

Pedriatrik önkol kırıklarının intramedüller elastik çivi ile tedavisi

The treatment of pediatric forearm fractures with intramedullary elastic nailing

Öz

Amaç: Önkol kırıkları, sık görülen pedriatrik yaralanmalardandır. Bu kırıkların tedavisinde, açısal ve rotasyonel olarak uygun dizilim sağlanarak kaynamanın elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada pedriatrik önkol kırığı nedeniyle intramedüller elastik çivileme (İEÇ) tekniği uygulanmış hastaların geriye yönelik değerlendirilmesi amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntem:** Pedriatrik dönem önkol kırığı nedeniyle Eylül 2013 – Aralık 2015 tarihleri arasında İEÇ tekniği uygulanmış, en az altı ay takipli 33 hasta (27 erkek, 6 kız; 15 sağ, 18 sol taraf) geriye yönelik değerlendirildi. Hastalara ait demografik veriler, gelişen majör komplikasyonlar ile radial eğim indeksi ve lokasyonu değerlendirildi. **Bulgular:** Ortalama takip süresi 19.1 ± 8.8 ay, ortalama yaş 10.6 ± 3.5 yıl idi. Bir olguda redüksiyon kaybı, 1 olguda refraktür ve 1 olguda kaynama gecikmesi olmak üzere toplam 3 olguda (%9) majör komplikasyon gelişti. Geriye kalan tüm olgularda tam pronasyon ve supinasyon ile kaynama elde edildi. Ortalama radial eğim noktası, radius uzunluğunun $\%63.8 \pm 5.4$ 'ünde lokalize idi. Ortalama radial eğim indeksi ise $\%5.5 \pm 1.2$ idi. Tüm olgularda radial eğim indeksi normal sınırlar içerisinde idi. **Sonuç:** Pedriatrik dönem önkol kırıklarının tedavisinde İEÇ tekniği, yüksek kaynama oranı ve kabul edilebilir komplikasyon oranı ile uygun bir tedavi yöntemidir.

Anahtar kelimeler: Kanal içi çivi, önkol kırıkları, çocuk, kırık, tespit

Abstract

Objective: Forearm fractures are common pediatric injuries. The main objective in the treatment of these fractures are to achieve angular and rotational alignment, and stable fixation to obtain fracture healing. In this study, we aimed to evaluate pediatric patients data who operated with elastic intramedullary nailing (EIN) due to forearm fracture retrospectively. **Materials and Methods:** 33 patients (27 males, 6 females; 15 right, 18 left) who treated EIN due to pediatric forearm fracture between September 2013 – December 2015 and were followed for a minimum of 6 months postoperatively were evaluated retrospectively. **Demographic data of patients, major complications and radial inclination index and its location were evaluated. Results:** The mean follow-up period was 19.1 ± 8.8 months, with a mean age of 10.6 ± 3.5 years. The total of 3 major complications in 3 different patient were seen including loss of reduction, refracture and delayed union. Complete union with full pronation and supination was achieved in remaining all cases. The mean radial inclination point was localized at $63.8 \pm 5.4\%$ of radial length. The mean radial inclination index was $5.5 \pm 1.2\%$. Radial inclination index of all the cases were within normal limits. **Conclusion:** Elastic intramedullary nailing of pediatric forearm fracture is a successful surgical technique with higher rates of union and acceptable complication rates.

Keywords: intramedullary nail, forearm fractures, child, fracture, fixation

Onur Kocadal,
İsmail Murad Pepe,
Hakan Yolaçan,
Kubılay Uğurcan
Ceritoğlu,
Cihan Ergün,
Zafer Güneş,
Abdurrahman
Sakaoğulları,
Cem Nuri Aktekin.

Ankara Eğitim ve Araştırma
Hastanesi, 1. Ortopedi ve
Travmatoloji Kliniği Ankara,
Türkiye

Yazışma Adresi:
Dr. Onur Kocadal
Ankara Eğitim ve Araştırma
Hastanesi, 1. Ortopedi ve
Travmatoloji Kliniği Ankara, Türkiye
Tel: +90 5323364878
e-mail: onurkocadal@gmail.com

Giriş

Önkol kırıkları, pediatrik yaş gurubunda sık görülen yaralanmalardandır (1). Tüm pediatrik kırıklar arasında görülme sıklığı %6 olarak rapor edilmiştir (2). Önkol diafiz kırıkları, genellikle radius ve ulna kemiklerinin her ikisini de içeren kırıklar şeklinde görülmektedir. Bu kırıkların başlangıç tedavisi, konservatif tedavidir (3). Cerrahi tedavi endikasyonları; kapalı manipülasyonla kabul edilebilir dizlimin elde edilememesi, kırığa nörovasküler yaralanmaların eşlik etmesi, politravma olguları ve açık kırıklar olarak sıralanabilir (3-5). Tedavide amaç; açısız ve rotasyonel olarak kabul edilebilir dizilim sağlanarak kaynamanın sağlanmasıdır. Uygun tedavi edilmeyen olgularda, rotasyonel dizilim bozukluğu gelişimi görülebilir.

Pediatrik önkol kırıklarında cerrahi tedavi seçenekleri; plak ve vida ile tespit, intramedüller elastik çivileme (İEÇ) ve eksternal fiksasyon uygulamaları olarak sıralanabilir (4, 5). Plak ve vida ile tespit uygulamalarının geniş cerrahi açılım gerektirmesi, geniş skar alanı bırakması, ve nispeten yüksek enfeksiyon oranı gibi dezavantajları bulunmaktadır (5). İEÇ tekniği; yüksek kaynama oranı, düşük komplikasyon oranı, plak uygulamasına göre kozmetik olarak daha kabul edilebilir skar oluşumu, kısa cerrahi sürede uygulamaya olanak sağlaması, implant çıkartılması sonrası erken aktiviteye dönüşe izin vermesi gibi avantajları nedeniyle son yıllarda popülerite kazanmıştır (4, 6, 7).

Bu çalışmada pediatrik önkol kırığı nedeniyle İEÇ tekniği ile tedavi edilmiş olguların geriye yönelik olarak değerlendirilmesi ve hastalarda gelişen komplikasyonların irdelenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Çalışma için etik kurul onayı alınmasını takiben (Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Eğitim, Planlama ve Koordinasyon Kurulu; 07.09.2016 tarihli; 552 karar no) Eylül 2013 ve Aralık 2015 tarihleri arasında pediatrik yaş gurubunda önkol kırığı nedeniyle opere edilmiş 36 hasta, geriye yönelik değerlendirildi. Hastane kayıtlarından, hastaların demografik verileri, kırık tarihinden ameliyata kadar geçen süre, implant çıkarma zamanları ve hastalarda

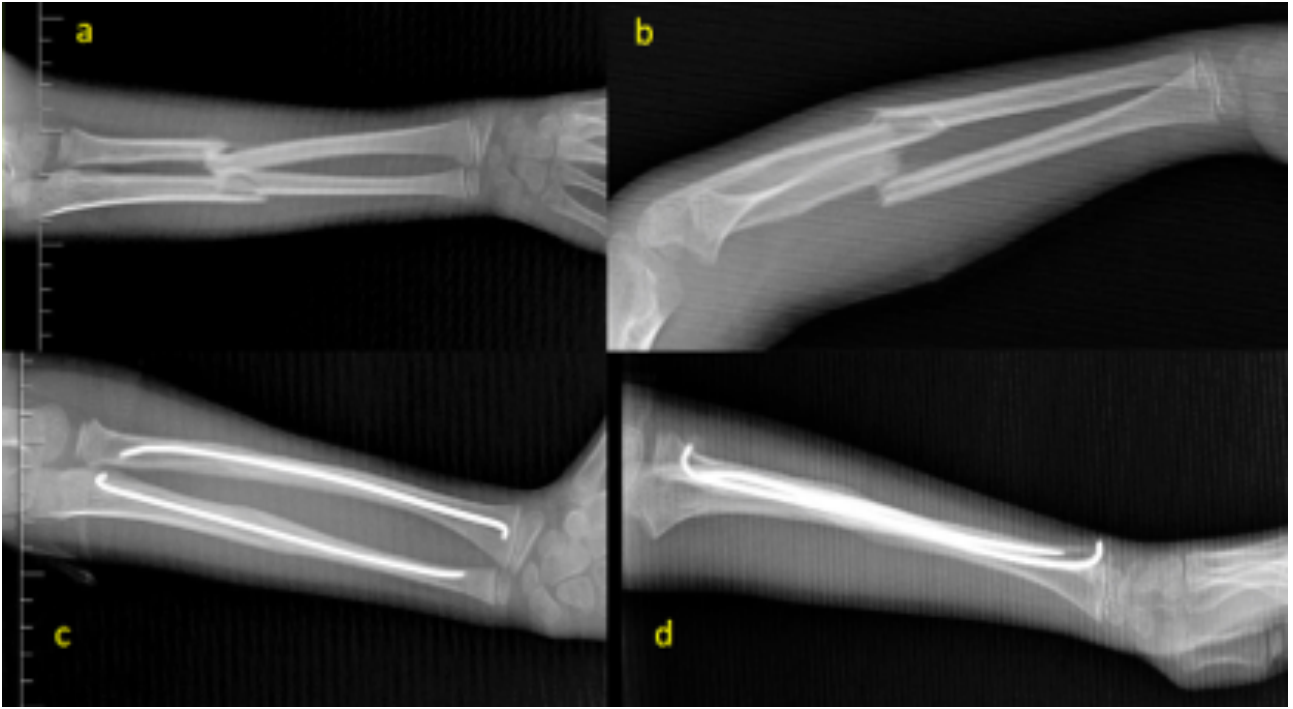
gelişen majör komplikasyonlar kaydedildi. Kaynama gecikmesi, kaynamama, damar veya sinir hasarı ve redüksiyon kaybı veya herhangi bir nedenle revizyon cerrahisi gereksinimi; majör komplikasyon olarak kabul edildi.

Önkol kırığı nedeniyle İEÇ tekniği ile opere edilmiş minimum 6 ay takip süresi olan 16 yaş altı hastalar, çalışmaya dahil edildi. Tedavi esnasında hastanın 16 yaşında veya daha büyük olması, İEÇ tekniği uygulanmayan hastalar, patolojik kırıklar ve takip süresinin 6 aydan az olması çalışmadan dışlama kriterleri olarak kabul edildi. Çapraz Kirschner teli ile tedavi edilmiş 2 olgu ve takip süresi 6 aydan az olan 1 hasta çalışma dışı bırakıldı. Geriye kalan 33 olgu çalışma gurubunu oluşturdu.

Acil serviste yapılan ilk değerlendirmenin ardından deplase önkol kırığı olan hastalara kapalı redüksiyon ve uzun kol alçı işlemi uygulandı. Kabul edilebilir açılanma düzeyleri; 10 yaşına kadar, proksimal diafizde 10°, orta diafizde 15° ve distal diafizde 20°; 10 yaşından büyük çocuklarda ise tüm diafiz seviyelerde 10° olarak belirendi (8). Kapalı manipülasyonla uygun dizilim elde edilememiş olgular, konservatif tedavi sürecinde redüksiyon kaybı yaşanan olgular, damar-sinir yaralanması olan olgular ve açık kırıklar, cerrahi tedavi endikasyonları olarak kabul edildi.

Cerrahi Tedavi

Hastalar, genel anestezi ile supin pozisyonda, floroskopi cihazı üzerinde steril koşullarda, 1. kuşak sefalosporin profilaksisi yapılarak opere edildi. Tespit için öncelikle kolay redükte edilebilen kırık seçildi (9). Radius için giriş noktası lister tüberkülü, ulna için ise radiusun biceps tüberkülü seviyesi referans alındı. Elastik çivi, intramedüller kanal çapının en az % 40' ını dolduracak şekilde seçildi (10). Elastik çivi, kanal giriş yerinin hazırlanmasını takiben eğim verilerek yerleştirildi (9). Kapalı olarak yeterli redüksiyonun elde edilemediği olgularda, kırık hattı üzerinden yapılan kesi ile açık redüksiyon yapıldı. Olguların tümünde, implant bükülerek cilt altında bırakıldı (Resim 1a-d). Uzun kol atel, tüm olgulara uygulandı. Aktif parmak egzersizlerine, cerrahi sonrası ilk gün başlandı. Dikişler, Cerrahi sonrası 2. hafta alındı. Hastaların uzun kol atelleri, üçüncü haftada kısa kol atele



Resim1: Radius ve ulna diafiz kırığı nedeni ile intramedüller elastik çivi uygulanmış 9 yaşındaki erkek hastaya ait cerrahi öncesi (a: ön-arka - b: lateral) ve sonrası (c: ön-arka - d: lateral) radyografiler.

çevirildi. Dördüncü haftada atelleri çıkartıldı. İmplant çıkartılması için ilk cerrahiden minimum 4 ay süre geçmesi beklendi.

Radyolojik değerlendirme

Olgular, ilk kırık grafilerine göre 'Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen' (AO) pediatrik uzun kemik sınıflamasına göre sınıflandırıldı (11). Klinik olarak önkolda patolojik hareketin olmaması, kırık hattında ağrı olmaması ve radyolojik olarak ön-arka ve lateral grafilerde en az üç kortekste kallus dokusunun görülmesi, kaynama olarak kabul edildi (4). Dördüncü ayda kaynamanın görülememesi, kaynama gecikmesi; 6. ayda kallus dokusunun görülmemesi ise kaynamama olarak tanımlandı (4). Radial eğim ölçümü için Schemitsch ve Richards tarafından tanımlanan ve Firl tarafından modifiye edilen kriterler kullanıldı (12, 13). Bu kriterlere göre; hastaların son takiplerindeki ön-arka grafilerinde, radiusun bisipital tüberkül, distal radioulnar eklemin en medial noktası

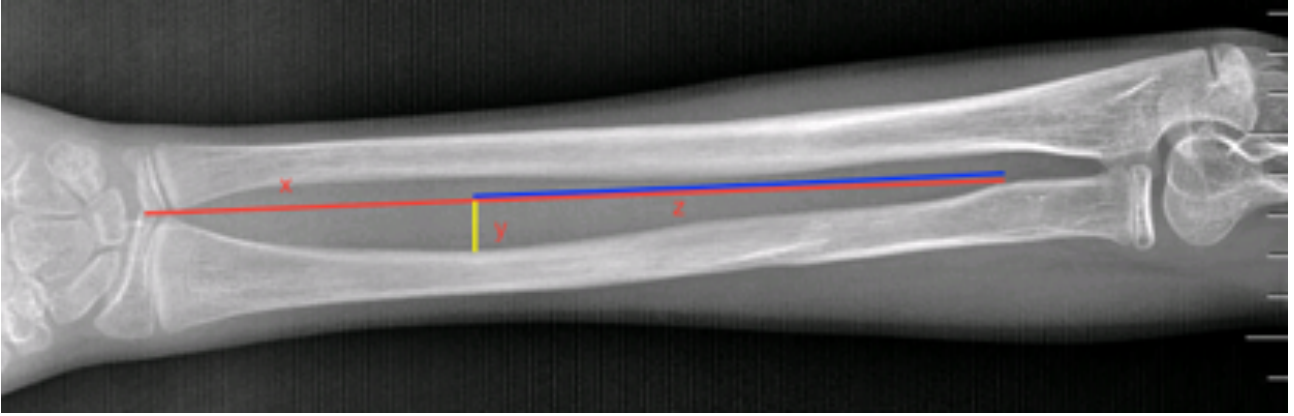
ve radius shaftının medial tarafındaki en derin noktaları belirlenerek radial eğim noktası ve radial eğim indeksi hesaplandı (Resim 2). Radial eğim indeksinin 10'un altında olması normal; üstünde olması patolojik kabul edildi (13).

İstatistiksel analiz

İstatistiksel analiz IBM SPSS Statistics 20 for Mac (Statistical Package for Social Sciences for Mac ver.20, IBM Corp, Armonk, NY) paket programı ile yapıldı. Ortalama ve standart sapma (SS) gibi tanımlayıcı metotlar, istatistiki değerlendirme için kullanıldı.

Bulgular

Olguların ortalama takip süresi 19.1 ± 8.8 (dağılım, 9-37) ay; ortalama yaşı 10.6 ± 3.5 (dağılım, 6-15) yıl idi. Toplam 33 hastada (27 erkek, 6 kız) kırık 15 olguda sağ tarafta, 18 olguda ise sol tarafta



Resim 2: Radial eğim lokasyonu ve radial eğim indeksinin belirlenmesi: Radiusun distal ulnar kenarı ile bisipital tüberkül arasındaki hat belirlendi (kırmızı çizgi). Maksimum eğimin olduğu noktadan kırmızı hattı dik kesen ikinci bir hat belirlendi (sarı çizgi). Radial eğim lokasyonu; Maksimum eğim noktasının kırmızı hattaki izdüşümü ile radial tüberkül arasındaki (lacivert çizgi) mesafe (z) ile kırmızı hat uzunluğu (x) arasındaki orana göre belirlendi. Radial eğim indeksi; sarı çizgi uzunluğu (y) ile kırmızı hat uzunluğu (x) arasındaki oran (y/x) ile hesaplandı.

idi. Olguların 30' unda her iki önkol kemiği kırığı, 2 tanesinde izole radius ve 1 tanesinde izole ulna kırığı mevcuttu. 22 olguda AO sınıflamasına göre 22-D/5.1 (her iki önkol kemiğinin spiral veya oblik diafiz kırığı), 8 olguda 22-D/4.1 (her iki önkol kemiğinin transvers diafiz kırığı), 2 olguda 22r-D/4.1 (izole radius diafiz transvers kırığı) ve 1 olguda 22u-D/4.1 (izole ulna diafiz transvers kırığı) mevcuttu. 2 olguda, Gustilo - Anderson tip 1 açık kırık mevcuttu. Kırık anından, cerrahi tedaviye kadar geçen süre, ortalama 5,2 ± 5,7 (dağılım, 1-20) gün idi.

Onsekiz olguda (%54) cerrahi sırasında açık redüksiyon gereksinimi olmadı. Dört olguda her iki kemiğe olmak üzere, 7 olguda radiusa, 4 olguda ulnaya açık redüksiyon uygulandı.

Toplam 3 olguda (%9), majör komplikasyon gelişti. Bir olguya cerrahi sonrası 1. ayda redüksiyon kaybı nedeniyle, implant çıkartılmaksızın kapalı redüksiyon işlemi uygulandı. Bir olguda, implant çıkartılmasını takip eden 9. ayda gelişen refraktür nedeniyle plak ve vida ile tespit işlemi uygulandı. Bir diğer olguda ise kaynama gecikmesi nedeniyle 4. ayda plak ile revizyon cerrahisi uygulandı. Geriye kalan 30 olgunun tamamında komplikasyon olmaksızın tam supinasyon ve pronasyon açıklığı ile kaynama elde edildi. Ortalama implant çıkarma süresi 7.3 ± 3.8 ay idi.

Ortalama radial eğim noktası, radius uzunluğunun %63.8 ± 5.4' ünde konumlanmıştı. Ortalama radial

eğim indeksi 5.5 ± 1.2 idi. Tüm olgularda radial eğim indeksi normal sınırlarda (< 10) hesaplandı.

Tartışma

Pediatrik önkol kırıkları, sık karşılaşılan pediatrik yaralanmalardandır. Bu hastaların başlangıç tedavisi, konservatif tedavi olmakla birlikte olguların yaklaşık üçte birinde redüksiyon kaybı nedeniyle yeniden manipülasyon gerekir (14). Konservatif tedavinin başarısız olabildiği bu durumlarda cerrahi tedavi endikedir. Çalışmamız; pediatrik dönem önkol kırıklarının cerrahi tedavisinde İEÇ' nin kabul edilebilir komplikasyon oranı ve başarılı fonksiyonel sonuçları ile uygun bir tedavi seçeneği olduğunu ortaya koymaktadır.

Literatürde İEÇ ile tedavi edilmiş pediatrik önkol kırıklarında başarılı sonuçlar bildirilmiştir. Jubel ve ark. deplase önkol diafiz kırığı nedeniyle İEÇ tekniği uygulanan 51 hastanın değerlendirildiği ortalama 38 ay takipli prospektif çalışmalarında, 43 hastada (%84,3) mükemmel-iyi sonuç elde etmişlerdir. Aynı çalışmada 19 olguda (%37,2) komplikasyon izlenmiş olup en sık karşılaşılan komplikasyon yumuşak doku irritasyonu olarak bildirilmiştir (15). Benzer sonuçlar Kapoor ve Karaman' ın çalışmalarında da rapor edilmiştir (1, 16).

Pediatrik önkol kırıklarının tedavisinde intramedüller

çivileme, farklı tekniklerle yapılabilmektedir. Olgularımızda kullanılan kırık hattının açılmadan distal radius ve proksimal ulnadan ilk girişin yapıldığı teknik dışında, ilk girişin kırık hattından yapıldığı veya izole radiusun tespit edilerek ulnanın tespit edilmediği teknikler mevcuttur (5, 14). Literatürde, bu tekniklerin birbirine üstünlüğünü gösteren bir çalışma bizim dahilinde bulunmamaktadır. Buna karşın olgularımızda, kırık hatları açılmadan, iki kemiğin tespitini amaçlayan teknik, kaynama açısından daha güvenilir ve stabil olması nedeniyle tercih edilmiştir. Pediatrik kırıklarının İEÇ ile tedavisinde görülen komplikasyonlar; implant irritasyonu, enfeksiyon, osteomyelit, redüksiyon kaybı, kaynama gecikmesi, kaynamama, ekstansör tendon hasarı, radial sinir hasarı, yeniden kırık gelişimi ve kompartman sendromu olarak sıralanabilir (17, 18). Literatür gözden geçirildiğinde İEÇ sonrasında komplikasyon oranı %14,6 ile %42 arasında rapor edilmiştir (7). Çalışmamızdaki olgularda görülen %9 komplikasyon oranı, literatürden daha azdır. Elastik çivi uygulamalarında en sık görülen komplikasyonların implant çıkartılması ve implant irritasyonu gibi minör komplikasyonlardır (7). Çalışmamızdaki olgulardaki düşük komplikasyon oranı minör komplikasyonların göz ardı edilmesi kaynaklı olabilir. Stabil tespitin sağlanması için dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi seçilecek implantın çapıdır. Kullanılması gereken implant çapının, intramedüller kanal çapının %40'ından daha büyük olması gerekmektedir. Uygunsuz çapta implant seçimi; aksiyel deviasyon, kaynama gecikmesi gibi komplikasyonlara neden olmaktadır (10). Olgularımızda ameliyat esnasında bu duruma dikkat edilmiştir. Komplikasyon oranlarımızın göreceli olarak düşük olmasında bu husus etkili olabilir. Önkol kırıklarının tedavisinde dikkat edilmesi gereken noktalardan birisi de fizyolojik radial eğimdir. Fizyolojik radial eğimin sağlanması önkolun doğal pronasyon ve supinasyon hareketlerinin sağlanmasında kritik role sahiptir (13). Fizyolojik radial eğimin sağlanamaması; yetersiz kırık redüksiyonu ve intramedüller telin yetersiz bükülmesi ile ilişkilendirilmiştir (18). Literatürde maksimum radial eğimin radial uzunluğun %10'un altında olması gerektiği rapor edilmiştir (13). Olgularımızın tamamında normal sınırlarda fizyolojik radial eğimin elde edilerek tam pronasyon

ve supinasyon açıklığı elde edilmiştir. Önkol kırıklarının EIN ile tedavisinde en önemli sorunlardan birinin radial eğim noktasının anatomik restorasyonundaki zorluktur (19, 20) Shah ve ark. İEÇ tekniği ile tedavi edilmiş pediatrik önkol kırığı olgularında, radial eğim noktasının distale kaydığı bildirilmiştir (4). Radial eğim noktasının değişmesi, önkol rotasyonunun kaybı ile ilişkilendirilmiştir (12). Firl ve Wünsch maksimum radial eğim yerinin, radial uzunluğun yaklaşık %60'ına yakın bölgede lokalize olduğunu rapor etmiştir (13). Shah ve ark. elastik intramedüller implantlara eğim verilerek radial eğim noktasının restore edilebileceğini ifade etmişlerdir (4). Olgularımızda bu amaçla intramedüller implantlara doğal kavis verilmiştir. Çalışmamızda ortalama radial eğim noktası, radius uzunluğunun 63.8 ± 5.4 'ünde konumlanmış olup optimal konuma yakın restorasyon sağlanmıştır. İmplant çıkarma zamanı için literatürde net sınırlar bulunmamaktadır. Genel kabul edilen görüş dördüncü aydan itibaren çıkartılması yönündedir (3, 5, 14). Çalışmamızdaki olgulardan sadece 1 tanesinde implant çıkarmayı takiben 9. ayda refraktür görülmüştür. Bizim genel yaklaşımımız da implant çıkartılmasının literatürle uyumlu olarak cerrahi sonrası dördüncü aydan sonra yapılması yönündedir. Olgularımızda çivi çıkarma süresi geniş bir aralıktadır. Bunun nedeni hasta ailelerinin isteği ve randevuya gecikme gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmanın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Çalışmanın retrospektif tasarımı, ana kısıtlılığıdır. Minör komplikasyonların değerlendirilmemesi çalışmanın bir diğer kısıtlılığı olarak kabul edilebilir. Bununla beraber minör komplikasyonların ne olduğu konusunda yerleşik bir görüş yoktur. İmplant çıkarma prosedürü rutin olarak uygulanmakta bu olup bu durum komplikasyon olarak değerlendirilmemiştir. İmplant irritasyonu tanımı için cilt altında ele gelen implant gibi net bir tanımdan söz edilmesi güçtür. Klinik yaklaşımımızda, enfeksiyon riskinin azaltılması için, teller cilt altında bırakılmaktadır. Dolayısıyla çalışmamız majör komplikasyonların değerlendirilmesi üzerine tasarlanmıştır. Çalışmanın bir diğer kısıtlılığı da fonksiyonel skorlamanın yapılmamasıdır. Buna karşın olgu sayısının kabul edilebilir düzeyde olması ve radial eğimin radyolojik olarak objektif şekilde değerlendirilmesi çalışmanın

kuvvetli tarafları olarak tanımlanabilir.

Sonuç olarak çalışmamız, önkol kırıklarının tedavisinde, elastik kanal içi çivileme tekniğinin başarılı ve kabul edilebilir bir tedavi seçeneği olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla beraber konu ile ilgili prospektif, randomize ve daha geniş olgu sayılarını içeren çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Yazarlar herhangi bir finansal destek kullanmamış olup yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

1. Kapoor V, Theruvil B, Edwards SE, Taylor GR, Clarke NMP, Uglow MG. Flexible intramedullary nailing of displaced diaphyseal forearm fractures in children. *Injury*. 2005;36(10):1221-5.
2. Mann DC, Rajmaira S. Distribution of physeal and nonphyseal fractures in 2,650 long-bone fractures in children aged 0-16 years. *J Pediatr Orthop*. 1990;10(6):713-6.
3. Meriç G, Kişin B, Gem M, Şentürk İ, Uysal AE. Çocuk önkol kırıklarının cerrahi tedavisinde kanal-içi elastik çivileme; 23 hastanın geriye dönük analizi. *Balıkesir Sağlık Bilim Derg*. 2012;1(2):43-8.
4. Shah AS, Lesniak BP, Wolter TD, Caird MS, Farley FA, Vander Have KL. Stabilization of adolescent both-bone forearm fractures: a comparison of intramedullary nailing versus open reduction and internal fixation. *J Orthop Trauma*. 2010;24(7):440-7.
5. Kalenderer Ö, Ağuş H, Zincircioğlu G, Şanlı C. Çocuk önkol çift kırıklarında sınırlı kesiden açık redüksiyon ve intramedüller çivileme. *Artroplastik Artroskopik Cerrahi Dergisi*. 2002;13(3):164-8.
6. Fernandez FF, Egenolf M, Carsten C, Holz F, Schneider S, Wentzensen A. Unstable diaphyseal fractures of both bones of the forearm in children: plate fixation versus intramedullary nailing. *Injury*. 2005;36(10):1210-6.
7. Franklin CC, Robinson J, Noonan K, Flynn JM. Evidence-based medicine: management of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*. 2012;32 (Suppl 2):131-4.
8. Bowman EN, Mehlman CT, Lindsell CJ, Tamai J. Nonoperative treatment of both-bone forearm shaft fractures in children: predictors of early radiographic failure. *J Pediatr Orthop*. 2011;31(1):23-32.
9. Lascombes P, Prevot J, Ligier JN, Metaizeau JP, Poncelet T. Elastic stable intramedullary nailing in forearm shaft fractures in children: 85 cases. *J Pediatr Orthop*. 1990;10(2):167-71.
10. Lascombes P, Huber H, Fay R, Popkov D, Haumont T, Journeau P. Flexible intramedullary nailing in children: nail to medullary canal diameters optimal ratio. *J Pediatr Orthop*. 2013;33(4):403-8.
11. Slongo TF, Audige L. Fracture and Dislocation Classification Compendium for Children: The AO Pediatric Comprehensive Classification of Long Bone Fractures (PCCF) *J Orthop Trauma*. 2007;21(10):135-60.
12. Schemitsch EH, Richards RR. The effect of malunion on functional outcome after plate fixation of fractures of both bones of the forearm in adults. *J Bone Joint Surg Am*. 1992;74(7):1068-78.
13. Firl M, Wunsch L. Measurement of bowing of the radius. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(7):1047-9.
14. Alnaib M, Taranu R, Lakkol S, Aldlyami E, Alcelik I, Tulloch C. Radius-only intramedullary nailing for both-bones diaphyseal forearm fractures in children. *Acta Orthop Belg*. 2011;77(4):458-63.
15. Jubel A, Andermahr J, Isenberg J, Issavand A, Prokop A, Rehm KE. Outcomes and complications of elastic stable intramedullary nailing for forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop B*. 2005;14(5):375-80.
16. Karaman I, Halici M, Kafadar IH, Guney A, Oner M, Gurbuz K, et al. Mid-term results of the elastic intramedullary nailing in paediatric long bone shaft fractures: a prospective study of 102 cases. *J Pediatr Orthop B*. 2014;23(3):212-20.
17. Baldwin K, Morrison III MJ, Tomlinson LA, Ramirez R, Flynn JM. Both bone forearm fractures in children and adolescents, which fixation strategy is superior—plates or nails? A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Journal of orthopaedic trauma*. 2014;28(1):8-14.
18. Parikh SN, Jain VV, Denning J, Tamai J, Mehlman CT, McCarthy JJ, et al. Complications of elastic stable intramedullary nailing in pediatric fracture management: AAOS exhibit selection. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94(24):1-14.
19. Schemitsch EH, Jones D, Henley MB, Tencer AF. A comparison of malreduction after plate and intramedullary nail fixation of forearm fractures. *J Orthop Trauma*. 1995;9(1):8-16.
20. Reinhardt KR, Feldman DS, Green DW, Sala DA,

Widmann RF, Scher DM. Comparison of intramedullary nailing to plating for both-bone forearm fractures in older children. *J Pediatr Orthop.* 2008;28(4):403-9.