



Çocuklarda intramedüller çivileme yapılan ulna kırıklarında proksimal ulna epifiz hasarının değerlendirilmesi

Assessment of proximal ulnar epiphyseal injuries in pediatric ulnar fractures treated by intramedullary nailing

Bülent Adil Taşbaş,¹ M. Önder Delialioğlu,¹ Mustafa Açar,¹ Bülent Dağlar,¹
Kenan Bayrakçı,¹ Deniz Cılız,² Uğur Günel¹

Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, ¹4. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, ²Radyoloji Kliniği

Amaç: Çocuklarda radius ve ulna diyafiz kırıklarının intramedüller çivileme ile tedavisinde, ulna proksimal epifizi üzerinden ulnaya çivi gönderiminin geç dönemde epifiz hasarı oluşturup oluşturmadığı araştırıldı.

Hastalar ve yöntemler: Çalışmaya, önkol çift kırığı nedeniyle intramedüller çivileme yapılan ve en az iki yıl izlenen 14 hasta (10 erkek, 4 kız; ort. yaş 9.2; dağılım 6-12) alındı. Hastaların dirsek ve el bileği eklem hareket açıklıkları sağlam taraf ile karşılaştırıldı; iki önkol arasındaki uzunluk farkı klinik ve radyografik olarak araştırıldı. Klinik olarak, humerus lateral epikondili ile radial stiloit arasındaki uzunluk farkı değerlendirildi. Ulna proksimal epifizinin kontrolü için karşılaştırmalı dirsek manyetik rezonans grafileri çekildi.

Bulgular: Bütün kırıklarda ortalama 6.9 haftada (dağılım 5.8-10.5 hafta) radyografik ve klinik olarak kaynama gözlemlendi. Hiçbir olguda derin enfeksiyon, sinostoz, redüksiyon kaybı, damar-sinir-tendon yaralanması, kompartman sendromu, yeniden kırık, implant migrasyonu gibi komplikasyonlar görülmedi. Üç olguda gelişen ikinci derece çivi dibi enfeksiyonu antibiyotik tedavisiyle iyileşti. Klinik ve radyografik olarak iki önkol arasında uzunluk farkı oluşmadı. Karşılaştırmalı direkt radyografik görüntülerde ve manyetik rezonans kesitlerinde proksimal ulna epifizine ait belirgin bir patolojiye rastlanmadı.

Sonuç: Bulgularımız, çocuk ulna kırıklarında kullanılan ve proksimal ulna epifizi (olekranon) üzerinden gönderilen intramedüller çivinin, en az iki yıl izlem süresi içinde ulna proksimal epifizine zarar vermediği yönündedir.

Anahtar sözcükler: Kemik çivisi; çocuk; kırık fiksasyonu, intramedüller/yöntem; radius kırığı/cerrahi/radyografi; hareket açıklığı, eklem; ulna kırığı/cerrahi/radyografi.

Objectives: This study was designed to determine whether intramedullary nailing through the proximal ulnar epiphysis was associated with epiphyseal injuries in the long-term follow-up of pediatric diaphyseal radial and ulnar fractures.

Patients and methods: Fourteen patients (10 boys, 4 girls; mean age 9.2 years; range 6 to 12 years) were treated with intramedullary nailing for both-bone forearm fractures. The minimum follow-up was two years. The range of motion of the elbow and the wrist was compared with that of the normal side. Clinically and radiographically, length differences between the two forearms and the distance between the lateral epicondyle of the humerus and the radial styloid process were evaluated. The proximal ulnar epiphyses were compared by magnetic resonance images.

Results: Union was achieved in all the fractures within a mean of 6.9 weeks (range 5.8 to 10.5 weeks). None of the patients developed complications such as deep infection, synostosis, loss of reduction, vessel-nerve-tendon injuries, compartment syndrome, refractures, or implant migration. Second-degree pin tract infections seen in three patients were treated with antibiotic treatment. Clinically and radiographically, no length discrepancy was detected between the two forearms. Comparative direct radiographs and magnetic resonance images showed no signs of pathology involving the proximal ulnar epiphyses.

Conclusion: Our two-year follow-up data of pediatric ulnar fractures show that intramedullary nailing through the proximal ulnar epiphysis (olecranon) do not cause damage to the olecranon epiphysis.

Key words: Bone nails; child; fracture fixation, intramedullary/methods; radius fractures/surgery/radiography; range of motion, articular; ulna fractures/surgery/radiography.

• Geliş tarihi: 30.09.2003 Kabul tarihi: 23.09.2005

• İletişim adresi: Dr. Bülent Adil Taşbaş, Alaçam Sokak, No: 30-4, 06690 A. Ayrancı, Ankara.
Tel: 0312 - 310 30 30 / 2108 Faks: 0312 - 312 43 69 e-posta: btasbas@superposta.com

• (Taşbaş, Delialioğlu, Açar, Dağlar, Bayrakçı, Cılız) Uzm. Dr.; (Günel) Doç. Dr.

Çocuklarda sık olarak karşılaştığımız önkol çift kırıkları, genellikle konservatif yöntemlerle başarılı bir şekilde tedavi edilebilmektedir. Cerrahi girişim gereken durumlarda ise, özellikle son yıllarda artan sıklıkta kullanılmaya başlanan intramedüller çivileme yöntemi günümüzde birçok cerrah tarafından önerilmektedir.^[1,2] Bu yöntemde çivi gönderimi, radius kırıklarında distalden proksimale ve distal radius epifizinin korunmasına özen gösterilerek yapılırken, ulna kırıklarında proksimal ulna epifizi (olekranon) üzerinden giriş deliği açılarak yapılmaktadır.^[3,4]

Tüm ortopedi eğitimimiz boyunca epifizin önemi ve korunması konusunda aldığımız eğitimle çelişen bu durum, bizi bu konuyu araştırmaya yöneltti. Literatür taramalarımızda, intramedüller çivileme sonrası proksimal ulna epifizinin takibi üzerine yoğunlaşan bir yayına rastlamadık. Buna karşın, epifiz hasarlanmalarına yönelik çok sayıda deneysel ve klinik çalışmanın olması dikkat çekiciydi.

Bu çalışmada, çocuk yaş grubunda önkol çift kırığı nedeniyle intramedüller çivileme uyguladığımız olguları, ameliyat sonrası geç dönemde proksimal ulna epifizi hasarı yönünden değerlendirmeyi amaçladık.

HASTALAR VE YÖNTEMLER

Kliniğimizde, Haziran 1999 - Mayıs 2003 tarihleri arasında, önkol çift kırığı nedeniyle intramedüller çivileme yapılan ve en az iki yıl takip süresi olan 14 olgu (10 erkek, 4 kız; ort. yaş 9.2; dağılım 6-12) çalışmaya alındı. Kırık nedeni 10 olguda (%71.4) yüksekten düşme, iki olguda (%14.3) trafik kazası, iki olguda spor yaralanması idi. Çalışmaya sadece ulna ve radiusun orta 1/3'ünde kırık görülen olgular alındı. Kırık tipleri transvers veya oblikti; parçalı kırığı olan olgu yoktu. Olguların hiçbirinde ameliyat öncesinde nörovasküler kayıp saptanmadı. İki olguda (%14.3) Gustilo-Anderson sınıflamasına göre tip I açık kırık vardı.

Acil servise ilk başvuru sonrasında, tüm olgularda kapalı redüksiyon ve uzun kol sirküler alçıla- ma denendi. On bir olguda (%78.6) ilk yapılan kapalı redüksiyon başarılı olmadı; üç olguda (%21.4) ise poliklinik takibinde görülen redüksiyon kaybı nedeniyle ameliyat kararı alındı. Segmenter kırık, distal ve proksimal fragman arasında %50'den az kortikal temas, 10 dereceden fazla açılma, 10 dereceden fazla rotasyon ve takiplerde redüksiyon

kayıbı olması cerrahi tedavi endikasyonları olarak kabul edildi (Şekil 1).

Tüm olgularda, kırık hattı üzerinden uygulanan mini insizyonla gerçekleştirilen açık redüksiyonu takiben, önce radius distal epifiz proksimalinden distal epifiz korunarak, bir adet uygun kalınlıkta Steinmann çivisi gönderildi. Çivi kırık hattından proksimale doğru proksimal epifize kadar ilerletildi. Daha sonra, ulnadaki kırık hattından retrograd olarak ilerletilen ikinci bir çivi olekranondan çıkarıldı. Ulnanın redüksiyonunu takiben çivi antegrad olarak distale doğru ilerletildi. Çivi uçları proksimal ve distalde eğilerek cilt dışında bırakıldı (Şekil 2).

Tüm olgularda, ameliyat öncesi anestezi indüksiyonuyla başlayıp, ameliyat sonrası 48 saate kadar sürdürülen antibiyotik profilaksisi (sefazolin 0.5 gr 2x1) uygulandı. Ameliyat sonrasında hastalara uzun kol atel uygulandı. Ortalama 2.4 günde taburcu edilen olgular poliklinik kontrollerine çağrıldı. Kontrollerde kırık hattında ağrı olmaması, direkt röntgen grafisinde kallus dokusunun görülmesi ve kırık hattının kaybolması kaynama ölçütü olarak değerlendirildi. Ortalama 3.5 haftada dirsek ve el bileği egzersizlerine başlandı. Egzersiz yapılmadığı zaman kolun atel içinde korunması önerildi. Uzun kol atel kullanımı ameliyattan sonra ortalama altı hafta sürdürüldü. Çiviler ortalama dokuzuncu haftada poliklinik şartlarında çıkarıldı.

En az iki yıl süren izlem süresi sonunda olguların dirsek ve el bileği eklem hareket açıklıkları



Şekil 1. Bir olgunun ameliyat öncesi (a) ön-arka ve (b) yan önkol grafileri.

sağlam taraf ile karşılaştırıldı. Her iki önkol arasındaki uzunluk farkı klinik ve radyolojik olarak araştırıldı. Klinik olarak, humerus lateral epikondili ile radial stiloid arasındaki uzunluk farkı değerlendirildi. Ulna proksimal epifizinin kontrolü için karşılaştırmalı dirsek manyetik rezonans grafileri (MRG) çekildi. Çekilen direkt grafiler ve MRG kesitleri radyoloji ve ortopedi uzmanlarınca birlikte değerlendirildi.

BULGULAR

Bütün kırıklarda ortalama 6.9 haftada (dağılım 5.8-10.5 hafta) radyografik ve klinik olarak kaynama gözlemlendi. Sekiz yaş altında bu süre ortalama 6.2 hafta (dağılım 5.8-8.5 hafta), sekiz yaş üzerinde ise 7.1 hafta (dağılım 6.5-10.5 hafta) idi. Kaynamama veya geç kaynamaya rastlanmadı.

Tüm olgularda dirsek ve el bileğinde tam eklem hareket açıklığı elde edildi.

Hiçbir olguda derin enfeksiyon, sinostoz, redüksiyon kaybı, damar-sinir-tendon yaralanması,

kompartman sendromu, yeniden kırık, implant migrasyonu gibi komplikasyonlarla karşılaşılmadı. Üç olguda görülen ikinci derece çivi dibi enfeksiyonu antibiyotik tedavisiyle iyileşti.

Hiçbir hastada klinik ve radyolojik olarak iki önkol arasında uzunluk farkına rastlanmadı. Karşılaştırmalı direkt radyografilerde ve MRG kesitlerinde proksimal ulna (olekranon) epifizine ait belirgin bir patoloji görülmedi (Şekil 3).

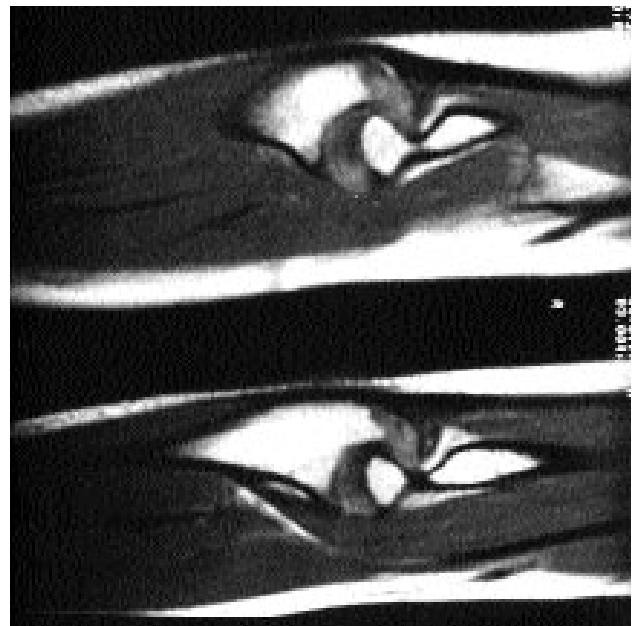
TARTIŞMA

Çocuk önkol kırıklarında genellikle anatomik redüksiyon aranmaması konservatif tedaviye eğilim yaratsa da, kaynama daha geç olacağı için uzun süre alçıda kalma zorunluluğu, okul programının aksaması, %6-10'a varan yeniden kırılma oranları nedeniyle cerrahi tedavi de önemini korumaktadır.

Açık redüksiyon ve kompresyon plakları ile fiksasyon etkili bir cerrahi yöntem olmakla birlikte, son yıllarda intramedüller çivileme de oldukça yaygın olarak tercih edilmeye başlanmıştır.^[2] Açık veya kapalı redüksiyon ile birlikte intramedüller tespit materyali olarak, çocuğun yaşı da göz önünde bulundurularak, uygun boylarda Steinmann çivileri,^[2] Rush çivileri,^[5] Kirschner telleri^[1,3] kullanılabilir. Elastik stabil intramedüller çiviler (titanyum veya çelik), daha güvenilir olması, uygulama kolaylığı, daha az morbiditeye neden olması ve



Şekil 2. Aynı olgunun ameliyat sonrası erken dönemde (a) ön-arka ve (b) yan önkol grafileri.



Şekil 3. Ameliyat sonrası ikinci yılda dirseğin karşılaştırmalı manyetik rezonans görüntüleri.

implant çıkarımı sonrası daha az komplikasyon görülmesi nedeniyle yaygın kabul görmüştür.^[6,7] Çok parçalı kırıklarda, geniş yumuşak doku defektlerinde, metafiz ve epifiz kırıklarında ise intramedüller çivileme kontrendikedir.^[2]

Intramedüller çivilerin kullanımındaki artışa karşın, bu tekniğin komplikasyonları ve bunların sıklığı, çivilerin ne zaman çıkarılmasının en uygun olduğu, çivi ucunun cilt altında mı yoksa cilt üstünde mi bırakılması gerektiği ve fizeal "arrest" potansiyeli üzerine bilgilerimiz yeterli değildir.^[8]

Önkol kırıklarında intramedüller çivinin temel avantajları uygulama kolaylığı ve daha az morbiditeye neden olmasıdır. Yetişkinlerde kaynamama oranları %6-20 olarak belirtilmişse de, bu oran çocuklarda daha düşüktür.^[9] Intramedüller çiviler, kırık hattında cilt sorunları plak uygulaması için yeterli insizyon yapmaya izin vermiyorsa, ileri derecede osteoporoz varsa, plak uygulamaya izin vermeyen segmenter kırık varsa, açık kırıklarda ve ameliyatın kısa sürede yapılması gerektiği multipl travmalı olgularda özellikle tercih edilmelidir. Kapalı yöntemle yumuşak dokuya daha az zarar verilmesi, enfeksiyon riskinin daha az olması, implantın lokal anesteziyle çıkarılabilmesi, kozmetik yönden daha iyi olması, implant çıkarıldıktan sonra boş vida delikleri gibi stres artırıcı bölgelerin olmaması ve buna bağlı olarak yeniden kırılmaların daha az görülmesi intramedüller çivinin diğer avantajlarıdır.

Araştırmacıların bir kısmı ameliyat sonrasında dış desteği tavsiye ederken, bir kısmı bunu gereksiz bulmuştur.^[1,3,4] Bazı yazarlar, önkol çift kemik kırıklarında bir kemiği (daha geniş çivi kullanma olanağı olduğu için tercihen ulnayı) intramedüller fikse ettikten sonra, eğer diğer kemik stabilse, çivileme uygulamadan alçılama önermişler ve ameliyat sonrası alçının önemine özellikle dikkat çekmişlerdir.^[2,9] Çalışmamızda, konservatif tedavinin getirdiği uzun süreli rijit alçılama, harekete geç başlama ve pansuman yapma güçlüğü gibi olumsuzluklardan kaçınmak için her iki kemiği de fikse etmeyi tercih ettik. Ameliyat sonrasında dış destek önermeyen yazarların aksine, biz eklem hareketlerinde kısıtlılığa neden olmadığı için uzun kol ateli tercih ettik.

Önkol kırıklarının intramedüller çivi ile tespiti çeşitli ameliyat teknikleri kullanılmıştır. Radius için Lister tüberküülü üzerinden, distal

epifizin hemen proksimalinden, dorsalateralden yapılan minimal cilt insizyonu veya direkt radial stiloid üzerinden giriş yöntemleri tanımlanmıştır.^[8] Ulnaya çivi gönderimi konusunda ise görüş birliği yoktur. Distal metafiz üzerinden^[10] ve proksimal metafiz üzerinden posteriordan^[6,11,12] giriş deliği oluşturmayı önerenler, bunu olası bir epifiz hasarının komplikasyonlarından sakınmak ve dirsekte ağrıyı önlemek için yaptıklarını belirtmişlerdir.

Bazı araştırmacılar öncelikle skopi kontrolü altında kapalı redüksiyon önermişlerdir.^[11] Birçok çalışmacı ise, eğer kapalı redüksiyon başarılı oluyorsa hastanın konservatif olarak tedavi edilebileceğini; ancak, çoğu olguda periosteum ve yumuşak dokuların fragmanlar arasına girmesi nedeniyle rotasyonun tam olarak düzeltilmeyeceğini öne sürerek direkt açık redüksiyon önermişlerdir.^[2] Ayrıca, açık redüksiyondan kaçınmak amacıyla yapılan kapalı redüksiyon sırasındaki aşırı manipülasyonların nörovasküler yapılar için risk oluşturduğu açıktır. Biz de, kapalı redüksiyonda başarılı olunamamasını ameliyat endikasyonu olarak değerlendirdiğimiz için, tüm olgulara açık redüksiyon uyguladık. Bazı çalışmalarda ise, olekranon tipinden antegrad girişim veya, bizim uyguladığımız gibi, kırık hattından olekranon tipine doğru önce retrograd, sonra antegrad çivi uygulamasının daha kolay olduğu ve ek komplikasyona neden olmadığı savunulmuştur.^[2,13] Verstreken ve ark.^[10] altı olguda ulna için distal yaklaşımı kullanırken, Lascombes ve ark.^[6] bunu sadece proksimal ulna kırıklarında kullandıklarını belirtmişlerdir.

Intramedüller çivilemede implant seçimi önemlidir. İmplantın mekanik dayanıklılığının yüksek olması, çocuklarda medulla dar olduğu için implantın ince olması, aynı zamanda çivi ucuna ve gövdesine uygun eğim verilebilecek şekilde elastik olması gerekmektedir. Kullandığımız Steinmann çivisinin fazla rijit olduğu ve rotasyonal stabiliteyi tam olarak sağlayamadığı ileri sürülmüştür.^[2] Özellikle dokuz yaşından küçük çocuklarda kullanabileceğimiz ince boyutlardaki (3.5-4 mm) Steinmann çivisi ile medullayı tam olarak doldurmak ve uygun konturu vermek mümkündür. Aksiyel stabilite ise, çocuklarda parçalı kırık nadiren görüldüğünden, kortikal fragmanlar tarafından kolaylıkla sağlanır. Aynı zamanda düz bir yüzeye sahip olduğundan, implantın ulna proksimal epifizin-

den geçirilmesi sırasında hasara neden olma olasılığı daha azdır.

Ulna proksimal sekonder ossifikasyon merkezi, erkeklerde 10, kızlarda sekiz yaşında direkt grafilerde görülmeye başlar. Epifizin kapanarak metafizle birleşmesi ise erkeklerde 15-17, kızlarda 14-15 yaşlarında olur. Proksimal ve distal fizisler longitudinal büyümeden, dolayısıyla kırık iyileşmesinden sonra oluşan "remodeling"den sorumludur. Proksimal radial ve ulnar fizisler longitudinal büyümenin sırasıyla %15 ve %20'sinden sorumludurlar. Bu da distal kırıkların daha fazla "remodeling" potansiyeline sahip olduğunu gösterir.^[14] Bu nedenle, diyafiz kırıklarında açılanmaya ve özellikle rotasyon derecesine dikkat etmek gerekir. Tüm yayınlarında, büyüme kapasitesi yüksek olan distal fizislere hasar vermekten kaçınılması gerektiği vurgulanmıştır. İntramedüller çivinin distal fizislerin hemen proksimalinden retrograd olarak proksimal fizislere dek gönderilmesinin veya ulna için proksimal metafizin posteriorundan giriş deliği açılmasının en güvenli yöntemler olduğu bildirilmiştir.^[2,5] Olası komplikasyonlardan kaçınmak için ameliyat tekniğinin zorlaştırılması, ameliyat süresini uzatırken başka istenmeyen olayları da beraberinde getirebilmektedir. Olası bir epifiz hasarından korunmaya çalışmak mantıklıdır; ancak, direkt ulna proksimal epifizinden geçirilen çivinin epifizde hasara neden olduğu konusunda kesin bir bilgi bulunmamaktadır.

Klasik bilgi olarak, epifiz hasarının çivideki yivlere, çivi ile epifiz hattı arasındaki açıya, çivinin fizisdeki yerine ve çivinin çekilme süresine bağlı olduğu hatırlanmalıdır.^[15] İntramedüller çivilemede, yivsiz bir çivinin fizise dik olacak şekilde, fizisin merkezinden geçirilmesi ve çivinin oldukça kısa süre tutulması, teorik olarak, epifize hasar olasılığını en aza indirmektedir. Burada tartışılması gereken, intramedüller çivileme tekniğinin, kolay uygulanabilirlik, ucuzluk ve daha az invaziv bir girişim olması gibi avantajlarının karşılığının epifiz hasarı gibi ağır bir bedeli olup olmadığıdır. Şüphesiz bu kolaylıkla göze alınabilecek bir risk değildir. İntramedüller çivilemenin daha çok erken çocukluk çağında tercih edildiği düşünüldüğünde, olası bir erken epifiz kapanmasının sonuçlarının ne derece kötü olacağı daha iyi anlaşılabilir.

Çocuklarda olekranon kırıklarından sonra olekranon epifizinden geçirilen Kirschner teli ile yapılan gergi bandı yönteminin komplikasyonu olarak

epifiz hasarına nadiren rastlandığı; ancak, bunun fonksiyon kaybına yol açmayacağı belirtilmiştir. Kaldı ki, ulna diyafiz kırıklarındaki intramedüller çivilemede, sadece tek bir Kirschner teli daha uygun açıyla epifizden geçirilebilmektedir.^[16]

Bilindiği gibi, ulnanın en geniş yeri proksimal metafizi, radiusun ise distal metafizidir. Bu bölgelerden açılacak giriş deliğinin stres artırıcı etkileri çok düşük düzeyde olacaktır. Medullanın en geniş yeri bu bölgelerde olduğu için, çivi ilerletilirken karşı kortekse zarar verme riski de en aza indirilmiş olacak; ancak, hiçbir zaman çivinin direkt olekranon üzerinden medulla boyunca ilerletilmesi kadar pratik olmayacaktır.

Radiusu fikse ederken giriş deliği oluşturmak için bir çalışmada kanüllü dril kullanılması önerilmiştir.^[17] Oysa, olgularımızda fizise dik yerleştirdiğimiz, yivsiz, ince, tek bir Steinmann çivisi hem epifize hasar vermediği için hem de uygulama kolaylığı sağladığı için tercih edilmesi gereken yöntemdir. Çivinin cilt dışında bırakılmasıyla, cilt iritasyonu yapma etkisi ortadan kaldırılmış, dirsek hareketlerini kısıtlayıcı etkisinden kaçınılmış ve 4-6 hafta gibi kısa bir süre sonunda çekilmesiyle yine epifizi koruyucu yönde çaba gösterilmiş olur.

Shoemaker ve ark.^[8] distal ve proksimal ulnar ve distal epifizden geçirilen Kirschner teli ile 28 olguda intramedüller çivileme uygulamışlar, çivinin tutulduğu ortalama 8.5 hafta içinde hiçbir olguda fizeal "arrest" durumuyla karşılaşmamışlardır. Yung ve ark.^[18] aynı yöntemle intramedüller çivileme uyguladıkları 52 olguda, Choi ve ark.^[19] ise fizisi çaprazlayarak Kirschner teli uyguladıkları, radius distal uç kırıklı 157 olguda fizeal "arrest"e rastlamamışlardır. Bu sonuçlar, distal epifizden implant geçirilmesinin güvenilirliği konusunda yol göstericidir.

Epifiz "arrest"i tanısında fizik muayene, direkt grafiler, bilgisayarlı tomografi, MRG ve sintigrafiden yararlanır. Direkt grafide epifizin şeklinde bozulma, bazen de barlar görülebilir. Özellikle erken tanıda ve tedavinin planlanmasında MRG'nin önemli yeri vardır. Olgularımızı direkt grafi ve MRG incelemeleri ile değerlendirdik.

Sonuç olarak, çalışmamızın bulguları, çocuk ulna kırıklarında kullanılan kapalı/açık intramedüller çivinin ulna proksimal epifizine zarar vermediği yönündedir. Bu tür cerrahi girişimlerin, erkeklerde 15-17, kızlarda 14-15 yaşlarında kapanan

proksimal ulna epifizine zarar verip vermediğinin gösterilebilmesi için daha uzun süreli takipleri içeren çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Luhmann SJ, Gordon JE, Schoenecker PL. Intramedullary fixation of unstable both-bone forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1998;18:451-6.
- Pugh DM, Galpin RD, Carey TP. Intramedullary Steinmann pin fixation of forearm fractures in children. Long-term results. *Clin Orthop Relat Res* 2000; (376):39-48.
- Roy DR, Crawford AH. Operative management of fractures of the shaft of the radius and ulna. *Orthop Clin North Am* 1990;21:245-50.
- Kay S, Smith C, Oppenheim WL. Both-bone midshaft forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1986; 6:306-10.
- Cullen MC, Roy DR, Giza E, Crawford AH. Complications of intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1998;18:14-21.
- 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;10:167-71.
- Vrsansky P, Bourdelat D, Al Faour A. Flexible stable intramedullary pinning technique in the treatment of pediatric fractures. *J Pediatr Orthop* 2000;20:23-7.
- Shoemaker SD, Comstock CP, Mubarak SJ, Wenger DR, Chambers HG. Intramedullary Kirschner wire fixation of open or unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1999;19:329-37.
- Van der Reis WL, Otsuka NY, Moroz P, Mah J. Intramedullary nailing versus plate fixation for unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1998; 18:9-13.
- Verstreken L, Delronge G, Lamoureux J. Shaft forearm fractures in children: intramedullary nailing with immediate motion: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 1988;8:450-3.
- Richter D, Ostermann PA, Ekkernkamp A, Muhr G, Hahn MP. Elastic intramedullary nailing: a minimally invasive concept in the treatment of unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1998;18:457-61.
- Waseem M, Paton RW. Percutaneous intramedullary elastic wiring of displaced diaphyseal forearm fractures in children. A modified technique. *Injury* 1999;30:21-4.
- Amit Y, Salai M, Chechik A, Blankstein A, Horoszowski H. Closing intramedullary nailing for the treatment of diaphyseal forearm fractures in adolescence: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 1985;5:143-6.
- Noonan KJ, Price CT. Forearm and distal radius fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg* 1998;6:146-56.
- Boyden EM, Peterson HA. Partial premature closure of the distal radial physis associated with Kirschner wire fixation. *Orthopedics* 1991;14:585-8.
- Gicquel P, Giacomelli MC, Karger C, Clavert JM. Surgical technique and preliminary results of a new fixation concept for olecranon fractures in children. *J Pediatr Orthop* 2003;23:398-401.
- Gao H, Luo CF, Zhang CQ, Shi HP, Fan CY, Zen BF. Internal fixation of diaphyseal fractures of the forearm by interlocking intramedullary nail: short-term results in eighteen patients. *J Orthop Trauma* 2005;19:384-91.
- Yung SH, Lam CY, Choi KY, Ng KW, Maffulli N, Cheng JC. Percutaneous intramedullary Kirschner wiring for displaced diaphyseal forearm fractures in children. *J Bone Joint Surg [Br]* 1998;80:91-4.
- Choi KY, Chan WS, Lam TP, Cheng JC. Percutaneous Kirschner-wire pinning for severely displaced distal radial fractures in children. A report of 157 cases. *J Bone Joint Surg [Br]* 1995;77:797-801.