye olanak tanır ve komşu eklemlerde daha yüksek eklem hareket açıklığı sağlar.^[13,14] Livani ve Belangero^[15] ile Apivatthakakul ve ark.,^[12] kadavra çalışmalarında anterior humeral yaklaşım ile MİPPO'nun etkinliğini araştırmışlar ve 4 hastanın MİPPO ile tedavi edilen 5 humerus shaft kırığında tatmin edici sonuçlar bildirmişlerdir. MİPPO'nun diğer tespit tekniklerinden daha üstün olduğunu gösteren deliller giderek artmaktadır. Bununla birlikte, yukarıda sayılan tüm avantajları ile birlikte uygulama sırasında nörovasküler yapıların yakınlığı ve anatomik engeller nedeniyle tekniğin ciddi zorlukları da bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, anterior yaklaşım ile MİPPO tekniği kullanılarak tedavi edilmiş humerus shaft kırıklarında elde edilen objektif ve sübjektif sonuçları bildirmek, klinik sonuçları iyileştirecek ve prosedürü kolaylaştıracak noktaları tartışmaktır.

Hastalar ve yöntem

Retrospektif çalışmaya başlamadan önce etik kurul onayı alındı. Şubat 2009 ile Ağustos 2011 tarihleri arasında ortalama yaşı 41.7 (dağılım: 19-66) olan ve 14 humerus orta shaft kırığı MİPPO tekniği ile cerrahi olarak tedavi edilen 13 hasta (8 erkek, 5 kadın) çalışmaya dahil edildi. Açık kırıklar, iskelet sistemi gelişmemiş hastalar,

patolojik kırıklar ve revizyon olguları çalışma dışında bırakıldı. Çoklu travma hastaları (yedi hasta), konservatif tedavisi başarısız olan hastalar (beş hasta) ile redüksiyon sonrası radial sinir felci olan hastalar (bir hasta) çalışmaya dahil edildi. Hastaların tümünün yaralanma öncesi omuz ve dirsek eklem hareket açıklığı normaldi. İki hastada kırığın kapalı redüksiyonu ve yaralanma ile ilişkili cerrahi öncesi radial sinir felci mevcuttu. Yaralanma mekanizması ve kırıkların Ortopedik Travma Birliği (OTA) sınıflaması ile diğer cerrahi öncesi detaylar Tablo 1'de verilmiştir.

Tüm hastalar sırtüstü pozisyonda, el masası kullanılarak ve kol nötralde ve ön kol tam supinasyonda iken aynı cerrahi prosedür ile ameliyat edildi. Tüm humerus ile omuz görüntülenecek şekilde skopi kontrolü uygulandı. Manuel traksiyon ile humerusun uygun dizilim ve boyu sağlandıktan sonra (<20° anterior açılma, <30° varus/valgus açılma, <3 cm kısalık), anterolateral humeral yaklaşım ile aynı standart çizgi üzerinde kalacak şekilde kırığın 5-7 cm proksimal ve distalinden iki küçük kesi yapıldı (Şekil 1a). Humerus proksimal shaftına ve deltoid yapışma yeri anterior kısmına ulaşmak için delto-bisipital aralıktan yararlanıldı. Distal humerus yaklaşımı ile biceps-brakialis klavajı oluşturuldu ve künt bir retraktör ile brakialis kas gövdesi ekarte edilerek radial sinir korundu. Redüksiyon sonrası radial sinir felci olan hasta dışında radial sinir ekspozite edilmedi. Ardından periost elevatörü brakialis kası ile humerus arasında anterior ekstraperiosteal tünel oluşturmak için distalden proksimale doğru ilerletildi. Son olarak, düz 4.5 mm'lik kilitli kompresyon plağı (Synthes® 4.5 mm Dar LCP Plak; Synthes Holding AG, Solothurn, İsviçre) fonksiyonel

Tablo 1. Hastaların cerrahi öncesi detayları.

Hasta#	Cinsiyet	Yaş (Yıl)	Taraf	Neden	AO/OTA Sınıflaması	Eşlik eden yaralanma
1	Kadın	64	Sağ	MAK	12 C1.1	Yok
2	Erkek	58	Sağ	MAK	12 A3.2	Yüzen dirsek (Sağ)
3	Kadın	39	Sağ Sol	MAK	12 A3.2 (R) 12 B2.2 (L)	Klavikula kırığı (Sağ), Metakarpal kırıklar (Sağ), Femur kırığı (Sağ), Tibia kırığı (Sol)
4	Erkek	55	Sağ	MAK	12A1.2	Redüksiyon sonrası radial sinir felci (Sağ)
5	Erkek	19	Sağ	MAK	12B2.3	Ön kol kırığı (Sol), Asetabulum kırığı
6	Erkek	34	Sağ	MAK	12B2.2	Pelvis kırığı ve falanks kırıkları (Sağ El)
7	Erkek	19	Sağ	Düşme	12 A3.2	Kafa travması, Yüzen dirsek ve radial sinir felci (Sağ)
8	Erkek	21	Sağ	MAK	12A3.2	Ön kol kompartıman sendromu (Sağ)
9	Kadın	35	Sol	Düşme	12B3.3	Yok
10	Erkek	42	Sağ	MAK	12A3.2	Yok
11	Kadın	36	Sağ	Düşme	12 B2.2	Yok
12	Kadın	66	Sağ	MAK	12A3.2	Distal radius kırığı (Sol)
13	Erkek	55	Sol	MAK	12 C1.1	Yok

yonel güçsüzlük ve avülsiyona sebep olmamak ve deltoid kas anterior yapışma yerini korumak için antegrad olarak submusküler tünelden gönderildi (Şekil 1b).^[16] Redüksiyonu sağlamak için daha önceki çalışmalarda tarif edildiği gibi eksternal fiksator kullanılmadı.^[17,18] Yivli bir matkap kılavuzu plağın pozisyonlamasında tutamaç olarak kullanıldı (Şekil 1c). Altı korteksi tutan en az 3 vida ile ana kırık fragmanları tespit edildi. Nörovasküler yapıların korunması için tüm vidalar plağa sabitlenen cezve üzerinden yerleştirildi. Posteriorıda, oluşu içindeki radial sinire penetre etmemek için humerusun orta şaftında tek korteks vidalar kullanıldı.

Hastalar cerrahi sonrası 48 ila 72 saatte omuz askısı ile taburcu edildi. Tolere edebildikleri ölçüde pasif dirsek ve omuz hareketlerine izin verildi. Omuz askısı ve dikişler 10 ile 14 gün içinde çıkarıldı. Hastalar, ilk 3 ay, dörder haftalık aralıklarla takip edildi. Kemik kaynamasının bir işareti olarak erken kallusun görüldüğü 4. haftada hafif direnç ile aktif harekete başlandı. Klinik ve radyolojik değerlendirmeler gerçekleştirilerek omuz ve dirsek eklem hareket açıklıkları objektif sonuçların saptanması için kaydedildi. Sübjektif değerlendirme için son klinik ziyaretlerinde hastaların Amerikan Omuz ve Dirsek Birliği (American Shoulder and Elbow Society, ASES), Kaliforniya Üniversitesi Los Angeles (UCLA), Mayo Dirsek Performans İndeksi (Mayo Elbow Performance Index, MEPI) ve Kol, Omuz ve El Sakatlık (The Disability of the Arm, Shoulder and

Hand, DASH) skorları kaydedildi.

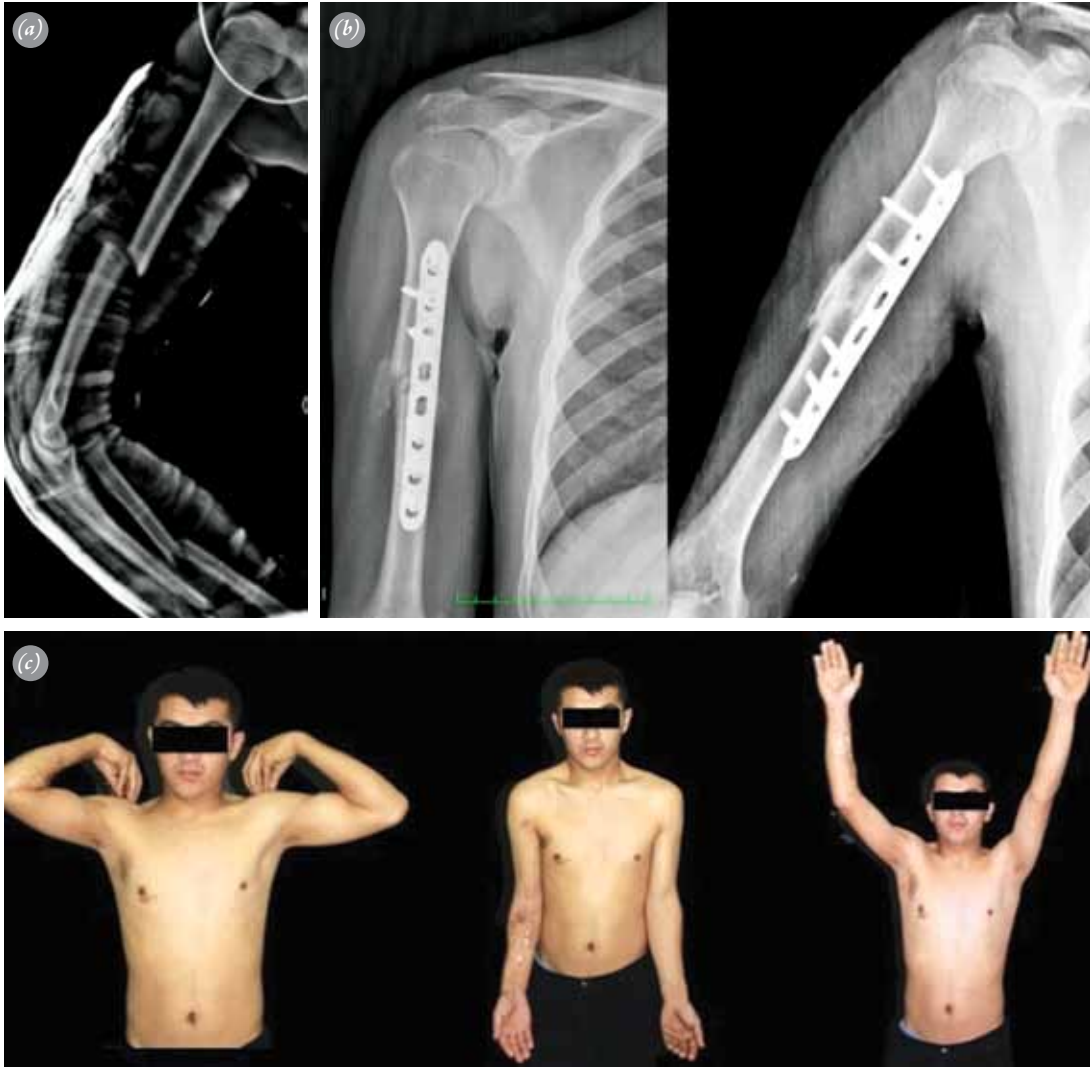
Bulgular

Yaralanmadan cerrahi uygulamasına kadar geçen ortalama süre 6.4 (dağılım: 1-14) gün idi. Hastalar ortalama 17.8 (dağılım: 13-30) ay boyunca takip edildi. Kırıkların ortalama iyileşme süresi 13.8 (dağılım: 10-20) hafta idi. Omuzun ortalama aktif öne fleksiyonu $163.9^{\circ} \pm 5.6^{\circ}$ iken, ortalama abduksiyon $87.8^{\circ} \pm 3.77^{\circ}$ olarak kaydedildi. Ortalama dirsek fleksiyonu ve ekstansiyon kaybı, sırasıyla, $134.6^{\circ} \pm 41.16^{\circ}$ ve $3.9^{\circ} \pm 6.25^{\circ}$ olarak ölçüldü. Ortalama ASES skoru 90.2 ± 4.76 idi. UCLA skorlama sistemine göre sonuç ortalaması 31.8 ± 1.56 (11 iyi ve 3 mükemmel) ve MEPI ortalaması 93.6 ± 4.12 (1 iyi ve 13 mükemmel) bulundu. Ortalama DASH skoru 4.6 ± 2.19 olarak hesaplandı (Tablo 2).

Tüm olgularda ana fragmanların redüksiyonu ile kabul edilebilir dizilim sağlanabildi. Kırıkların tamamı derin enfeksiyon veya yara komplikasyonu olmadan başarılı şekilde kaynadı (Şekil 2). İki hastada antibiyotik tedavisi ile kontrol edilebilen yüzeysel yara enfeksiyonu gelişti. Bir hastada 6 ay içinde kendiliğinden düzelen, operasyona bağlı geçici radial sinir felci gelişirken, yaralanma ile ilişkili cerrahi öncesi felç 9 ay içinde tam olarak düzeldi. Son takipte ameliyat öncesi radial sinir felci olan iki hastada da tam iyileşme saptandı.



Şekil 1. (a) MİPPO için proksimal ve distal kesiler. (b) İçinden plağın ilerletildiği humerus anterior yüzeyi distal yarısını örten brakialis kası ve plağın ilerletilmesi ve pozisyonuna yardımcı olmak için ayrılmış deltoid anterior yapışma yeri (beyaz ok). (Kadavra çalışması). (c) Pozisyonlamaya yardımcı olmak için yivli matkap kılavuzu plağa tutturulmuştur. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]



Şekil 2. (a) Motorlu araç kazası; sağ yüzen dirseği ve radial sinir felci olan 19 yaşındaki erkek hasta. (b) Cerrahi sonrası 4. ay radyografilerinde kemik kaynaması görülmekte. (c) Kırık kaynaması sonrası fonksiyonel sonuçlar. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

Tartışma

Humerus shaft kırıklarının çoğu konservatif yöntemlerle başarılı şekilde tedavi edilebilmekle birlikte,^[3,4] ideal cerrahi tespit seçeneğine dair tartışma devam etmektedir. Hastanın klinik durumu ve aktivite düzeyi, kırık tipi ve lokalizasyonu ve cerrahın deneyimi en uygun alternatifin seçilmesi için temel belirleyicilerdir. Son on yılda köprüleme plağı osteosentezi ile minimal invaziv yöntemler popülerite kazanmıştır. Bununla birlikte, humerus kırığı ile ilgili literatürde sadece birkaç çalışma yer almaktadır. Livani ve Belangero 2004 tarihli çalışmalarında humerus shaft kırıklarında MIPPO'nun majör komplikasyonlar olmadan uygulanabilir, güvenilir ve etkili bir yöntem olduğunu bildirmiştir.^[15] MIPPO'nun geleneksel plaklama tekniklerine göre

minimal yumuşak doku hasarı ile erken stabilizasyon nedeniyle daha erken iyileşme süresi gibi üstünlüklerini gösteren daha iyi sonuçlar bildirilmiştir.^[13] Aksu ve ark., humerus kırıklarında MIPPO ile kırığa komşu eklemlerde fonksiyonun daha erken geri kazanıldığını ve kırık iyileşme zamanında azalma olduğunu aktarmışlardır.^[19] Bununla birlikte, humerus shaft kırıklarında MIPPO'nun faydalarının kanıtlanması için yeni çalışmalar gerekmektedir. Çalışmamızda, son takipte yüzen dirseği olan hasta dışında, etkilenen ekstremitelerde hem objektif hem de sübjektif ölçümlerde belirgin düzelme saptanmıştır. Kontrol grubu olmadığı halde, özellikle omuz fonksiyonlarında elde edilen iyi sonuçların deltoidin korunmasına yönelik yaklaşım ile ilişkili olduğunu düşünüyoruz.

Tablo 2. Hastaların sonuçları.

Hasta*	Yaralanmadan ameliyata geçen süre (gün)	Takip (ay)	Çalışma uzunluğu (mm)	Kaynama zamanı (hafta)	Omuz abduksiyon/öne fleksiyon	Dirsek Fleksiyon/ Ekstansiyon	Cerrahi komplikasyon	UCLA skoru	ASES skoru	MEPI skoru	DASH bozukluğu	Dizilim
1	2	23	58	20	80/165	135/5	Yüzeysel enfeksiyon	34	96.6	95	4.2	4° valgus
2	3	18	36	14	90/170	130/0	Yok	32	91.9	90	5.8	2° valgus
3 (Sol)	8	19	42	12	80/150	135/0	Geçici RSF	29	81.6	90	7.5	Yok
3 (Sağ)	8	19	54	10	85/160	140/0	Yok	31	86.6	95	6.7	Yok
4	4	13	34	16	90/160	140/0	Yok	32	88.3	95	7.5	5° varus
5	5	21	52	12	85/160	135/0	Yok	31	91.6	95	6.7	Yok
6	12	30	48	18	90/170	140/0	Yok	34	93.3	100	4.2	Yok
7	8	12	40	14	90/165	125/20	Yok	30	89.9	85	5.8	Yok
8	1	24	38	10	90/165	135/15	Yüzeysel enfeksiyon	30	79.9	90	5.0	Yok
9	14	10	62	11	90/165	135/5	Yok	32	93.3	95	1.7	Yok
10	11	12	45	15	90/170	135/0	Yok	32	94.9	100	0.8	Yok
11	7	20	56	13	90/165	135/5	Yok	32	93.3	95	2.5	3° valgus
12	2	14	45	16	90/160	130/5	Yok	33	89.9	90	3.3	Yok
13	8	15	110	12	90/170	135/0	Yok	34	91.6	95	2.5	Yok

ASES: Amerikan Omuz ve Dirsek Birliği, DASH: Kol, Omuz ve El Sakatlık Anketi, MEPI: Mayo Dirsek Performans İndeksi, RSF: Radial sinir felci, UCLA: Kaliforniya Üniversitesi Los Angeles.

Yukarıda sayıldığı gibi MİPPO tekniğinin birçok avantajı olsa da, nörovasküler yaralanma kaygısı nedeniyle tekniğe kullanılmasında tereddüt söz konusudur. Zayıf nörovasküler monitörizasyon, uzamış floroskopi zamanı redüksiyonun korunmasındaki zorluklar ve plağın ilerletilmesi sırasında karşılaşılan anatomik engeller prosedürü zorlaştıran faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde plak ve sinirin yakınlığını ele alan bazı kadavra ve klinik çalışmalar bulunmaktadır. Apivatthakakul ve ark., humerus anterior yüzeyine perkütan plak uygulamasının radial sinir eksplorasyonuna ihtiyaç duyulmadan yapılabileceğini bildirmişlerdir.^[20] Ji ve ark., lateral yaklaşım ile MİPPO uygulamasının humerus shaft kırıklarında güvenli ve uygulanabilir olduğunu vurgulamışlardır.^[14] Muskülökutan sinir ile kolun anterior kompartmanı arasındaki yakın ilişki değerlendirildiğinde Gardner ve ark.,^[21] humerus için MİPPO uygulaması sırasında muskülökutan sinir için tehlikeli bölgeleri tanımlamışlardır. Yazarlar, vida uygulaması sırasında muskülökutan siniri korumak için, cerrahlara, daha uzun bir cilt kesisi ve açık yaklaşımı önermişlerdir. Bizim görüşümüze göre, bu çalışmada görülen radial sinir felcinin nedeni sinirin sivri bir ekartörün (Hohmann ekartörü) altında aşırı sıkıştırılmasıdır. Çalışmamızda bu tür ekartörler kullanılmadı ve başka bir nörolojik komplikasyon görülmedi.

Klinik sonuçları etkileyen anatomik engeller de nörovasküler yapılar gibi iyice değerlendirilmelidir. Deltoid yapışma yerinin zarar görmesinin fonksiyonel bozukluklara neden olabileceği ve ciddi bir problem olduğu literatürde etraflıca belirtilmiştir.^[16] Farklı çalışmalarda deltoid yapışma yerinin korunması veya tekrar onarılmasına vurguda bulunulmuştur.^[22,23] Humerus anterior yüzeyine minimal invaziv plak uygulaması ile ilgili 12 kadavrada daha önce yaptığımız çalışmada ve bu klinik çalışmada elde ettiğimiz deneyim deltoid yapışma yerinin humerus anterior yüzeyinde en önemli anatomik engel olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 2). Deltoid anterior yapışma yerinin %20'den fazla gevşetilmesinin deltoid kas fonksiyonunun etkilediği de yine literatürde gösterilmiştir.^[16] Daha önce yaptığımız anatomik çalışma ve literatür değerlendirildiğinde, deltoid fonksiyonunun korunması için deltoid koruyucu yaklaşım ile antegrad ilerletmeyi öneriyoruz.

Yüksek nörovasküler yaralanma riskinin yanı sıra bu tekniğin bir başka kısıtlılığı 'optimal çalışma uzunluğunun' sağlanmasındaki zorluktur.^[24] Bununla birlikte, çalışmamızda, önerilenden daha kısa plak kullandığımız durumlarda bir yetmezlik ile karşılaş-

madık. Bunun nedeni uygun implantasyon tekniği ve vida yerleştirilmesi (her iki tarafta en az 6 korteks), erken rehabilitasyon ve hastaların oryantasyonu olabilir.

Göreceli olarak küçük hasta grubu ve kontrol grubunun olmaması bu çalışmanın olası bir kısıtlılığıdır. Bu nedenle, minimal invaziv osteosentezi alternatif yaklaşımlarla karşılaştırıp bu tekniğin potansiyel avantajlarını ortaya koyacak gelecek çalışmalara gereksinim vardır.

Sonuç olarak, MIPPO tekniği humerus shaft kırıklarında umut vadeden ve güvenli bir tedavi alternatifidir. Tekniğin uygulanması sırasında doğru intermusküler klivajın kullanılması ve ilerletilmesi sırasında plağın anterior yüzey ile temas halinde tutulması, deltoid yapışma yerinin korunması için plağın antegrad ilerletilmesinin tercih edilmesi ve kırık tipine bağlı olarak kırığın her iki tarafında en az altı korteksin uygulanması stabil bir tespit elde etmek için önemli unsurlardır. Tekniğin geliştirilmesi için daha ileri klinik çalışmalar gerekirken birlikte, anatomik engellerin ve yumuşak dokunun göz önünde bulundurulması cerrahın daha az risk ile uygun osteosentezi sağlamasına olanak tanıyacaktır.

Çıkar örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

- Igbigbi PS, Manda K. Epidemiology of humeral fractures in Malawi. *Int Orthop* 2004;28:338-41.
- Tytherleigh-Strong G, Walls N, McQueen MM. The epidemiology of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:249-53.
- Ekholm R, Ponzer S, Törnkvist H, Adami J, Tidermark J. The Holstein-Lewis humeral shaft fracture: aspects of radial nerve injury, primary treatment, and outcome. *J Orthop Trauma* 2008;22:693-7.
- Toivanen JA, Nieminen J, Laine HJ, Honkonen SE, Järvinen MJ. Functional treatment of closed humeral shaft fractures. *Int Orthop* 2005;29:10-3.
- Sarmiento A, Zagorski JB, Zych GA, Latta LL, Capps CA. Functional bracing for the treatment of fractures of the humeral diaphysis. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82:478-86.
- 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.
- Yang KH. Helical plate fixation for treatment of comminuted fractures of the proximal and middle one-third of the humerus. *Injury* 2005;36:75-80.
- Ziran BH, Belangero W, Livani B, Pesantez R. Percutaneous plating of the humerus with locked plating: technique and case report. *J Trauma* 2007;63:205-10.
- Lin J, Hou SM. Locked nailing of severely comminuted or segmental humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2003;406:195-204.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Ji F, Tong D, Tang H, Cai X, Zhang Q, Li J, Wang Q. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) technique applied in the treatment of humeral shaft distal fractures through a lateral approach. *Int Orthop* 2009;33:543-7.
- Livani B, Belangero WD. Bridging plate osteosynthesis of humeral shaft fractures. *Injury* 2004;35:587-95.
- Klepps S, Auerbach J, Calhoun O, Lin J, Cleeman E, Flattow E. A cadaveric study on the anatomy of the deltoid insertion and its relationship to the deltopectoral approach to the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2004;13:322-7.
- 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.
- Jiang R, Luo CF, Zeng BF, Mei GH. Minimally invasive plating for complex humeral shaft fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007;127:531-5.
- Aksu N, Karaca S, Kara AN, Işıklar ZU. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in diaphyseal humerus and proximal humerus fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2012;46:154-60.
- Apivatthakakul T, Patiyasikan S, Luevitoonvechkit S. Danger zone for locking screw placement in minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of humeral shaft fractures: a cadaveric study. *Injury* 2010;41:169-72.
- Gardner MJ, Griffith MH, Lorich DG. Helical plating of the proximal humerus. *Injury* 2005;36:1197-200.
- Groh GI, Simoni M, Rolla P, Rockwood CA. Loss of the deltoid after shoulder operations: An operative disaster. *J Shoulder Elbow Surg* 1994;3:243-53.
- Sher JS, Iannotti JP, Warner JJ, Groff Y, Williams GR.

Surgical treatment of postoperative deltoid origin disruption. Clin Orthop Relat Res 1997;343:93-8.
24. Stoffel K, Dieter U, Stachowiak G, Gächter A, Kuster

MS. Biomechanical testing of the LCP-how can stability in locked internal fixators be controlled? Injury 2003;34 Suppl 2:B11-9.