

Konjenital üst ekstremité anomalilerinde uzatma cerrahisi

Lengthening surgery in congenital upper extremity anomalies

Mustafa Kürklü, Ahmed Heydar, Said Erkam Baykan

Memorial Bahçelievler Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Distraksiyon osteogenezi, kısalmış ekstremitelerin kademeli olarak uzatılmasına ve/veya kemik deformitelerinin düzeltilmesine olanak tanır; amaç, dizilimi yeniden sağlamak, fonksiyon ve görünümü iyileştirmektir. Distraksiyon osteogenezi tekniği ve prensipleri, kemik ve yumuşak doku uzunluğunun artırılması yoluyla fonksiyonel gelişim gerektiren çeşitli pediatrik üst ekstremité durumlarına uygulanabilse de literatürün büyük çoğunluğu alt ekstremité deformitelerindeki uygulamaları ve sonuçlarını tanımlamıştır. Bunun kısmen, üst ekstremitéye yönelik girişimlerin yüksek komplikasyon oranıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Üst ekstremité deformiteleri aynı fonksiyonel öneme sahip olmasa da uzatma sırasında karşılaşılan sorunlar alt ekstremité uzatmalarında görülen komplikasyonlara benzerlik göstermektedir. Bu derleme makalesi, pediatrik üst ekstremitéde kemik uzatma prosedürleriyle ilişkili teknik sorunlara, sonuçlara ve olası komplikasyonlara odaklanmaktadır.

Anahtar sözcükler: distraksiyon osteogenezi; uzatma; konjenital deformiteler

Distraction osteogenesis allows for gradual elongation of fore-shortened extremities and/or correction of bone deformities, with the aims of restoring alignment and improving function and appearance. Although distraction osteogenesis technique and its principles could well be applied to several pediatric upper-limb conditions that require functional improvements through an increase of bone and soft-tissue length, the majority of the literature has described applications and its outcomes in lower limb deformities. This may be partly due to high complication rate of upper extremity procedure. Despite they do not have the same functional significance, problems encountered during lengthening of the upper limb are similar to those complicating lower limb lengthening. This review article focuses on the technical issues, results, and possible complications associated with bone-lengthening procedures in the pediatric upper extremity.

Key words: distraction osteogenesis; lengthening; congenital deformities

Kemik uzatma tekniğinin evrimi, prenarkotik dönemde cerrahi olarak kemiğin gerilmesiyle başlamış, ardından osteotomilerle birlikte uygulanan akut traksiyon yöntemleriyle devam etmiştir.^[1,2] Bu dönemde kemik oluşumunun fizyolojisi ve uzatma sürecinde yumuşak dokuların rolü konusunda sınırlı bir anlayış mevcuttu; buna karşın kemiği olabildiğince fazla, çoğu zaman tek seansta ve ani şekilde 8 santimetre (cm)'ye kadar uzatma isteği hâkim olmuştur. Ancak bu girişimler son derece riskliyd ve sıklıkla hastalar için işkence boyutunda sonuçlara yol açıyordu; sinir lezyonları, kas spazmları, psödoartroz ve malunionların yanı sıra anestezinin olmadığı bu dönemde dayanılmaz ağrılar hatta ameliyat masasında ölüm meydana gelebiliyordu.^[3] Tek seanslı uzatma tekniği, Fassett tarafından osteotomi uygulanıp

kemik grefti yerleştirilmesi ve plak ile tespit edilmesiyle geliştirilmişti ancak bu yöntem de pek çok ciddi komplikasyonla sonuçlandı.^[4]

Modern kemik uzatma teknikleri ise İlizarov yönteminden köken almaktadır. Bu yöntem, kısalmış ekstremitelerin kademeli olarak uzatılmasına ve/veya kemik deformitelerinin düzeltilmesine olanak tanır; amaç, düzgün hizalanmayı sağlamak, fonksiyonu ve görünümü iyileştirmektir. İlizarov, distraksiyon osteogenezi biyolojik yasasını keşfetmiş ve bu prensibi kemik kısalıklarının da aralarında bulunduğu pek çok farklı durumda tedavi için uygulamıştır.^[5] Son yıllarda güvenli ve hızlı rehabilitasyon sağlayacak çeşitli teknikler ve cihazlar geliştirilmiş olsa da İlizarov'un prensipleri tüm kemik uzatma işlemlerinin temelini oluşturmaktadır.

İletişim / Contact: Prof. Dr. Mustafa Kürklü • **E-posta / E-mail:** kurklumd@yahoo.com

ORCID ID: Mustafa Kürklü, 0000-0002-4228-3016 • Ahmed Heydar, 0000-0002-6907-7976 • Said Erkam Baykan, 0000-0002-5064-4475

Geliş / Received: 17 Eylül 2025 • **Revizyon / Revised:** 15 Ekim 2025 • **Kabul / Accepted:** 19 Ekim 2025

Her ne kadar distraksiyon osteogenezi tekniği ve prensipleri, kemik ve yumuşak doku uzunluğunun artırılması yoluyla fonksiyonel iyileşme gerektiren çeşitli pediatrik üst ekstremité durumlarına da uygulanabilse de literatürün büyük çoğunluğu alt ekstremité deformitelerine odaklanmış ve bu uygulamaları rapor etmiştir. Bunun nedeni kısmen, aynı fonksiyonel öneme sahip olmasalar da üst ekstremité uzatmalarında karşılaşılan sorunların alt ekstremité uzatmalarındaki komplikasyonlara benzerlik göstermesidir.^[6] Bu derleme makalesi, pediatrik üst ekstremitéde kemik uzatma işlemlerine ilişkin teknik detaylara, sonuçlara ve olası komplikasyonlara odaklanmaktadır.

ÜST EKSTREMİTE UZATMASININ ENDİKASYONLARI

Doğuştan, edinsel veya travma sonrası gelişen pek çok durum için cerrahi endikasyonlar tanımlanmıştır. Humerus uzunluğunda 5 cm'den fazla kısalık, radius ile ulna arasındaki uzunluk farkı ve elde kısa kemik varlığı, üst ekstremité uzatma işlemlerinin başlıca endikasyonlarını oluşturmaktadır. Bu işlemlerle hastanın fonksiyonelliğinin, kozmetik görünümünün ve psikolojik durumunun iyileştirilmesi hedeflenir.^[7] Konjenital nedenlere bağlı humerus uzatmasının sık adayları arasında fokomeli, konjenital kısa humerus, konjenital humeral varus deformitesi ve akondroplazi yer almaktadır.^[7-9] Ayrıca alt ekstremité 6 cm'den fazla uzatıldığında fizyolojik vücut proporsiyonlarını korumak amacıyla humerus uzatması da gerekli hâle gelebilir.^[10] Genel olarak uzatma işlemlerinin amaçları normal proporsiyonları yeniden sağlamak, erişim mesafesini artırmak ve perineal kişisel hijyenin sağlanabilmesini kolaylaştırmaktır.

Pediatrik ön kol distraksiyon osteogenezi açısından en sık endikasyonlar; radius ve/veya ulna longitudinal defekti, radioulnar sinostoz, Madelung deformitesi ve ön kolun konjenital psödoartrozu olarak bildirilmektedir.^[11-14] Ayrıca dirsek altı konjenital ampütasyonu olan çocuklarda kısa ön kol güdüğünün uzatılması, protez uygulamasını kolaylaştırarak önemli bir fayda sağlayabilir.^[15]

Elde, distraksiyon-uzatma işlemleri başparmak veya birden fazla dijital ışını ilgilendiren konjenital kısmi eksikliklerin tedavisinde kullanılabilir. Literatürde metakarpal uzatma endikasyonları arasında brakimetakarpi, simbrakidaktili ve Apert sendromu gibi sendromlara bağlı deformiteler ön plana çıkmaktadır.^[16-18] Konjenital falanks defektleri için falanks uzatma işlemleri de başarıyla uygulanmıştır.^[19] Tedavideki temel hedef, elde kemik uzunluğunu artırarak kavrama ve tutma fonksiyonunu geliştirmek olup bu hem fonksiyonel iyileşme hem de kozmetik görünüm açısından yarar sağlamaktadır.

Daha güncel raporlarda ise konjenital klavikula hipoplazisi ve anormal skapula pozisyonu olan sendromik olgularda uygulanan klavikula uzatma işlemleri; solunumun, görünümün ve fonksiyonun iyileştirilmesiyle ağrının azaltılması açısından umut verici sonuçlar bildirmiştir.^[20]

TEKNİKLER VE CİHAZLAR

Üst ekstremité kemik uzatmalarında kullanılan cihazlar genel olarak intramedüller ve ekstramedüller cihazlar olarak sınıflandırılmaktadır. Intramedüller cihazlar, genellikle ekstramedüller sistemlerle birlikte kullanılan intramedüller Kirschner telleri veya elastik intramedüller çivilerden oluşur. Bu kombinasyon, yeterli kallus oluşumunun yönlendirilmesine ve kemik oluşumu tamamlandıktan sonra ek stabilite sağlanmasına yardımcı olur.^[21,22]

Motorize intramedüller uzatma çivileri, üst ekstremité uzatmalarında tek başına kullanılabilen diğer bir intramedüller cihaz grubudur.^[23] Bu tekniğin, eksternal fiksatorlerin hacimli yapılarının günlük yaşam aktivitelerini kısıtlaması ve yumuşak doku irritasyonu, pin dibi enfeksiyonları, nörovasküler tuzaklanma ve eklem kontraktürü gibi komplikasyonları önlemesi sayesinde hasta memnuniyetini artırdığı bildirilmiştir.^[23-26] Bununla birlikte, bu çivilerle elde edilebilecek maksimum uzatma miktarı 5 cm ile sınırlıdır; daha fazla uzatma sağlanabilmesi için ikinci bir cerrahi aşama gerekmektedir.^[27] Ayrıca açık fizis varlığı, genç çocuklarda rijit çiviyle yapılan uzatma uygulamalarını mümkün kılmamaktadır ve küçük çaplı kemiklerde de bu çiviler kullanılamamaktadır.^[28]

Ekstramedüller cihazlar ise unilateral fiksatorler, dairesel çerçeveler ve hekapod sistemlerinden oluşur. Tek taraflı fiksatorler, tek bir kemiğin uzatılmasının amaçlandığı ve belirgin bir aksiyel deformitenin olmadığı durumlarda tercih edilir. Kısalık ve yanlış hizalanma içeren daha karmaşık deformiteler ise dairesel çerçevelerle hem uzatma hem de yeniden hizalama gerektirebilir. Klasik İlizarov çerçevesi gibi sistemler cerraha aynı anda iki kemiği (örneğin; ulna ve radius) uzatma, asimetrik ön kol uzatması yapma, menteşeler aracılığıyla tek düzlemli deformiteleri düzeltme ve 90°'den büyük rotasyon deformitelerini düzeltme imkânı sağlar.^[24] Daha yakın dönemde, Taylor Spatial Frame gibi bilgisayar destekli hekapod cihazları, kompleks üç boyutlu üst ekstremité deformitelerinin uzatılması ve düzeltilmesinde başarıyla kullanılmaktadır.^[25] Bu sistemler, uygulama kolaylığını bilgisayar destekli hassasiyet ile birleştiren multiplanar eksternal fiksatorlerdir ve yeterli stabilite sağlayarak komşu eklemlerin erken aktif hareketine izin verirler.^[25]

HUMERUS UZATMASI

Üst ekstremitéde uzatılması en kolay kemik segmenti humerustur; ikincil eklem instabilitesi ve aksiyel deformiteler nadiren görülür.^[29] Humeral baş displazisi ve omuz instabilitesi varlığında, humerus uzatmasını takiben gelişen omuz çıkığı, femoral uzatma sırasında kalça instabilitesi olan hastalarda görülen kalça çıkıklarına kıyasla oldukça nadirdir.^[29] Bu olgularda distraksiyon sürecinde humerusun yukarıya doğru göçünü önlemek amacıyla proksimal yapıya akromiyal fiksasyon eklenmesi alternatif bir yöntem olarak önerilmektedir.

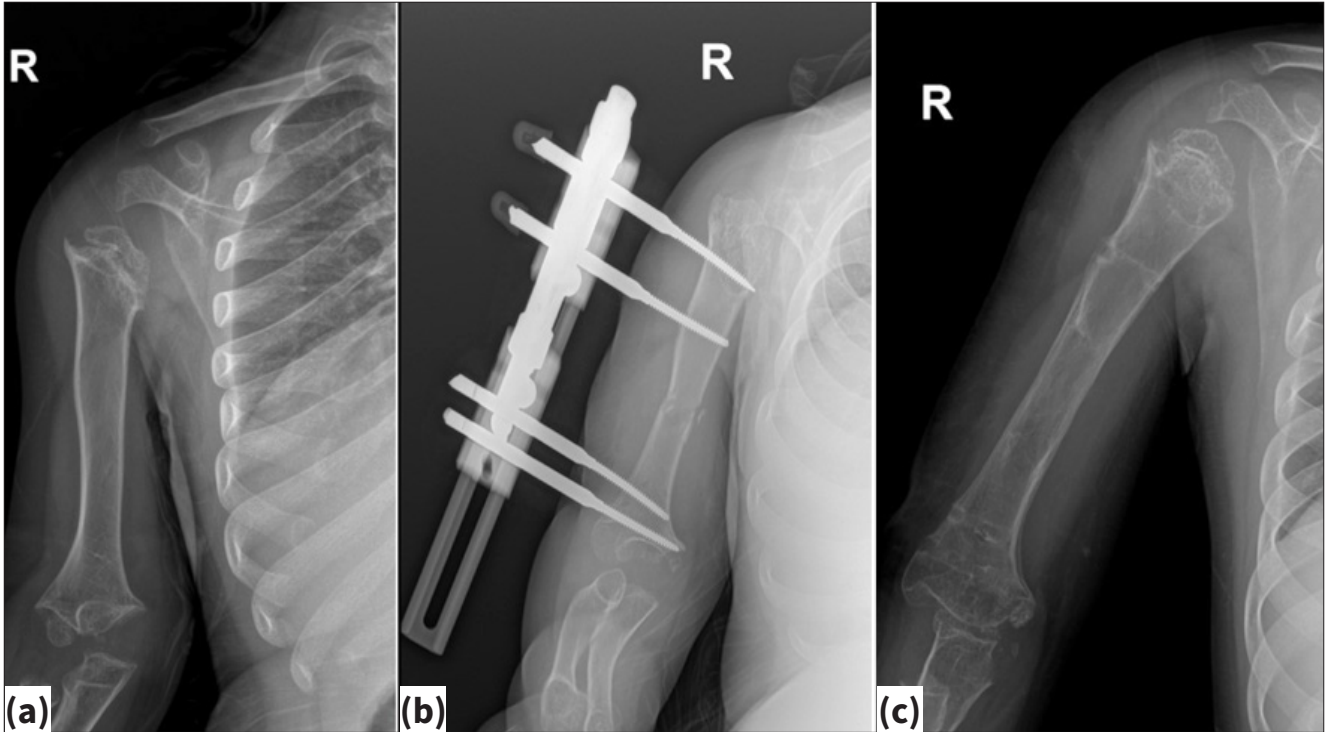
Başlangıçta komplikasyonlar ve fonksiyonel kısıtlılık konusunda endişeler olsa da güncel araştırmalar humerus uzunluğunun %100'e kadar artırılmasının komplikasyon oranlarını anlamlı düzeyde yükseltmediğini, alt ekstremité uzatmalarının aksine güvenli olduğunu göstermektedir.^[4]

Humerus uzatmalarında en sık kullanılan cihazlar monolateral fiksatörlerdir (Şekil 1). Uygulama kolaylıkları nedeniyle özellikle deformite düzeltmesinin gerekmediği veya daha sınırlı miktarda uzatma planlandığında tercih edilmektedir.^[30] Akondroplazili geniş bir hasta serisinde, Ginebreda ve ark. monolateral fiksatörlerle bilateral humerus uzatması yapmış ve uzun dönem sonuçları olumlu bildirmiştir; ortalama 9,5 cm uzatma sağlanmış ve ortalama kemik iyileşme indeksi 24 gün/cm bulun-

muştur. Bununla birlikte seride %8,2 oranında humeral refraktür gözlenmiştir. Daha yakın tarihli başka bir çalışmada ise akondroplazide monolateral fiksatörle yapılan humerus uzatmalarında benzer şekilde başarılı sonuçlar elde edilmiş ancak bu kez refraktür görülmemiştir.^[31] Yazarlar bu farkı osteotominin yapıldığı seviyeye bağlamış ve komplikasyon riskini azaltmak için osteotominin humerus proksimal üçte birlik kısmında yapılmasını önermiştir.

Buna karşın Laufer ve ark., akondroplazili olgularda monolateral eksternal fiksatörle bilateral humerus uzatmalarında komplikasyon oranlarının belirgin derecede yüksek olduğunu bildirmiştir. Bu seride olguların %39'unda plansız yeniden cerrahi gerekmiş, %39'unda radial sinir felci gelişmiş, %18'inde rejenerat kırığı görülmüş ve %4'ünde tedavi ciddi uzunluk farkı ile sonlandırılmıştır.^[32] Yazarlar yüksek komplikasyon oranı ve uzun iyileşme süreci nedeniyle monolateral fiksatörlerle bilateral humerus uzatmasının yalnızca ciddi fonksiyonel kısıtlılığı olan olgularda düşünülmesi gerektiğini vurgulamış; uygun hastalarda internal uzatma çivilerinin, hasta konforunu artırmaları ve komplikasyon oranlarını azaltmaları nedeniyle tercih edilmesini önermiştir.

Dairesel eksternal fiksatörler humerus uzunluğunu restore etmenin yanı sıra açıl deformitelerin düzeltilmesine de olanak tanır. Çeşitli serilerde ortalama 8-9 cm uzatma



Şekil 1.a-c. Beş yaşında akondroplaziye bağlı sağ humerus kısalığı olan hastaya sağ humerus uzatma öncesi (a), distraksiyon osteogenezi sırasında (b) ve uzatma tamamlandıktan sonraki humerus ön-arka grafileri (c).

sağlandığı, cihazın kullanım süresinin 7-8 ay olduğu bildirilmiştir.^[33-35] Ancak ameliyat sonrası komplikasyonlar arasında %6-10 oranında geçici radial sinir parezisi, %10-14 oranında rejenerat kırığı ve değişken oranlarda pin dibi enfeksiyonları rapor edilmiştir. Dairesel fiksatorlerin multiplanar düzeltme imkânı sağlamasına rağmen, hastaların omuzlarını sürekli abduksiyonda tutmalarını gerektirmesi ve cihaz çapının kıyafet kullanımını zorlaştırması önemli dezavantajlardır. Klasik tel bazlı sistemlerde kullanılan gergin teller ise dar güvenli alanlardan geçmek zorunda kalır ve yumuşak dokuya yaygın şekilde tutunarak ciddi rahatsızlık yaratır.

Modern hekzapod çerçeveler, dairesel fiksatorlerin sağladığı tüm avantajları korurken medial tarafta açık halka kullanmaları sayesinde kolu sürekli abduksiyonda tutma gerekliliğini ortadan kaldırır, hasta konforunu artırır. Ayrıca tedavi sırasında ortaya çıkabilecek herhangi bir deformite, tespit elemanlarının yeniden konumlandırılmasına gerek kalmadan yazılım üzerinden yapılan ayarlamalarla düzeltilebilmektedir.^[25,36]

Humerusta kemik iyileşmesi esnek intramedüller çivilerin eklenmesiyle hızlandırılabilir. Popkov ve ark., konjenital etiyolojili bir uzunluk farkında monofokal osteotomiye eklenen elastik intramedüller çiviler ile kemik iyileşme indeksinin 21,3 günden 19,4 gün/cm'ye düştüğünü gözlemlemiştir.^[37] Yazarlar, çivilerin kayıcı hareketinin distraksiyon sırasında kemik oluşumunu uyarak bu iyileşme hızını sağladığını ileri sürmüştür.

Dirsek üstü konjenital ampütasyonlarda güdük uzatması da hem protezsiz fonksiyonların artırılması hem de protez kullanımının kolaylaştırılması için başarıyla uygulanabilmektedir. Bernstein ve ark. humerus güdük uzunluğunda orijinal uzunluğun %120'sine kadar artış bildirmiştir.^[38] Ancak yumuşak doku örtüsü, uzatma miktarını sınırlayan en önemli faktör olarak görülmektedir.

Son yıllarda motorize intramedüller çivilerin daha güvenli bir alternatif oluşturduğuna dair kanıtlar artmaktadır. Bu çiviler eksternal fiksatorlere bağlı pin dibi enfeksiyonları gibi komplikasyonları azaltmakta, hasta tarafından daha iyi tolere edilmekte ve rehabilitasyonun daha erken başlamasına olanak tanımaktadır.^[27] Galal ve ark. da bu çivilerin, omuz ve dirsek eklem hareket açıklığının erken dönemde yeniden kazanılmasını kolaylaştırdığını ve fonksiyonel ile radyografik sonuçlarının eksternal fiksatorlerle karşılaştırılabilir olduğunu bildirmiştir.^[23] Lorange ve ark.'nın sistematik derlemesinde ise bu cihazların belirgin humerus uzatması sağladığı, komplikasyon oranlarının düşük olduğu, konsolidasyon süresinin eksternal fiksatorlerle benzer (yaklaşık 27-34 gün/cm) olduğu ancak enfeksiyon oranlarının anlamlı ölçüde daha düşük bulunduğu vurgulanmıştır.^[39]

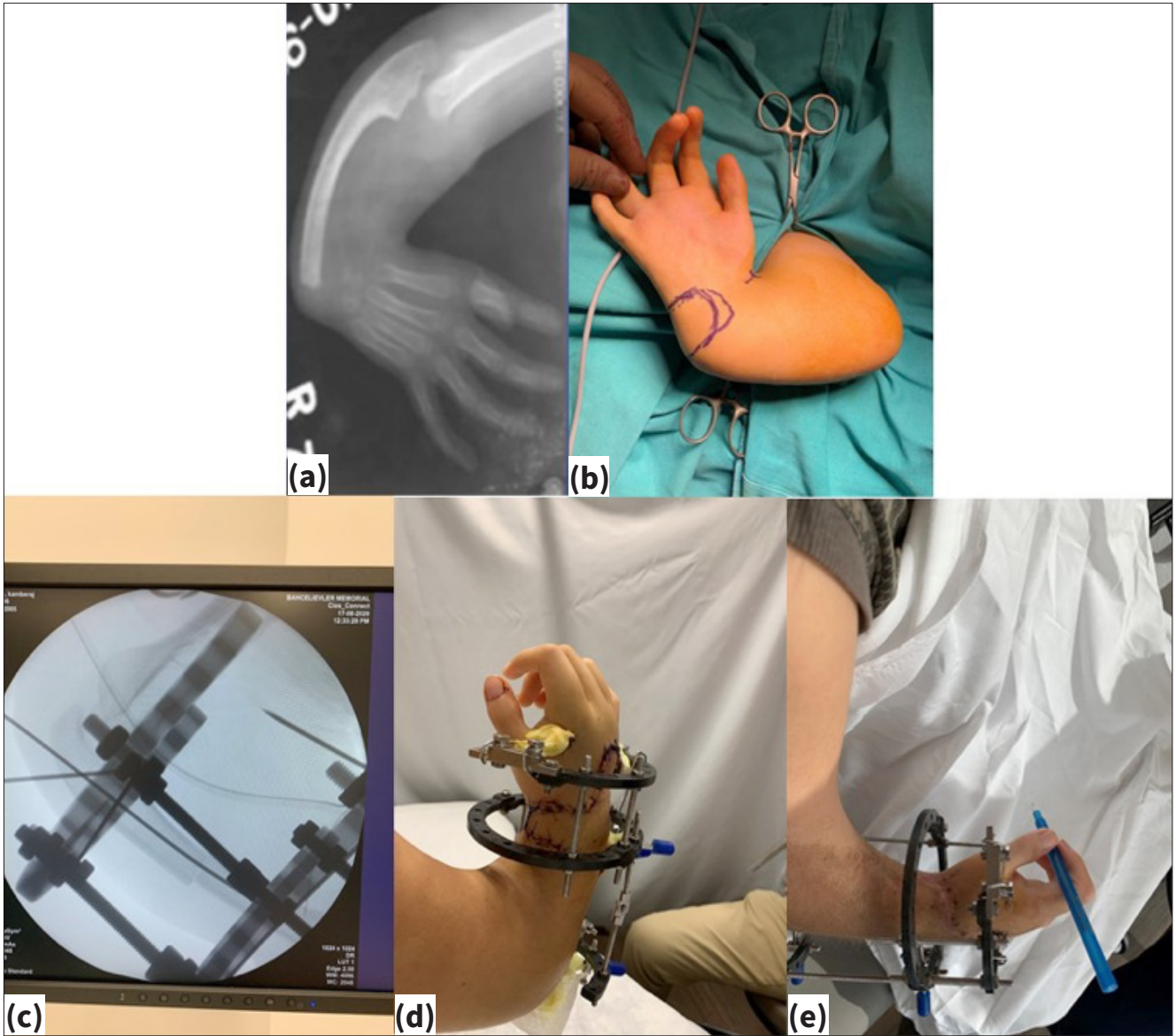
ÖN KOL UZATMASI

Ön kol uzatma girişimleri ya ön kolun kabul edilebilir bir uzunluğa getirilmesine ya da radius ile ulna arasındaki normal uzunluk ilişkisinin yeniden sağlanmasına yönelik olarak uygulanır. Ön kol uzunluğundaki yetersizlik, el için mevcut alanı azaltarak fonksiyonel ve kozmetik sorunlara yol açabilir.^[40] Öte yandan, ön kol uzunluğundaki hafif farklılıklar genellikle belirgin bir fonksiyonel kayıp oluşturmaz.^[41] Ancak kısıklık ile birlikte açılabilir deformitelerin varlığı günlük yaşam aktivitelerinin basit düzeyde dahi yerine getirilmesini güçleştirebilir. Radius ve ulna uzunluğu arasındaki orantısızlık yalnızca ön kolun kısalmasına değil, aynı zamanda proksimal ve/veya distal eklemlerde subluksasyona ve supinasyon/pronasyon kısıtlılığına da yol açabilir.^[42]

Kol kullanımını kısıtlayan kontraktürleri (özellikle sert dirsek) olan ya da fonksiyonel bir eli bulunmayan hastalar ön kol uzatma için uygun adaylar değildir. Ayrıca ön kol uzatması, komşu eklemlerde fleksiyon kontraktürlerine yatkınlık oluşturabilir ve dijital sertlik nedeniyle el fonksiyonu azalabilir.^[41] Bununla birlikte, çocuklarda dairesel eksternal fiksator kullanılarak yapılan ön kol uzatma çalışmalarında fonksiyonel ve kozmetik açıdan olumlu sonuçlar bildirilmiştir.^[25,40,42]

Radial longitudinal defekt tedavisinde asıl zorluk, daha ağır olgularda el bileği ekleminin büyük ölçüde yokluğu ile birlikte iskelet malformasyonlarının (radial deviasyon ve radial hipo/aplazi) ve yumuşak dokuların aynı anda tedavi edilmesidir.^[43] İdeal tedavi, radial deviasyonun tekrarlamasını önlemeli, ulnar büyümeyi korumalı ve fonksiyonu en üst düzeye çıkarmalıdır (Şekil 2).

Eksternal fiksatorler, özellikle bilateral olgularda ön kolun küresel uzatılmasında önemli bir rol oynar; bu durumlarda hareketten ziyade uzunluk daha kritik hâle gelir.^[44] Raimondo ve ark., İlizarov cihazıyla tedavi edilen radial longitudinal defektli hastalarda görünümün düzelmesi yanında uzak vücut bölgelerine ulaşma fonksiyonunun da anlamlı derecede iyileştiğini bildirmiştir.^[45] Gorecki ve ark., monoaksiyel sistemle tek taraflı uzatma yapılan hastalarda daha fazla uzunluk kazanımı sağlanabileceğini ancak stabilizasyon süresinin yaşla birlikte uzadığını ve hastaların yarısında komplikasyon geliştiğini ifade etmiştir.^[46] Farr ve ark. ise deformite düzeltimi ve ulnar uzatma sonrasında 1 ila 8,5 yıl içinde el-ön kol açısında bozulma ve ulnar eğrilik gelişebildiğini rapor etmiştir.^[47] Jager ve ark., bu hastalarda eksternal fiksasyona elastik intramedüller çivi eklenmesinin komplikasyon oranını azalttığını ve eksternal fiksator kullanım süresini kısalttığını göstermiştir.^[48] Hekzapod çerçeveler ise multiaksiyel deformite düzeltimine olanak tanımları, kolay uygulanabilmeleri ve hasta konforunu artırma-



Şekil 2.a-e. Radial longitudinal defekt olan 16 yaşındaki hastanın radyolojik (a) ve klinik (b) görüntüsü, peroperatif (c) ve ameliyat sonrası sirküler eksternal fiksator ile ön kol uzatmanın klinik görüntüsü (d-e).

ları nedeniyle cazip bir alternatif oluşturmaktadır ancak bu konuda literatür henüz sınırlıdır.

Eksternal fiksasyon, konjenital radioulnar sinostozlu olgularda ağır hiperpronasyon deformitesinin kademeli düzeltilmesinde de kullanılmış; ortalama 100° hiperpronasyon, ortalama 15° supinasyona düzeltilmiştir.^[24] Distraksiyon osteogenezi, ikinci aşamada yapılacak vaskülarize kemik transferine hazırlık amacıyla ön kolun kademeli olarak uzatılmasında da uygulanabilir. Bu yöntem, ön kol psödoartrozu ve radial longitudinal defekt gibi endikasyonlarda başarıyla kullanılmaktadır.^[14,48]

Ön kol uzatmalarında komplikasyonlar genellikle geçicidir ve nihai sonucu etkilemez. Bununla birlikte, nörovasküler yapılar zarar verme riski potansiyel bir sorun oluşturmaktadır; çünkü tel yerleştirmek için tamamen güvenli anatomik planlar azdır ve birçok hastada anormal anatomi mevcuttur. Bu risk özellikle radius için yarı açık teknikler kullanılarak en aza indirilebilir. Gecikmiş konsolidasyon, çoğu ön kol uzatma serisinin karakteristik bir özelliğidir. Yeni korteks oluşumu nispeten yavaş seyreder ve cihazın erken çıkarılması deformiteye ya da rejeneratın çıkarım sonrası kırılmasına yol açabilir.

METAKARP VE FALANKS UZATMALARI

Kozmetik kaygıların yanı sıra, el fonksiyonundaki bozukluk metakarpal ve falanks yetersizliği olan hastalarda en sık görülen ikinci yakındır. Metakarpal ve/veya falangeal defektlerde ilgili kas-tendon ünitesinin göreceli olarak uzaması ve metakarpofalangeal ile interfalangeal eklemlerin seviyelerindeki değişim, hareket açıklığını ve dolayısıyla el fonksiyonunu etkileyebilir.^[16]

Konjenital el malformasyonlarında dijital uzatma yapıldığında, farklı büyüme paternleri ve kalan büyüme potansiyelindeki farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır.^[49] Ek girişimler olarak *web* aralığının derinleştirilmesi, kemik grefti uygulanması veya çeşitli flepler gerekebilir.^[50] Bununla birlikte, işlem sıklıkla kaynamama, geç kaynama, erken konsolidasyon, rejenerat kırığı ve deformitesi gibi sorunların yanı sıra metakarpofalangeal ve interfalangeal eklemlerde subluksasyon ve dislokasyon gibi önemli problemlerle de birlikte olabilir.^[16,50,51]

Çeşitli çalışmalarda brakimetakarpi için yapılan uzatma cerrahilerini takiben görünüm, el fonksiyonu ve hareket açıklığında iyileşme ile birlikte yüksek hasta memnuniyet oranları bildirilmiştir.^[7,16] Miyawaki ve ark. dijital uzatma sırasında intramedüller Kirschner teli kullanımının, daha yüksek oranda kemik uzaması (%70 oranında orijinal uzunluğa ulaşma) ve artmış tutma kavrama gücü (karşı tarafın üzerinde) sağladığını rapor etmiştir.^[21]

Dijital uzatma cerrahilerindeki temel sorun, rejeneratin yavaş konsolidasyonudur; mini monolateral eksternal fiksatorler kullanıldığında ortalama iyileşme indeksi 80 gündür.^[29] Zhang ve ark. daha güncel bir çalışmada, falanks ve metakarp yetersizliği olan hastalarda uzatma sonrası plaklama uygulanmasının yalnızca eksternal fiksasyon süresini ve kemik iyileşme indeksini anlamlı olarak kısaltmadığını, aynı zamanda komplikasyon oranını da düşürdüğünü ve erken fonksiyonel iyileşmeyi artırdığını göstermiştir.^[52] Usami ve ark. ise İlizarov mini-fiksator cihazıyla yapılan distraksiyon sonrasında, distraksiyon kallusu boşluğuna kansellöz kemik grefti uygulanması ve intramedüller vida fiksasyonu kombinasyonunun kemik iyileşme indeksinde ek bir azalma sağladığını bildirmiştir.^[19]

SONUÇ

Üst ekstremitenin konjenital yetersizlikleri, değişen derecelerde kısıklık ve açılanmayı içeren kompleks deformitelere yol açar. Üst ekstremitenin yük taşımayan yapısı nedeniyle bu deformiteler daha iyi tolere edilir ve genellikle alt ekstremitedeki benzerlerine kıyasla daha az fonksiyonel öneme sahiptir. Bu nedenle üst ekstremitede uzatma gereksinimi, alt ekstremiteye kıyasla daha nadirdir.

Üst ekstremitede uzatma prosedürü planlanırken cerrahın belirli endikasyonlar, hedefler ve komplikasyonlar konusunda bilinçli olması gerekir. Son değerlendirmede, üst ekstremitede uzatmasının riskleri elde edilecek yararlarla karşılaştırılmalıdır.

Fiksasyon cihazlarındaki ve *web* tabanlı yazılım araçlarındaki son gelişmelere rağmen, kemik uzatma hâlâ ileri derecede karmaşık bir girişim olup hastadan yüksek düzeyde uyum ve sabır gerektirir. Fonksiyonel kazanım açısından başarılı sonuç elde edebilmek için dikkatli hasta seçimi büyük önem taşır. Uzun ve zahmetli bu prosedürler sırasında ortaya çıkabilecek olası sorunlardan kaçınmak için hastanın sosyal, psikolojik ve ekonomik koşullarının ve destek sistemlerinin öneminin göz ardı edilmemesi gerekir.

KAYNAKLAR

1. Guichet JM, Spivak JM, Trouilloud P, Grammont PM. Lower limb-length discrepancy. An epidemiologic study. Clin Orthop Relat Res 1991;(272):235-41. [Crossref](#)
2. Codivilla A. On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. Clin Orthop Relat Res 1994;(301):4-9. [Crossref](#)
3. Wiedemann M. Callus distraction: A new method? A historical review of limb lengthening. Clin Orthop Relat Res 1996;(327):291-304. [Crossref](#)
4. Fassett F. An inquiry as to the practicability of equalizing unequal legs by operation. Am J Orthop Surg 1918;16:277
5. Gubin AV, Borzunov DY, Marchenkova LO, Malkova TA, Smirnova IL. Contribution of G.A. Ilizarov to bone reconstruction: Historical achievements and state of the art. Strategies Trauma Limb Reconstr 2016;11(3):145-52. [Crossref](#)
6. Seitz WH Jr, Froimson AI. Callotasis lengthening in the upper extremity: Indications, techniques, and pitfalls. J Hand Surg Am 1991;16(5):932-9. [Crossref](#)
7. Farr S, Mindler G, Ganger R, Girsch W. up Upper Extremity. J Bone Joint Surg Am 2016;98(17):1490-503. [Crossref](#)
8. Seitz WH Jr, Shimko P, Patterson RW. Long-term results of callus distraction-lengthening in the hand and upper extremity for traumatic and congenital skeletal deficiencies. J Bone Joint Surg Am 2010;92(2):47-58. [Crossref](#)
9. Pawar AY, McCoy TH Jr, Fragomen AT, Rozbruch SR. Does humeral lengthening with a monolateral frame improve function? Clin Orthop Relat Res 2013;471(1):277-83. [Crossref](#)
10. Tetsworth K, Krome J, Paley D. Lengthening and deformity correction of the upper extremity by the Ilizarov technique. Orthop Clin North Am 1991;22(4):689-713. [Crossref](#)
11. Wall LB, Kim DJ, Cogsil T, Goldfarb CA. Treatment of radial longitudinal deficiency: An international survey. J Hand Surg Am 2021;46(3):241.e1-241.e11. [Crossref](#)

12. Bagatur AE, Doğan A, Zorer G. Cocuklarda ön kol deformite ve kısıklıklarının distraksiyon osteogenesi ile düzeltilmesi. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2002;36(2):111-6.
13. Peymani A, Johnson AR, Dowlatshahi AS, Dobbe JGG, Lin SJ, Upton J, et al. Surgical management of madelung deformity: A systematic review. *Hand (NY)* 2019;14(6):725-34. [Crossref](#)
14. Mateev M, Imanaliev A. Two-stage reconstruction in congenital pseudarthrosis of the forearm using the Ilizarov technique and vascularized osteoseptocutaneous fibula. *J Reconstr Microsurg* 2006;22(3):143-8. [Crossref](#)
15. Alekberov C, Karatosun V, Baran O, Günel I. Lengthening of congenital below-elbow amputation stumps by the Ilizarov technique. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82(2):239-41. .9967 [Crossref](#)
16. Barik S, Farr S. Brachymetarpia and brachymetatarsia: do we need to operate? *EFORT Open Rev* 2021;6(1):15-23.
17. Hwang JS, Ma SB, Kim J, Baek GH. Correction of congenital ring-little finger metacarpal synostosis through simultaneous interpositional allograft bone after split osteotomy of the synostosis site and distraction lengthening of the fifth metacarpal. *J Hand Surg Am* 2025;50(5):623.e1-623.e8. [Crossref](#)
18. Upton J, McNamara CT, Ali B, Nuzzi LC, Taghinia AH, Labow BI. Distraction lengthening of the apert thumb. *Plast Reconstr Surg* 2022;149(4):691e-699e. [Crossref](#)
19. Usami S, Hamada Y, Toyama T, Kinoshita R, Sawada M, Saito T. New strategy for shortening the consolidation period in distraction lengthening of phalanges or metacarpal bone. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2024;99:369-72. [Crossref](#)
20. Karslioglu B, Eyi YE, Erdem Y. Clavicle lengthening by distraction osteogenesis for congenital clavicular hypoplasia: Is it a real indication? *J Pediatr Orthop* 2015;35(4):e36. [Crossref](#)
21. Miyawaki T, Masuzawa G, Hirakawa M, Kurihara K. Bone-lengthening for symbrachydactyly of the hand with the technique of callus distraction. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84(6):986-91. [Crossref](#)
22. Popkov A, Foster P, Gubin A, Borzunov D, Popkov D. The use of flexible intramedullary nails in limb lengthening. *Expert Rev Med Devices* 2017;14(9):741-53. [Crossref](#)
23. Galal S, Shin J, Principe P, Mehta R, Khabyeh-Hasbani N, Hamilton A, et al. Humerus lengthening: A comparison of the internal lengthening nail to external fixation. *HSS J* 2021;17(2):207-12. [Crossref](#)
24. Rubin G, Rozen N, Bor N. Gradual correction of congenital radioulnar synostosis by an osteotomy and Ilizarov external fixation. *J Hand Surg Am* 2013;38(3):447-52. [Crossref](#)
25. Al-Sayyad MJ. Taylor spatial frame in the treatment of upper extremity conditions. *J Pediatr Orthop* 2012;32(2):169-78. [Crossref](#)
26. Fürmetz J, Kold S, Schuster N, Wolf F, Thaller PH. Lengthening of the humerus with intramedullary lengthening nails-preliminary report. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 2017;12(2):99-106. [Crossref](#)
27. Morrison SG, Georgiadis AG, Dahl MT. Lengthening of the humerus using a motorized lengthening nail: A retrospective comparative series. *J Pediatr Orthop* 2020;40(6):e479-e486. [Crossref](#)
28. Calder PR, Laubscher M, Goodier WD. The role of the intramedullary implant in limb lengthening. *Injury* 2017;48(1):S52-S58. [Crossref](#)
29. Damsin JP, Ghanem I. Upper limb lengthening. *Hand Clin* 2000;16(4):685-701. [Crossref](#)
30. Ginebreda I, Campillo-Recio D, Cárdenas C, Tapiolas J, Rovira P, Isart A. Surgical technique and outcomes for bilateral humeral lengthening for achondroplasia: 26-year experience. *Musculoskelet Surg* 2019;103(3):257-62. [Crossref](#)
31. Arenas-Miquelez A, Arbeloa-Gutierrez L, Amaya M, Vázquez B, De Pablos Fernández J. Upper limb lengthening in achondroplasia using unilateral external fixation. *J Pediatr Orthop* 2021;41(4):e328-e336. [Crossref](#)
32. Laufer A, Rölfling JD, Gosheger G, Toporowski G, Frommer A, Roedel R, et al. What are the risks and functional outcomes associated with bilateral humeral lengthening using a monolateral external fixator in patients with achondroplasia? *Clin Orthop Relat Res* 2022;480(9):1779-89. [Crossref](#)
33. Cattaneo R, Villa A, Catagni MA, Bell D. Lengthening of the humerus using the Ilizarov technique. Description of the method and report of 43 cases. *Clin Orthop Relat Res* 1990;(250):117-24. [Crossref](#)
34. Hosny GA. Unilateral humeral lengthening in children and adolescents. *J Pediatr Orthop B* 2005;14(6):439-43. [Crossref](#)
35. Kashiwagi N, Suzuki S, Seto Y, Futami T. Bilateral humeral lengthening in achondroplasia. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(391):251-7. [Crossref](#)
36. García López JM, García de la Blanca JC, Martí Ciruelos R, Núñez Ligerio G. Bilateral humeral lengthening and deformity correction with hexapod external fixator in an achondroplastic patient: A case report. *Int J Surg Case Rep* 2024;123:110285. [Crossref](#)
37. Popkov D, Popkov A, Haumont T, Journeau P, Lascombes P. Flexible intramedullary nail use in limb lengthening. *J Pediatr Orthop* 2010;30(8):910-8. [Crossref](#)
38. Bernstein RM, Watts HG, Setoguchi Y. The lengthening of short upper extremity amputation stumps. *J Pediatr Orthop* 2008;28(1):86-90. [Crossref](#)
39. Lorange JP, Alamiri N, Marwan Y, Alshammari A, Hamdy RC, Bernstein M. Humerus lengthening with a motorized intramedullary nail: A systematic review of outcomes and complications. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 2022;17(3):165-71. [Crossref](#)
40. Catagni MA, Szabo RM, Cattaneo R. Preliminary experience with Ilizarov method in late reconstruction of radial hemimelia. *J Hand Surg Am* 1993;18(2):316-21. [Crossref](#)
41. Mader K, Gausepohl T, Pennig D. Shortening and deformity of radius and ulna in children: correction of axis and length by callus distraction. *J Pediatr Orthop B* 2003;12(3):183-91. [Crossref](#)

42. Hill RA, Ibrahim T, Mann HA, Siapkara A. Forearm lengthening by distraction osteogenesis in children: A report of 22 cases. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93(11):1550-5. [Crossref](#)
43. van Nieuwenhoven CA, Mann M, Hülsemann W. The unsolved problem of radial longitudinal dysplasia: How can we reliably prevent recurrence, preserve growth and optimize function? *J Hand Surg Eur Vol* 2023;48(3):222-9. [Crossref](#)
44. Raimondo RA, Skaggs DL, Rosenwasser MP, Dick HM. Lengthening of pediatric forearm deformities using the Ilizarov technique: Functional and cosmetic results. *J Hand Surg Am* 1999;24(2):331-8. [Crossref](#)
45. Górecki M, Redman M, Romanowski L, Czarnecki P. Evaluation of the ulna lengthening by distraction osteogenesis in congenital radial deficiency. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2023;33(5):1981-7. [Crossref](#)
46. Farr S, Petje G, Sadoghi P, Ganger R, Grill F, Girsch W. Radiographic early to midterm results of distraction osteogenesis in radial longitudinal deficiency. *J Hand Surg Am* 2012;37(11):2313-9. [Crossref](#)
47. Jager T, Popkov D, Lascombes P, Popkov A, Journeau P. Elastic intramedullary nailing as a complement to Ilizarov's method for forearm lengthening: A comparative pediatric prospective study. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012;98(4):376-82. [Crossref](#)
48. Taghinia AH, Al-Sheikh AA, Panossian AE, Upton J. Two-stage distraction lengthening of the forearm. *J Craniofac Surg* 2013;24(1):79-84. [Crossref](#)
49. Matsuno T, Ishida O, Sunagawa T, Suzuki O, Ikuta Y, Ochi M. Radius lengthening for the treatment of Bayne and Klug type II and type III radial longitudinal deficiency. *J Hand Surg Am* 2006;31(5):822-9. [Crossref](#)
50. 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(6):781-4. [Crossref](#)
51. Sen C, Kocaoğlu M, Eralp L, Cinar M. Doğuştan metakarp ve metatars kısalıklarının kallus distraksiyonu yöntemi ile uzatılması. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2003;37(2):154-61.
52. Zhang R, Wang M, Wang X, Shi L, Liu S, Xu J, et al. Plating after lengthening in treating phalangeal and metacarpal deficiency: An alternative method. *Jt Dis Relat Surg* 2022;33(2):265-72. [Crossref](#)