



Radius distal uç fizis yaralanması sonrası oluşan deformitenin İlizarov distraksiyon osteogenezi ile düzeltimi

Hakan GÜNDEŞ¹, Levent BULUÇ², Mustafa ŞAHİN¹, Tuğrul ALICI¹

¹Maltepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul;

²Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Kocaeli

Amaç: Çalışmamızın amacı, travma sonrası ihmal edilmiş radius distal uç fizis yaralanmasına bağlı radius kısalığının neden olduğu ileri el bilek eklemi şekil bozukluklarının tedavisinde osteotomi ve İlizarov eksternal fiksator ile germe osteogenezi tedavisinin sonuçlarının incelenmesi idi.

Çalışma planı: Çalışmada hastalar geriye dönük olarak incelendi. Cerrahi uygulama esnasında ortalama yaşı 16 (dağılım: 14-19) olan 4 hasta çalışmaya alındı. Fizis yaralanmasına neden olan travma ile cerrahi arasındaki süre ortalama 8 (dağılım: 4-12) yıl idi. Ortalama takip süresi 83 (dağılım: 40-126) aydı. Hastalar radyolojik ölçümler (kısalık oranı, uzatma oranı, radyoulnar eklem seviyesi eşitlenmesi ve distal radyoulnar eklem uyumu), objektif fonksiyonel ölçümler (kavrama kuvveti, çimdik kuvveti ve eklem hareket açıklığı (*range of motion* [ROM] ölçümleri) ve subjektif fonksiyonel ölçümler (Mayo el bileği derecelendirmesi ve *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* [DASH] anketi) ile değerlendirildiler. Araştırmamızda parametrik test varsayımları yerine getirilmediğinden dolayı non-parametrik test olan Mann-Whitney U testi uygulandı.

Bulgular: Radyolojik ölçüm değerleri cerrahi öncesi ve cerrahi sonrası son kontrolde elde edildi. Radiusun cerrahi öncesi ortalama kısalık oranı %14.6 (dağılım: %9.3-%18.7), ortalama uzatma oranı %15.9 (dağılım: %13.2-%18.3) idi. Bir hastada distal radyoulnar eklem uyumu sağlansa da seviye eşitlenmesi tam olarak sağlanamadı (4 mm ulna pozitif varyans). Objektif fonksiyonel ölçümlerde kavrama kuvveti, çimdik kuvveti, radyal ve ulnar deviyasyonda el bilek ROM'unda cerrahi uygulanmayan taraf ile anlamlı bir fark saptanmadı. Supinasyon ve pronasyon hareket açıklığının ise cerrahi uygulanmayan tarafa göre anlamlı ölçüde etkilendiği gözlemlendi ($p<0.04$). Subjektif ölçümlerde Mayo el bileği skoru ortalama 89 (dağılım: 75-100), ortalama DASH skoru 2.07 (dağılım: 0.0-8.3) olarak saptandı. Mayo el bileği derecelendirmesine göre bir hastada mükemmel, iki hastada iyi, bir hastada ise orta sonuç alındı.

Çıkarımlar: Distal metafizer osteotomi ve İlizarov germe osteogenezi ihmal edilmiş distal radius fizis yaralanmasına bağlı oluşan el bilek eklemi şekil ve fonksiyon bozukluklarının tedavisinde uzun vadede tatminkar sonuçlar vermektedir.

Anahtar sözcükler: Büyüme plağı; distal radius kırığı; distraksiyon osteogenezi; İlizarov tekniği; Salter-Harris kırığı.

Fizis yaralanmaları çocuklarda uzun kemik kırıklarının yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır ve bu yaralanmalar üst ekstremitede iki kat daha fazla oluşur.^[1] Çocuklardaki ön kol kırıklarının %75'i distal radius ve ul-

nanın fizis yaralanmalarını da içeren distal 1/3'ünde olmaktadır.^[2] Salter-Harris Tip 5 kırık, fizisin kompresyon kırığını tanımlamaktadır.^[2] Bu kırıkta, fizisin kırıkta hücreleri zedelenecek kalıcı hasara neden

olur.^[2] Tedavi şekli ne olursa olsun, genellikle büyümede bozulma oluşmaktadır. Travma sonrası radius distal uç fizis yaralanması %1-%7 oranında bildirilmiştir.^[3] Zedelenme sırasında oluşabilecek fizis yaralanmasının derecesini tespit edecek güvenilir bir radyolojik kriter bulunmamaktadır.^[3] Bu kırıklar genellikle büyümede bozulma oluşuktan sonra retrospektif olarak fark edilmektedir.^[2] Radiusun büyümesinin %85'i distal fizisten olduğundan, radius distal uç fizisini içeren yaralanmalar anlamlı oranda kısalık ve deformiteye yol açabilir.^[2,3] İhmal edilmiş vakalarda radius ile ulna arasında ciddi uzunluk farkı oluşabilir. Ulna normal uzunluk ve pozisyonunda kalarak, karpal kemikler ve eli radyal deviasyona zorlar. Deforme edici kuvvetlere rağmen karpal kemikler genellikle radius ile aynı hizada kalmaktadır. Bu şekilde bir deformite, genellikle ağrılı ve fonksiyonel olmayan bir el bileği ve el oluşturmaktadır. Özellikle el bileği ekleminin supinasyon, pronasyon, ulnar deviasyon ve dorsifleksiyon hareketleri kısıtlanır.

Radius ile ulna arasındaki uzunluk farkını tedavi etmek için pek çok cerrahi teknik tanımlanmışsa da, yalnızca travma sonrası fizis yaralanması nedeniyle oluşan ön kol uzunluk farklarının tedavisi ile ilgili yayınlar literatürde az sayıdadır. Bu çalışmada yalnızca travma sonrası fizis yaralanmaları nedeniyle oluşan ön kol uzunluk farklılıklarının tedrici germe ve İizarov eksternal fiksator ile tedavisinin uzun dönemli takip sonuçları retrospektif olarak incelendi.

Hastalar ve yöntem

Travma sonrası ihmal edilmiş radius distal uç fizis yaralanmasının tedavisinde kullanılan distal radyal osteotomi ve germe osteogenezi tekniğinin sonuçları retrospektif olarak değerlendirildi. Kıdemli yazar tarafından 2000-2007 yılları arasında iki ayrı hastanede radyal *club hand* benzeri ciddi el bileği deformitesi olan dört hasta (4 erkek; ortalama yaş: 16, dağılım: 14-19) opere edildi. Hastaların hepsi halen yıllık takip protokolü altındadır. Son takip esnasında hastaların kendilerinden ya da ebeveynlerinden çalışma konu-

sunda onay alındı. Kıdemli yazardan bağımsız olarak iki ayrı hastanede çalışan kıdemsiz iki yazar tarafından standart protokol uygulandı.

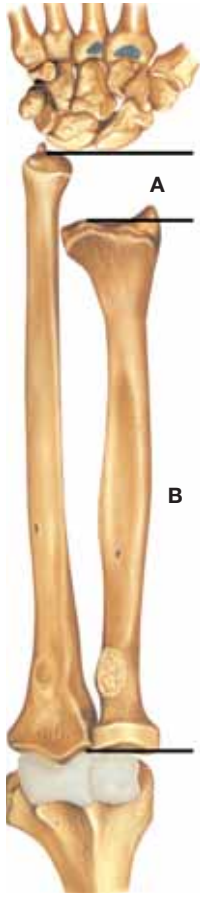
Hastalar kurumumuza başlıca el deformitesi şikayetiyle başvurdular. Diğer ortak şikayetler arasında günlük işleri yapamama, el bilek hareketlerinde kısıtlılık ve supinasyon/pronasyonda ağrı vardı. Hastaların hepsinde açık el üzerine düşme sonrası el bileği ekleminde ağrı ve şişlik hikayesi mevcuttu. İlk yaralanma sırasındaki radyografiler elde edilemedi. Hastaların hepsinde preoperatif radyografilerde radius distal uç fizisinde total destrüksiyon saptandı. İlk radyografilerin olmamasından dolayı sınıflandırma yapmak imkansız olsa da, yaralanma tipi Salter-Harris Tip 5 fizis kırığını andırmaktaydı. Hastaların hepsinde proksimal radyoulnar eklem normaldi. Radiusun uzunlamasına büyümesindeki duraklamadan ötürü hastaların hepsinde radyal *club hand* benzeri deformiteler mevcuttu. Tüm olgularda radius ile ulna arasında belirgin uzunluk farkı vardı. Ulna normal uzunluk ve pozisyonunda kalarak, karpal kemikler ve eli radyal deviasyona zorlamıştı. Deformiteye rağmen, karpal kemikler tüm hastalarda radius ile aynı hizada dizilmişti. Fizis yaralanmasına neden olan travma ile cerrahi arasındaki süre ortalama 8 (dağılım: 4-12) yıl idi. Aynı ekstremitede ek bir kemik ya da yumuşak doku patolojisi bulunmamaktaydı. Ortalama takip süresi 83 (dağılım: 40-126) aydı. Hastalara ait demografik veriler Tablo 1'de verilmiştir.

Radiusun ön koldaki kısalma oranını bulmak için grafilere yararlanıldı. Bu oran radiusun toplam uzunluğu ile uzunluk farkı miktarı (ulna distali ile distal radyokarpal eklem seviyesi arasındaki mesafe) arasındaki oranı tarif etmektedir ($A/B \times 100$) (Şekil 1). Radiusun ön koldaki uzama oranı uzama miktarı ile radiusun güncel toplam uzunluğu arasındaki oranı tarif etmektedir ($B/A \times 100$) (Şekil 2). Hastalara ait radyolojik parametreler ve veriler Tablo 2'de verilmiştir.

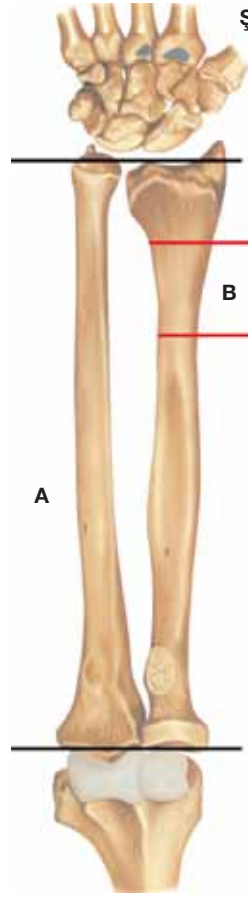
Objektif fonksiyonel ölçümler aktif eklem hareket açıklığı kapasitesini (fleksiyon ve ekstansiyon, ulnar ve radyal deviasyon, ve pronasyon ve supinas-

Tablo 1. Demografik veriler.

Olgu	Cinsiyet	Yaralanma sırasındaki yaş	Kırık sonrası geçen süre (yıl)	Cerrahi sırasındaki yaş	Takip süresi (ay)	Tedavi edilen el dominansı	Fiksator süresi (hafta)	Meslek
1	E	10	4	14	40	Non-dominant	16	Öğrenci
2	E	14	5	19	41	Dominant	20	Asker
3	E	4	10	14	126	Dominant	16	İşçi
4	E	6	12	18	123	Dominant	20	İşçi



Şekil 1. Kısılma yüzdesi. Açıklama için metne bakınız. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki online versiyonunda renkli görülebilir]



Şekil 2. Uzama yüzdesi. Açıklama için metne bakınız. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki online versiyonunda renkli görülebilir]

yon) içermektedir. Ölçümler son takipte opere edilmeyen karşı taraf ekstremité ile kıyaslanarak yapıldı. Kavrama kuvveti, dinamometre (Jamar®; Sammons Preston Rolyan, Bolingbrook, IL, ABD) ve çimdik kuvveti çimdik ölçüm aleti (B&L Engineering, Tustin, CA, ABD) ile opere edilmeyen normal ekstremité ile kıyaslanarak aynı takip sırasında ölçüldü.

Subjektif fonksiyonel ölçümler Mayo el bileği derecelendirmesi ve DASH (*Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand*) skorunu içermektedir. DASH üst ekstremitenin pek çok kas iskelet sistemi bozuk-

luğunda hasta tarafından cevaplanan ve fiziksel fonksiyon ve semptomları ölçen 30 soruluk bir ölçüm yöntemidir. Yöntem, klinisyen ve araştırmacılara üst ekstremitédeki herhangi bir eklemin değerlendirilmesi açısından basit ve güvenilir bir inceleme olanağı sağlamaktadır. Normal ve ameliyatlı tarafların objektif ve subjektif fonksiyonel ölçüm değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tüm hastalar kademli yazar tarafından opere edildiler. Radius distali beş santimetrelik, uzunlamasına

Tablo 2. Radyolojik ve klinik parametreler.

Olgu	Yaş	Yaralanma sırasındaki yaş	Kırık sonrası geçen süre (yıl)	Kısılma yüzdesi	Uzama yüzdesi	DRUE uyumu	Radyoulnar eklem seviyesi	DASH skoru	Mayo el bilek skoru
1	14	10	4	9.3%	13.2%	+	Normal	0.0	100
2	19	14	5	12.9%	17.5%	+	Normal	0.0	90
3	14	4	10	18.7%	18.3%	+	Normal	0.0	90
4	18	6	12	17.6%	14.7%	-	Ulna plus deformitesi (4 mm)	8.3	75

DRUE: Distal radyoulnar eklem

dorsal kesi ile görüntülendi. Ekstansör tendonlar ekarte edildi. Osteotomi seviyesi direkt olarak radius distal eklem seviyesinin sagittal ve horizontal açılanmalarının planlanan osteotomi seviyesi ile karşılaştırılmasıyla saptandı. Osteotomi radiusun metafizel bölgesinden yapıldı. Osteotomi sonrasında önceden kurulmuş İlizarov dairesel fiksatorün iki halkasına ikişer adet tel ile tespit sağlandı. Bir hastada radiusun proksimal ve distal parçalarının daha iyi rotasyonel kontrolünü sağlamak için iki adet uzunlamasına Schanz vidası kullanıldı. Hastalar ertesi gün tel dibi bakımı ve germe mekanizması hakkında bilgilendirildikten sonra taburcu edildi. Hastaların tümünde fiksator, sert kallus oluşuktan sonra çıkarıldı. Fiksatorün ortalama kalış süresi beş (dağılım: 4-6) aydı. Cihazın çıkarılmasından sonra üç hafta boyunca kısa kol alçı kullanıldı. Hastalara herhangi bir rehabilitasyon programı verilmedi. Kişisel egzersizler hakkında bilgilendirilen hastalar, günlük aktivitelerine dönüş hakkında cesaretlendirildiler.

İstatistiksel analiz için non-parametrik Mann-Whitney U testi kullanıldı. $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Olgu 3'e ait resimler Şekil 3'de örneklenmiştir.

Bulgular

Hastaların ortalama takip süresi 83 (dağılım: 40-126) ay idi. Erken ve geç dönemde nörovasküler yaralanma görülmedi. Bir hastada oral antibiyotik ve sık tel dibi bakımı ile düzelen yüzeysel tel dibi enfeksiyonu oluştu. Derin tel dibi enfeksiyonu görülmedi. Hastaların tümü uzatmanın ilk üç haftası içinde rahatsızlık ve ağrı oluştuğunu belirttiler. Germanin erken dönemlerinde, ağırlı zamanlarda uzatmaya bir ile üç gün arasında ara verildi.

Aktif ve pasif eklem hareket açıklıkları (*range of motion, ROM*), kavrama ve çimdik kuvveti gibi ob-

jektif fonksiyonel ölçümler ameliyatlı ve normal taraf için kaydedildi. Mann-Whitney U testine göre, ameliyatlı ve normal taraf arasında kavrama ve çimdik kuvveti, fleksiyon/ekstansiyon ve ulnar/radyal deviasyon hareketleri açısından anlamlı farklılık bulunmadı. Ameliyatlı ve normal taraf arasında pronasyon/supinasyon hareketleri açısından anlamlı farklılık mevcuttu ($p < 0.05$).

Subjektif fonksiyonel ölçümlerde ortalama DASH skoru 2.07 (dağılım: 0.0-8.3) ve ortalama Mayo skoru 89 (dağılım: 75-100) olarak bulundu. Mayo skorlamasına göre bir hastada mükemmel, iki hastada iyi ve bir hastada tatminkar sonuç elde edildi (Tablo 3). Hastaların tamamı halen düzenli olarak çalışmaktadır. Ameliyat edilen el bileklerinde görünüm ve fonksiyonlar açısından subjektif bir şikayet bulunmamaktaydı. Supinasyonda ağrısı olan hasta (Olgu 4) distal radyoulnar eklem için kurtarıcı girişimi reddetmiştir.

Radiusun ortalama kısalık oranı %14.6 (dağılım: %9.3-%18.7) idi. Ortalama uzatma oranı %15.9 (dağılım: %13.2-%18.3) olarak saptandı. Bir hasta dışında tüm hastalarda distal radyoulnar eklem uyumu sağlandı. Bir hasta dışında tüm hastalarda normal distal radyoulnar eklem seviyesi sağlandı. Bir hastada artmış ağrı ve pençeleşmeye eğilim nedeniyle distal radyoulnar eklem dizilimi yeterli değildi (4 mm ulna plus deformitesi).

Radyolojik bulgularla iyi objektif ve subjektif ölçümler arasında (DASH ve Mayo el bilek skorları) uyum mevcuttu. Çalışmadaki hasta sayısının parametrik test yapılmasına izin vermemesi nedeniyle (30 örnekten az), çalışma istatistiksel olarak Mann-Whitney U non-parametrik testi ile değerlendirildi.

Fizisin tahmin edilemeyen destrüksiyonu nedeniyle radyografik olarak normal bir distal radyoulnar eklem elde edilememesine rağmen, hastaların tümünde

Tablo 3. Normal ve opere edilmiş tarafların objektif ve subjektif fonksiyonel ölçümlerinin karşılaştırılması.

Olgu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DASH skoru	Mayo el bilek skoru
1	90	85	7.3	7.1	70°/70°	40°/70°	90°/90°	60°/30°	40°/20°	15°/20°	0.0	100
2	130	110	9.4	9.2	80°/70°	60°/60°	90°/90°	60°/70°	40°/20°	25°/20°	0.0	90
3	140	80	9.2	8.2	90/80	80°/70°	90°/90°	90°/90°	30°/20°	30°/20°	0.0	90
4	125	90	9.5	9.1	80/80	70°/40°	90°/90°	60°/30°	30°/20°	30°/20°	8.3	75

1. Kavrama kuvveti (normal taraf), 2. Kavrama kuvveti (opere taraf), 3. Çimdik kuvveti (normal taraf), 4. Çimdik kuvveti (opere taraf), 5. Fleksiyon/ekstansiyon (normal taraf), 6. Fleksiyon/ekstansiyon (opere taraf), 7. Supinasyon/pronasyon (normal taraf), 8. Supinasyon/pronasyon (opere taraf), 9. Ulnar/radyal deviasyon (normal taraf), 10. Ulnar/radyal deviasyon (opere taraf)

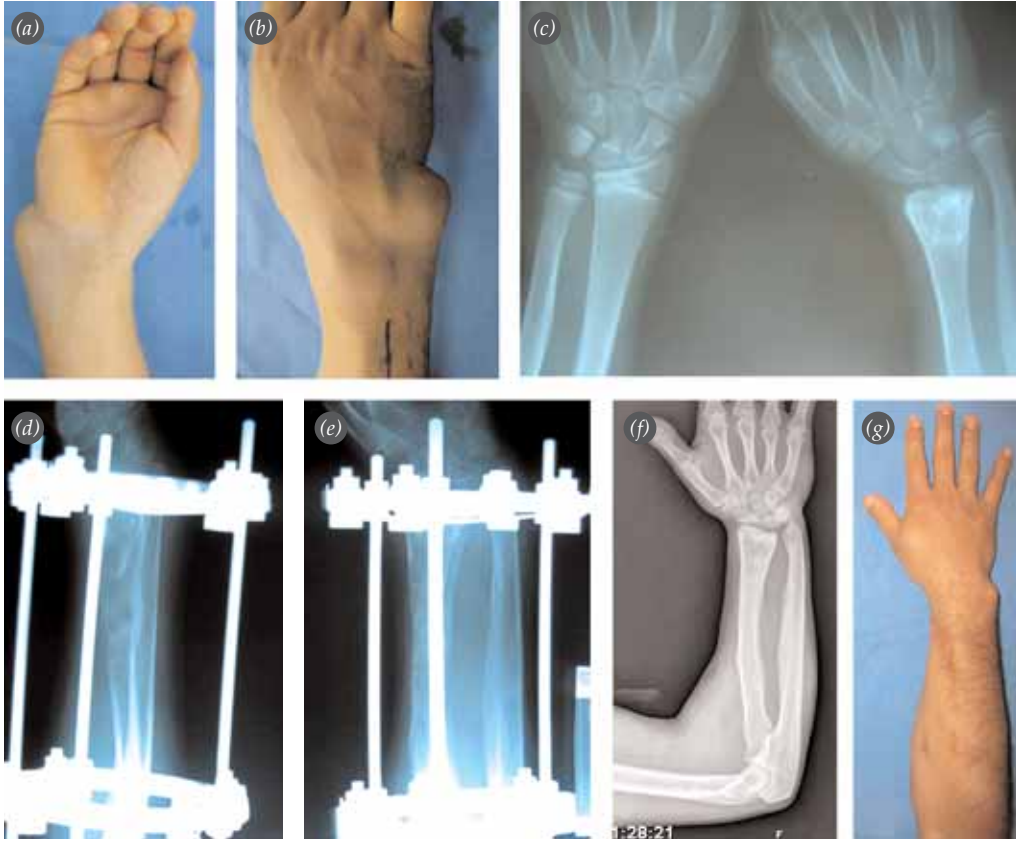


Fig. 3. (a, b) 10 yıl önce olası Salter-Harris Tip 5 distal radius kırığı geçiren 14 yaşında hasta. Belirgin radyal deviasyona ve ulna distaline dikkat edin. Yaralanmadan sonra geçen süre uzun olduğu için deformite dramatik. (c) Distal ulna ve fizisi normal dizilim ve görünümde. Distal fizis tamamen komprese olmuş. %19 oranında kısalık mevcut. Anormal biyomekaniğe rağmen karpal kemikler ile distal radius dizilimi iyi. (d, e) 4 ay sonra osteotomi sahasında görülür bir kallus konsolidasyonu mevcuttu. Distal radyoulnar eklem dizilimi iyi. Radius açık olan fizise rağmen toplam kısalık kadar uzatıldı (%18). Ağrı ve pençeleşme eğilimine bağlı kısıtlılıklar mevcuttu. (f, g) Son takipte (cerrahi sonrası 126. ay) distal radyoulnar eklem dizilimi iyi görünüyor. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki online versiyonunda renkli görülebilir]

minimal ağrı ile beraber fonksiyonel ve estetik bir elde edildi.

Tartışma

Fizis ve epifizi içeren bir yaralanma büyümede duraklamaya ve açısal deformite oluşumuna neden olabilir. Bir kemiğin uzunlamasına büyümesindeki etkilenme, fizis yaralanması sırasındaki hastanın yaşına, fizis tarafından absorbe edilen enerji miktarına ve fizisin uzunlamasına büyümeye olan olası potansiyel etkisine bağlıdır.^[1,2] Fizis yaralanmaları için en sık kullanılan sınıflandırma Salter ve Harris tarafından tarif edilmiştir.^[4] Sınıflandırma, kırığın radyolojik görünümüne dayanmaktadır. Salter-Harris Tip 1 ve 2 kırıklar sık olarak görülürken, Tip 3 ve 4 kırıklar nadirdir. Salter-Harris Tip 5 kırık fizisin kom-

presyon kırığıdır. Bu kırıkta, fizisin kırıkta hücreleri ezilerek kalıcı hasar oluştururlar.^[4] Tip 5 yaralanmalarında tedavi şekli ne olursa olsun, genellikle büyüme bozuklukları oluşur.^[2]

Çocuklarda fizis yaralanmaları uzun kemik kırıklarının %30'unda görülür.^[1,2] Fizis yaralanmaları, üst ekstremitelerde alt ekstremitelerden iki kat daha fazla oluşmaktadır.^[1,2] Çocuklardaki ön kol kırıklarının %75'i ön kolun distal 1/3'ünde olmaktadır.^[2] Tek ya da çift kemik kırığı yanında distal radius ve ulnada fizyel kırıklar da oluşabilir.^[2] Travma sonrası distal radiusta fizis yaralanması görülme sıklığı %1 ila %7 arasında bildirilmiştir.^[3] Yaralanma esnasında oluşabilecek fizis hasarının derecesini tespit edecek güvenilir bir radyolojik kriter bulunmadığından, bu kırıklar, büyüme geriliği olunca retrospektif olarak teşhis

edilmektedir.^[2,3] Ulna ve radiusun uzamasının yaklaşık %85'i distal fizisten olmaktadır.^[5] Bu nedenle Salter-Harris Tip 5 kırık sonrası oluşan fizis yaralanmasında, ulna uzunlamasına olarak büyümeye devam ettiği için üst ekstremitede ciddi kısalık ve multiplanar deformiteye yol açabilir.^[3]

Üst ekstremitede fizis yaralanması sonrası oluşan uzunluk farkının alt ekstremitedeki kadar fonksiyonu etkilemediği ve genellikle iyi tolere edildiği bildirilmektedir.^[2] Bu durum distal radyal fizis yaralanmaları için geçerli değildir; çünkü supinasyon ve pronasyon olabilmesi için, birbirlerine paralel durumda mükemmel bir biyomekanik ortam oluşturmuş iki kemik gereklidir. Ön kolunda bir santimetreden fazla kemik kısalığı olan hastaların semptomatik olduğu belirtilmektedir.^[3,6,7] Ring ve ark. tarafından "travma sonrası radyal *club hand*" terimi, distal radius travmaları sonrasında oluşan ciddi radyal deviasyon deformitesi ve el ve el bileği eklemlerinin fonksiyonel etkilenmesinin radyal *club hand* deformitesi ne benzerliği dolayısıyla tarif edilmiştir.^[6]

Radius ve ulna arasındaki uzunluk farkının tedavi edilmesi ile ilgili kemik greftleri ile boşlukların hemen doldurulması, tek planlı veya dairesel germe cihazları kullanılarak yapılan osteotomi ve osteotomisz (epifizyoliz yardımcı) uzatmalar gibi pek çok cerrahi teknik tarif edilmiştir.^[3,8-11] Literatürde radyal kısalığın tedavi edildiği tümör, konjenital deformiteler ve travma sonrası defektleri içeren karışık seriler mevcuttur.^[12] Pediatrik popülasyonda yalnızca travma sonrası fizis yaralanması neticesinde oluşan ön kol uzunluk farklılıklarının tedrici germe ve İlizarov eksternal fiksatorle tedavisi ile ilgili sınırlı sayıda yayın bulunmaktadır. Bu, çok nadir görülen bir problem olduğu için bu yayında yalnızca dört hasta bildirilmiştir.^[3]

Çalışmamızın zayıf yönü, az sayıda hasta ve tedavi yöntemlerinin prospektif olarak değerlendirilebilmesi için preoperatif ölçüm değerlerinin olmamasıdır. Bununla birlikte, nadir görülen bir problem olduğundan, tek planlı ve dairesel eksternal fiksator kullanılarak yapılan osteotomi sonuçlarının prospektif olarak değerlendirilmesi zordur.

Sonuç olarak, distal metafizer osteotomi ve İlizarov germe osteogenezi, ihmal edilmiş distal radius fizis yaralanmalarında kullanılabilir bir yöntemdir.

Tekniğin en önemli avantajı, kemik greftine gerek kalmadan çoklu planda deformitenin düzeltilebilmesidir. Fizisteki hasarın derecesi tespit edilemediğinden, radyolojik olarak normal bir distal radyoulnar eklem elde edilememesine rağmen, germe osteogenezi ile deformitede kabul edilebilir düzelme, minimal ağrı ile beraber fonksiyonel ve estetik bir el bileği sağlanabilmektedir.

Çıkar Örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Mann DC, Rajmaira S. Distribution of physeal and non-physeal fractures in 2,650 long-bone fractures in children aged 0-16 years. *J Pediatr Orthop* 1990;10:713-6.
2. Canale ST. Fractures and dislocations in children. In: Canale ST, Beaty JH, editors. *Campbell's operative orthopaedics*. Vol 2, Eleventh ed. Philadelphia: Mosby Inc.; 2008. p. 1533-36.
3. Page WT, Szabo RM. Distraction osteogenesis for correction of distal radius deformity after physeal arrest. *J Hand Surg Am* 2009;34:617-26.
4. Salter RB, Harris WR. Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg Am* 1963;45:587-622.
5. Pritchett JW. Growth plate activity in the upper extremity. *Clin Orthop Relat Res* 1991;(268):235.
6. Ring D, Prommersberger K, Jupiter JB. Posttraumatic radial club hand. *J Surg Orthop Adv* 2004;13:161-5.
7. Cannata G, De Maio F, Mancini F, Ippolito E. Physeal fractures of the distal radius and ulna: long-term prognosis. *J Orthop Trauma* 2003;17:172-80.
8. Sen RK, Kumar SR, Aggarwal S, Nagi ON. The use of iliac crest strut graft for forearm nonunion gaps in 10 patients: Nicoll's technique revisited. *Eklemler Hastalıkları* 2005;16:36-41.
9. Ok IY, Kim SJ. Remodelling of the distal radius after epiphysiolysis and lengthening. *J Bone Joint Surg Br* 2007; 89:396-7.
10. Boykin RE, Baskies MA, Harrod CC, Jupiter JB. Intraoperative distraction in the upper extremity. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2009;13:75-81.
11. Arslan H, Subasi M, Kesemenli C, Kapukaya A, Necmioglu S. Distraction osteotomy for malunion of the distal end of the radius with radial shortening. *Acta Orthop Belg* 2003;69:23-8.
12. Bagatur AE, Doğan A, Zorer G. Correction of deformities and length discrepancies of the forearm in children by distraction osteogenesis. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 2002; 36:111-6.