



Doğuştan metakarp ve metatars kısalıklarının kallus distraksiyonu yöntemi ile uzatılması

Bone lengthening of congenitally short metacarpus and metatarsus by the callus distraction technique

Cengiz ŞEN,¹ Mehmet KOCAOĞLU,² Levent ERALP,² Murat ÇINAR²

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı;

²İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Amaç: Doğuştan metakarp ve metatars kısalıklarında uyguladığımız kallus distraksiyonu ile elde edilen sonuçlar değerlendirildi.

Çalışma planı: Doğuştan dördüncü metakarp ve metatars kısalığı olan beş hastada (4 kız, 1 erkek; ort. yaş 15; dağılım 10-21) kallus distraksiyonu yöntemi ile yedi metakarp ve dört metatars uzatıldı. Kallus distraksiyonu, mini-Orthofix ve Ilizarov tipi semisirküler eksternal fiksator kullanılarak yapıldı. Her iki fiksatörde de uzatma hızı 0.25x2 mm/gün olarak uygulandı. Ortalama takip süresi 23 ay (dağılım 12-38 ay) idi.

Sonuçlar: Ortalama uzatma miktarları metakarpda 20 mm (dağılım 15-25 mm), metatarsta 25 mm (20-30 mm) olarak saptandı. İyileşme indeksi metakarp uzatma için 1.4 ay/cm, metatars uzatma için 1.8 ay/cm bulundu. Hiçbir hastada nörovasküler yaralanmaya rastlanmadı. Kaynama elde etmek için bir hastada otojen fibula grefti kullanıldı. Üç hastada çivi dibi enfeksiyonu görüldü. Komplikeasyon oranı %36 bulundu.

Çıkarımlar: Kallus distraksiyonu, birçok kemiğin yanı sıra metakarp ve metatars gibi kısa kemiklerin uzatılmasında da etkili ve güvenilir bir yöntemdir. Ayrıca, osteotomi sırasında periostun korunması tedavi süresini kısaltmaktadır.

Anahtar sözcükler: Kemik uzatma/yöntem; çocuk; eksternal fiksatorler; Ilizarov tekniği; metakarpus/anormallik/cerrahi/radyografi; metatarsus/anormallik/cerrahi/radyografi; osteotomi/yöntem.

Objectives: We evaluated the results of lengthening of congenitally short metacarpus and metatarsus by the callus distraction technique.

Methods: We treated congenitally short metacarpus (n=7) and metatarsus (n=4) of five patients (4 females, 1 male; mean age 15 years; range 10 to 21 years) by callotaxis. Callus distraction was performed with the use of mini-Orthofix or Ilizarov type semicircular external fixators. The distraction rate was 0.25x2 mm/day for both types. The mean follow-up period was 23 months (range 12 to 33 months).

Results: The mean metacarpal and metatarsal lengthenings were 20 mm (range 15 to 25 mm) and 25 mm (range 20 to 30 mm), respectively. The mean healing index was 1.4 months/cm for metacarpal lengthening, and 1.8 months/cm for metatarsal lengthening. No neurovascular complications were encountered. One patient required autogenous fibular grafting for union. Pin tract infections were found in three patients. The overall complication rate was 36%.

Conclusion: Callotaxis is an effective and reliable method for lengthening of short metacarpal and metatarsal bones. In addition, it preserves the periosteal bone tissues, which has a favorable effect on the duration of treatment.

Key words: Bone lengthening/methods; child; external fixators; Ilizarov technique; metacarpus/abnormalities/surgery/radiography; metatarsus/abnormalities/surgery/radiography; osteotomy/methods.

Doğuştan metakarp ve metatars kısalığının görülme sıklığı 1/1000'den azdır.^[1] Urano ve Koba-

yashi'nin^[2] çalışmasında, tek başına kısa metatars görülme sıklığı %0.022 oranında bulunmuştur. Kı-

Yazışma adresi: Dr. Cengiz Şen. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, 60100 Tokat.

Tel: 0356 - 212 17 46 Faks: 0356 - 213 31 79 e-posta: senc64@yahoo.com

Başvuru tarihi: 12.02.2002 **Kabul tarihi:** 27.08.2002

sa metatars, kadınlarda erkeklere göre 25 kat daha fazla görülür ve iki taraflı görülme oranı %72'dir.^[1,2] En sık tutulan kemikler dördüncü metakarp ve metatarstır. Patolojik nedeni tam olarak bilinmemekle beraber epifiz plağının erken kapanması olarak kabul edilir.^[1-25] Metakarp uzatma tekniği, ilk olarak Mansoor^[22] tarafından olgu sunumu olarak bildirilmiş; ardından Matev^[23] çok sayıda olgu üzerinde deneyimlerini aktarmıştır. Metatarsal uzatmalar için uygulanacak teknik ilk olarak McGlamery ve Cooper tarafından akut uzatma ve kemik grefti uygulaması olarak tanımlanmış;^[1] daha sonra Urano ve Kobayashi tarafından modifiye edilmiş,^[2] ardından çeşitli uygulamalar bildirilmiştir.^[3-15,24,25]

Bu çalışmada, distraksiyon osteogenezi yöntemiyle uzatılmış doğuştan kısa metakarp ve metatars olgularının sonuçları değerlendirildi.

Hastalar ve yöntem

Ekim 1998-Aralık 2000 tarihleri arasında, doğuştan kısalığı olan beş hastanın (4 kız, 1 erkek;

ort. yaş 15; dağılım 10-21) yedi metakarp ve dört metatarsı için kallus distraksiyonu yöntemi ile uzatma yapıldı. Hiçbir hastanın aile öyküsünde metakarp veya metatars kısalığına rastlanmadı. Kallus distraksiyonu yöntemi üç metakarp ve iki metatars için Ilizarov tipi semisirküler eksternal fiksator, dört metakarp ve iki metatars için mini-Orthofix tipi eksternal fiksator kullanılarak uygulandı. Bütün hastaların dördüncü metakarp ve metatarsları uzatıldı. (Şekil 1a-d). Ameliyat endikasyonu, metatars kısalığı olan hastalarda metatarsalji, kısa parmağın dorsale kayması (cock-up deformitesi) ve buna bağlı olarak ayakkabı giymede zorluk ve kötü kozmetik görünüm; metakarp kısalığı olan hastalarda ise kötü kozmetik görünüm ve dominant elin kullanımı sırasında yorulma şikayeti olarak belirlendi.

Teknik

Orthofix ile yapılan uzatmalar için mini-Orthofix (Mini-DAF; Orthofix srl, Verona, İtalya) kullanıldı. İkişer adet 3 mm'lik "self tapping" vidası proksimal segmente ve distal segmente, metakarp veya meta-



Şekil 1. İki taraflı dördüncü metakarp kısalığı olan hastada sol elin (a, b) ameliyat öncesi ve (c, d) sonrası klinik ve fonksiyonel görünümü.

tarsın uzun eksenini boyunca ve dorsal yüze gelecek şekilde yerleştirildi; ardından, klemplerle ana fiksatorye tespit edildi.

Ilizarov ile yapılan uzatmalar için semisirküler Ilizarov (Evrenler, Türkiye) kullanıldı. Üç milimetrelilik "self tapping" vidalar yarım halkanın al-



Şekil 2. Aynı hastaya ait (a) ameliyat öncesi, (b) Orthofix uygulaması sırasındaki ve (c) ameliyat sonrası radyografik görüntüler.

tından ve üstünden, birbirlerine 60-90 derecelik açıyla, metakarp veya metatarsın uzun eksenine dik olacak şekilde üst ve alt segmente yerleştirildi; sonra, vidalar özel tutucularla yarım halkaya tespit edildi.

Her iki teknikte de osteotomi, alt ve üst segmentler arasından 1 cm'lik dorsal insizyonla, ekstansör tendon eksplorasyonunun ardından perkütan drilleme-osteotomi tekniğiyle yapıldı. Osteotominin tam olduğu skopi ile doğrulandıktan sonra, üst ve alt segmentleri tutan vidalar eksternal fiksatorye tespit edildi.

Ameliyat sonrası bakım

Her iki eksternal fiksatorye ve kemik için uzatma hızı 0.25x2 mm/gün olarak düzenlendi. Uzatmaya osteotomiden bir hafta sonra başlandı. Metakarp uzatma miktarını Aydınlioğlu ve ark.^[26] tarafından bildirilen formüle göre belirledik (1. metakarp uzunluğu=0.67x2. metakarp uzunluğu=0.71x3. metakarp uzunluğu=0.78x4. metakarp uzunluğu=0.84x5. metakarp uzunluğu). Metatars uzatma miktarını Lelivre tarafından bildirilen matematiksel formül ile saptadık (1=2>3>4>5) (Şekil 2a-c).^[3] Metatars uzatma yapılan hastalarda ameliyat sonrası ikinci günde koltuk değneği yardımıyla ve topuklara basarak kısmi yüklenmeye izin verildi. Tam yük verilmesine ise bir ay sonra sadece topuk destekli botla izin verildi. Bu özel yapım bot fiksatorye çıkarılana kadar kullanıldı. Fiksatorye çıkarıldıktan sonra alçı yapılmadan tam yükte izin verildi. Ortalama takip süresi 23 ay (dağılım 12-38 ay) idi.

Sonuçlar

Olguların değerlendirme ölçütleri ve fonksiyonel sonuçları Tablo 1'de, radyolojik sonuçlar ise Tablo 2'de gösterildi.

Fonksiyonel sonuçlar değerlendirildiğinde, hastaların hepsi ameliyat sonrasında kozmetik görünümünden ve günlük etkinliklerinden memnun olduklarını bildirdiler. Metakarpofalangeal ve metatarsfalangeal eklem hareketlerinin ameliyat öncesine göre %50'den fazla azalması, eklem sertliği olarak kabul edildi. Bu anlamda hiçbir hastada eklem sertliğine rastlanmadı (Tablo 1).

Uzatılan segmentlerin biri dışında hepsinde kaynama olduğu gözlemlendi. Ortalama uzatma miktarları metakarpalarda 20 mm (dağılım 15-25 mm), metatarslarda 25 mm (dağılım 20-30 mm) bulun-

Tablo 1. Hastaların ameliyat sonrası fonksiyonel durumu

No	Yaş	Uzatılan segment	Günlük aktivite	Kozmetik görünüm	MKP/MTP hareketi ameliyat sonrası (%)	Hasta memnuniyeti
1	21	Metatars (Sol)	İyi	Mükemmel	80	Tam
		Metakarp (Sağ)	Tam	İyi	80	İyi
		Metakarp (Sol)	Tam	Mükemmel	100	Tam
2	15	Metatars (Sol)	İyi	Mükemmel	90	Tam
3	14	Metakarp (Sağ)	Tam	Mükemmel	100	Tam
		Metakarp (Sol)	Tam	Mükemmel	90	Tam
4	10	Metakarp (Sağ)	Tam	Mükemmel	100	Tam
		Metakarp (Sol)	Tam	İyi	90	Tam
5	15	Metakarp (Sağ)	Tam	Mükemmel	100	Tam
		Metatars (Sağ)	Tam	İyi	80	İyi
		Metatars (Sol)	Tam	Mükemmel	90	Tam

MKP: Metakarpofalangeal eklem; MTP: Metatarsfalangeal eklem.

du. Metakarp için orijinal kemik boyunun ortalama %37'si, metatars için ise ortalama %38'i kadar segment uzatıldı (Şekil 3a-c). Ortalama iyileşme süresinin metakarp için 2.7 ay (dağılım 2-3.1 ay), metatars için 4.4 ay (dağılım 3.3-7 ay) olduğu gözlemlendi. Buna göre, iyileşme indeksi metakarp uzatma için ortalama 1.4 ay/cm (dağılım 1.2-1.6 ay/cm), metatars uzatma için ortalama 1.8 ay/cm (1.4-3.2 ay/cm) olarak belirlendi. Ortalama eksternal fiksator süresinin metakarp için 2.8 ay (dağılım 2.1-3.5 ay), metatars için 4.6 ay (dağılım 3.5-7 ay) olduğu görüldü (Tablo 2).

Metatars uzatma yapılan hastaların birinde (olgu no 2) 5 derecelik plantar açılanma oldu. Ancak, has-

tanın yürüme ve günlük etkinlikleri sırasında şikayeti olmadığı için açılanma düzeltilmedi. Metakarp uzatma yapılan başka bir hastada (olgu no 1) 8 derecelik voler açılanma gözlemlendi. Bu hastanın parmak fonksiyonlarından, özellikle kavramaya ilişkin şikayeti olmadığı için herhangi bir müdahale yapılmadı. Takip süresince hiçbir hastada yeniden kırık, MTP ve metakarpofalangeal eklemlerde subluksasyon/dislokasyon, dejeneratif değişiklikler ve nörovasküler yaralanmaya rastlanmadı.

Komplikasyon

Metatars uzatma yapılan bir hastada (olgu no 2) ameliyattan sonra dört ay beklenmesine rağmen, rejenerat konsolidasyonu gözlemlenmedi. Bu hastada kay-

Tablo 2. Hastaların ameliyat sonrası radyolojik durumu

No	Kullanılan fiksator	Yaş	Uzatılan segment	Uzatma miktarı (mm)	Uzatılan kemik (%)	İyileşme süresi (ay)	İyileşme indeksi (ay/cm)	Fiksator süresi (ay)
1	Orthofix	21	Metatars (Sol)	26	38	3.8	1.5	4
	Orthofix		Metakarp (Sağ)	15	35	2	1.3	2.1
	Orthofix		Metakarp (Sol)	20	40	3.1	1.6	3.5
2	Orthofix	15	Metatars (Sol)	22	39	7	3.2	7
3	Orthofix	14	Metakarp (Sağ)	15	34	2	1.3	2.2
	Ilizarov		Metakarp (Sol)	25	40	3	1.2	3.2
4	Orthofix	10	Metakarp (Sağ)	25	37	3	1.2	3
	Ilizarov		Metakarp (Sol)	20	34	2.5	1.3	2.7
5	Ilizarov	15	Metakarp (Sağ)	20	40	2.9	1.5	3
	Ilizarov		Metatars (Sağ)	28	36	3.8	1.4	4
	Ilizarov		Metatars (Sol)	24	40	3.3	1.4	3.5

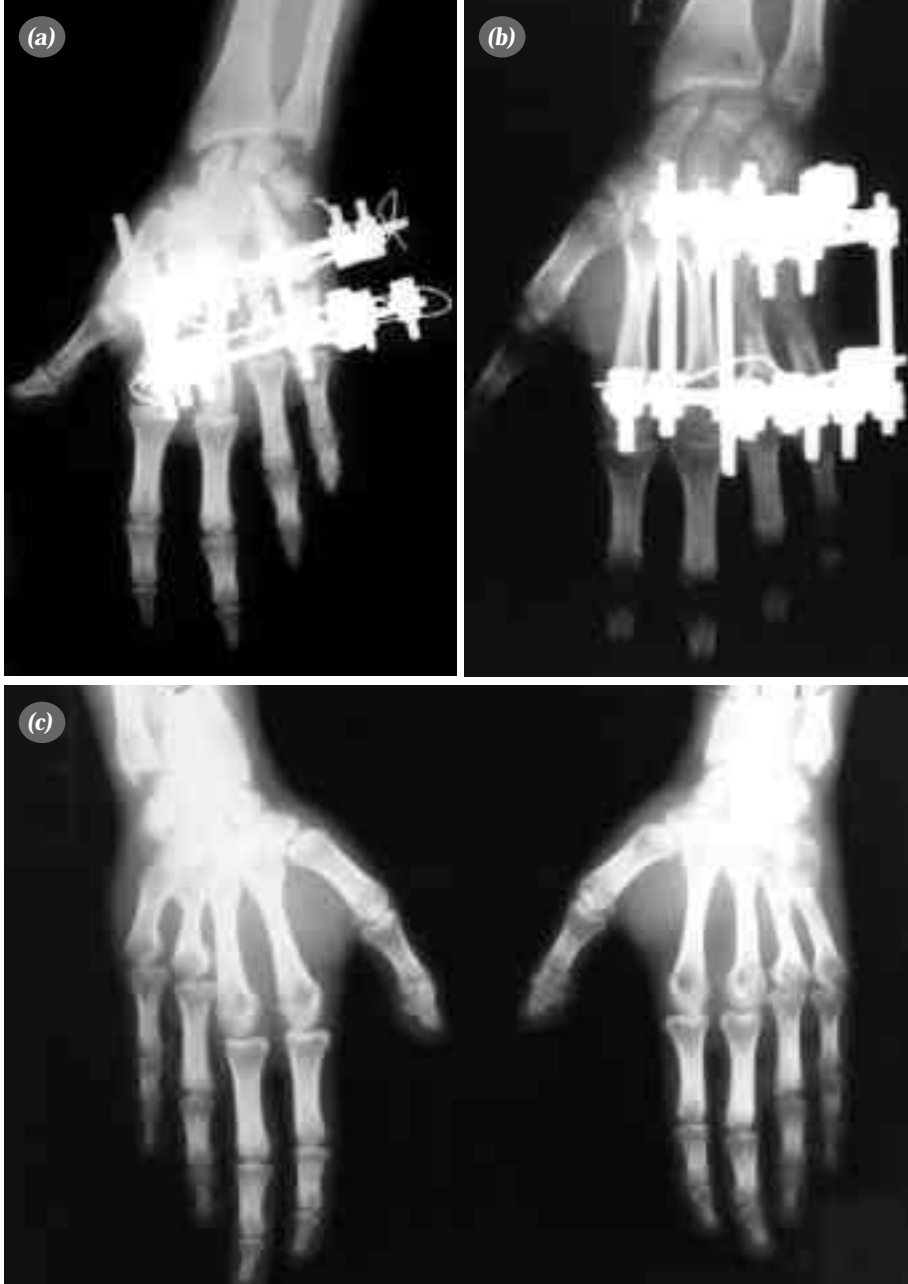
nama, otojen fibula grefti ile ogmentasyondan üç ay sonra gerçekleşti. Bunun dışında üç hastada lokal bakım ve antibiyoterapi ile düzelen çivi yolu enfeksiyonu saptandı.

Tartışma

Metakarp ve metatars kısalıkları doğuştan tek başına, geniş bir sendrom grubuyla birlikte veya travmatik olarak Freiberg hastalığı sonrasında veya tıbbi hatalar gibi nedenlere bağlı olarak görülür.^[1] Do-

ğuştan tek başına görülme sıklığı %0.02-0.05'dir.^[1,2] Olgularımızda da başka bir deformiteye rastlanmadı. Bu tür olgularda patolojinin nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, deformitenin genellikle epifiz plâğının erken kapanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.^[1-25] Çalışmamızdaki hastaların hiçbirinde travma öyküsü de yoktu.

Bu deformitenin iki taraflı görülme sıklığı oldukça yüksektir ve genellikle dördüncü sıra tutul-



Şekil 3. Sol elde 4. ve 5. metakarp kısalığı olan hastanın (a, b) Ilizarov ile uzatma sırasında ve (c, d) fiksator çıkarıldıktan sonraki radyolojik görünümü.

maktadır.^[1-25] Çalışmamız az sayıda olguyu kapsamakla birlikte, kız/erkek oranı (4:1), dört hastada iki taraflı tutulum olması ve yine dört hastada dördüncü sıranın tutulması açısından bulgularımız literatür verileriyle uyumlu bulundu.

Dördüncü metakarp ve metatarsın doğuştan kısa olduğu hastalarda ameliyat endikasyonu için standart ölçütler yoktur. Ayrıca, iki taraflı olgularda uzatma miktarının belirlenmesi sorun olmaktadır. Bu anlamda, metatars uzatma için Lelièvre,^[3] metakarp uzatma için Aydınlioğlu ve ark.^[26] tarafından bildirilen formüller kesin ölçütler olarak göze çarpmaktadır. Çalışmamızda, gerek ameliyat endikasyonu koyarken, gerekse metatars ve metakarp uzatma miktarını belirlerken bu formülleri kullandık.

Metatars kısalığı olan bazı hastalarda kısa metatarsın plantar yönde açılanması nedeniyle ağrı ve baskı ülserleri, dorsal yönde açıldığında (cock-up deformitesi) ayakkabı vurma ve ayakkabı giyme güçlüğü, her iki durumda da koşma ve sportif etkinliklerde güçlük gibi bazı fonksiyonel şikayetler ön planda olabilmektedir.^[1] Çalışmamızda, iki kız hastada metatarsalji bulunmakla birlikte beğenilmeyen kozmetik görünüm ön planda idi. İki taraflı metatars ve tek taraflı metakarp kısalığı olan erkek hastada (olgu no 5) ise, kozmetik görünüm sorun olmakla beraber cock-up deformitesi nedeniyle ayakkabı giyme güçlüğü daha öncelikli idi. Metakarp kısalığı olan hastalarda başlıca sorun, beğenilmeyen kozmetik görünümdü.

Doğuştan metakarp ve metatars kısalıklarının tedavisi için pekçok teknik tanımlanmakla birlikte en çok, akut uzatma sonrası kemik uçları arasına kemik grefti konması ve distraksiyon osteogenezi adıyla da bilinen kallotazis yöntemi kullanılmaktadır.^[1-25] İlk olarak 1969'da McGlamery ve Cooper tarafından akut uzatma sonrası kalkaneustan alınan otogrefti araya koyma yöntemi tanımlanmıştır.^[1] Doğuştan metakarp kısalığı için tek aşamada uzatma yöntemi, ilk olarak Mansoor tarafından bir olgu sunumunda bildirilmiş; ardından Matev^[23] konuyla ilgili çalışmasını yayınlamıştır. Bu yöntemin avantajları, ameliyat sırasında uzatmanın tamamlanmış olması, kaynama süresinin görece kısa olması ve daha az skar dokusu oluşmasıdır.^[1,5,9,11-14] Buna karşın, uzatılan miktarın görece kısa olması, kemik

greftin alındığı yerde morbidite, akut uzatmadan dolayı nörovasküler hasar riski, birden fazla uzatma gerektiğinde greft bulma sorunu, geç yük verme, ameliyat sonrası alçılamağa bağlı hareket kaybı ve geçici de olsa MP eklem tespitine bağlı dejeneratif değişiklik meydana gelme olasılığı bu yöntemin önemli sakıncalarıdır.^[1,3,6,10,14-16]

Metakarp ve metatars uzatmalarında distraksiyon osteogenezi olarak da bilinen kallotazis yöntemi, günümüzde daha fazla tercih edilmekte ve pek çok cerrah tarafından uygulanmaktadır.^[1,3,4,6-8,14-21,24,25] Yöntemin önemli üstünlükleri olarak daha fazla uzatma elde edilebilmesi, kemik grefte gereksinim duyulmaması, donör saha morbiditesinin olmaması, birden fazla kemiğe uygulanabilmesi, erken yüklenmeye izin vermesi, nörovasküler komplikasyonun daha az olması ve gerek yumuşak dokuların tedrici uzatmaya daha iyi uyum sağlaması, gerekse alçılı tespit gerektirmemesi nedeniyle eklem hareket kaybının görece daha az görülmesi sayılabilir.^[1,3,6,10,14-16] Bunun yanında konsolidasyon zamanının daha uzun olması, çivi dibi enfeksiyonunun sık görülmesi, MP eklemdede önemli derecede hareket kaybı ve eklem sertliği, MP eklemdede subluksasyon/dislokasyon, açılanma kusuru, geç kaynama ya da psödoartroz gelişimi, yöntemin sakıncaları olarak bildirilmiştir.^[1,4,5,14] İki yöntemin karşılaştırıldığı bir çalışmada, fonksiyonel sonuç ve uzunluk elde etme yönünden çok önemli bir fark olmadığı; ancak kallotazis yönteminde konsolidasyon zamanının kesinlikle uzun olduğu belirtilmiştir.^[14] Bu durumda hangi tekniğin tercih edilmesi gerektiği cerrahın deneyimine bağlıdır.

Elde etmeyi hedeflediğimiz uzunluk miktarının (metakarp için ortalama 20 mm, metatars için ortalama 25 mm) tek aşamada uzatma için büyük olması ve uygulamadaki deneyimimiz nedeniyle kallotazis yöntemini tercih ettik. Literatürde 1 cm'den daha fazla uzatma gereken olgularda kallotazis yönteminin uygulanması önerilmiştir.^[1] Bu nedenle, hastalarımızda elde edilen uzatma miktarı düşünüldüğünde, kallotazis yönteminin görece daha uygun olduğu görülmektedir.

Kallotazis yönteminde konsolidasyon süresinin uzun olduğu düşüncesine katılmıyoruz. Choi ve ark.^[14] kallotazis grubu için konsolidasyon süresini 2.7 ay/cm, tek aşamada uzatma grubu için 1.5 ay/cm

olarak bildirmişlerdir. Başka çalışmalarda konsolidasyon süresi 1.7 ay/cm ve 2.7 ay/cm olarak bildirilmiştir.^[3,4] Bu çalışmalarda dikkati çeken nokta, tekniğin uygulanması sırasında periostun sıyrılması ve buna bağlı zedelenme olasılığıdır. Ilizarov'un distaksiyon osteogenezi tekniğiyle iyi kalitede ve kısa sürede kallus elde etmek için periostun mutlaka korunması gerektiği vurgulanmıştır.^[27,28] Çalışmamızda osteotomide perkütan drilleme-osteotomi tekniğini uyguladığımız için periost korunmuş oldu. Bu nedenle diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, iyileşme indeksinin hem metakarp (1.4 ay/cm) hem de metatars (1.8 ay/cm) için daha düşük olduğu görülmektedir. İyileşme indeksinin metatars uzatmalarda biraz yüksek olması, kaynama sorunu olan hastalarda tedavi süresinin oldukça uzun olmasına bağlıdır. Osteotomi sırasında periostun korunmasının, iyileşme indeksinin düşük olmasında en önemli faktör olduğuna inanıyoruz.

Kallotazis yönteminin uygulandığı çalışmalarda, uzatılan segmentte açılanma kusuru, MP eklemlerde hareket açıklığının azalması, MP eklemin subluksasyon veya dislokasyonu, MP eklemlerde dejenerasyon ve psödoartroz gibi önemli komplikasyonlarla karşılaştığı görülmektedir. Bu komplikasyonlardan sakınmak için, uzatılan segmentin orijinal kemiğe oranının %40'dan fazla olmaması, günlük uzatma ritminin 0.5 mm'yi aşmaması ve MP eklemin geçici olarak tespiti önerilmektedir.^[11,3,4,6,14-16] Çalışmamızda gerek uzatılan segmentin orijinal kemiğe oranının %40'ın altında olması, gerekse günlük uzatma ritminin 0.25x2 olarak düzenlenmesi nedeniyle yukarıda bildirilen komplikasyonlarla karşılaşmadık. Yalnızca iki olguda (olgu no 1 ve 2) görülen açılanma kusurunun mini-Orthofix uygulamasında meydana gelmesi dikkat çekicidir. Vidaların, semisirküler eksternal fiksator kullanılarak distal fragmana 60-90 derece açıyla gönderilmesinin stabiliteyi artıracığı; bu nedenle açılanmanın olmayacağı ve MP eklemlerle ilgili komplikasyonların önleneyeceği düşüncesindeyiz.

Ilizarov ilkelerine uygun olarak periostun korunması halinde ve semisirküler bir eksternal fiksatorla stabil bir tespit yapılması durumunda, kallotazis yöntemi pekçok kemikte olduğu gibi, doğuştan kısa dördüncü metakarp ve metatarsın uzatılmasında da başarılı, güvenli ve komplikasyonu az bir tedavi olarak ön planda düşünülmelidir.

Kaynaklar

1. Davidson RS. Metatarsal lengthening. *Foot Ankle Clin* 2001;6:499-518.
2. Urano Y, Kobayashi A. Bone-lengthening for shortness of the fourth toe. *J Bone Joint Surg [Am]* 1978;60:91-3.
3. Magnan B, Bragantini A, Regis D, Bartolozzi P. Metatarsal lengthening by callotasis during the growth phase. *J Bone Joint Surg [Br]* 1995;77:602-7.
4. Masada K, Fujita S, Fuji T, Ohno H. Complications following metatarsal lengthening by callus distraction for brachymetatarsia. *J Pediatr Orthop* 1999;19:394-7.
5. Baek GH, Chung MS. The treatment of congenital brachymetatarsia by one-stage lengthening. *J Bone Joint Surg [Br]* 1998;80:1040-4.
6. Kawashima T, Yamada A, Ueda K, Harii K. Treatment of brachymetatarsia by callus distraction (callotasis). *Ann Plast Surg* 1994;32:191-9.
7. Steedman JT Jr, Peterson HA. Brachymetatarsia of the first metatarsal treated by surgical lengthening. *J Pediatr Orthop* 1992;12:780-5.
8. Tomic S, Krajcinovic O, Dakic N. Use of Ilizarov mini-fixator in the treatment of congenital brachymetatarsia. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2000;86:204-8. [Abstract]
9. Kashuk KB, Hanft JR, Schabler JA, Kopelman J. Alternative autogenous bone graft donor sites in brachymetatarsia reconstruction: a review of the literature with clinical presentations. *J Foot Surg* 1991;30:246-52.
10. Boike AM, Gerber MR, Snyder AJ. Brachymetatarsia. Axial lengthening by using the callus distraction technique. *J Am Podiatr Med Assoc* 1993;83:373-8.
11. Solomon MG, Blackledge DK. Brachymetatarsia. Case report and surgical considerations. *J Am Podiatr Med Assoc* 1995;85:685-9.
12. Nuzzo JJ, Mueller RA. Diaphyseal lengthening for brachymetatarsia. *J Foot Surg* 1987;26:332-5.
13. Bartolomei FJ. Surgical correction of brachymetatarsia. *J Am Podiatr Med Assoc* 1990;80:76-82.
14. Choi IH, Chung MS, Baek GH, Cho TJ, Chung CY. Metatarsal lengthening in congenital brachymetatarsia: one-stage lengthening versus lengthening by callotasis. *J Pediatr Orthop* 1999;19:660-4.
15. Minguella J, Cabrera M, Escola J. Techniques for small-bone lengthening in congenital anomalies of the hand and foot. *J Pediatr Orthop B* 2001;10:355-9.
16. Ogino T, Kato H, Ishii S, Usui M. Digital lengthening in congenital hand deformities. *J Hand Surg [Br]* 1994;19:120-9.
17. Salom M, Aroca JE, Chover V, Alonso R, Vilar R. Distraction-lengthening of digital rays using a small external fixator. *J Hand Surg [Br]* 1998;23:781-4.
18. Dhalla R, Strecker W, Manske PR. A comparison of two techniques for digital distraction lengthening in skeletally immature patients. *J Hand Surg [Am]* 2001;26:603-10.
19. Houshian S, Ipsen T. Metacarpal and phalangeal lengthening by callus distraction. *J Hand Surg [Br]* 2001;26:13-6.
20. Arslan H. Metacarpal lengthening by distraction osteogenesis in childhood brachydactyly. *Acta Orthop Belg* 2001;67:242-7.
21. Pensler JM, Carroll NC, Cheng LF. Distraction osteogenesis in the hand. *Plast Reconstr Surg* 1998;102:92-5.
22. Mansoor IA. Metacarpal lengthening: a case report. *J Bone Joint Surg [Br]* 1969;78:133-6.
23. Matev IB. Thumb reconstruction through metacarpal bone lengthening. *J Hand Surg [Am]* 1980;5:482-7.

24. Skirving AP, Newman JH. Elongation of the first metatarsal. *J Pediatr Orthop* 1983;3:508-10.
25. Wakisaka T, Yasui N, Kojimoto H, Takasu M, Shimomura Y. A case of short metatarsal bones lengthened by callus distraction. *Acta Orthop Scand* 1988;59:194-6.
26. Aydınlioğlu A, Akpınar F, Tosun N. Mathematical relations between the lengths of the metacarpal bones and phalanges: surgical significance. *Tohoku J Exp Med* 1998;185:209-16.
27. Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop* 1990;(250):8-26.
28. Paley D, Tetsworth K. Percutaneous osteotomies. Osteotome and Gigli saw techniques. *Orthop Clin North Am* 1991;22:613-24.