



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ A.D.**

**ÖNKOL ÇİFT KIRIĞI NEDENİYLE İNTRAMEDÜLLER K TELİ İLE
TESPİT UYGULANAN ÇOCUK ve ADOLESANLARA AİT KLİNİK ve
RADYOLOJİK SONUÇLARIN RETROSPEKTİF OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dr. Ümit TOPRAK
UZMANLIK TEZİ**

**KIRIKKALE
2011**



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ A.D.**

**ÖNKOL ÇİFT KIRIĞI NEDENİYLE İNTRAMEDÜLLER K TELİ İLE
TESPİT UYGULANAN ÇOCUK ve ADOLESANLARA AİT KLİNİK ve
RADYOLOJİK SONUÇLARIN RETROSPEKTİF OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dr. Ümit TOPRAK
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Mehmet TÜRKER**

**KIRIKKALE
2011**

Uzmanlık öğrencisinin adı: *Dr. Ümit TOPRAK*

Çalışmanın Başlığı: Önkol Çift Kırığı Nedeni ile İntramedüller K Teli ile Tespit Uygulanan Çocuk ve Adolesanlara Ait Klinik ve Radyolojik Sonuçların Retrospektif Olarak Değerlendirilmesi

Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesinde “Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanlık Eğitimi” çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıda belirtilen jüri üyeleri tarafından uzmanlık tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 27.05.2011

Prof. Dr. Fatih EKŞİOĞLU
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi
Ortopedi ve Travmatoloji A. D.
Jüri Başkanı

Doç. Dr. Özgür ÇETİK
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi
Ortopedi ve Travmatoloji A. D.
Üye

Yrd. Doç. Dr. Mehmet TÜRKER
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi
Ortopedi ve Travmatoloji A. D.
Üye

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	iv
ŞEKİLLER ve RESİMLER.....	v
TABLolar.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	x
GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Tarihçe.....	3
2.2. Önkol Anotomisi.....	4
2.3. Çocuklarda Önkol Kırıkları.....	17
2.4. Önkol Kırıklarının Oluş Mekanizması.....	21
2.5. Klinik Değerlendirme.....	22
2.6. Radyografik Değerlendirme.....	23
2.7. Pediatrik Önkol Çift Kırıklarının Tedavisi.....	24
GEREÇ VE YÖNTEM.....	36
3.1. Etik Kurul Onayı.....	36
3.2. Çalışma Grubunun Seçimi.....	36
3.3. Değerlendirme Parametreleri.....	36
3.4. İstatistiksel Analiz.....	37
BULGULAR.....	38
TARTIŞMA.....	51
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR.....	63

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince her konuda anlayış ve desteğini esirgemeyen, bana gerekli olanakları sağlayan, güler yüzünü ve desteğini hep yanımda hissettiğim, eğitimimize uygun ortam sağlayan değerli hocam Prof. Dr. M. Fatih EKŞİOĞLU'na sonsuz teşekkür ederim.

Deneyim ve bilgilerini bizimle paylaşan ve tezimin tamamlanmasındaki büyük yardımlarından dolayı tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mehmet TÜRKER'e teşekkür ederim.

Deneyimlerini bizimle paylaşan ve her konuda yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Özgür ÇETİK'e ve Yrd. Doç. Dr. Meriç ÇIRPAR'a teşekkür ederim.

Ayrıca uzmanlık yıllarıma başladığım ilk dönemlerinde beraber çalışma imkanı bulduğum ve bize her konuda yardımcı olan, birikimlerini bize öğreten, eğitimim süresi içerisinde emekli olan sevgili hocam Prof. Dr. M. Murad USLU'ya sonsuz teşekkür ederim.

Birlikte çalışmaktan dolayı mutluluk duyduğum çalışma arkadaşlarım Op.Dr. Hakan Turan ÇİFT'e, Op. Dr. Mahmut ARI'ya, Op. Dr. Cemal Serdar DENİZ'e, Dr. Seyfi Cem ÖZÜAK'a, Dr. Mehmet YALÇINOZAN'a, Dr. Arif ASLAN'a, Dr. Serhat DURUSOY'a ve Dr. Hüseyin Fatih SEVİNÇ'e teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her aşamasında yanımda olan desteklerini esirgemeyen ve varlıklarıyla da bana daima güç veren sevgili eşim Haslet TOPRAK'a, çocuklarım Onur, Emre, Beren'e ve benim hep yanımda olan aileme sonsuz teşekkürler.

Saygılarımla,

Dr. Ümit TOPRAK

Kırıkkale-2011

SİMGELER ve KISALTMALAR

Maks	:	Maksimum
Med	:	Medyan
Min	:	Minimum
Ort	:	Ortalama
OTA	:	Orthopaedics Trauma Association
SS	:	Standart sapma
SPSS	:	Statistical Packages for the Social Science
A.R.	:	Açık Redüksiyon
K.R.	:	Kapalı Redüksiyon
İ.M.	:	İntramedüller

ŞEKİLLER ve RESİMLER

- Şekil 2.1.** Sağ önkola ait radius (solda) ve ulnanın (sağda) anterior ve posterior görünüşleri
- Şekil 2.2.** Proksimal radioulnar eklemin yapılışını
- Şekil 2.3.** İnterosseöz membran
- Şekil 2.4.** Distal radioulnar eklem ve diğer el bilek eklemleri
- Şekil 2.5.** Pronator ve supinatorların kırığa etkisi
- Şekil 2.6.** Plastik deformasyon (A), torus (buckle) kırığı (B) ve yeşil ağaç kırığı (C) ve oluş mekanizmaları
- Şekil 2.7.** Deformasyon ve kuvvet arasındaki ilişkiyi gösteren grafik; elastik cevap sınırının altındaki zorlanmalarda kırık oluşmaz fakat plastik deformasyon meydana gelir. Kuvvet artınca kırıkla sonuçlanır
- Şekil 2.8.** Radial tüberkülün görüntülenmesi. Humerus kondilleri filmde eşit uzaklıkta olmalıdır ve el vertikal planda uzatılır (altta). Supinasyon ve pronasyonun değişik derecelerinde radial tüberkülün görünümü
- Şekil 4.1.** Olguların yaşları (küçükten büyüğe)
- Şekil 4.2.** Olguların cinsiyet, kırık ekstremité taraf ve kırık lokalizasyonuna ait pasta grafikleri
- Şekil 4.3.** Olguların AP ve lateral radyografilerde ameliyat öncesi ve sonrası açılanma derecelerine ait çubuk grafiği
- Resim 2.1.** Kapalı redüksiyonu takiben alçı uygulamasının kalitesini değerlendirmek amacıyla kullanılan alçı indislerinden biri (alçı indisi =x/y)
- Resim 4.1.** Olgu no 1; A-İlk başvuru fotoğrafları. B-İlk başvuru radyografileri. C-Cerrahi sonrası radyografiler. D-Son kontrol radyografileri ve E-Son kontrol fotoğrafları (üstte lateral ve altta posteroanterior radyografiler).
- Resim 4.2.** Olgu no 2; A- İlk başvuru radyografileri. B-Cerrahi sonrası radyografiler. C -Son kontrol radyografileri ve E-Son kontrol fotoğrafları (üstte lateral ve altta posteroanterior radyografiler).

Resim 4.3. Olgu no 3; **A**-İlk başvuru fotoğrafı. **B**-İlk başvuru radyografileri. **C**-Kapalı redüksiyon ve alçılama sonrası radyografiler. **D**-Cerrahi sonrası radyografiler. **E** -Son kontrol radyografileri ve **F**- Son kontrol fotoğrafları (üstte lateral ve altta posteroanterior radyografiler).

Resim 4.4. Olgu no 4; **A**-İlk başvuru radyografileri. **B**-Kapalı redüksiyon ve alçılama sonrası radyografiler. **C**-Cerrahi sonrası radyografiler. **D** -Son kontrol radyografileri ve **E**- Son kontrol fotoğrafları (**A** dışında üstte lateral ve altta posteroanterior radyografiler).

TABLÖLAR

- Tablo 2.1.** Orthopaedic Trauma Assosiation (OTA) kırık sınıflaması
- Tablo 2.2.** Redükte edilen kırığın deplase olması ile ilişkili risk faktörleri.
- Tablo 3.1.** Postoperatif değerlendirme ölçütleri
- Tablo 4.1.** Olguların yaş ortalaması ve cinsiyet dağılımları
- Tablo 4.2.** Olguların cinsiyet, kırık ekstremite taraf ve kırık lokalizasyonu dağılımları
- Tablo 4.3.** Olguların etiyolojik faktörlere göre dağılımları
- Tablo 4.4.** Olguların hastanede yatış, takip, atel uygulama ve K teli çekilme süreleri
- Tablo 4.5.** Olguların K-tellerinin çekilme şekli
- Tablo 4.6.** Uygulanan cerrahi teknikler
- Tablo 4.7.** Olguların kırık ekstremite ve diğer ekstremitelere ait el kavram kuvvetleri
- Tablo 4.8.** Olguların AP ve lateral radyografilerde ameliyat öncesi ve sonrası açılanma dereceleri
- Tablo 4.9.** Olguların cerrahi sonrası etkilenen önkol supinasyon ve pronasyon dereceleri

ÖZET

Toprak Ü. Önkol Çift Kırığı Nedeniyle İntramedüller K Teli ile Tespit Uygulanan Çocuk ve Adölesanlara Ait Klinik ve Radyolojik Sonuçların Retrospektif Olarak Değerlendirilmesi. Kırıkkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Kırıkkale, 2011.

Giriş: Çocuk ve adolesanlardaki önkol çift kırıklarının büyük çoğunluğu kapalı redüksiyon ve alçılama ile tedavi edilebilmektedir. Çocuklardaki önkol çift kırıklarının cerrahi stabilizasyonu gerektiğinde, intramedüller çivileme tekniği kullanılabilir. Bu tedavinin uygulanma nedeni, karmaşık işlevleri olan bu iki kemiği tespit etmektir.

Amaç: Bu çalışmanın amacı, kapalı redüksiyonu başarısız olan instabil diafizial önkol çift kırıkları, intramedüller K teli tespit yöntemi ile tedavi edilen çocuk ve adolesanların klinik ve radyolojik sonuçlarını retrospektif olarak gözden geçirmektir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya, dominant (n=10) veya dominant olmayan (n=13) ekstremitesinde tam önkol çift kırığı tedavi edilen, yaşları 5-16 yıl arasında (ortalama yaş 11.17 yıl; 21 erkek ve 2 kadın) olan 23 hasta dahil edildi. Alçı tespitinin ilk 7 günü içinde redüksiyon kaybindan sonra, redüksiyonu takiben K teli kullanılarak intramedüller tespit yapıldı. Bütün hastaların başlangıç ve izlemin on ikinci ayına ait klinik ve radyolojik değerlendirmeleri yapıldı. Radius ve ulnanın açılanmasını değerlendirmek amacıyla anteroposterior ve lateral radyografilerden ölçümler yapıldı. Fonksiyonel sonuçlar, Wilson-Krout kriterlerine göre değerlendirildi.

Bulgular: Yirmi üç hastanın tellerinin postoperatif dönemde çıkartılması için geçen ortalama süre 46.7 (aralık 41-75 gün) gündü. Cerrahi sonrası anteroposterior ve lateral radyografilerden ölçülen radial ve ulnar açılanmalar, cerrahi öncesi ölçümlerden anlamlı derecede düşüktü (tüm karşılaştırmalar için $p<0.001$). Cerrahi sonrası on ikinci ayda ölçülen tüm açılanmalar 5° veya daha düşüktü. Dominant önkol kırıklarında, postoperatif dönemde kırık ekstremitel el kavrama kuvveti ile diğer ekstremitel el kavrama kuvveti değerleri arasında anlamlı fark yoktu ($p=0.175$). Dominant olmayan önkol kırıklarında, postoperatif dönemde kırık ekstremitel el kavrama kuvveti, diğer ekstremitel el kavrama kuvvetinden anlamlı derecede düşüktü ($p=0.005$). Etkilenen önkol rotasyon kısıtlılıkları hem supinasyon (4.61 ± 1.34 derece) hem de pronasyon (5.04 ± 1.22 derece) için normal sınırlardaydı. Fonksiyonel sonuçlar 23 hastanın tamamında (% 100) mükemmeldi. Olguların 8'inde implanta bağlı cilt irritasyonu gelişti (%34.7). İki hastada yüzeysel doku enfeksiyonu gelişti

(%8.6). Hastaların hiçbirinde nöropraksi veya telin çıkartılmasından sonra açılanma, yeniden kırılma, ekstremitte boyunda farklılık gelişmedi.

Sonuç: Önkol ift kırıklarının alçı tespiti ile tedavisi sırasında redüksiyon kaybı olduğunda uygulanan K teli ile intramedüller fiksasyon, mükemmel anatomik ve fonksiyonel sonuçlar sağlayan güvenilir bir tedavidir.

Anahtar Sözcükler: İntramedüller ivileme, önkol çift kırıkları, çocuklar ve adolesanlar.

ABSTRACT

Toprak Ü. Retrospective Evaluation of Clinical and Radillogical Results From Children and Adolescents Treated with Intramedullary K-wire Fixation for Both-bone Forearm Fractures. Kirikkale University, Faculty of Medicine, Department of Orthopaedics and Traumatology. Thesis of Speciality, Kirikkale, 2011.

Introduction: The majority of both-bone forearm fractures in children and adolescents can be treated with closed reduction and casting. When operative stabilization of forearm fractures in children is necessary, intramedullary nailing tehniqe can be used. The reason of this treatment is to stabilize the radius and ulna which have the complicated function.

Objective: Aim of the study was to retrospectively review the clinical and radiological results from children and adolescents with treated with intramedullary K-wire fixation method for unstable diaphyseal both-bone forearm fractures for which closed reduction has been unsuccessful.

Material and Method: Twenty three patients between 5-16 years of age (mean age 11.17 years; 21 male and 2 female), who were treated for complete both-bone forearm fractures-of dominant (n=10) or non-dominant (n=13) limbs- were included. Intramedullary fixation was performed following reduction using K-wires after failure of initial reduction of both-bone forearm fractures during first seven days of cast treatment. All patients were available for clinical and radiologic assessments at baseline and twelfth month of follow up. Anteroposterior and lateral measurements from radiographies accounted for the angulation of the radius and ulna. Functional results were assessed using the Wilson-Krout criteria.

Results: Removal of the nails was undertaken in all 23 patients at a mean of 46.7 days (range 41-75 days) post-operatively. Radial and ulnar angulations measured postoperatively from anteroposterior and lateral radiographies were significantly lower than those measured preoperatively ($p < 0.001$ for all dual comparisons). All angulations measured at postoperative twelfth month are equal or less than 5° . The grip strength mean of dominant forearm fractures was similar to that of non-dominant one ($p = 0.175$). The grip strength mean of non-dominant forearm fractures was significantly lower than that of dominant one ($p = 0.175$). The rotational restrictions for both supination (4.61 ± 1.34 degree) and pronation (5.04 ± 1.22 degree) of affected forearms were within normal limits. Functional results were excellent in all 23 patients (100%). Eight patients developed skin irritation (34.7%). Two patients developed

superficial tissue infection (8.6%). None of the patients developed neurapraxia, or after removal of the nail, angulation, refracture or extremity length discrepancy.

Conclusion: Intramedullary fixation with K-wire for reduction losses during cast treatment of both-bone forearm fractures is a safe treatment providing excellent anatomic and functional results.

Key Words: Intramedullary fixation, both-bone forearm fracture, children and adolescents.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Çocukluk çağında sık görülen yaralanmalardan biri olan önkol kırıklarının en sık nedeni evde veya ev çevresinde düşmedir (1). Önkol çift kırıkları çocukluk çağındaki yaralanmaların % 45'ini, üst ekstremité kırıklarının da % 62'sini oluşturur (2, 3). Önkol çift kırıkları, tüm pediatrik kırıkların % 3.4'ü ve üst ekstremité kırıklarının % 26'sını oluşturmaktadır (4, 5).

Kırık iyileşmesi süreci, hastanın yaşına bağılı olarak bazı değişkenlikler gösterir (6). Çocukların kemiklerindeki kalın periost kemiğın deplase olmasını güçleştirir ve özellikle enine kemik büyümesini sağlar (6). Büyüme çağındaki çocuklarda kırıklar daha çabuk iyileşir ve rezidüel aksiyel deformiteler kendiliğinden düzelir (7, 8).

Pediatrik hasta grubunda, önkol çift kırıklarının büyük bölümü kapalı redüksiyon ve alçılama ile etkin bir biçimde tedavi edilebilmektedir (9). Önkol çift kırıklarının %1.5-31'inde ise kapalı yöntemle başarılı redüksiyon sağlanamamakta ve cerrahi girişim gerekmektedir (10-14).

Pediatrik önkol kırıklarının cerrahi stabilizasyonunda en sık kullanılan teknikler, açık redüksiyon+plak ve vidayla internal fiksasyon ve intramedüller çivilemedir (15-19). İntramedüller çivilemenin avantajları, kozmetik düzelme, sınırlı yumuşak doku diseksiyonu, kısa cerrahi süresi, implantların çıkartılmasının kolaylığı ve implantlar çıkartıldıktan sonra kısa sürede aktif yaşama dönülmesi olarak sayılabilir (20, 21). Ek olarak, normal sınırlarda kemik uzunluğu ve hizalama sağlanabilmesi, yüksek kaynama oranları ve fonksiyonel önkol rotasyonuna olanak tanınmasıdır (12, 22-27).

Çocuk önkol kırıklarındaki rezidüel açısal deformiteler ve rotasyonel yanlış hizalanmalar, önkol supinasyon ve pronasyonunu belirgin biçimde etkileyebilmektedir (28). Kullanılan cerrahi tekniğe göre değişkenlik göstermekle birlikte, önkol çift kırıklarının cerrahi tedavisi sonrasında kompartman sendromu gibi majör ve/veya kötü yara iyileşmesi gibi minör komplikasyonlar gözlenmektedir (10, 23, 24, 29-33). Örneğın, önkol orta 1/3'teki kırıklarda 15-20 derecelik rezidüel angulasyon önkolda belirgin rotasyon kaybına neden olmaktadır (34).

İntramedüller çivileme tekniği ile tedavi edilen önkol çift kırıklarında kaynama süreleri (veya intramedüller çivinin çıkartılma süreleri), 4.5 ile 8.5 hafta arasındadır (10, 32, 33).

İntramedüller çivileme sonrası açılanmayı değerlendiren açılanmanın normal sınırlarda olduğu çalışmalar yanında (31, 33), açılanmanın normatif değerlerden farklı olduğunu bildiren çalışmalar da vardır (29).

Önkol çift kırıklarında intramedüller çivileme tekniğini değerlendiren çalışmaların çoğunda önkol rotasyon (pronasyon ve/veya supinasyon) kısıtlılığı saptanmıştır (10, 23, 29, 31, 33). Bir çalışmada intramedüller çivileme sonrası önkol rotasyonunda herhangi bir kısıtlılık gözlenmemiştir (32).

Fonksiyonel sonuçları değerlendiren çalışmalarda farklı değerlendirme ölçütleri kullanılmaktadır (23, 35, 36). Ancak, bu çalışmalar karşılaştırılabilir düzeyde ölçüt farklılıkları göstermektedir. Çalışmaların çoğunda, önkol çift kırığı uygulanan çocuklarda uygulanan hastalarda intramedüller çivileme sonrasında fonksiyonel kayıpların geliştiği gösterilmiştir (24, 32, 33).

Bu çalışmanın amacı; kliniğimizde 5-16 yaş grubu önkol çift kırığı nedeniyle intramedüller K teli tespit sonuçlarını retrospektif olarak değerlendirmektir.

Beş-on altı yaşlar arasındaki çocuklarda gözlenen önkol çift kırıklarında “intramedüller K teli ile tespit” tekniğinin, plak vida ve çapraz K teli gibi diğer osteosentez uygulamalarına hem kaynama hızı, hem komplikasyon azlığı bakımından üstün bir yöntem olduğu hipotez edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

Çocuklarda önkol kırıkları hem çağdaş dönemin hem de antik dönemin ortak kırıklarından olup paleolitik periyottan kalan bir çocuğun önkolundaki posttravmatik deformite bunun en eski örneğidir (37). Orta çağa ait arkeolojik raporlar önkol kırıklarının tespit edildiğini ve iyi tedavi edildiklerini göstermektedir (38).

Avusturyalı cerrah Lorenz Böhler (1885-1973) kırık tedavisi konusunda dünya çapında etkin bir bilim adamı olarak bilinmektedir (39, 40). 1920'lerin sonunda 'Kırıkların Tedavisi' adlı önemli kitabını yayımlamıştır (40). Böhler, önkolun 1/3 distal kırıklarında deformitenin arttırılması ve kırık uçlarının birleştirilmesi şeklindeki redüksiyon tekniklerinin etkili olduğunun farkına varmıştır. Orta kısım ve 1/3 proksimal kırıklarında redüksiyon için uzunlamasına traksiyon metodu uygulamıştır (41).

Amerikalı Willis Campbell (1880-1941), 1939 yılında "Operative Orthopaedics" adlı kitabında 11-12 yaşlarında bir çocuğun önkol 1/3 distal kırığının açık redüksiyon ve internal fiksasyonunu tarif etmiştir. Campbell, önkoldaki her iki kemiğin kırıklarında konservatif yöntemlerle kabul edilebilir hizalama veya fiksasyon elde edilemezse iskelet traksiyonu veya açık redüksiyon uygulanabileceğini belirtmiştir (43).

İngiliz Sir John Charnley (1911-1982), önkol redüksiyonu için horizontal traksiyon yerine vertikal traksiyon metodunu savunmuştur. Ayrıca, üç nokta molding pamuk ve alçılı sargıyı geliştirmiştir (43).

Amerika'dan Walter Blount (1900-1992), neredeyse tüm çocuk kırıklarında gerekmedikçe cerrahi seçeneklerden uzak durulması gerektiğini savunmuştur (43).

K-teli, 1935 yılından itibaren, diz, femur başı ve dirsek kırıklarının dislokasyonunun redüksiyonunda kullanılan bir yöntemdir [44-46]. Günümüzde temel kullanım alanı olan el kırıklarındaki kullanımı 1937 yılında başlamıştır. Kirschner telleri, çivilerden farklı olarak, yumuşak doku ve kemik irritasyonu görece az olan bir fiksasyon aparatlarıdır [47].

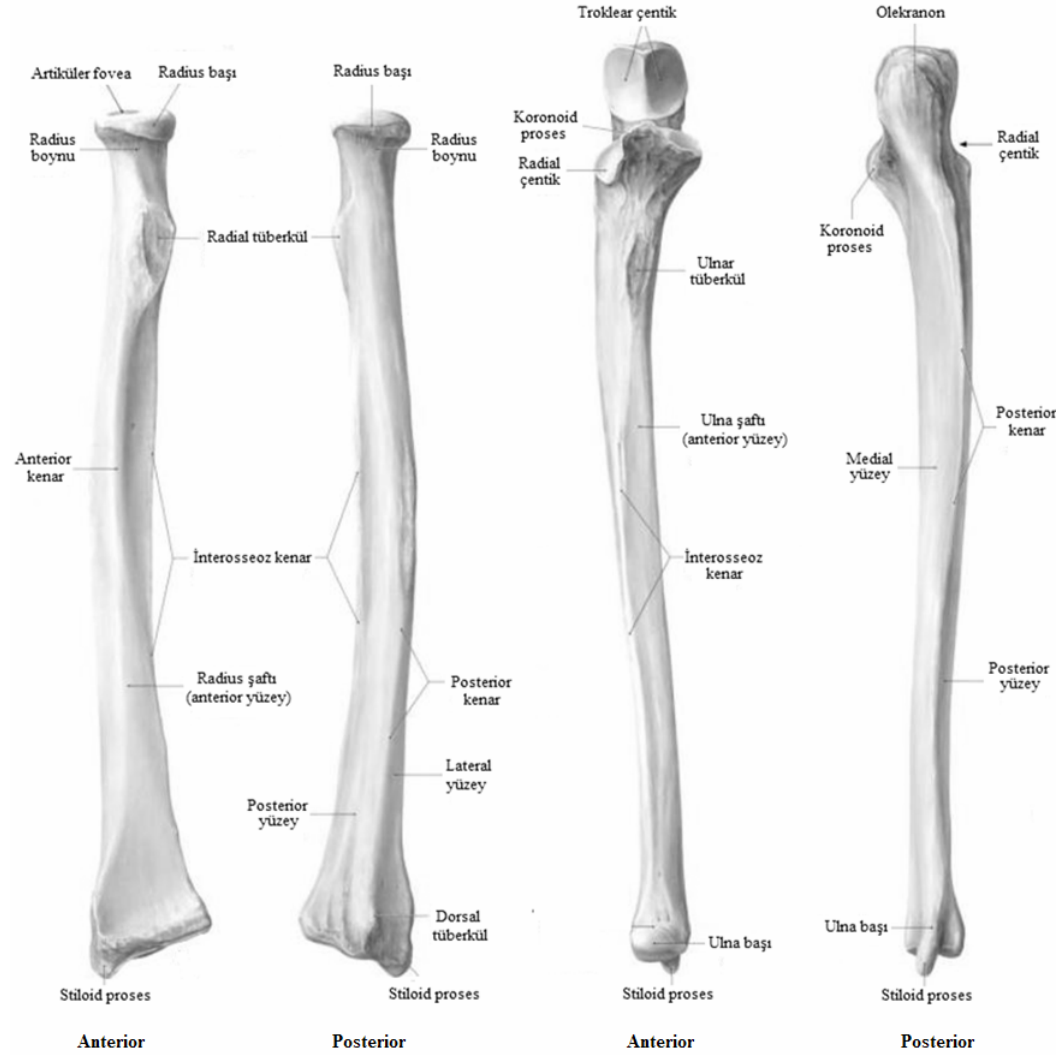
2.2.Önkol Anatomisi

Önkol, dirsekten el bileğine ulaşan iki kemik içerir. Radius ve ulna olarak adlandırılan bu iki kemik anatomik pozisyonda birbirine paraleldir. Bu kemikleri interosseoz membran birleştirir. Bu membran ince olmakla beraber oldukça sağlam bir yapıya sahiptir. Önkol kemiklerini bir arada tutar ve bazı derin önkol kasları için yapışma yeri sağlar. Ulnanın humerusla yaptığı eklem radiusun yaptığı eklemden daha sıklıdır. Radiusun distale doğru genişleyen yapılışı el bilek kemikleriyle daha iyi temas sağlar. Ulna başı distal uçta, radius başı proksimal uçtadır (**Şekil 2.1**) (44, 45).

2.2.1. Radius

İki önkol kemiğinden küçük olanıdır. Adını tekerlek parmaklığına benzerliğinden almıştır. Proksimal uç, disk biçimli bir başa ve düz silindirik bir boyna sahiptir. Boynun distalinde, tüberkül olarak adlandırılan oval bir çıkıntısı vardır. Radius cismi proksimalden distale doğru kalınlaşır ve hafif lateral konveksiteye sahiptir. Cisim, proksimal $\frac{3}{4}$ 'ünde anteriora doğru konkav ve distal $\frac{1}{4}$ 'ünde yassıdır. Radiusun anterior oblik çizgisi radial tüberkül bölgesinden cisim boyunca konveksitenin en büyük olduğu bölgeye kadar uzanır. Cisim medial kenarı interosseos membranın tutunması için keskinliği olan bir yuvarlak lateral kenara sahiptir (**Şekil 2.1**) (44, 45).

Radiusun distal ucu distal radioulnar eklemi oluşturmak üzere ulna başının oturduğu medial ulnar çentiğe sahiptir. Radius distal ucu lateralde yavaş yavaş incelerek piramidal stiloid çıkıntıyı oluşturur. El bileği ve karpal kemiklerle eklem yapmak üzere radius distal ucunun inferior yüzü düz ve konkavdır. Radius distal ucun posteriorunda dorsal tüberkül vardır (**Şekil 2.1**) (44, 45).



Şekil 2.1. Sağ önkola ait radius (solda) ve ulnanın (sağda) anterior ve posterior görünüşleri (Schuenke, M., et al., *The Bones of Upper Limb: Radius and Ulna*, in *Atlas of Anatomy: General Anatomy and Musculoskeletal System*. 2006, Georg Thieme Verlag: Berlin. p. 218) (46).

2.2.2. Ulna

Önkolun uzun kemiğidir. Bu prizmatik kemik, olekranon üst çanağı, koronoid proçesin alt çanağı ve trokleanın ağızı taklit ettiğı bir boru anahtarına benzetilebilir. Olekranon ve koronoid çıkıntı aynen boru anahtarının boruyu tuttuğı gibi humerusun trokleasını tutar. Proksimal uç; olekranon, küçük yuvarlak distal uca, koronoid, göre daha büyüktür. Koronoid çıkıntının laterali disk şeklindeki radius başı için küçük sığ radial çentiğı sahiptir. Radial çentiğın inferiorunda supinatör kasa tutunacak yer sağlayan üçgen supinatör fossa mevcuttur. Bu fossa posteriordan supinatör kreste bağlıdır. Koronoid proçesin düzensiz anterior yüzü pürtüklüdür ve distalde önkolun esas fleksör kası olan brakialisin yapıştığı tüberositas çıkıntısında sona erer (**Şekil 2.1**) (44, 45).

Ulnanın gövdesi proksimalde kalındır. Çıkıntılı lateral kenarı, interosseos kenar, interosseos membranın yapıştığı yerdir. Ufak ve narin olan ulna distal ucu yuvarlak baş ve konik stiloid çıkıntıya sahiptir. Stiloid çıkıntı distale doğru radius stiloid proçesinin 1 cm proksimaline kadar uzanır. Ulna distal ucu lateralde radiusun ulnar çentiğıyle eklem yapacak konveks eklem yüzeyine sahiptir (**Şekil 2.1**) (44, 45).

2.2.3. Önkolun Yüzeyel Anatomisi

Radius başı ekstansiyondaki dirsek ekleminin posterolateralinde humerus lateral epikondilinin hemen lateralinde palpe edilebilir ve rotasyonu hissedilebilir. Radial stiloid proçes üstünü örten tendonlar gevşekken el bileğinin lateralinde kolaylıkla palpe edilebilir. Ulnar stiloidin 1 cm distalindedir. Radius ve ulnanın bu çıkıntılarının birbiriyle ilişkisi el bileğindeki bir kısım yaralanmanın tanısında önemlidir. Radial stiloid çıkıntının proksimalinde anterior lateral ve posterior radius yüzleri palpe edilebilir. Radiusun distal yarısının lateral yüzü kolayca palpe edilebilir. Ulnanın olekranon ucu kolayca palpe edilebilir. Gevşek deri örtüsü sıklıkla dirsek üzerinde daha kalındır. Ulnanın posterior kenarı cilt altında tüm uzunluğu boyunca palpe edilebilir. Palpasyonla humerus medial epikondil posteriorundan geçtiğı yerden ulnar sinir yuvarlak bir kablo gibi hissedilebilir. Ulna başı el bileği dorsal yüzün medial kısmında kolayca görülecek ve hissedilebilecek şekilde geniş ve yuvarlak ciltaltı çıkıntı oluşturur. Ulna stiloid çıkıntıda da cilt altında olup özellikle el supinasyonda iken başın distalinde hafifçe palpe edilebilir (44).

2.2.4. Proksimal Radioulnar Eklem, İnterosseoz Membran ve Distal

Radioulnar Eklem

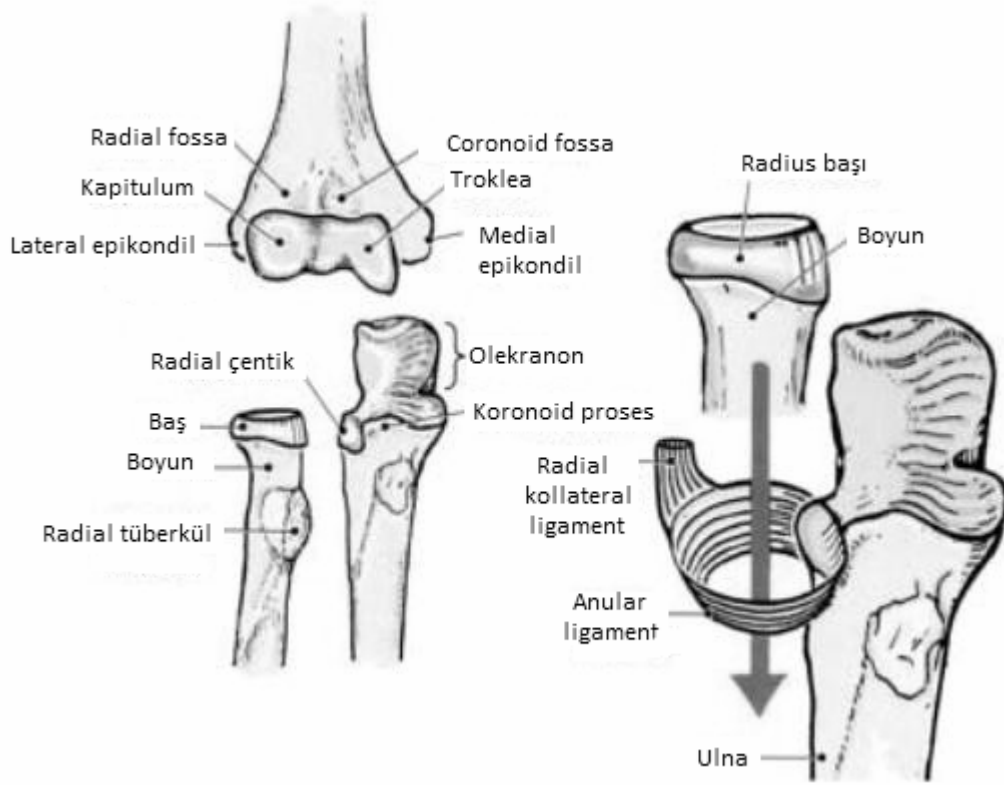
Proksimal ve distal radioulnar eklemler, herbiri için proksimal ve distal sonlanımlı sinovyal eklemlerdir. Önkolda supinasyon ve pronasyon yapan pivot tipi bir sinovyal eklemdir. Radius ve ulnanın interosseos kenarları interosseos membranla birleştirilmiştir. Ayrıca, oblik kordla da bağlıdır. İnterosseos membran radius tüberositasının 2-3 cm distaline yapışan, radius ve ulna kemikleri arasında uzanan güçlü fibröz bir banttır. Ayrıca önkol kemikleri arasında güçlü fakat esnek bir bağlantı sağlar. Önkolun derin kasları için proksimal yapışma yerleri mevcuttur. Ulnanın radial çentiği ile radius boynunun medial yüzeyi arasında uzanan zayıf fibröz tabaka kuadrat ligament olarak adlandırılır. Bu ligament sinovyal membranı atlar ve belki de onu destekliyebilir (47).

Oblik kord radius tüberositasının biraz distalinden ulna tüberositasının lateral sınırının inferolateraline uzanan fibröz bir banttır. İnterosseos membrandaki lifleri sağa açılıdır. Bu kord her zaman olmayabilir ve fonksiyonel görevi tam olarak bilinmemektedir (47).

2.2.4.1. Proksimal Radioulnar Eklem

Pivot tip bir eklem olup radiusa ulna üzerinde dönme hareketi yapmasına izin verir. Radius başının eklem yüzü ile ulnanın radial çentiği arasındadır. Radial çentiğin ön ve arka kenarına bağlı U şeklinde güçlü annüler bağ ile tutunur (47).

Bu eklemin fibröz kapsülü dirsek eklemine çevreleyen fibröz kapsülle devam eder. Sinovyal kapsül dirsek ekleminde çizgili fibröz kapsül şeklinde devamıdır. Radius boynunda kese şeklinde oyuk olarak sinovyal zar ile kaplı olarak annüler ligamentinin derin yüzü devam eder. Bu düzenleme sinovyal kapsülde yırtılma olmadan annüler bağ içinde radiusu döndürmeyi sağlar. Proksimal radioulnar eklem ve sinovyal boşluklar birbiriyle ilişkilidirler (47) (**Şekil 2.2**).



Şekil 2.2. Proksimal radioulnar eklemin yapılışı (Tank, P.W., *Extensor region of the forearm*, in *Grant's Dissector*, P.W. Tank, Editor. 2009, Wolters Kluwer Health: Philadelphia. p. 47-53) (48).

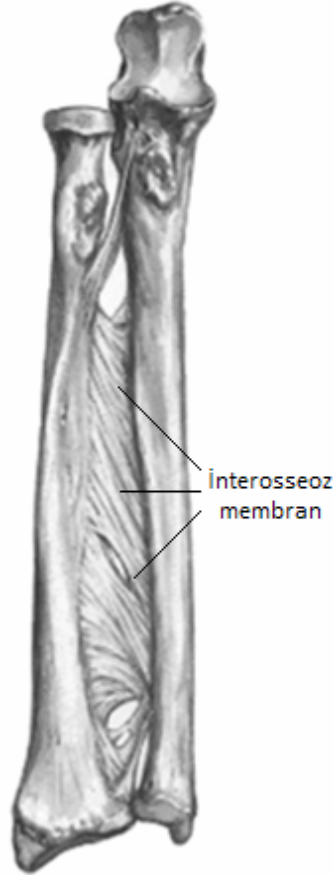
2.2.4.2. İnterosseoz Membran

İnterosseoz membran; aksesuar bantlar, membranöz bölüm, bir santral bant ve bir proksimal interosseoz banttandır oluşmaktadır (49-53). Bunlardan santral bant, en sağlam ve homojen yapıdır (53-56). Santral bant, özellikleri patellar tendona benzeyen güçlü bir ligamanttir (57). Santral bant, radiusun proksimal üçte birinden orijin alır ve ulnanın distal dörtte birine yapışır. Lifleri, ulnanın uzun eksenine ile 21°'lik açı yapar (58) (**Şekil 2.3**).

Aksesuar bantlar sayı ve kalınlıkları varyasyon gösteren, lif yönelimi bakımından santral banta benzer. Santral bantın arkasında uzanan yumuşak ve ince olan yapı membranöz bölümdür. Proksimal interosseoz bant, tek ve kalın bir kord biçiminde olup interosseoz membranın dorsal yüzeyinde bulunur. Bu yapı, ulnanın proksimal çeyreğinden orijin alır ve radiusun orta bölümüne yapışır (59) (**Şekil 2.3**).

İnterosseoz membranın temel görevleri; radius ve ulna arasında stabilizasyonu sağlamak, yükün radiustan ulnaya iletilmesi ve yumuşak bir önkol

rotasyonuna olanak sağlamaktır (49, 51, 52, 60). Santral bant radioulnar stabiliteye ve radius ile ulna arasındaki yük transferine en fazla katkıda bulunan oluşumdur (61).



Şekil 2.3. İnterosseoz membran (Netter Human Anatomy Atlas, F.H. Netter, Editor. 1997, Ciba-Geigy Corporation) (62).

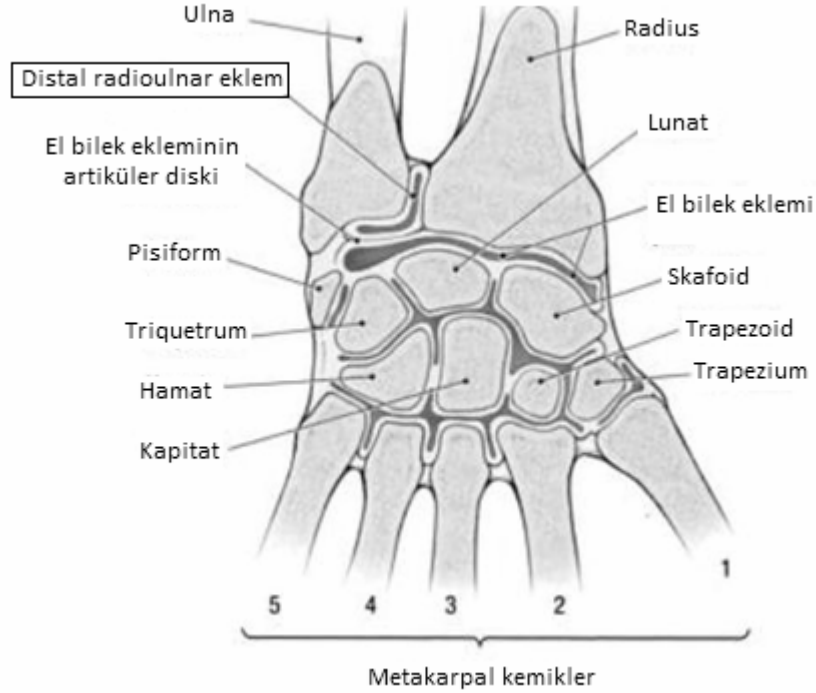
2.2.4.3. Distal Radioulnar Eklem

Pivot tip bir sinovyal eklemdir. Radius ulnanın göreceli olarak sabitlenmiş inferior ucu etrafında hareket eder.

Ulna başının yuvarlak tarafı radiusun distal ucunda distal çentikle eklem yapar. Fibrokartilajinöz artiküler bir disk, radius ve ulna uçlarını birbirine bağlar ve eklem yapısının esas birleştiricisidir. Artiküler diskin tabanı, radiusdaki ulnar çentiğin medial köşesine ve apeksi ulna stiloid proses tabanı lateral tarafına yapışır. Bu üçgen diskin proksimal yüzeyi ulna başı distal yüzeyiyle eklem yapar. Böylece koronal düzlemde eklem boşluğu L- şekindedir. Artiküler disk distal radioulnar eklem boşluğunu el bilek eklem boşluğundan ayırır (47) (**Şekil 2.4**).

Fibröz kapsül eklemi örter. Bu anterior ve posterior eklem yüzeylerinden radiustan ulnaya uzanan göreceli olarak zayıf transvers bantlarca oluşturulur.

Sinovyal membran, fibröz kapsül artiküler disk proksimal yüzeyini örter. Sinovyal kapsül kese şeklinde radius ve ulna arasında proksimalde kısa bir yol kateter. Bu sinovyal katlantı, kapsülün radius distal ucuna girip, sabitçe fikse ulna distal ucu etrafında önkol pronasyon hareketine yardımcı olur (47).



Şekil 2.4. Distal radioulnar eklem ve diğer el bilek eklemleri (Tank, P.W., *Extensor region of the forearm*, in *Grant's Dissector*, P.W. Tank, Editor. 2009, Wolters Kluwer Health: Philadelphia. p. 47-53) (48).

2.2.4.4. Radioulnar Eklem Hareketleri

Bu eklemdaki hareketler önkol ve el pronasyon supinasyon hareketlerini sağlar. Pronasyon; önkol fleksiyondayken avuç içini posterior veya inferiora döndürür. Supinasyon; önkol fleksiyondayken avuç içini anterior veya süperiora döndürür. Bu hareketlerin aksı proksimalde radius başı merkezinden distalde artiküler disk apeksinin ulna başına yapışma bölgesinden geçer. Pronasyon ve supinasyonda esas dönen radiusdur. Radius başı, annuler ligamentinin oluşturduğu kap şekilli halka ve ulnanın radial çentiği arasında döner. Distalde radius ucu ulna başı etrafında döner (47).

Pronasyon ve supinasyon proksimal ve distal radioulnar eklemlerde oluşan özel hareketlerdir. Bu hareketler değişik yollarla meydana gelebilir. Fakat sıklıkla radius distal ucunu ulna distal ucu üzerine döndürürken aynı zamanda ulnayı radius

distal ucu yerini almasını sağlayacak şekilde ankenous kası ile ulnayı abduksiyona getirerek oluşur (47).

Önkolun esas pronatoru, pronator teres ve pronator kuadratusdur. Pronator kuadratus esas pronatordur. Pronator kuadratusun eylemine pronator teres ani ve kuvvetli pronasyonla destek verir (47).

2.2.4.5. Radioulnar Eklemlerin Kanlanması ve İnnervasyonu

Proksimal radioulnar eklemi besleyen artiküler arterler el bileği bölgesindeki anastomozlardan köken almakla beraber, distal radioulnar eklemi besleyenler anterior ve posterior interosseöz arterlerden köken alır (47).

Proksimal radioulnar eklem sinirleri esas olarak muskulokütan, median ve radial sinirlerden köken alır. Distal radioulnar eklem sinirleri ise anterior ve posterior interosseöz sinirlerden köken alır (47).

2.2.5. Önkolun Kasları

Bu kaslar dirsek ve el bilek eklemlerinde ve el parmaklarında aktivite gösterirler. Önkolun proksimalinde humerus medial ve lateral epikondillerinin inferioruna yapışır. Bu kasların tendonları önkolun distal kısmına uzanır ve el parmaklarına kadar devam eder. Bu kaslar fleksör-pronator ve ekstansör-supinatör gruplar olarak bölünebilir. Fleksör-pronator grup humerus medial epikondilinden başlayarak ortak fleksör tendonu oluştururlar. Ortak fleksör eklenti olarak adlandırılırlar. Ekstansör-supinatör grup lateral epikondilden ortak bir tendon olarak başlar ve ortak ekstansör eklenti adını alır (44).

Derin fleksör ve ekstansör kaslar ulna ve radius gövdesinin anterior ve posteriorundan orjin alır. Ekstansör ve fleksör gruplar posteriora birbirinden ayrıldığı çizgi ulnadır, öyle ki olekranondan el bileğine kadar hissedilir. Tüm fleksör tendonlar el bileğinde anteriorda lokalizedir ve bunların çoğu fleksör retinakulum tarafından çevrelenmiştir. Bu fleksör retinakulum önkolun derin fasyasının kalınlaştığı yerdir. Önkol anteriorda fleksör-pronator kaslar 8 adet olup 3 fonksiyonel kas grubuna ayrılır (44). Bunlar:

- 1) Ulna üzerinde radiusa rotasyon yaptıran kaslar (bunlar önkol ve eli pronasyona getiren kaslar, pronator teres ve pronator kuadratus),
- 2) Eli fleksiyona getiren kaslar (fleksör karpi ulnaris, fleksör digitorum ve palmaris longus),

3) Parmakları fleksiyona getiren kaslar (fleksör digitorum süperfisyalis, fleksör digitorum profundus, fleksör pollisis longus).

Önkol anterior kasları 3 kas tabakasına ayrılır, bu tabakalar ve içerdikleri kaslar aşağıda sıralanmıştır (44):

1) Süperfisyal tabaka:

- Pronator teres
- Fleksör karpi radialis
- Palmaris longus
- Fleksör karpi ulnaris

2) Orta tabaka:

- Fleksör digitorum süperfisyalis

3) Derin tabaka:

- Fleksör digitorum profundus
- Fleksör pollisis longus
- Pronator kuadratus

Derin tabaka ile orta ve yüzeysel tabakayı derin fasyanın septumu ayırır.

Önkol posterior bölümünde 11 kas vardır. Fonksiyonel olarak 3 grupta sınıflandırılır. Bunlar (44):

1) El-el bileği ekstansör kasları (ekstansör karpi radialis longus, ekstansör karpi radialis brevis, ekstansör karpi ulnaris)

2) Medial 4 parmağın ekstansör kasları (ekstansör digitorum, ekstansör indisis, ekstansör digiti minimi)

3) Başparmağın ekstansör kasları (abduktör pollisis longus, ekstansör pollisis brevis, ekstansör pollisis longus)

Genellikle tanı için yüzeysel ve derin ekstansör gruplara bölünür. Ekstansör kasların yüzeysel olan 4 tanesi (ekstansör karpi radialis brevis, ekstansör digitorum, ekstansör digiti minimi, ekstansör karpi ulnaris) ortak ekstansör tendon oluşturmak için birleşirler. Bu yapı humerus lateral epikondilin hemen yanındaki fasyaya ve humerusun lateral suprakondiler bölgesine yapışır. Ortak ekstansör tendonların orijini olarak bilinir. Brakioradialis ve ekstansör karpi radialis longus kasları lateral

suprakondiler bölgenin süperior ve inferior bölümlerinin üst kısmına yapışır. Brakioradialis kası el bileği eklemının önkoldaki fleksörüdür. Bu kas ekstansör kaslara katılır çünkü bu kas radial sinir tarafından innerve edilir. Kubital fossanın lateral duvarını oluşturduğundan dolayı kubital bölgedeki kaslardan biri olarak ifade edilir (44).

Ekstansör kasların tendonları lateral kısımda yer alır, dorsumunda, osseofibröz kanallar içerisinde ekstrasinovyal kılıflar içerisinde yatar. Bu kılıflar ekstansör tendonlar ve bu kanalların duvarları arasındaki sürtünmeyi engeller. Ekstansör tendonlar güçlü fibröz bant içine yerleşiktir, bu bant ekstansör retinakulum olarak adlandırılır. Ekstansör retinakulum lateralde radius distalinde sonlanır, medialde ulna stiloid proçesi, trikuetrum ve psiforme kemiklere tutunur. El-elbileği hiperekstansiyonda iken ekstansör retinakulum uzun ekstansör tendonların yaylanmasını engeller (44).

Önkolun posterior veya ekstansör kasları 2 guba ayrılır. Bunlar (44):

1) Yüzeyel kaslar:

- Brakioradialis
- Ekstansör karpi radialis longus
- Ekstansör karpi radialis brevis
- Ekstansör digitorum
- Ekstansör digiti minimi
- Ekstansör karpi ulnaris

2) Derin kaslar:

- Abduktor pollisis longus
- Ekstansör pollisis brevis
- Ekstansör pollisis longus
- Ekstansör indisis

2.2.6. Önkol Arterleri

Önkolun ana arterleri genellikle brakial arter terminal dalları olarak kubital fossa alt kısmında radius boynunun karşısında ulnar ve radial arterler olarak ortaya çıkar (44).

2.2.6.1. Radial Arter

Radial arter pulsasyonu önkol fleksör ve ekstansör bölümleri arasında anterolateral bölgede hissedilebilir. Brakioradialis yana çekildiğinde arter tüm uzunluğunca görülebilir. Radial arter önkol distal bölüme kadar kas üzerinde ilerler. Radial arter radius ön yüzünde uzanır ve burada sadece cilt ve fasya ile örtülüdür, radial nabız kontrolü için ideal bir konumdadır (44).

Önkolda radial arter yönü radial stiloid proçesin medialinden kubital fossaya çizilen çizgi doğrultusundadır. Radial arter, lateral yönde etrafında dolanarak önkoldan ayrılır el bileğinden anatomik enfiye kutusunun zeminine geçer (44).

Anastomozlaşan radial kollateral arter ile radial rekürren arter dirsek etrafında periartiküler anastomozlar içinde derin kol arterine katılır (44).

Radial arterin palmar ve dorsal dalları, palmar ve dorsal karpal arkusları oluşturan, ön ve arka interosseos arterin ulnar arter ve terminal dallarının ilgili dalları ile anastomoz yaparak el bilek etrafında periartiküler arteriyal anastomoza katılır (44).

2.2.6.2. Ulnar Arter

Ulna başının ön kısmında uzanan fleksör karpi ulnaris tendonu lateral kısmında ulnar arter nabzı palpe edilebilir. Ulnar sinir, ulnar arterin medial tarafındadır. Önkolda meydana gelen ulnar arter dalları dirsekte periartiküler anastomoza katılır ve median ve ulnar sinir ortak fleksör kılıfındaki önkol medial ve merkezdeki kaslara ulaşır. Ön ve arka ulnar rekürren arter, böylece dirsek periartiküler arterial anastomoza katılan sırasıyla alt ve üst ulnar kollateral arterler ile anastomozlaşır. Ön ve arka ulnar rekürren arter, ön ve arka dallar olarak görülebilir. Ortak interosseos arter, ulnar arterin kısa dalı, kubital fossa distal kesiminden doğar ve hemen anterior ve posterior interosseos arterlere ayrılır. Anterior interosseos arter distale geçerken, ön interosseos sinir ile doğrudan interosseos membranın anterior tarafında seyrederken , posterior interosseos arter posterior interosseos sinir grubu içerisindeki yüzeysel ve derin ekstansör kasların katmanları arasında seyreder. Nispeten küçük posterior interosseos arter orta 3. posterior kompartmanı besleyen başlıca arteriyal yapıdır. Dolayısıyla distal önkolun sonunda anterior interosseos arter pronator kuadratusun proksimal sınırında interosseos membranı delip geçer. Ulnar arterin isimsiz kas dalları başlıca fleksör-pronator grup olmak üzere önkolun iç tarafındaki kasları besler (44).

2.2.7. Önkolun Sinirleri

Önkolun sinirleri median, ulnar ve radial sinirlerdir. Anterior fasyal kompartmanın siniri median sinirdir. Radial sinir kubital bölgede görülmekle beraber hemen posterior kompartmana girer. Kütanöz dalları bir yana önkolun anterior bölümünde median ve ulnar sinir olmak üzere yalnız 2 adet sinir vardır (44).

2.2.7.1. Median Sinir

Median sinir, önkola brakial arterin yanında girer. Brakialis kasının üstüne yatar ve pronator teres kasının iki başı arasından girer. Fleksör digitorum süperfisyalisin derinine inen kas-fasya kılıfıyla yakın ilişkilidir. Fleksör digitorum profundus kasının yanında distale devam eder. El bileğine yakın fleksör digitorum süperfisyalis ve fleksör karpi radialis tendonları arasından girer, yüzeyeldir. Median sinir palmaris longus tendonunun derinindedir (44).

Median sinirin kolda dalı yoktur. Önkol ve elde dalı vardır. Anterior interosseos sinir, kubital fossa distal bölümünde median sinirden çıkar. İnterosseos membranın inferioruna geçer. Fleksör digitorum profundus ve fleksör pollicis longus kasları arasında seyrederek ve pronator kuadratus kasına ulaşır. Bu 3 kası innerve eder, bununla beraber fleksör digitorum profundus kasının yarısını ulnar sinir innerve eder. Pronator kuadratus kasının derinine geçer ve sonunda el bilek eklemine artiküler dal gönderir (44).

2.2.7.2. Ulnar Sinir

Ulnar sinir humerus medial epikondil posteriorundan girdikten sonra fleksör karpi ulnaris kasının iki başı arasından önkola girer. Önkolun ortasında ulnar arterle bulunduğu fleksör digitorum profundus kasının derinine iner. Sonra fleksör karpi ulnaris tendonunun lateralinden arterin medialinden girer. Önkolun distal bölümünde ulnar sinir diğerlerine nazaran yüzeyeldir, sadece fasya ve cilt ile örtülüdür. Ulnar arterle birlikte fleksör retinakulumun yüzeyinden geçer ve derin fasyayı deler, lateralde psiforme ve hamatumun çengeli arasında seyrine devam eder. Ulnar sinir ve arter için olan bu geçit fleksör retinakulum katmanıyla kaplı olup klinik olarak guyon kanalı adı verilir (44).

Ulnar sinirin kolda dalı yoktur. Önkol ve elde verdiği dallar;

Artiküler dal, medial epikondil ve olekranon arasındaki oluktan dirsek eklemine geçer.

Musküler dal, fleksör digitorum profundusun medial yarısı ve fleksör karpi ulnarisini innerve eder (44).

Palmar kutanöz dalı önkol ortasında ulnar sinirden ayrılarak avuç içinin medial taraf cildini innerve etmek üzere derin fasyayı distal 1/3' nde deler (44).

Dorsal kutanöz dalı önkol distal yarısında ulnar sinirden ayrılır, fleksör karpi ulnaris ve ulna arasından posteroinferiora geçer. Elin medial taraf posterior yüzünü innerve eder (44).

2.2.7.3. Radial Sinir

Radial sinir kolda brakialis ve brakioradialis kasları arasında seyrederek ve humerus lateral epikondilinden anteriora geçer. Sonra önkola girer, süperfisyal ve derin dallarına bölünür. Radial sinirin direk devamı olan, iki terminal dalından küçük olanı süperfisyal radial daldır. Brakioradialis kası ile üzeri örtülmüştür ve anteriorunda pronator teres kası vardır ve distale geçer. Önkolu distal 1/3' nde brakioradialis tendonunun derininden önkolda posterior fasial kompartmana girer. El bileğinin 3-4 cm proksimalinde derin fasyayı deler ve elbilek, el, başparmak ve yan bir-birbuçuk parmak cilt ve dorsumunu innerve eder (44).

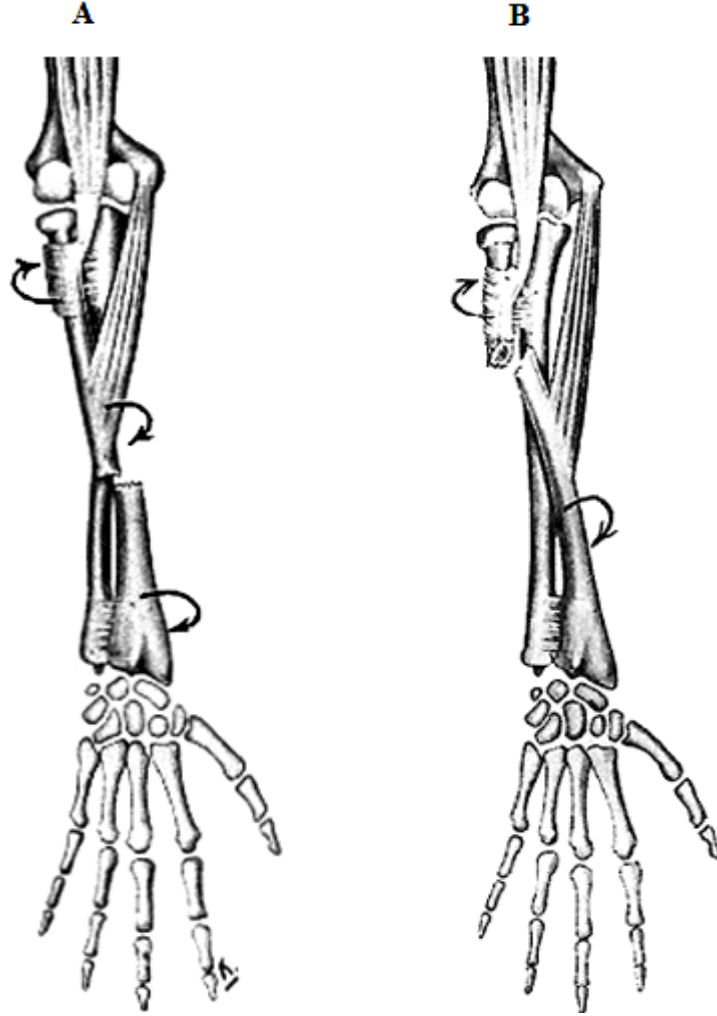
Kas ve eklem girerek dağılan büyük terminal dalı radial sinirin derin dalıdır. Ekstansör karpi radialis brevis ve supinatör kaslara girer ve posteroinferiora geçer. Önkolda posterior fasial kompartmana eğimle dönerek radius lateralinden girerek ek dal verir, supinatör kası delerek önkolda uzanır, ekstansör kaslara dallar verir. Posterior interosseos dalı posterior interosseos artere eşlik eder ve derin ekstansör kasları innerve eder (44).

2.2.8. Patolojik Anatomi

Kemik kırıldıktan sonra, deplasmanın yönü ve şiddeti; kırığın düzeyi, kasların etkinliği ve kırılmaya neden olan kuvvetlerin yönüne göre farklılıklar gösterir. Bu kırıkların redüksiyonu ve mobilizasyonu sırasında, önkol kaslarının orijin/insersiyon noktaları ve kemik yapılar üzerine etkileri dikkate alınmalıdır. Bu nedenle önkol kırıkları, proksimal segmente etkiyen kuvvetlere göre üç gruba ayrılır (63-65):

Biceps braki ve supinatör kaslar radiusun proksimal fragmanına tutunduğu için önkolun proksimal üçte birindeki kırıklarda radius supinasyon ve fleksiyonda kalır. Bu nedenle, fragmanların hizalanabilmesi için distal fragman supinasyon konumuna getirilmelidir. Önkolun orta üçte birindeki kırıklarda, radius proksimal

fragmanına tutunan pronator teres biceps ve supinator kasların rotasyonunu nötralize eder. Orta üçte birdeki kırıklar, distal fragman nötral rotasyona getirilerek hizalanır. Pronator kuadratus radiusun distal bölümüne tutunduğu için distal önkol kırıklarında, distal radius pronasyonda kalır. Bu kırıklarda, pronasyonda hizalama yapılmalıdır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Pronator ve supinatorların kırığa etkisi (Price, C.T., *Fractures of the midshaft radius and ulna*, in *Pediatric fractures*, R.M. Letts, Editor. 1994, Churchill Livingstone: New York. p. 323) (66).

2.3. Çocuklarda Önkol Kırıkları

Önkol kırıkları çocukluk çağında sık görülen yaralanmalardandır. Önkol kırıklarının en sık nedeni evde veya ev çevresinde düşmedir. Spora bağlı yaralanmalar ikinci en sık nedendir (1). Çocukluk çağındaki yaralanmaların % 45'ini ve üst ekstremité kırıklarının % 62'sini oluşturur. 5 yaşından büyük çocuklarda önkol kırıkları daha sıktır (% 81). Distal önkol kırıklarının insidansın pik yaptığı yaş aralığı erkeklerde 12-14 ve kızlarda 10-12 yaştır (2, 3). Önkol kırıklarının % 75-84'ü distal

üçte birde, % 15-18 orta üçte birde ve % 1-7'si proksimal üçte birdedir (67, 68). Bu kırıkların % 50'den fazlası yaş ağaç kırığıdır (69).

Kuvvete karşı artmış esneklik, kalın periost, yüksek yeniden şekillenme potansiyeli, kısa iyileşme zamanı ve fizisin varlığı çocuk kırıklarının tedavisini farklı kılan özelliklerdir. İmmatür kemik üzerine uygulanan deforme edici kuvvetlere karşı erişkinden farklı olarak yanıt verir. Bu nedenle erişkinlerde görülmeyen bazı kırık tipleri çocuklarda görülür (8, 70).

2.3.1. Çocuklarda Önkol Çift Kırıklarının Sınıflaması

2.3.1.1. Kırığın Tamamlanmasına Göre Sınıflandırma

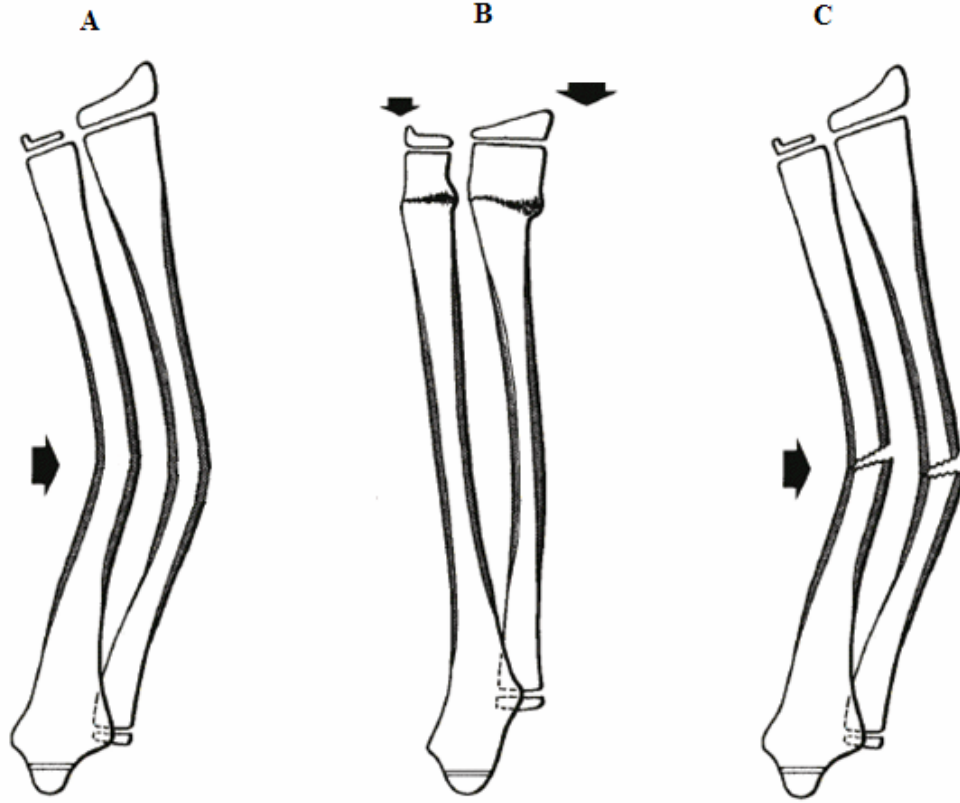
Plastik deformasyon

Çocukluk çağında nadir karşılaşılan "plastik deformasyon" şeklindeki kırık ilk olarak 1974'de Borden tarafından önkol kemiklerinde tarif edilmiştir (71). Daha sonraki yıllarda yapılan yayınlarda plastik deformasyon tipindeki kırıkların teşhis ve tedavisindeki güçlüklerden söz edilmiştir. Önkol kemiklerinde plastik deformasyon sık karşılaşılan bir durumdur (72-74) (**Şekil 2.6-A**).

Plastik deformasyon çocuklara özgüdür ve en sık ulnada görülür. Dört yaşından küçük çocuklarda veya açılanma 20°'den daha azsa büyüme sırasında düzelir (75).

Torus kırığı

Torus kırığı, çocukluk çağında görülen, primer olarak gelişmekte olan metafizer kemiği etkileyen impaksiyon yaralanmasıdır. Metafiz ve diafiz birleşme yerinde olur. Lateral radyografilerde görülmez. Anteroposterior radyografilerde görülebilir (8) (**Şekil 2.6-B**).



Şekil 2.6. Plastik deformasyon (A), torus (buckle) kırığı (B) ve yeşil ağaç kırığı (C) ve oluş mekanizmaları (oklar kırık oluşumuna neden olan kuvvetin yönünü göstermektedir) (von Laer, L., *Fractures of Radial and Ulnar Shaft*, in *Pediatric Fractures and Dislocations*, L. von Laer, Editor. 2004, Georg Thieme Verlag: Stuttgart. p. 219) (76).

Yeşil ağaç kırığı

Önkol diafiz kırıklarının yaklaşık üçte ikisi yeşil ağaç kırığıdır (76). Yeşil ağaç kırığında gerilimi karşılayan korteks tam olarak kırılırken, kompresyon tarafındaki korteks ve periost sağlam kalır. Sağlam korteks sıklıkla plastik deformasyona uğradığından açısal deformite gelişir. Kozmetik sorunlar, fonksiyonel bozukluklar ve yetersiz kaynama nedeniyle tekrarlayan kırıklar önemli klinik sorunlardır (66, 77). Deformitenin düzeltilmesi için plastik deformasyon tam kırığa dönüştürülebilir (78) (Şekil 2.6-C).

Tam kırıklar

Bu kırıklar, spiral, oblik veya transvers olabilir. Spiral kırıklar, genellikle rotasyonel kuvvetlerle oluşur. Oblik kırıklar, diafizde diagonal olarak oluşur ve genellikle kemik eksenine yaptığı açı 30°'dir. Transvers kırıklar genellikle "üç nokta bükme" etkisiyle oluşur (8).

2.3.1.2. Deformitenin Yönüne Göre Sınıflandırma

Deformitenin yönüne göre, apeks volar (supinasyon hasarı) ve apex dorsal (pronasyon hasarı) olmak üzere ikiye ayrılır (78).

2.3.1.3. Kırığın Seviyesine Göre Sınıflandırma

Seviyesine göre kırıklar proksimal 1/3, orta 1/3 ve distal 1/3 kırıklar biçiminde sınıflandırılmaktadır.

2.3.1.4. Galeazzi ve Monteggia Kırıklı Çıkıkları

Radial shaft kırığı ile birlikte, distal radioulnar eklem çıkığı Galeazzi kırıklı çıkığı olarak adlandırılır (79, 80). Ulnanın proksimal 1/3'ünde kırık ile birlikte radius başı çıkığı Monteggia kırığı olarak adlandırılır (81).

Tablo 2.1. Orthopaedic Trauma Association (OTA) kırık sınıflaması (82).

TİP A: basit, diafiz	TİP B: kama şeklinde kırık	TİP C: kompleks, diafiz
A1: ulna basit, radius intakt	B1: ulna kama, radius intakt	C1: ulna kompleks, radius basit
A2: radius basit, ulna intakt	B2: radius kama, ulna intakt	C2: radius kompleks, ulna basit
A3: radius ve ulna basit	B3: radius veya ulna kama, diğer kemik kama veya basit	C3: radius ve ulna kompleks

2.3.2. Radius ve Ulnanın Fiz Yaralanmaları

Fiz yaralanmaları tüm çocuk kırıklarının % 15–30'unu oluşturur. İnsidansı yaşla birlikte değişmekle beraber en sık adolesanlarda görülür ve % 1–10 oranında gelişim deformitesine neden olur (83). Fiz kırıklarında büyüme plağı genellikle etkilenir. Distal radial fiz, en sık hasarlanan fizdir (8).

2.3.3. Radius ve Ulnanın Epifiz Yaralanmaları

Üçgen biçimindeki radius distal uç ikincil kemikleşme merkezi, yaşamın yedinci ayında oluşur ve 15–18 yaşlarında kapanır. Radius'un büyümesinin % 80'i distal epifizden kaynaklanır (76). Radius alt uç fiz yaralanmalarında büyümenin % 1–7 oranında durduğu bildirilmiştir.

Radius başı epifizi ikincil kemikleşme merkezi beş yaş civarında görünür hale gelir. İki parçalı olabilir. Radius büyümesinin % 20'sini sağlar. Epifiz kırıkları nadiren görülür. Genellikle Salter-Harris tip 4 yaralanma biçimindedir. Olguların % 90'ında radius boynuda kırığa dahil olur (83, 84).

Ulna'nın distal uç ikincil kemikleşme merkezi 6–7. yaşlarda görülür. Başlangıçta stiloidin bazisinden radial migrasyon ile büyür. On yaşından sonra distal

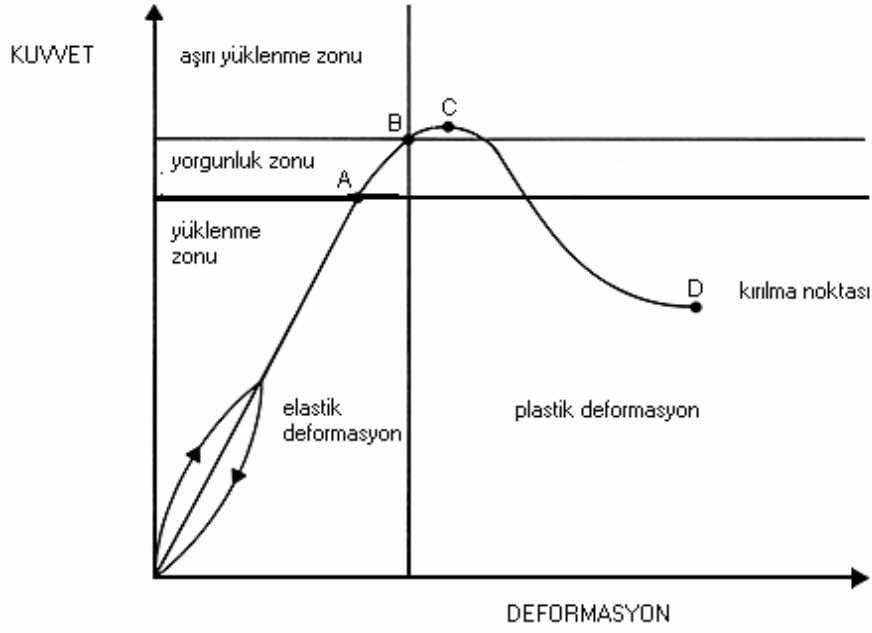
migrasyon başlar. 17–19 yaşlarda kapanır. Ulnanın uzamasının % 20 sini sağlar. Ulna distal fiz yaralanmaları, tüm fiz yaralanmalarının sadece % 5'ini oluşturur. Bunlarında % 33'ü radius distal kırıkları ile birliktedir. Olguların % 60'ında büyüme durması bildirilmiştir (83, 84).

Olekranon epifizi, bir traksiyon epifizidir. İkincil kemikleşme merkezi, ortalama dokuz yaşında görünür hale gelir ve 14 yaşında kapanır. Kemikleşme merkezi iki ya da daha fazla parçalı olabilir. Büyüme ile parçalar birleşir. Triseps tendonun yapışma yerinde ayrılmış bir kemikleşme merkezi olabilir. Bu oluşuma patella kubiti denir. Ulna uzunluğunun % 80'i olekranon epifizinden gerçekleşir. Olekranon fiz kırıkları, tüm fiz kırıkların % 0.4'ünü oluşturur. Travma sonrası büyüme duraklaması yok denecek kadar nadirdir ve görüldüğü durumlarda da genellikle fonksiyonel olarak sorun yaratmamaktadır. Önkol kemiklerinin proksimal ve distal epifizlerinin büyüme katkısı şöyledir (83, 84):

Radius proksimal:	%20-25
Radius distal:	%75-80
Ulna proksimal:	%80
Ulna distal:	%20

2.4. Önkol Kırıklarının Oluş Mekanizması

Çocuk önkol kırıklarında yaralanma esas olarak, çocuk bahçesi ekipmanları, bisiklet veya ağaçtan açık el ayası üzerine düşme ile oluşan indirekt kuvvetlere bağlı olarak gelişir. Çocuk düştüğünde temel deforme edici kuvvet radius üzerinden geçer; önce radius ve ardından ulna kırılır (85). Düşme sırasında çoğunlukla rotasyonel bir hareket de gerçekleşmektedir. Rotasyon miktarına göre kırığın şekli, açılanmanın yönü ve seviyesi değişmektedir (86). Direkt kuvvetler, radius ve ulnanın izole kırıklarına ve radius-ulna çift kırıklarına neden olabilir (87). Radius ve ulnanın aynı seviyede kırıldığı önkol kırıklarında rotasyonel kuvvetlerin etkisinin olmadığı söylenebilir. Nadirde olsa çocuk önkol kırıkları direkt mekanizmalarla da oluşabilir (87). Çocuk istismarı olgularında önkola sopa ile vurulması bu yaralanma mekanizmasına iyi bir örnektir. Diafiz kemik, metafiz kemiğe göre daha güçlü yapıda olduğundan kırık oluşması için daha fazla güç gerekir (83). Şekil 2.7'deki grafikte deformasyon ile kuvvet arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Deformasyon ve kuvvet arasındaki ilişkiyi gösteren grafik; elastik cevap sınırının altındaki zorlanmalarda kırık oluşmaz fakat plastik deformasyon meydana gelir. Kuvvet artınca kırıkla sonuçlanır (Price C.T. *Injuries To The Shaft of Radius and Ulna*. In Rockwood C.A., Wilkins K.E., Beaty J.H. *Fractures in Children* 4th ed. Philadelphia. Etc J.B. Lippincott Co.1996) (83).

2.5. Klinik Değerlendirme

Önkol çift kırığı ile acil servise başvuran hastalarda aşağıdaki semptomlar olur:

- Belirgin şekil bozukluğu
- Şişlik
- Krepitasyon
- Ağrı

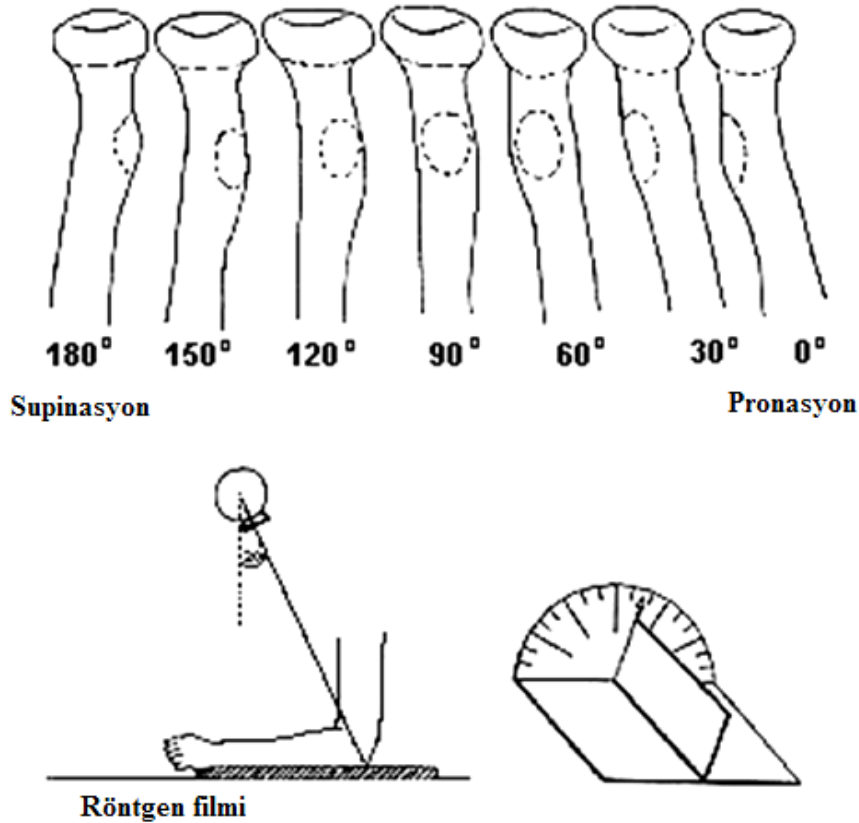
Deplase veya tam kırıklarda, hassasiyet ve krepatasyon sık olarak saptanmakla birlikte, deplase olmayan tam kırıklar, yeşil ağaç kırıkları ve plastik deformasyonu saptamak zor olabilir. Plastik deformasyonda ağrı hafiftir ve rotasyon ile artar, krepatasyon alınmaz. Konuşamayacak yaşta olan çocuklarda, emekleme ve diğer aktiviteler sırasında huzursuzluk; aktif ve pasif harekette kısıtlılık veya hafif şişlik bulguları tek başına gözlenebilir. Yeşil ağaç kırıklarında ise şişme ve krepatasyon olmayabilir. Tüm hastalarda, nörovasküler muayene ayrıntılı biçimde değerlendirilmelidir. Hasta, kompartman sendromu bulguları ve üst ekstremitenin

diğer bileşenlerinde ortaya çıkabilecek sorunları değerlendirmek amacıyla muayene edilmelidir (87).

2.6. Radyografik Değerlendirme

Önkol kırığı şüphesi durumunda distal ve proksimal radio-ulnar eklemleri içine alan AP ve lateral grafiler, eğer gerekirse oblik grafi istenmelidir. Eşlik eden diğer kırıklarla birlikte proksimal ve distal radioulnar eklem çıkıkları araştırılır. Radiustaki eğimin ani kırılması ve çap değişikliği ile rotasyon saptanır (83, 84).

Radiusdaki rotasyonel deformiteyi değerlendirmek için, radial tüberkül grafisi istenebilir. Proksimal fragmanın rotasyonu radial tüberkülün konumuna göre tanımlanır. Radial tüberkül grafisi, ulnanın subkutan kenarı kaset üzerinde iken ışın kaynağının olekranona doğru 20° çevrilmesi ile elde edilir. Radius proksimal fragmanı, radial tüberkül lateralde ise pronasyonda, posteriorsa ise nötralde, medialde ise supinasyon pozisyonundadır (83, 84) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Radial tüberkülün görüntülenmesi. Humerus kondilleri filmden eşit uzaklıkta olmalıdır ve el vertikal planda uzatılır (altta). Supinasyon ve pronasyonun değişik derecelerinde radial tüberkülün görünümü (üstte) (Price, C.T., *Injuries To The Shaft of Radius and Ulna*, in *Fractures in Children*, C.A. Rockwood, K.E. Wilkins, and J.H. Beaty, Editors. 1996, J.B. Lippincott Co: Philadelphia) (83).

Önkol AP grafisinde normalde radial tüberkül ve radial stiloid görülür. Lateral grafide ise koronoid çıkıntı ve ulnar stiloid görülür. Radius rotasyonunda AP grafide medialde radial tüberkül görülürken radial stiloid görülmez, ulnada bir rotasyon varlığında ise lateral grafide ulnar stiloid görünmediği saptanır (83, 88).

2.7. Pediatrik Önkol Çift Kırıklarının Tedavisi

Çocuklardaki önkol kırıklarının çoğu, kapalı redüksiyon ve alçı kullanılarak immobilizasyonla standart bir biçimde tedavi edilmiştir. Deplase kırığı olan hastaların % 85'inde önkol kapalı redüksiyonu başarılı sonuçlar sağlar (28, 89). Ancak tedavide uyulması gereken bazı prensipler vardır.

2.7.1.1. Genel İlkeler

Yaralanmanın yaygınlığının değerlendirilebilmesi için, yüksek kalitede anteroposterior ve lateral radyografilere gereksinim duyulur (önkol, dirsek ve bilek). Kapalı redüksiyona başlamadan önce cerrahın, her kemiğin kırık düzeyini ve kırıkların tamlık derecesini, açılanmanın ve malrotasyonun derecesini, kısalmanın derecesini ve ek olarak dirsek ve bilek eklemlerinde ilişkili yaralanmaları değerlendirmesi gerekir. Acil serviste, çocukların önkollarının radyografik olarak daha uygun ve rahat bir şekilde değerlendirilebilmesi için, hafif bir hizalamadan sonra atel uygulanır.

Pediatrik önkol kırıkları tedavi edilirken temel ilke, proksimal kırık fragmanı ile distal kırık fragmanının aksiyel ve rotasyonel olarak hizalanması ve kırık iyileşene kadar bu pozisyonun devam ettirilmesidir. Çocuklardaki kırıklar büyüme ve yeniden şekillenmenin kırık iyileştikten sonra devam etmesi nedeniyle erişkinlerdeki kırıklardan farklıdır. Bu büyüme potansiyeli fizisler kapanana kadar devam eder (8). Kuramsal olarak önkoldaki kas yapışma bölgeleri kırık tedavisinde önemlidir. Kaslar fragmanların pozisyonlarını etkiler. Radiusun proksimal üçte birindeki biceps ve supinatör, önkolun fleksiyonuna ve supinasyonuna neden olur. Radiusun orta üçte birlik bölümüne yapışan pronator teres, önkolun pronasyonuna neden olur. Önkolun distal 1/3 ündeki brakioradialis, distal radiusun lateral yüzeyinde radial proçesin üzerine yapışır ve önkolu doğal pozisyonuna çeker. Pronator kuadratus ve önkolun fleksör kasları kırık deformitesine katkıda bulunur. Deformasyona neden olabilecek güçlerin büyüklüğü, kırığın konfigürasyonuna bağlıdır. Her kırık proksimal kırığın pozisyonunu belirlemek ve daha sonra önkolu en uygun pozisyonda mobilize etmek amacıyla değerlendirilmelidir (8).

Boyer ve arkadaşları pediatrik önkol distal üçte bir kırıklarında önkol pozisyonunun rezidüel kırık angülasyonu üzerinde etkisini değerlendirmişlerdir (90). Bu araştırmacılar, önkol pozisyonunun kırık açılanması üzerine anlamlı etkisi olmadığını saptamışlardır. Pediatrik önkol distal üçte birindeki kırıklarda kaynama sırasında rezidüel kırık açılanması kol pozisyonundan (pronasyon, supinasyon, nötral) etkilenmemektedir (90). Önkol kırıklarında en sık yaralanma mekanizması açık el ayası üzerine düşmedir. Çocuklar düşmeye engel olmak amacıyla genellikle önkol pronasyondaiken ellerini otomatik olarak yere koyarlar. Pronasyondaki önkol üzerinde supinasyon kuvveti oluşur. Radyografilerde açısal deformasyon belirgin olmakla birlikte gerçekte rotasyonel yer değiştirme vardır. Yani redüksiyon önkolun pronasyonu ile sağlanmalı ve ek olarak açısal deformite de düzeltilmelidir. Pronasyon ve fleksiyon yakından ilişkilidir. Önkol, pronasyondaiken oluşan kırık bölgesinde, posterior açılanma gelişmesi olasıdır. Supinasyon kırıkları anteriora doğru açılır. Zorlu supinasyon yaralanmaları radiusun başının anterior dislokasyonu, ulna alt ucunun posterior dislokasyonu ile birlikte Galeazzi kırık dislokasyonu ve anterior Monteggia kırık dislokasyonlarıdır (91). Önkol kırıkları, klavikula kırıklarından sonra çocuklarda en sık karşılaşılan kırıklardır (7, 92, 93). Distal radius kırıkları, bu bölgedeki en sık kırıklardır (% 20-30) (8, 94-97). Metafiz kırıkları diafiz kırıklarından daha sıktır ve üçüncü sırada epifiz kırıkları gelir (8, 90).

Çocuklardaki bu kırıkların çoğu anatomik kapalı redüksiyonla ve alçı tespiti yapılarak iyi bir biçimde tedavi edilmektedir (93, 98). Konservatif tedavi yöntemleri tedavide halen önemli bir role sahiptir (95) ve hastaların % 85'i bu yöntemlerle başarılı şekilde tedavi edilebilir (93). Kırıklar büyüme çağında çabuk iyileşir ve rezidüel aksiyel deformiteler kendiliğinden düzelir (7, 8). Ancak bazı çalışmalarda özellikle 8-10 yaşından büyük çocuklarda yeterli düzeyde yeniden şekillenme olmadığı gösterilmiştir (93).

Uygun redüksiyonu sürdürmek her zaman olanaklı olmayabilir. Alçı tedavisi sırasında kemikler yeniden deplase olabilir veya açılabilir. Pediatrik önkol kırıklarında bu durum en sık bildirilen komplikasyondur (92, 99-101). Redüksiyondan sonra, kırığın deplase olması sık karşılaşılan bir durumdur. Yakın zamanda yapılan bazı çalışmalarda, yüksek riskli kırıkların başlangıç tedavisinde perkütan çivi uygulamasının rutin kullanımının arttığı bildirilmiştir (33, 95, 102).

2.7.1.2. Kapalı Redüksiyon Tekniği

Tam olmayan kırıklarda, rotasyonel deformitenin düzeltilmesi ve traksiyon kullanmaksızın, açılanmanın elle redüksiyonu birçok olguda kullanılmaktadır (103). Bazı araştırmacılar, yaş ağaç kırıklarının daha sonraki açılanmayı önlemek ve daha sonra oluşabilecek kırık riskini azaltmak amacıyla, tam kırığa dönüştürülmesi gerektiğini savunmaktadırlar (104, 105). Diğer bazı araştırmacılar ise, intakt korteksin, kemiklerdeki hizalanmanın (alignment) sürdürülmesine katkıda bulunduğunu ileri sürmektedirler (103, 106). Apeks volar açılanması olan kırıklarda redüksiyon, önkolun süpinasyonu ve apekse dorsalden doğrudan kuvvet uygulanarak gerçekleştirilir. Apeks dorsal açılanması olan kırıklarda ise, tam tersi uygulanır. Redüksiyondan sonra dirsek 90° fleksiyonda iken ve önkol nötral rotasyon pozisyonunda iken, uzun kol ateli veya alçısı uygulanır (87).

Diyafiz kırıklarındaki fragmanlara, önkol kasları tarafından kuvvet uygulanır. Bu kuvvetlerin yönünden yola çıkılarak deplasman, malrotasyon ve kısalma paternleri tahmin edilebilir. Deforme edici bu güçlerin anlaşılması, cerrahın başarılı bir redüksiyon yapmasına yardımcı olur. Birincisi, kırığın distalinden önkola veya ele uygulanan kuvvetle longitudinal traksiyon uygulanırken önkolun proksimaline veya distal humerusa ters yönde traksiyon uygulanır. Daha sonra kırık fragmanları, açılanmanın azaltılması ve olanaklıysa kemiklerin üst üste binmesine engel olarak uç uça gelmesini sağlamak amacıyla manipüle edilmesi gerekir. Traksiyon sırasında spontan rotasyonel redüksiyon gerçekleşebilir (107).

2.7.1.3. Risk Faktörleri

Redükte edilen kırığın deplase olması, manipüle edilen distal önkol kırıklarının en sık bildirilen komplikasyonudur. Daha önceki olgu serilerinde olguların % 10-91'inde redüksiyon kaybı ortaya çıktığı, bu kayıpların üçte birinin geç dönemde olduğu bildirilmiştir (96). Daha sonra ortaya çıkabilecek komplikasyonları önlemek amacıyla (96) tam ve ardışık radyolojik değerlendirme yapılması gerekmektedir (108). Bu komplikasyonun ortaya çıkışına neden olan faktörler genel olarak üç guruba ayrılmaktadır (95, 96, 100) (**Tablo 2.2**):

Tablo 2.2. Redükte edilen kırığın deplase olması ile ilişkili risk faktörleri.

Kırıkla ilişkili faktörler	Cerrahla ilişkili faktörler	Hastayla ilişkili faktörler
Başlangıçtaki deplasman	Kırığın uygun olmayan kapalı redüksiyonu	Kas atrofisi
Kırığın yerleşimi	Kötü açılama tekniği	Açılama sırasında var olan yumuşak doku şişliğinin azalması
Fizisten uzaklığı		
İzole distal radius kırığı		
Aynı düzeyde ilişkili ulna kırığı		
Kırığın oblikliği		

Çeşitli çalışmalar kırık/cerrahla ilişkili faktörlere odaklanmıştır. Proktor ve arkadaşları iki faktörün özellikle önemli olduğunu bildirmişlerdir (98): başlangıçtaki tam deplasman ve mükemmel bir redüksiyon yapılmaması.

Haddad ve Williams en önemli prognostik faktörün mükemmel bir anatomik redüksiyon olduğunu göstermişlerdir (99). Zamzam ve Khoshhal kırığın başlangıçtaki deplasmanının sonuçları etkileyen en önemli faktör olduğunu bulmuşlardır (7). Yakın zamanda Alemdaroğlu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada kırığın başlangıçtaki deplasmanının ve kırık hattının artan oblikliğinin yeniden deplase olasılığı için en önemli risk faktörleri olduğu bildirilmiştir (95).

2.7.1.4. Kabul Edilebilir Redüksiyon/Yeniden Deplase Olma

Redüksiyon ve atel veya açılmadan sonra anteroposterior ve lateral radyografik değerlendirme tekrarlanır. Radius ve ulnanın hizalanması, anteroposterior ve lateral radyografilerde değerlendirilir. Malrotasyonun değerlendirilmesi güçtür. Kırık bölgesinin iki yanındaki kortikal çapların uyumsuzluğunun değerlendirilmesi, malrotasyonu saptamak için kullanılan niteliksel bir yöntemdir. Radial tüberkülün pozisyonunu (AP radyografide), proksimal fragman rotasyonunun derecesinin değerlendirilmesi için kullanılacak niceliksel bir ölçüm değeridir. Distal önkolun klinik görünümü bu ölçümle karşılaştırılarak, malrotasyonun derecesi saptanabilir (65). Kısılmanın derecesi, en iyi lateral radyografide değerlendirilir. Radius ve ulnanın redüksiyonu ile ilgili parametrelerin kabul edilebilir düzeyleri tartışmalıdır. Çalışmalar, yaşa göre kabul edilebilir açılama dereceleriyle ilgili bazı kanıtlar sunmaktadır (28, 36, 109, 110). Kırıkları

distalde olan ve deformitesi sagittal planda olan daha küçük çocuklarda yeniden şekillenme kapasitesi daha yüksektir (28, 109). Önkolun proksimal üçte birinde açılanması, rotasyonel kötü kaynaması ve radial yaylanmada düzleşmesi olan 10 yaşından daha büyük çocuklarda yeniden şekillenme daha güçtür (36, 110).

Kesin olmamakla birlikte, radyografik kötü kaynamanın daha sonraki önkol rotasyonu ve klinik sonuçlarla kesin bir korelasyon göstermediğine dair kanıtlar vardır (68, 107). Rezidüel önkol açılanması 15°'ye kadar olan ve kısmi önkol rotasyon kaybı gelişen bazı çocukların bu işlevsel defisitlerinin farkında olmadığı bildirilmiştir (28, 36). Ayrıca, hem kapalı redüksiyon uygulamasında hem de cerrahi girişimden sonra önkol rotasyonun tamamıyla geri dönüp dönmeyeceği garanti edilemez (111, 112).

Noonan ve Price tarafından hazırlanan kılavuzda, 9 yaşından küçük çocuklarda 15°'lik açılanmanın, 45°'lik malrotasyonun ve fragmanların tam üst üste binmesinin redüksiyonda kabul edilebilir parametreler olduğu bildirilmiştir (113). Dokuz yaşından büyük çocuklarda, önkolun orta ve distal üçte birindeki kırıklar için 15°'lik açılanma ve 30°'lik malrotasyon ve tam üst üste binme kabul edilebilir radyografik parametrelerdir (113). 30°-40°'den daha yüksek rotasyonel pozisyon verilmesi (özellikle, aşırı pronasyon), kırık iyileşmesi sırasında interosseöz membranın kontraktürüne ve önkol rotasyon kaybına neden olabilir (113).

Redüksiyondan sonra, uzun kol alçısı veya ateli uygulanır. Ulna ve radiusun birbirinden ayrılması ve redüksiyonu sürdürülebilmesi için interosseöz boşluğun kapanmaması gerekir. Bu nedenle kırık çevresinde üç nokta kalıplama ve önkolda anteroposterior kalıplama (orta üçte birlik bölümde) uygulanır (114).

Bae ve arkadaşları, süngü deformitesini (önkol uzun kemiklerinin kırıklarında kemiğin distal ve proksimal fragmanlarının uzun aksları boyunca birbiri üzerine binmesidir) distal radius kırıklarında kabul edilebilir olarak tanımlamışlardır (96). Büyüme için 5 yıldan daha uzun süre kalmışsa sagittal planda 30°, 5 yıldan az kalmışsa sagittal planda 5° ve büyüme için 5 yıldan uzun süre varsa frontal planda 10-15°'lik açılanma kabul edilebilir değerlerdir. Önkol kırıklarında 10 yaşından küçük çocuklar için 10°-20° açılanma, 10 yaşın üzerindeki çocuklarda 10°nin altındaki açılanmaların ve 30°'lik malrotasyonun kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir (115). Noonan ve Price iki ayrı hasta grubu belirlemişler ve tam deplasmanı olan 9 yaşın altındaki çocuklarda 15° lik açılanmanın kabul edilebilir olduğunu, 9 yaşın

üzerindeki çocuklarda açılanmanın 10° altında olması gerektiğini bildirmişlerdir. Büyüme için kalan süre 2 yıl veya daha uzunsa distal radius kırıkları için 20° altındaki tam süngü deformitesi kabul edilebilir (113). Genel bir kural olarak, bir kırık fizisin ne kadar proksimalinde ise prognozu o kadar iyi olacaktır.

2.7.1.5. Alçılama İndeksleri

Kaliteli bir alçılama yapmak için (cerrahla ilişkili faktörleri azaltmak için) alçılamanın kendisiyle ilgili teknik yeterlilik dışında uygun redüksiyonda gereklidir. Birincisi longitudinal traksiyon uygulanmadan önce redüksiyon manevralarının intakt periostu gevşetmek amacıyla deformiteyi abartılı bir şekilde veya yeniden deformite oluşturacak şekil yapılmalıdır (96). İkincisi “ üç nokta bükme veya uygun interosseoz” yapılanma sağlayan iyi biçimlendirilmiş bir alçı uygulaması yapılmalıdır. Redüksiyonun devam ettirilmesi ve daha sonra ortaya çıkabilecek deplasman riskinin minimize edilmesi açısından bu önemlidir (96). Uygun immobilizasyon süresi genellikle 6 haftadır (113).

Alçı indeksleri frontal ve sagittal görüntülerde yapılan farklı ölçümlere dayanarak formül edilmiştir. Alçı uygulamasının kalitesi bu indeksler kullanılarak değerlendirilir (**Resim 2.1**).



Resim 2.1. Kapalı redüksiyonu takiben alçı uygulamasının kalitesini değerlendirmek amacıyla kullanılan alçı indislerinden biri (alçı indisi = x/y) (115).

Tanımlanan ilk radyografik indeksler, alçının proksimal ve distal fiksasyon noktalarından bağımsız olarak kırık bölgesinde yapılan ölçümlere dayanmaktadır (95).

2.7.1.6. Redüksiyon Sonrası Bakım

Redüksiyon kabul edilebilir sınırlar içinde ise, çocuk acil servisten taburcu edilir. Belirgin şişliği veya redüksiyon ve immobilizasyondan sonra, anormal muayene bulguları olan çocuklar gözlem amacıyla hastaneye yatırılır. İlk 3 hafta boyunca redüksiyonun durumunu değerlendirmek amacıyla, haftalık klinik ve radyografik izlem yapılır. Hizalamada bir sorun saptanırsa, önkol kırıklarının kapalı manipülasyonu tekrarlanır. Klinik değerlendirme ve radyografiler iyileşmeyi gösteriyorsa 6-8 hafta arasında alçı immobilizasyonu sonlandırılır. Büyük çocuklarda immobilizasyon 8-10 haftaya kadar uzatılabilir. Çocuklar 4-6 haftadan sonra aktivitelerine dönerler. Dirsek ve elbileği hareketleri kısıtlanan bazı büyük çocuklarda fizik tedavi ve rehabilitasyon gerekebilir (87).

2.7.2. Cerrahi Tedavi

Önkol kırığı olan çocukların çoğu kapalı redüksiyon ve alçı immobilizasyonu ile başarılı bir şekilde tedavi edilebilir (93, 98). Primer cerrahi redüksiyon ile kırık fiksasyonu için en iyi endikasyonlar açık kırıklar (116, 117), ağır yumuşak doku yaralanması veya kompartman sendromunun eşlik etmesi ve ipsilateral distal humerus kırıklarının varlığı (floating elbow, yüzen dirsek) durumlarıdır (118). Cerrahi redüksiyon ve fiksasyon, kapalı yaklaşımla manipüle edilemeyen kırıklarda ve izlemde hizalanması bozulan kırıklarda da endikedir (87).

2.7.2.1. İntramedüller Fiksasyon

Deplase önkol kırığı olan erişkinle, büyüyen çocuk arasında önemli farklar vardır:

1. Yaşla birlikte giderek azalmasına rağmen çocuklarda bir miktar yeniden şekillenme kapasitesi vardır,
2. Genel olarak çocukların diafiz kırıkları, erişkinlere göre daha iyi ve hızlı bir şekilde iyileşir; geciken kaynama veya kapalı kırıkların kaynamaması nadirdir; açık veya kapalı redüksiyondan sonra kaynamanın sağlanması için kırık bölgesinde kompresyona gerek yoktur,
3. Kalın periost ve tam olmayan kırıklar, kırık deplasmanına engel olur,
4. Kapalı manipülasyon veya açık redüksiyon (sınırlı cerrahi yaklaşım) birçok olguda kırığın hizalanmasında başarılıdır.

Bu nedenlere bağılı olarak intramedüller fiksasyon, cerrahi gereken önkol kırığı olan büyüme çağındaki çocuklarda en iyi tedavi seçeneğidir (12, 26, 119). Yumuşak teller veya esnek titanyum çiviler sınırlı bir disseksiyonla intramedüller kanala, kırık bölgesini geçecek şekilde ilerletilir. Bu implantlar, güvenilir bir şekilde hizalanmayı sağlar ve internal bir atel olarak rol oynar. Diğer bir avantajı, muayenehanede veya kısa bir cerrahi işlem ile bu araçların çıkartılabilmesi ve plak çıkartılması sonrasında gözlenen kırık riskinin olmamasıdır (120, 121).

2.7.2.2. İntramedüller Fiksasyon Tekniğı

Genel anestezi indüksiyonundan sonra çocuk, etkilenen ekstremitesine pozisyon verilerek radyolusent bir masa üzerine yatırılır. Örtme işleminden önce, önkolun floroskopi ile değerlendirilmesi önerilmektedir. Kola bir turnike yerleştirildikten sonra turnikenin distalindeki ekstremitte bölgesi steril bir biçimde hazırlanır (dirsek, önkol ve el). Ulna kırığının redüksiyonu ve fiksasyonu genellikle daha kolaydır ve öncelikle, ilk olarak gerçekleştirilir. Turnike süresini azaltmak amacı ile ulna redüksiyon ve fiksasyonu turnike boşaltıldıktan sonra daha güvenli bir şekilde yapılabilir. Olekranon prosesusunun ucunun hemen üzerinden küçük bir insizyon yapılır. Floroskopi kılavuzluğunda yumuşak bir tel [0.062 inç=1.58 mm (1/16th) veya 0.078 inç=1.98 mm (5/64th)] olekranon apofizinden geçirilerek intramedüller kanala ilerletilir. Alternatif bir yöntem, esnek bir titanyum çivi (2-2.5 mm çapında) veya yumuşak bir telin [0.062 inç=1.58 mm (1/16th) veya 0.078 inç=1.98 mm (5/64th)] künt ucunun yaklaşık 5 mm proksimalinden 30° bükülerek proksimal ulna içinde floroskopi eşliğinde açılan delik içinden intramedüller kanala ilerletilir. Daha sonra implantın ekstramedüller kısmı bir matkaba yerleştirilerek (T-sapı ile) kırık bölgesine doğru ilerletilir. Kırık bölgesinde traksiyon veya kapalı manipülasyon kullanarak ulna kırığı floroskopi altında yeniden hizalanır. Aşırı ve güçlü kapalı manipülasyonlardan kaçınılmalıdır. Çünkü, zaten şişmiş ve travmatize olan yumuşak dokulara iatrojenik zarar vermek mümkündür (87).

On dakika kadar süren manipülasyon girişiminden sonra kapalı redüksiyondan açık tedaviye geçilmesi önerilmektedir. Açık redüksiyon gerekli ise, subkutan ulnar kenar boyunca 2-3 cm'lik insizyon yapılması en uygun yaklaşımdır (87). Kırık bölgesi görüldükten sonra kırığın karşı tarafına iki kemik tutucu forseps yerleştirilir. Kırık, cerrah tarafından çıplak gözle görülüp elle redükte edilebilir. Bu

sırada bir yardımcı longitudinal traksiyon ve distal fragmanın rotasyonel kontrolünü sağlayabilir.

Başarılı bir redüksiyondan sonra yumuşak tel kırık bölgesinden geçirilir ve “T-sap” çevirilerek-döndürülerek kol kuvveti ile hafif itilerek ilerletilir. İmplantın distal ucu distal ulnanın metafizine ilerletilir. İmplantın proksimal ucu olekranonun ucunda bükülür ve perkütan olarak bırakılır veya kesilerek cilt altına gömülür. Bu yöntem özellikle ulna açık redüksiyon gerektiğinde tercih edilir (87).

Ulnanın redüksiyonundan ve fiksasyonundan sonra radius kırığı ele alınır. Ekstremitedeki kan boşaltıldıktan sonra turnike şişirilir, dorsal radius üzerinde Lister tüberkülü yakınında metafizin orta hattında distal radial fizisin 1 cm proksimalinde 1 cm’lik longitudinal insizyon yapılır. Küçük çocuklarda tüberkül palpe edilemez ve insizyon bölgesinin belirlenmesi için floroskopi gerekebilir. Cilt insizyonundan sonra dorsal retinakulum insize edilir ve 3. ve 4. dorsal kompartmanlar arasındaki interval ayrılır. Böylece, distal radiusun metafizi görünür hale gelir. Floroskopinin pozisyonu tam olarak belirlendikten sonra unikortikal bir delik açılır. Matkap dorsal shaftla 30°’lik açı yapacak şekilde proksimal yönde aşamalı olarak ilerletilir ve delik genişletilir. Radial fiksasyon için yumuşak tel veya esnek titanyum çivi kullanılabilir. Radial yayın apeksindeki kırıklar için esnek titanyum çivinin çocuğun önkolundaki radial yaya uydurulması önerilmektedir. “T-sap” a takıldıktan sonra implant çıplak gözle dorsal deliğe sokulur. El kuvveti ile implant retrograd olarak kırık bölgesine ilerletilir. Volar korteksi perfore etmemek amacı ile dikkatli olunmalıdır. İmplant radial kırık bölgesini geçtikten sonra kapalı redüksiyon uygulanır. Ulnanın redüksiyonunda olduğu gibi kapalı manipülasyonla 10 dk’yı geçirmeden açık prosedüre dönülmelidir (87).

Orta ve distal radial cisim kırıklarının açık redüksiyonunda dorsal yaklaşım genellikle, en iyi seçenektir. Radiusun proksimal üçte birindeki kırıklarda ise volar yaklaşım en iyi yöntemdir. Yapılan insizyon genellikle plak yerleştirme sırasında yapılandan daha küçüktür. Açık kırık hizalamasından sonra, implant kırık bölgesinden geçirilerek radiusun proksimal metafizine kadar ilerletilir. Radial yay apeksindeki kırıklarda tel, radial yay uygun pozisyona gelene kadar floroskopi altında döndürülür. İmplantın ekstramedüller sonu bükülür veya kesilerek cilt altına gömülür. Cilt altına gömülmesi dorsal cilt irritasyonuna engel olur (87).

2.7.2.3. Diğer Cerrahi Seçenekler

Tek Kemik Fiksasyonu

Çocuk ve ergenlerdeki önkol çift kırıklarının bazılarında, sadece ulna veya radiusun fiksasyonu yapılabilir (15, 16, 18). Kemiklerden birine intramedüller implant veya plak uygulandıktan sonra diğer kemikte kapalı redüksiyon yapılabilir. Bu teknik önkol kemik kırıklarında, kemiklerden birinde tam olmayan kırık varlığında (yaş ağaç kırığı veya plastik deformasyon) veya kemiklerden biri kolayca redükte edilebilirken diğeri alçı ile hizalanmış durumda tutulamıyor ise uygundur. Cerrahi sonrası immobilizasyon dikkatli bir şekilde kalıplanmış uzun kol alçısı ile yapılır. Uygun şekilde immobilizasyon yapılmadığında fiksasyon yapılmayan kemikte redüksiyon kaybı oluşabilir (122).

Plak Fiksasyonu

Çocuklardaki önkol kırıklarında, plak fiksasyonunun endike olduğu durumlar parçalı kırıklar ve intramedüller fiksasyonla hizalanamayan radial yay apeksinde yerleşik kırıklardır. Distal, radial ve ulna fizisleri kapanmış büyük çocuklar ve ergenlerin kronolojik yaşa bakılmaksızın plak fiksasyonu ile tedavi edilmesi tavsiye edilir (erişkinler gibi) (87). Çocukların çoğunda, 1/3 tübüler plak veya 2.4-mm kompresyon plağı redüksiyonun uygun şekilde sürdürülmesi ve kaynamanın gerçekleşmesi için yeterlidir. Daha büyük boyutlu kompresyon plakları, bu implantların yerleştirilmesine olanak sağlayan yeterli kemik boyutlarına sahip daha büyük çocuklarda ve erişkinlerde kullanılır (122).

Eksternal Fiksasyon

3.1 mm veya daha küçük eksternal fiksasyon vidaları sadece belirgin kontaminasyon, yumuşak doku kaybı veya hasarı ve segmental kemik kaybı olan yaralanmalarda tercih edilir (123). Eksternal fiksasyon, kısa süreli stabilizasyon (<2 hafta) için kullanılabilir (yumuşak dokunun iyileşmesi için gerekli bu süre geçtikten sonra diğer implantlar kullanılabilir). Bu teknik çocuklardaki önkol kırıklarında nadiren kullanılmaktadır.

2.7.2.4. Cerrahi sonrası bakım

Cerrahinin tamamlanmasından sonra, uzun kol alçı veya atel uygulanır. Bir haftadan sonra atelden alçıya geçilir. Alçı immobilizasyonu 8-12 hafta boyunca sürdürülür. Cildin dışında kalan implant cerrahiden sonraki 6. hafta içinde kaynamanın varlığına göre çıkartılır. Gömülü implantlar, cerrahiden sonra 8-16 hafta içinde ameliyathanede çıkartılır. Çoğu olguda, alçı çıkartıldıktan sonraki 4.-6. haftalar arasında aktiviteye dönüşü izin verilir. Büyük çocukların bazılarında fizik tedavi ve rehabilitasyon gerekebilir.

2.7.3. Komplikasyonlar

Kötü kaynama

Kırığın yeniden şekillenme miktarı ve aşırı açılanma tahmin edilemeyebilir ve radyografik hizalama önkol rotasyonu ve ekstremitte işlevlerinin kesin olarak tahminine olanak sağlamaz. Çocuklarda kabul edilebilir görünüm ve en azından 30°'lik pronasyon ve supinasyon (açılanmanın derecesinden bağımsız) genellikle, klinik açıdan tatmin edici bir sonuç olarak değerlendirilir (87). Kötü kaynamadan sonra ortaya çıkabilecek deformiteler ve şiddetli hareket kısıtlılıkları kırık iyileşmesinden sonraki bir yıl içinde düzeltici osteotomi ile en iyi şekilde tedavi edilir (69, 124).

Yeniden Kırılma

Radyografik ve klinik açıdan iyileşmiş önkol kırıklarında tekrar kırılması çocukların yaklaşık % 5'inde görülür (36). Genellikle ilk yaralanmadan 6 ay sonra ortaya çıkar. Bu kırıkların tedavisinde birincil kırık için kullanılan klavuzlar takip edilir. Yeniden kırık oluşumundan sonra kapalı redüksiyon veya alçı immobilizasyonu ile hizalama yapmak ve sürdürmek daha güçtür ve sonuçları beklendiği gibi olmayabilir (36).

Sinostoz

Radius ve ulnanın sinostozu nadir olmakla birlikte proksimal üçte bir önkol kırıklarından sonra daha sık gözlenir (125). Yüksek enerjili travmalara bağlı kırıklarda sinostoz gelişme riski en yüksektir (126). Sinostoz riskini azaltmak amacı ile kırığın çoklu manipülasyonundan radius ve ulnaya cerrahi yaklaşımı bir tek insizyon yolu ile yapmaktan ve radius ve ulnayı birleştiren tel fiksasyonu yapmaktan

kaçınılmalıdır (126). Kırıkla birlikte dirseğin posterior dislokasyonu, Monteggia çıkıklı kırığı, distal trisepsin travmatik yırtığı, önkol çift kırıkları, radius başının izole kırığı radioulnar sinostoza neden olabilir (127).

İntramedüller Fiksasyonun Komplikasyonları

Cerrahi tedavi yapılan çocuklardaki komplikasyon riski, kapalı redüksiyon ve alçı immobilizasyonu yapılanlardan yüksektir (9). Kullanılan malzemenin yer değiştirmesi ve cilt irritasyonu, enfeksiyon ve sinir yaralanmaları en sık karşılaşılan cerrahi komplikasyonlardır (24, 27, 117). İmplant çıkartıldıktan veya implant deformasyonu oluştuktan sonra redüksiyon kaybı ve geç kaynama olabilir. Cerrahiden sonra kompartman sendromu bildirilmiştir. Kompartman sendromunun ortaya çıkışı, cerrahi sırasında floroskopinin sık kullanımı ile yakından ilişkilidir (128). İmplantın dikkatli yerleştirilmesi cilt altındaki implantın minimum 8-12 hafta boyunca tutulması ve yumuşak dokuların dikkatli bir şekilde manipüle edilmesi (özellikle redüksiyon sırasında) bu komplikasyonların bazılarının gelişimini azaltabilir (122).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Etik Kurul Onayı

Bu çalışma yerel etik kurulun 24.06.2009 tarih ve 2009/150 sayılı onayı ile gerçekleştirilmiştir.

3.2. Çalışma Grubunun Seçimi

Çalışma, etik kurul onayı alındıktan sonra uygun vasıflar taşıyan olgular çalışmaya alındı. Kapalı redüksiyon uzun kol sirküler alçı tespiti ile yeterli redüksiyon sağlanamayan veya sağlandıktan sonraki ilk yedi gün içinde redüksiyon kaybı gelişen 5-16 yaş grubu hastalar çalışmaya alındı. Genel anestezi altında kapalı veya açık redüksiyon ve intramedüller K teli ile tespiti yapılan hastalar postoperatif dönem 1, 7, 15, 30, 60, 90. günlerde, 6. ayda ve 1. yılında grafi takipleri yapılarak kaynama takibi yapıldı. Kırık sahasında tam kaynama görüldükten sonra tellerin çıkartılması planlandı. Kaynama; kırık sahasında radyografik olarak tespit edilebilir kallus oluşumu, hassasiyet, patolojik hareket ve önkol hareketleriyle ağrının olmayışı olarak tanımlandı. Postoperatif grafi kontrolünde sağlam ekstremite radyografilerinin değerlendirilmemesinin nedeni, çocukların radyasyon maruziyetini artırmamaktır.

Çalışmadan dışlama ölçütleri

- 5 yaşından küçük ve 16 yaşından büyük olanlar,
- Kontrollerine düzenli gelmeyenler,
- Redüksiyon kaybı olsa bile yedi günden sonra redüksiyon yapılanlar,
- Metabolik kemik hastalığı olanlar,
- Patolojik kırığı olanlar,
- Aynı ekstremitede kırık öyküsü olanlar çalışmaya dahil edilmedi.

3.3. Değerlendirme Parametreleri

1-Preoperatif ve postoperatif dönem grafileri karşılaştırıldı.

2-Son kontrolde (12. ay) önkol AP / Lateral grafileri çekilerek her iki planda açılanmaları ölçüldü.

3-Fonksiyonel değerlendirme el bileği, dirsek hareketleri ve önkol rotasyonları standart goniometre ile ölçüldü (129).

4-Fonksiyonel ve radyolojik sonuçlar, Price ve arkadaşları tarafından belirlenmiş ölçütlere göre derecelendirildi (36) (**Tablo 3.1**).

Tablo 3.1. Postoperatif değerlendirme ölçütleri (Price) (36).

Semptomlar	Önkol rotasyon kaybı	Sonuçlar
Zorlu aktivite ile şikayet yok	<11°	Mükemmel
Zorlu aktivite ile orta şikayet	11-30°	İyi
Günlük aktivite ile orta şikayet	31-90°	Orta
Diğer tüm sonuçlar		Kötü

3.4. İstatistiksel Analiz

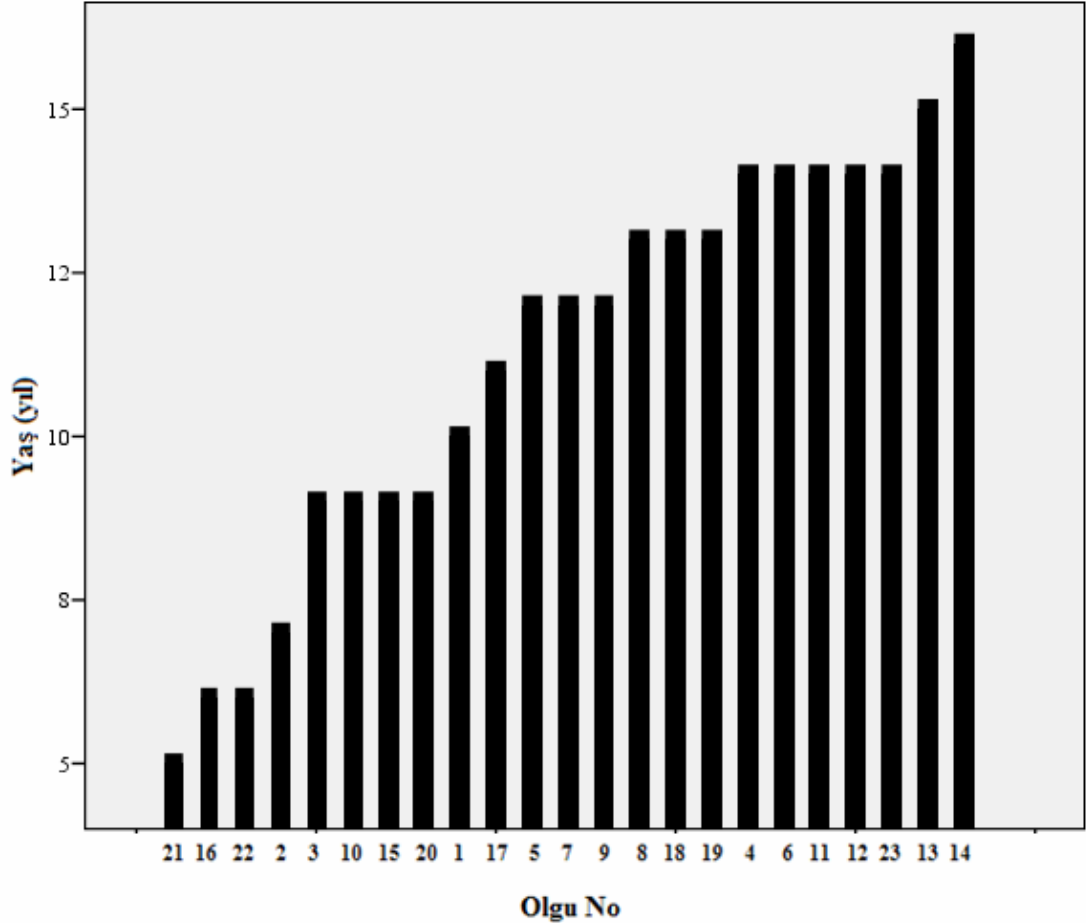
Çalışmadan elde edilen tüm veriler bilgisayarda Windows işletim sisteminde, “Statistical Packages for the Social Science” (SPSS) 11.5 istatistik programı kullanılarak analiz edildi. Tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları; ölçekli değişkenler için ortalama±standart sapma ve isimsel/sıralı değişkenler için frekans-yüzde dağılımı biçiminde ifade edildi. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uyumları “Kolmogorov Smirnov Tek Örneklem testi” ile değerlendirildi. Ameliyat öncesi ve sonrası değerler karşılaştırılırken parametrik varsayımları karşılayan sürekli değişkenler için “Paired Sample t Test”; parametrik varsayımları karşılamayan sürekli değişkenler için “Wilcoxon Signed Rank Test” kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık için $p < 0.05$ eşik değer olarak alındı.

4. BULGULAR

Olguların yaş ortalaması 11.17 ± 3.16 idi. Olguların 21'i (% 91.3) erkek, 2'si (% 3.16) kadındı (**Tablo 4.1**). Olguların yaşları Şekil 4.1'de küçükten büyüğe doğru sıralanarak verilmiştir.

Tablo 4.1. Olguların yaş ortalaması ve cinsiyet dağılımları.

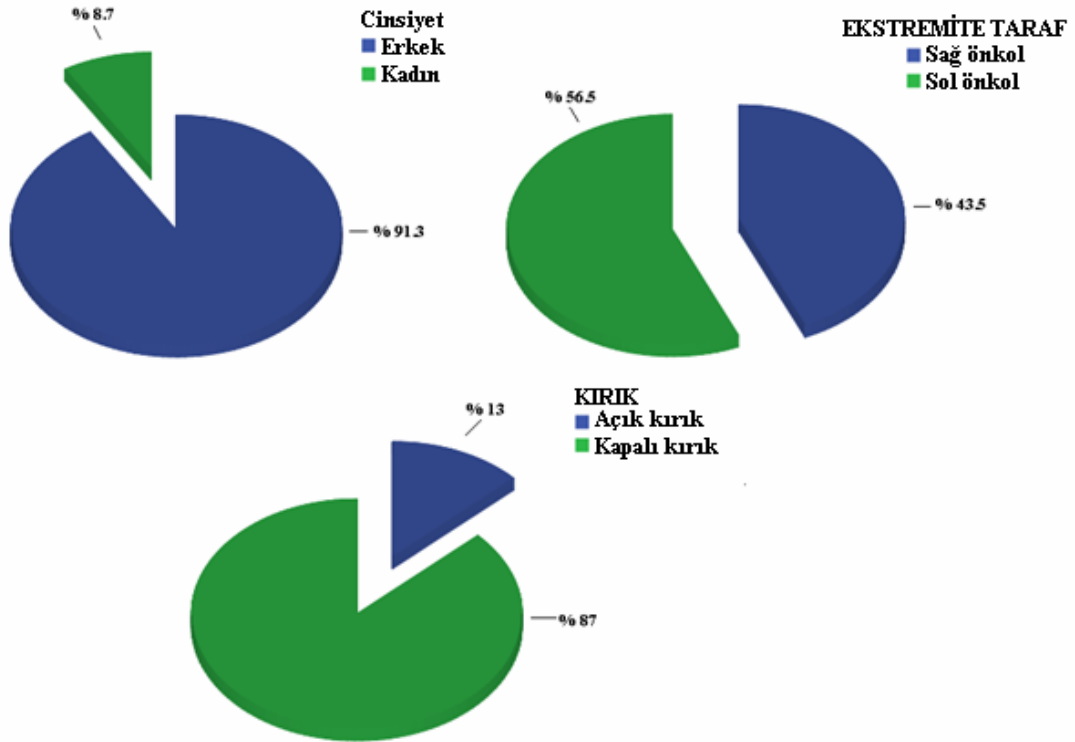
		GRUPLAR	
		Ort.±SS	
Yaş		11.17±3.16	
		n	Sütun % n
Cinsiyet	Erkek	21	91.3
	Kadın	2	8.7



Şekil 4.1. Olguların yaşları (küçükten büyüğe).

Çalışmaya alınan olgulardan 10'unun (% 43.5) kırığı sağ ekstremitede, 13'ünün (% 56.5) kırığı sol ekstremitede idi. Olgulardan 3'ünün (% 13) açık kırığı, 20'sinin (% 87) kapalı kırığı vardı. Kırık lokalizasyonu distal 1/3'te olan 7 (% 30.4)

olgu, orta 1/3'te olan 16 (% 69.6) olgu vardı. Kırık lokalizasyonu proksimal 1/3'te olan olgu yoktu (Tablo 4.2, Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Olguların cinsiyet, kırık ekstremite taraf ve kırık lokalizasyonuna ait pasta grafikleri.

Tablo 4.2. Olguların cinsiyet, kırık ekstremite taraf ve kırık lokalizasyonu dağılımları.

		n	Sütun % n
Ekstremitte Taraf	Sağ	10	43.5
	Sol	13	56.5
Açık-kapalı kırık	Açık	3	13.0
	Kapalı	20	87.0
Lokalizasyon (distal-orta-proksimal)	Distal 1/3	7	30.4
	Orta 1/3	16	69.6
	Proksimal	0	0

Olguların kırıkları etiyolojik faktörler açısından değerlendirildiğinde; 14'ü (% 60.9) düşme, 2'si (% 8.7) bisikletten düşme, 2'si (% 8.7) top oynarken düşme, 1'i (% 4.3) 1m yüksekten düşme, 1'i (% 4.3) 1.5m yüksekten düşme, 2'si (% 8.7) spor yaparken düşme ve 1'i (% 4.3) araç içi trafik kazasıydı (Tablo 4.3, Şekil 4.2).

Tablo 4.3. Olguların etiyolojik faktörlere göre dağılımları.

		n	Sütü % n
Etyoloji	Düşme	14	60.9
	Bisikletten düşme	2	8.7
	Top oynarken düşme	2	8.7
	1 m yüksekten düşme	1	4.3
	1.5 m yüksekten düşme	1	4.3
	Spor yaparken düşme	2	8.7
	Araç içi trafik kazası	1	4.3

Olguların hastanede yatış süreleri ortalama 2.52 ± 0.59 gün, takip süreleri ortalama 12.00 ± 0 ay, kırıklarının ortalama atel süresi 50.83 ± 23.10 gün ve K tellerinin çekilme süresi ortalama 46.70 ± 8.47 gündü (**Tablo 4.4**). Olguların tamamında yetersiz redüksiyon nedeniyle K-teli uygulandı.

Tablo 4.4. Olguların hastanede yatış, takip, atel uygulama ve K teli çekilme süreleri.

	Ort	SS	Min	Maks
Yatış süresi (gün)	2.52	0.59	2.00	5.00
Takip süresi (ay)	12.00	0	12.00	12.00
Atel uygulama süresi (gün)	50.83	23.10	30.00	120.00
K teli çekilme süresi (gün)	46.70	8.47	41.00	75.00

Olgulardan 5'nin (% 21.7) K-teli ameliyathanede ve 18'inin (% 78.3) K-teli poliklinikte çekildi (**Tablo 4.5**).

Tablo 4.5. Olguların K-tellerinin çekilme şekli.

		n	Sütun % n
K-tellerinin çekilme şekli	Ameliyathanede	5	21.7
	Poliklinikte	18	78.3

Kırık kemikleri yanlış kaynayan ve kemikleri kaynamayan olgu yoktu. Önkol rotasyon kısıtlılıkları supinasyon (4.61 ± 1.34 derece), pronasyon (5.04 ± 1.22 derece) . Olguların tamamında el bileği ve dirsek ROM tamdı ve distal radioulnar eklemleri hareketleri (rotasyon hariç) normaldi. Olguların 8'inde implanta bağlı cilt irritasyonu gelişti (%34.7). 2 hastada yüzeysel doku enfeksiyonu gelişti (%8.6). Olguların tamamında radyografik görünüm "iyi" olarak yorumlandı. Olguların 7'sinde (% 30.4) açık redüksiyon, intramedüller K teli, 12'sinde (% 52.2) kapalı redüksiyon, intramedüller K-teli, 3'ünde (% 13) radiusa kapalı redüksiyon ulnaya açık redüksiyon, intramedüller K-teli ve olguların birinde ulnaya kapalı redüksiyon radiusa açık redüksiyon intramedüller K-teli uygulandı (**Tablo 4.6**).

Tablo 4.6. Uygulanan cerrahi teknikler.

		n	Sütun % n
Cerrahi teknik	A.R./ İ.M. K teli	7	30.4
	K.R./İ.M. K teli	12	52.2
	Radiusa K.R. Ulnaya A.R./ İ.M. K teli	3	13.0
	Ulnaya K.R. Radiusa A.R./ İ.M. K teli	1	4.3

Olguların kırıkları dominant ekstremitelerinde olduğunda, postoperatif dönemde kırık ekstremitel el kavrama kuvveti ile diğer ekstremitel el kavrama kuvveti değerleri arasında anlamlı fark yoktu ($p=0.175$). Olguların kırıkları dominant olmayan ekstremitelerinde olduğunda, postoperatif dönemde kırık ekstremitel el kavrama kuvveti, diğer ekstremitel el kavrama kuvvetinden anlamlı derecede düşüktü ($p=0.005$). Dominant ekstremitel kırığında kaba kavrama kuvveti diğer ekstremitenin % 104'üne; dominant olmayan ekstremitel kırığında kaba kavrama kuvveti diğer ekstremitenin % 90.7'sine ulaştı (**Tablo 4.7**).

Tablo 4.7. Olguların kırık ekstremitel ve diğer ekstremitel el kavrama kuvvetleri.

El kaba kavrama kuvveti	Kırık Ekstremitel					Diğer Ekstremitel					p
	Ort	SS	Med	Min	Maks	Ort	SS	Med	Min	Maks	
	Dominant Ekstremitel Kırık (n=10)	55.80	23.30	50.00	18.00	90.00	53.40	22.79	50.00	20.00	
Dominant Olmayan Ekstremitel Kırık (n=13)	66.92	20.57	60.00	40.00	100.00	73.77	26.51	60.00	38.00	110.00	0.005

Olguların ameliyat öncesi AP radius ($p=0.331$), AP ulna ($p=0.553$), lateral radius ($p=0.415$), lateral ulna ($p=0.315$) ve ameliyat sonrası AP radius ($p=0.200$) değerleri normal dağılıma uymaktayken, ameliyat sonrası AP ulna ($p=0.001$), lateral radius ($p=0.001$) ve lateral ulna ($p<0.001$) değerleri normal dağılıma uymamaktaydı (*Kolmogorov Smirnov Testi*).

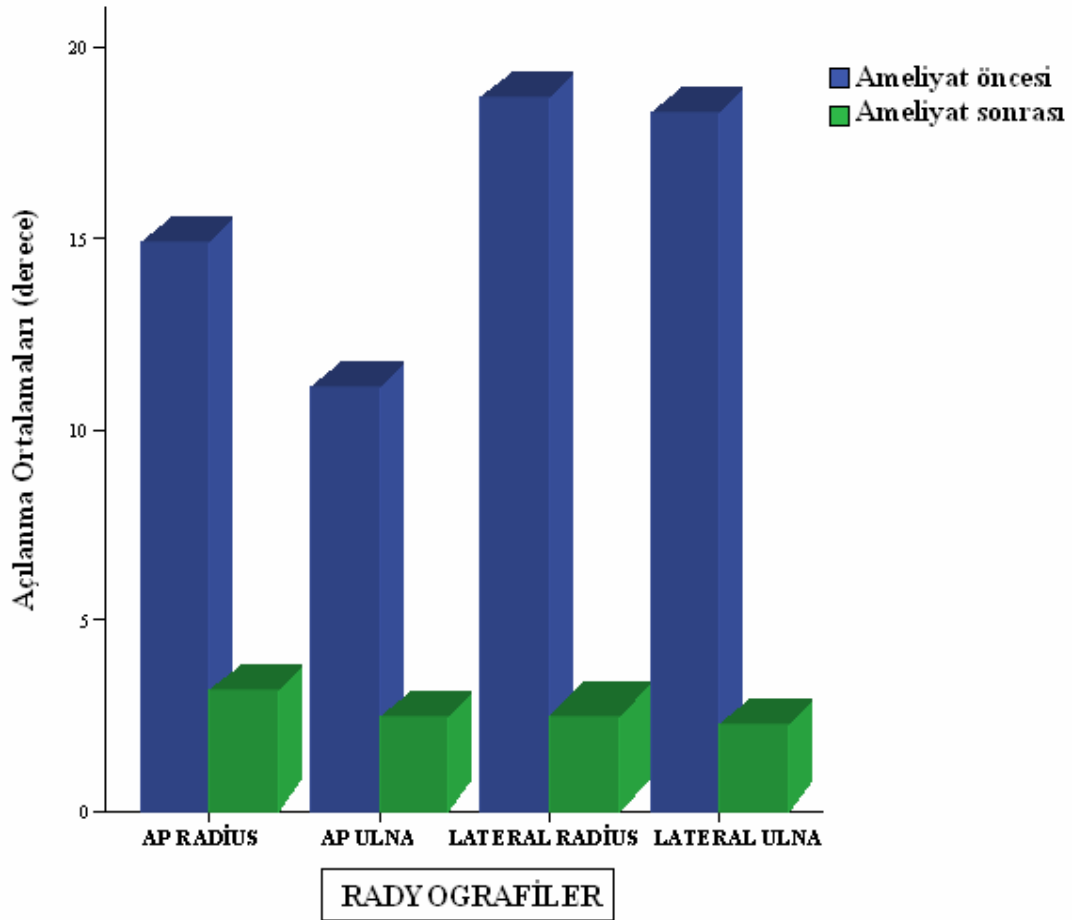
Olguların ameliyat öncesi çekilen AP radius ($p<0.001$), AP ulna ($p<0.001$), lateral radius ($p<0.001$) ve lateral ulna grafilerinde açılanma ortalamaları, ameliyat sonrası çekilen AP radius, AP ulna, lateral radius ve lateral ulna grafilerindeki açılanma ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksekti (**Tablo 4.8**, **Şekil 4.3**).

Tablo 4.8. Olguların AP ve lateral radyografilerde ameliyat öncesi ve sonrası açılanma dereceleri.

	Ameliyat öncesi					Ameliyat sonrası					
	Ort	SS	Med	Min	Maks	Ort	SS	Med	Min	Maks	
AP RADİUS	14.91	7.12	14.00	4.00	30.00	3.17	1.03	3.00	2.00	5.00	<0.001*
AP ULNA	11.13	7.89	10.00	2.00	32.00	2.48	0.79	2.00	2.00	4.00	<0.001**
LATERAL RADİUS	18.70	8.89	15.00	8.00	35.00	2.48	0.79	2.00	2.00	4.00	<0.001**
LATERAL ULNA	18.30	13.60	12.00	4.00	60.00	2.26	0.62	2.00	2.00	4.00	<0.001**

*Paired Samples t Test

** Wilcoxon Signed Ranks Test



Şekil 4.3. Olguların AP ve lateral radyografilerde ameliyat öncesi ve sonrası açılanma derecelerine ait çubuk grafiği.

Olguların supinasyon ve pronasyon hareketlerinde minimal kısıtlılık mevcuttu (Price ve arkadaşlarının (36) ölçütlerine göre $<11^\circ$ = mükemmel) (**Tablo 4.9**).

Tablo 4.9. Olguların cerrahi sonrası etkilenen önkol supinasyon ve pronasyon kısıtlılığı dereceleri.

ÖNKOL	Ortalama	SS	Min	Maks
Supinasyon (derece)	4.61	1.34	3	7
Pronasyon (derece)	5.04	1.22	3	7

OLGU ÖRNEKLERİ

Olgu No 1:

Yaş: 7

Cinsiyet: E

Tanı: Sağ önkol çift kırığı

Etyoloji: Düşme

Atel süresi: 6 hafta

Kaynama süresi: 6 hafta

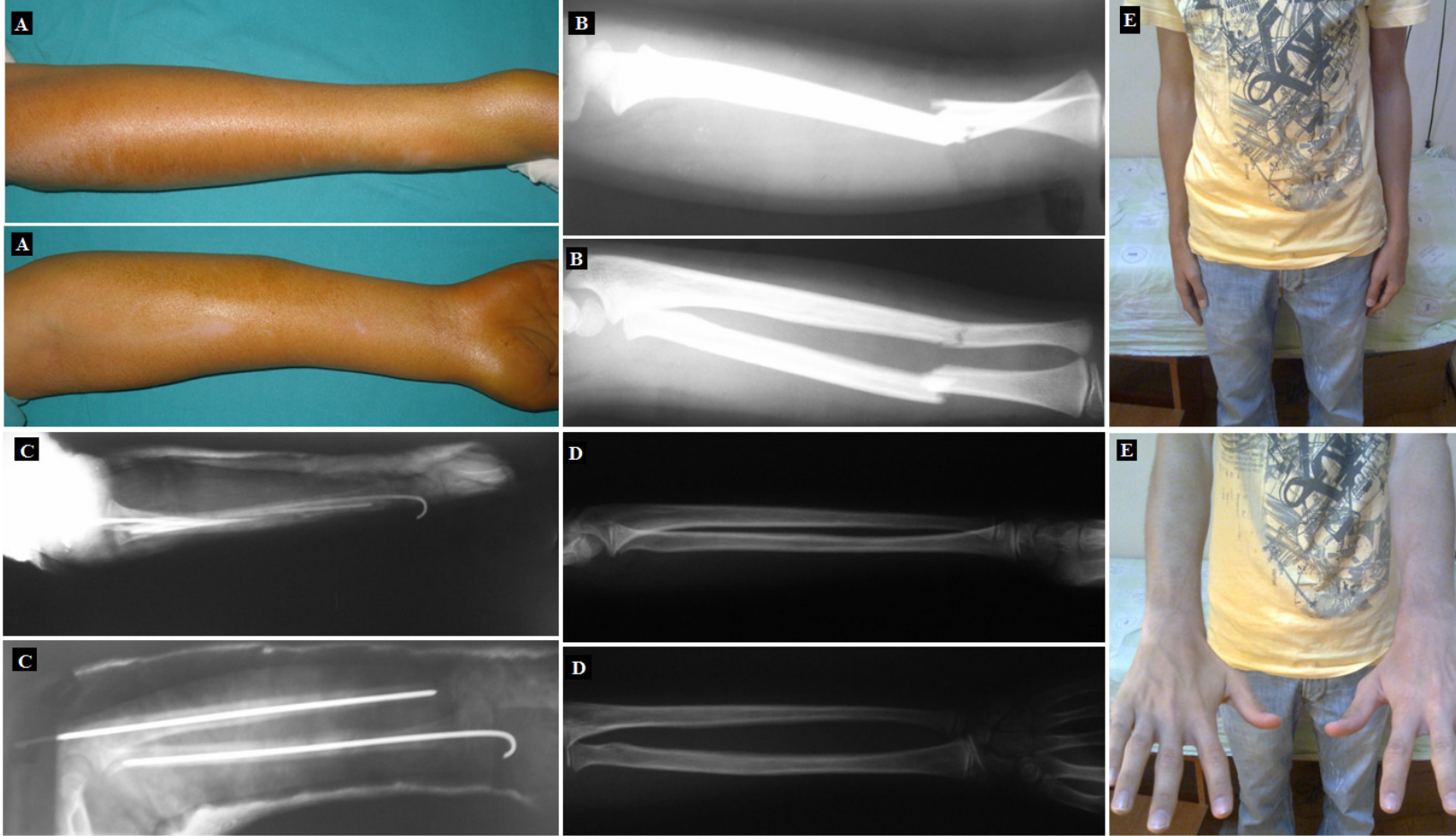
Ameliyat tekniği: Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile osteosentez

Takip süresi: 12 ay

Fonksiyonel sonuç: Çok iyi

Komplikasyon: Görülmedi

Klinik seyir: Hastaya sağ önkol çift kırığı tanısıyla başarısız kapalı redüksiyon sonrası servise yatırıldı. Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile tespit yapıldı. Cerrahi sonrası 3.gün taburcu edildi. Cerrahi sonrası 2.ay ameliyathanede lokal anestezi altında K telleri çıkarıldı.



Resim 4.1. Olgu no 1; **A**-İlk başvuru fotoğrafları. **B**-İlk başvuru radyografileri. **C**-Cerrahi sonrası radyografiler. **D** -Son kontrol radyografileri ve **E**-Son kontrol fotoğrafları (üstte lateral ve altta anteroposterior radyografiler).

Olgu No 2:

Yaş: 9

Cinsiyet: E

Tanı: Sağ önkol çift kırığı

Etyoloji: Düşme

Atel süresi: 7 hafta

Kaynama süresi: 6 hafta

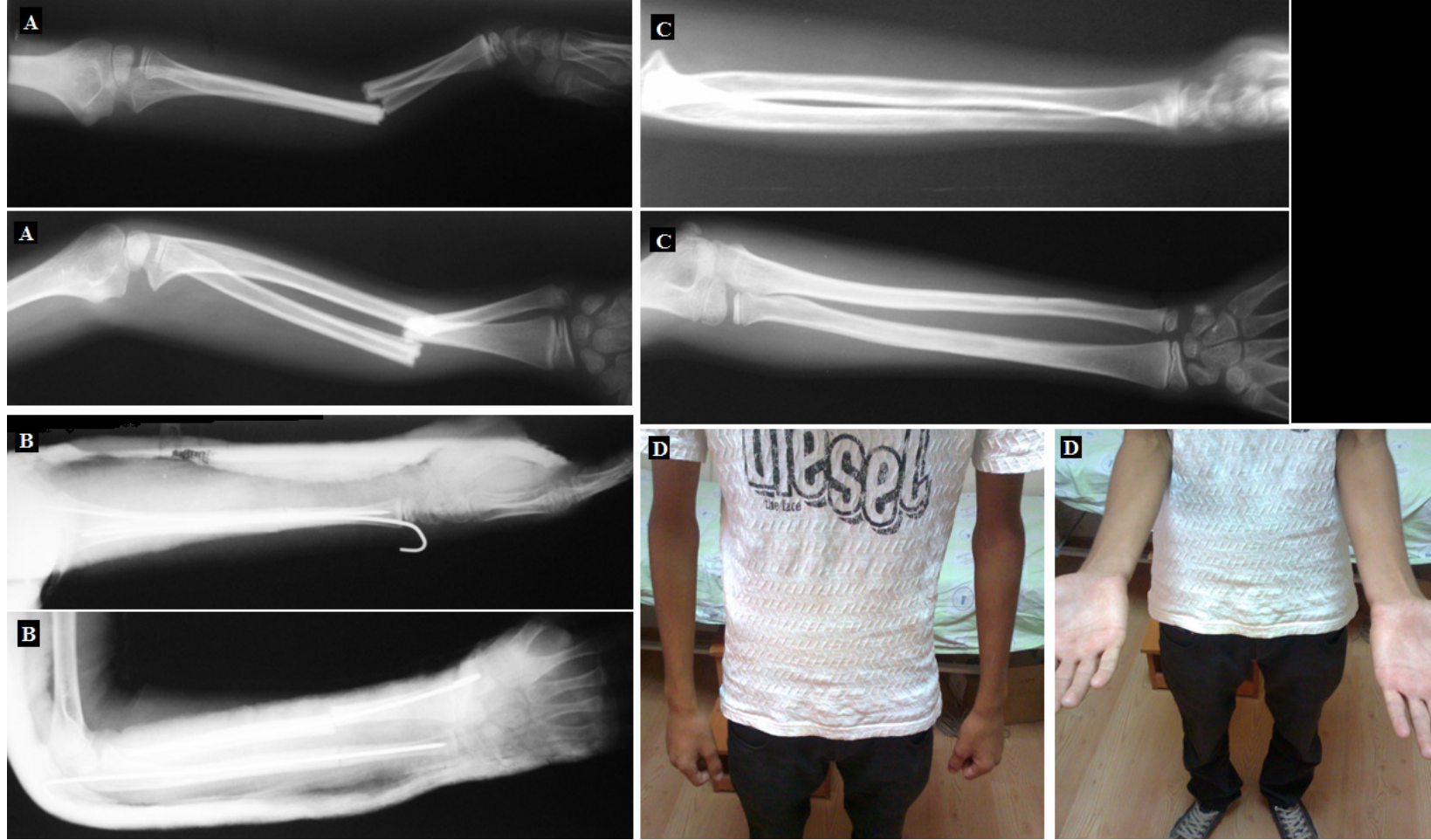
Ameliyat tekniği: Radiusa kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile osteosentez ve ulnaya açık redüksiyon, intramedüller K teli ile osteosentez.

Takip süresi: 12 ay

Fonksiyonel sonuç: Çok iyi

Komplikasyon: Görülmedi

Klinik seyir: Hastaya sağ önkol çift kırığı tanısıyla başarısız kapalı redüksiyon sonrası servise yatırıldı. Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile tespit yapıldı. Cerrahi sonrası 4.gün taburcu edildi. Cerrahi sonrası 2.ay poliklinikte lokal anestezi altında K telleri çıkarıldı.



Resim 4.2. Olgü no 2; **A-** İlk başvuru radyografileri. **B-**Cerrahi sonrası radyografiler. **C -**Son kontrol radyografileri ve **E-**Son kontrol fotoğrafları (üstte lateral ve altta anteroposterior radyografiler).

Olgu No 3:

Yaş: 14

Cinsiyet: E

Tanı: Sol önkol çift kırığı

Etyoloji: Bisikletten düşme

Atel süresi: 2 ay

Kaynama süresi: 6 hafta

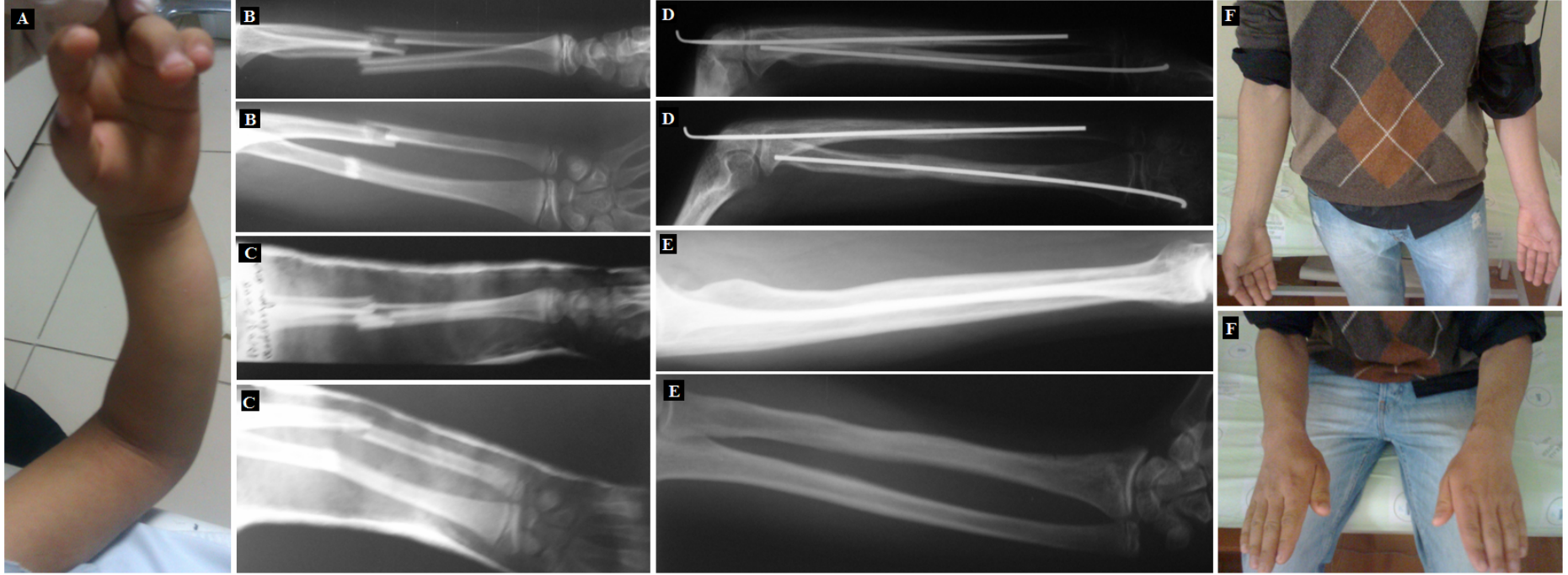
Ameliyat tekniği: Açık redüksiyon, intramedüller K teli ile osteosentez

Takip süresi: 12 ay

Fonksiyonel sonuç: Çok iyi

Komplikasyon: Görülmedi

Klinik seyir: Hastaya sol önkol çift kırığı tanısıyla başarısız kapalı redüksiyon sonrası servise yatırıldı. Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile tespit yapıldı. Cerrahi sonrası 4. gün taburcu edildi. Cerrahi sonrası 2. ay poliklinikte lokal anestezi altında K telleri çıkarıldı.



Resim 4.3. Olgu no 3; **A**-İlk başvuru fotoğrafı. **B**-İlk başvuru radyografileri. **C**-Kapalı redüksiyon ve alçılama sonrası radyografiler. **D**-Cerrahi sonrası radyografiler. **E** -Son kontrol radyografileri ve **F**- Son kontrol fotoğrafları (üstte lateral ve altta anteroposterior radyografiler).

Olgu No 4:

Yaş: 9

Cinsiyet: E

Tanı: Sol önkol çift kırığı

Etyoloji: 1 metre yüksekten düşme

Atel süresi: 6 hafta

Kaynama süresi: 6 hafta

Ameliyat tekniği: Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile osteosentez

Takip süresi: 12 ay

Fonksiyonel sonuç: Çok iyi

Komplikasyon: Görülmedi

Klinik seyir: Hastaya sol önkol çift kırığı tanısıyla başarısız kapalı redüksiyon sonrası servise yatırıldı. Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile tespit yapıldı. Cerrahi sonrası 2.gün taburcu edildi. Cerrahi sonrası 6.hafta poliklinikte lokal anestezi altında K telleri çıkarıldı.



Resim 4.4. Olgu no 4; **A**-İlk başvuru radyografileri. **B**-Kapalı redüksiyon ve alçılama sonrası radyografiler. **C**-Cerrahi sonrası radyografiler. **D** -Son kontrol radyografileri ve **E**- Son kontrol fotoğrafları (**A** dışında üstte lateral ve altta anteroposterior radyografiler).

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda, kapalı redüksiyon uzun kol sirküler alçı tespiti ile yeterli redüksiyon sağlanamayan veya sağlandıktan sonraki ilk yedi gün içinde redüksiyon kaybı gelişen 5-16 yaş grubu hastalara genel anestezi altında kapalı veya açık redüksiyon ve intramedüller K teli ile tespit tedavisinin klinik ve radyolojik sonuçları araştırılmış ve kaynama süresinin kısalığı, mükemmel dizilim ve klinik sonuçlar sağlayan başarılı bir tedavi olduğu sonucuna varılmıştır.

Intramedüller çivileme tekniğinin kullanıldığı çalışmalarda saptanan ortalama kaynama süreleri (veya intramedüller çivinin çıkartılma süreleri), 4.5 ile 8.5 hafta arasında değişmektedir (10, 32, 33). Çalışmamızda radius ve ulnaya kapalı redüksiyon ve intramedüller tespit uygulanan hasta sayısı 12'dir (%52.2). Radius ve ulnaya açık redüksiyon ve intramedüller tespit uygulanan hasta sayısı 7'dir (%30.4). Radiusa kapalı ulnaya açık redüksiyon ve intramedüller tespit uygulanan hasta sayısı 3'dür (%13.0). Ulnaya kapalı radiusa açık redüksiyon ve intramedüller tespit uygulanan hasta sayısı 1'dir (4.3). Açık redüksiyon yapılan hastaların 7'sinde kırık hattında kas interpozisyonu olduğu izlendi. Çalışmamızda, hesaplanan ortalama kaynama süresi yaklaşık 7.7 haftadır (46.7 gün) ve önceki çalışmaların (10, 32, 33) kaynama süresi sonuçları ile uyumludur. Açık redüksiyon yapılan olguların sayısının görece daha az olması nedeniyle kaynama gecikmesi olmamıştır.

Açılanma değerlendirilmesi, Fihrl ve Wunch tarafından (130) geliştirilen yöntemle göre radius yayının genliği hesaplanarak yapılmıştır. Bu çalışmada, intramedüller çivileme tedavisi sonrası radius açılanmasının, normatif değerlere göre anlamlı farklılık gösterdiği bulunmuştur (29). Intramedüller çivileme tekniğinin uygulandığı diğer çalışmalarda ise, her iki önkol kemiği için açılanmanın normal sınırlarda olduğu bildirilmiştir (31, 33). Çalışmamızda, olguların preoperatif ve postoperatif açılanma değerlendirmeleri lateral ve anteroposterior radyografiler kullanılarak yapılmıştır. Olguların postoperatif anteroposterior radial (3.17°) ve ulnar (2.48°) ortalama açılanma değerleri; lateral radial (2.48°) ve ulnar (2.48°) ortalama açılanma değerleri preoperatif anteroposterior radial (14.91°) ve ulnar (11.13°) ortalama açılanma değerleri; lateral radial (18.70°) ve ulnar (18.30°) ortalama açılanma değerlerinden

istatistiksel olarak anlamlılık gösteren düzeyde düşük bulunmuştur (tüm ikili karşılaştırmalar için $p < 0.001$). Küçük kaya ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, hastaların cerrahi sonuçlarını değerlendirmek üzere kullanılan sınıflamada, mükemmel gruba dahil edilen olgulardaki postoperatif açılma deformitenin $< 10^\circ$ olması beklenmektedir (23). Çalışmamızda, postoperatif radial ve ulnar açılma değerlerinin hiçbirisi ne lateral, ne de anteroposterior grafilerde bu sınırı aşmamıştır. Ayrıca, büyüme için 5 yıldan daha kısa süre kaldığında, sagittal planda 5° lik açılmanın kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir (115). Çalışmamıza katılan olguların hiçbirinde 5° nin üzerinde açılma yoktur. Bu bağlamda, çalışmamızın sonuçları, intramedüller çivileme tekniğinin cerrahi sonuçlarının başarısını destekleyen açılma sonuçları ortaya koymuştur.

Yukarıda söz edilen bazı çalışmalarda, intramedüller çivileme tekniği uygulanan olguların bir bölümünde, önkol rotasyon (pronasyon ve/veya supinasyon) kısıtlılığı saptanmıştır (10, 23, 29, 31, 33). Bir çalışmada, önkol rotasyonunda herhangi bir kısıtlılık gözlenmemiştir (32). Çalışmamızda, etkilenen önkol rotasyon kısıtlılıkları hem supinasyon (4.61 ± 1.34 derece) hem de pronasyon (5.04 ± 1.22 derece) için normal sınırlardaydı. Çalışmamızın sonuçları, söz edilen son çalışmanın sonuçları ile uyumludur. Ancak, çoğu çalışmada intramedüller çivileme uygulamasına karşın rotasyonel defektler gözlenmesinin nedenleri, bazı çalışmalarda tek kemik fiksasyonu uygulanan olguların varlığı (33) ve cerrahi uygulanan olguların kırık yerleşimleri (34), çalışma gruplarının yaş dağılımları (28, 36, 113, 115) ve cerrahi teknikle ilgili deneyim olabilir.

Grace ve Eversmann'ın (35) ölçütlerine göre değerlendirme yapılan bir çalışmada fonksiyonel sonuçlar, 25 hastada (% 89.3) mükemmel, 2 hastada (% 7.1) iyi, 1 hastada (% 3.6) kabul edilemez olarak bulunmuştur (33). Küçük kaya ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, araştırmacıların oluşturdukları fonksiyonel sonuç sınıflamasına göre, olguların % 90.3'ü mükemmel olarak sınıflandırılmıştır (23). Bir çalışmada ise, fonksiyonel sonuçlar Price ve arkadaşlarının (36) ölçütlerine göre değerlendirilmiş ve olguların % 85.7'sinin sonuçları mükemmel ve % 14.3'ünün sonuçları iyi olarak sınıflandırılmıştır (32). Luhmann ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, Price ve arkadaşlarının (36) ölçütlerine göre, olguların % 84'ünde fonksiyonel sonuçlar mükemmel ve % 16'sında iyi olarak belirlenmiştir (24). Çalışmamızdaki olguların tamamı (% 100), Price ve arkadaşlarının (36) ölçütlerine göre mükemmel ($< 11^\circ$ rotasyonel

kısıtlılık) sınıfı ile uyumluydu. Çalışmamızda, diğer çalışmaların sonuçlarına göre daha iyi fonksiyonel düzelme gözlenmiştir. Çalışmamızda, rotasyon kısıtlılığının az olmasının nedeni cerrahi sonrası yapılan uzun kol atel tespitinin kırık hattının yerleşimine göre supinasyon, pronasyon veya nötralde uygulanmasıdır.

Çalışmamıza dahil edilen ve dominant ekstremitte önkol çift kırığı olan olguların bu ekstremitte için ölçülen kaba kavrama kuvvetleri ile diğer ekstremitte kaba kavrama kuvvetleri arasında anlamlı fark yoktu. Ancak, dominant olmayan ekstremitte önkol çift kırığı olan olguların bu ekstremitte için ölçülen kaba kavrama kuvvetleri, diğer ekstremitte için ölçülenden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktü. Dominant ekstremitenin daha güçlü olduğu düşünüldüğünde bu bulgularımız şaşırtıcı değildir.

Amit ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada herhangi bir komplikasyon bildirilmemiştir (22). Diğer bazı çalışmalarda, majör ve minör çeşitli komplikasyonlar (psödoartrozis, gecikmiş kaynama, osteomyelit, ulnar palsi, yeniden kırılma, kompartman sendromu, yara enfeksiyonu, kötü yara iyileşmesi, yüzeysel yara enfeksiyonu, olekranon bursiti, kullanılan fiksasyon malzemesine bağlı irritasyon, ulnar nöropati, ulnar telin yer değiştirmesi) gözlenmiştir (10, 23, 24, 29-33). Çalışmamızda, olguların 8'inde implanta bağlı cilt irritasyonu gelişti (%34.7). 6'sı tel diplerinin sıkı ve uygun biçimde pansumanlarının yapılması ile geriledi. 2 hastada yüzeysel doku enfeksiyonu gelişti (%8.6). 2 hasta oral antibiyotik verilerek tedavi edildi.

Çocuklarda, klavikula kırıklarından sonra en sık karşılaşılan kırıklar önkol kırıklarıdır (7, 92, 93). Önkol kırıkları, çocukluk çağındaki yaralanmaların % 45'ini ve üst ekstremitte kırıklarının % 62'sini oluşturur. Beş yaşından büyük çocuklarda önkol kırıkları tüm kırıkların % 81 inde görülmektedir (2, 3). Önkol kırıklarının % 75-84'ü distal üçte birde, % 15-18 orta üçte birde ve % 1-7'si proksimal üçte birdedir (67, 68). Bu kırıkların % 50'den fazlası yaş ağaç kırığıdır (69). Önkol kırıklarının en sık nedeni, evde veya ev çevresinde düşmedir. Spora bağlı yaralanmalar ise ikinci en sık nedendir (1).

Pediyatrik önkol kırıklarının tedavisindeki temel ilkeler, proksimal kırık fragmanı ile distal kırık fragmanının aksiyel ve rotasyonel olarak hizalanması ve kırık iyileşene kadar bu pozisyonun devam ettirilmesidir. Kuramsal olarak

önkoldaki kas yapışma bölgeleri ve kaslar fragmanların pozisyonlarını etkiler (8). Deformasyona neden olabilecek güçlerin büyüklüğü, kırığın konfigürasyonuna bağlıdır. Her kırık, proksimal fragmanın pozisyonunu belirlemek ve daha sonra önkolu en uygun pozisyonda mobilize etmek amacıyla değerlendirilmelidir (8).

Kırık iyileşmesi, hastanın yaşına bağlı olmak üzere ardışık biyolojik süreçlerle (inflamasyon ve tamir fazı gibi) gerçekleşir (6). Çocukların kemiklerindeki periost daha kalın olduğu için, kemiğin deplase olması daha güçtür. Aynı zamanda periost yeni kemik oluşumuna öncülük eder (enine büyüme). Çocuklardaki uzun kemiklerin boyuna büyümesi, epifizial büyüme plaklarından kaynaklanmaktadır ve enkondral ossifikasyon olarak adlandırılan bu süreç kartilajın fazı da içermektedir (6). Kırıklar büyüme çağındaki çocuklarda daha çabuk iyileşmekte ve rezidüel aksiyel deformiteler kendiliğinden düzelmektedir (7, 8).

Kapalı redüksiyon ve alçı tespiti sonrasında uygun redüksiyonu sürdürmek her zaman mümkün olmayabilir. Alçı tedavisi sırasında, kemikler yeniden deplase olabilir veya açılabilir. Bu durum pediatrik önkol kırıklarında en sık bildirilen komplikasyondur (92, 99-101). Çeşitli araştırmacılar, kabul edilebilir kırık deformitesinin özellikleri ile ilgili çeşitli ölçütler oluşturmuşlardır. Sekiz yaşından küçük çocuklarda yeniden şekillendirme kapasitesi 0 ila 20 derece arasında iken, 10 yaş veya daha büyük çocuklarda belirgin yeniden şekillenme olmayabilir (28, 109, 131, 132). Pediatrik önkol çift kırıkların, rezidüel hatalı kaynama ile ilgili araştırmaların sonuçları çelişkilidir (36, 65, 133-136). Bazı araştırmacılar rezidüel açılanma varlığında çocuklardaki iyileşmenin iyi olduğunu (36, 133, 134), diğer bazı araştırmacılar ise rezidüel açılanma olduğunda fonksiyonel sınırlılıklar geliştiğini (65, 135, 136) savunmaktadır. Ancak, genel kanı orta 1/3'deki açılanmanın distal hatalı kaynamalardan daha çok fonksiyonel sınırlılığa neden olduğu yönündedir. Ayrıca, pronasyon kayıpları, supinasyon kayıplarından daha iyi tolere edilmektedir. Ek olarak, 10 yaşından daha büyük çocuklardaki kırıkların kapalı tedavisine ait kötü sonuç insidansları genellikle bildirilmemektedir (11).

Noonan ve Price tarafından hazırlanan kılavuzda, 9 yaşından küçük çocuklarda 15°'lik açılanmanın, 45°'lik malrotasyonun ve fragmanların tam üst üste binmesinin redüksiyonda kabul edilebilir parametreler olduğu bildirilmiştir

(113). Dokuz yaşından büyük çocuklarda, önkolun orta ve distal üçte birindeki kırıklar için 15°'lik açılanma ve 30°'lik malrotasyon ve tam üst üste binme kabul edilebilir radyografik parametrelerdir. 30°-40°'den daha yüksek rotasyonel pozisyon verilmesi (özellikle, aşırı pronasyon), kırık iyileşmesi sırasında interosseöz membranın kontraktürüne ve önkol rotasyon kaybına neden olabilir. Kesin olmamakla birlikte, radyografik kötü kaynamanın daha sonraki önkol rotasyonu ve klinik sonuçlarla kesin bir korelasyon göstermediğine dair kanıtlar vardır (68, 107). Rezidüel önkol açılanması 15°'ye kadar olan ve kısmi önkol rotasyon kaybı gelişen bazı çocukların, bu işlevsel defisitlerinin farkında olmadığı bildirilmiştir (28, 36).

Bae ve arkadaşları, süngü deformitesinin distal radius kırıklarının tedavisinde kabul edilebilir bir sorun olduğunu kabul etmektedirler (96). Büyüme için 5 yıldan daha uzun süre kalmışsa sagittal planda 30°, 5 yıldan az kalmışsa sagittal planda 5° ve büyüme için 5 yıldan uzun süre varsa frontal planda 10-15°'lik açılanma kabul edilebilirdir. Önkol kırıklarında 10 yaşından küçük çocuklar için 10°-20° açılanma, 10 yaşın üzerindeki çocuklarda 10°'nin altındaki açılanmaların ve 30°'lik malrotasyonun kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir (115). Büyüme için kalan süre 2 yıl veya daha uzunsa, distal radius kırıkları için 20° altındaki tam süngü deformitesinin de kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir (113).

Çocuklardaki kemiklerin yeniden şekillenme veya spontan düzelleme potansiyelleri, çocuğun yaşı, kırık açılanmasının büyüklüğü ve kırığın epifiz plağına uzaklığına bağlıdır. Fizisleri açık olan büyüme çağındaki çocuklarda kemiğin bütünlüğünün sağlanması ve normal kemik konturlarının oluşturulması amacıyla anatomik veya cerrahi redüksiyon gerekmebilir (6, 113, 137-141). Yeniden şekillenme potansiyeli, daha küçük yaşlarda ve büyüme plağına yakın kırıklarda daha iyidir. Eklem hareket düzlemine paralel kırık deformitesinin yeniden şekillenmesi daha olasıdır. Yeniden şekillenme, kemiğin konveks (gergin) yanında kemik rezorpsiyonu ve konkav (kompresyon) yanında artmış kemik oluşumu ile gerçekleşir (142). Kırık sonrası iyileşme süreçlerinin potansiyel olumlu yanları nedeniyle, çocuklardaki kırıkların çoğu anatomik kapalı redüksiyonla ve alçı tespiti yapılarak iyi bir biçimde tedavi edilmektedir (95).

Konservatif tedavi yöntemleri tedavide halen önemli bir role sahiptir ve hastaların % 85'i bu yöntemlerle başarılı şekilde tedavi edilebilmektedir (93, 98). Kapalı redüksiyon ve alçılama tekniklerinin öncelikli olarak uygulanmasının birinci nedeni, çocuklarda görülen bu kırıkların daha çabuk iyileşmesi ve rezidüel aksiyel deformitelerinin kendiliğinden düzelmesidir (7, 8). İkinci nedeni ise, cerrahi tedavi uygulanan çocuklardaki komplikasyon riskinin, kapalı redüksiyon ve alçı immobilizasyonu yapılanlara göre yüksek olmasıdır (9). Ancak, bazı çalışmalarda özellikle 8-10 yaşından büyük çocuklarda yeterli düzeyde yeniden şekillenme olmadığı gösterilmiştir (93). Konservatif tedavi uygulanan olguların % 10'unda yeterli redüksiyon veya stabilizasyon sağlanamamakta ve alternatif tespit yöntemlerine gereksinim duyulmaktadır. Kapalı tedavi edilen hastaların % 7'sinde ise kırık hattı deplase olmakta ve diğer tedaviler uygulanmaktadır (143).

İlk 3 hafta boyunca redüksiyonun durumunu değerlendirmek amacıyla, haftalık klinik ve radyografik izlem yapılmalı ve hizalamada bir sorun saptanırsa, önkol kırıklarının kapalı manipülasyonunun tekrarlanması gereklidir. Klinik değerlendirme ve radyografiler iyileşmeyi gösteriyorsa, 6-8 hafta arasında alçı immobilizasyonu sonlandırılır. Büyük çocuklarda immobilizasyon 8-10 haftaya kadar uzatılabilir. Çocuklar 4-6 haftadan sonra aktivitelerine dönerler. Dirsek ve el bileği hareketleri kısıtlanan bazı büyük çocuklarda fizik tedavi ve rehabilitasyon gerekebilir (87).

Primer cerrahi redüksiyon ile kırık fiksasyonu için en iyi endikasyonlar açık kırıklar (116, 117), ağır yumuşak doku yaralanması veya kompartman sendromunun eşlik ettiği durumlar ve ipsilateral distal humerus kırıklarının mevcut olduğu (floating elbow, yüzen dirsek) durumlarıdır. (118) Cerrahi redüksiyon ve fiksasyon, kapalı yaklaşımla manipüle edilemeyen kırıklarda ve izlemde hizalanması bozulan kırıklarda da endikedir (87).

Çocuklardaki önkol kırıklarında, plak fiksasyonunun endike olduğu durumlar parçalı kırıklar ve intramedüller fiksasyonla hizalanamayan radial yay apeksinde yerleşik kırıklardır. Distal, radius ve ulna fizisleri kapanmış büyük çocuklar ve ergenlerin, kronolojik yaşa bakılmaksızın plak fiksasyonu ile tedavi edilmesi önerilmektedir (87). Çocukların çoğunda, 1/3 tübüler plak veya 2.4-mm kompresyon plağı, redüksiyonun uygun şekilde sürdürülmesi ve kaynamanın gerçekleşmesi için yeterlidir. Daha büyük boyutlu kompresyon plakları, bu

implantların yerleştirilmesine olanak sağlayan yeterli kemik boyutlarına sahip daha büyük çocuklarda ve erişkinlerde kullanılır (122).

Küçük eksternal fiksasyon vidaları (<3.1 mm), sadece belirgin kontaminasyon, yumuşak doku kaybı veya hasarı ve segmental kemik kaybı olan yaralanmalarda tercih edilir. Eksternal fiksasyon, kısa süreli stabilizasyon (<2 hafta) için kullanılabilir (yumuşak dokunun iyileşmesi için gerekli bu süre geçtikten sonra diğer implantlar kullanılabilir). Bu teknik çocuklardaki önkol kırıklarında nadiren kullanılmaktadır (123).

Kapalı redüksiyon ve intramedüller çivileme, pediatrik çift kırıkların tedavisinde minimal invaziv yöntemlerden biridir (22, 144). İntramedüller fiksasyonun, cerrahi tedavi gereken önkol kırığı olan büyüme çağındaki çocuklarda en iyi tedavi seçeneği olduğu ileri sürülmektedir (12, 26, 119). Yumuşak teller veya esnek titanyum çiviler sınırlı bir disseksiyonla intramedüller kanala, kırık bölgesini geçecek şekilde ilerletilir ve güvenilir bir hizalanma sağlanır. Diğer bir avantajı, muayenehanede veya kısa bir cerrahi işlem ile bu araçların çıkartılabilmesi ve plak çıkartılması sonrasında kırık riskinin olmamasıdır (120, 121).

Çocuklardaki önkol çift kırıklarının tedavisinde, seçilen cerrahi tekniğin dışında, tesbit edilecek kemik sayısına karar verilmesi de önemli bir konudur. Çocuk ve ergenlerdeki önkol çift kırıklarının bazılarında, sadece ulna veya radiusun fiksasyonu yapılabilir (15, 16, 18). Kemiklerden birine intramedüller implant veya plak uygulandıktan sonra diğer kemikte kapalı redüksiyon yapılabilir. Bu teknik önkol kemik kırıklarında, kemiklerden birinde tam olmayan kırık varlığında (yaş ağaç kırığı veya plastik deformasyon) veya kemiklerden biri kolayca redükte edilebilirken diğeri alçı ile hizalanmış durumda tutulmadığı durumlarda uygundur. Cerrahi sonrası immobilizasyon, dikkatli bir şekilde kalıplanmış uzun kol alçısı ile yapılır. Uygun şekilde immobilizasyon yapılmadığında, fiksasyon yapılmayan kemikte redüksiyon kaybı oluşabilir (122). Tek ve çift kemik fiksasyonu plak uygulaması uygulanan bir çalışmada, karşılaştırılmıştır. Çift kemik fiksasyonu yapılan olguların % 40'ında komplikasyon gelişirken, tek kemik fiksasyonu yapılan gruptaki olguların hiçbirinde komplikasyon gelişmemiştir (15). Kirkos ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, 52 çocuktaki önkol çift kırıkları tek başına radius tesbit

edilerek (plak uygulaması) tedavi edilmiş ve oldukça iyi fonksiyonel sonuçlar (kas kuvveti, aktif rotasyon kısıtlılığı) elde edilmiştir. Olguların hiçbirinde, enfeksiyon, kaynamama, kötü kaynama, çapraz kaynama veya yeniden kırılma gibi komplikasyonlar gözlenmemiştir (18). Yung ve arkadaşlarının çalışmasında ise, tek kemik fiksasyonu plak uygulaması uygulanan gruptaki olguların hiçbirinde $>10^\circ$ angulasyon olmadığı gösterilmiştir (145). Önkol çift kırıklarının intramedüller çivi ile tek ve çift kemik fiksasyonu kullanılarak tedavi edildiği bir çalışmada, tek ve çift kemik fiksasyonu arasında fonksiyonel sonuçlar açısından anlamlı fark bulunmamıştır. (19). Houshain ve Bajaj tarafından yapılan çalışmada, intramedüller çivi uygulanan tek kemik fiksasyonu yönteminin güvenilir bir yöntem olduğu bildirilmiştir (17).

Amit ve arkadaşları tarafından yapılan adolesan hastaların dahil edildiği bir çalışmada, yeterli redüksiyon sağlanamayan 20 önkol diafiz kırığında kapalı yöntemle intramedüller çivileme uygulanmıştır. Kırıklardaki iyileşme, 4-7 haftada tamamlanmıştır. Olguların hiçbirinde çapraz kaynama, kaynamama, psödoartroz veya enfeksiyon gelişmemiştir. Bu yöntemin, uygun redüksiyonun sürdürümü, komplikasyon oranlarında azalma, ihmal edilebilir kozmetik defektler ve internal fiksasyon araçlarının lokal anestezi altında çıkartılabilmesi açısından avantajları olduğu bildirilmiştir (22).

Küçükaya ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, yaşları 7-17 yıl arasında değişen ve tespit edilemeyen radius ve ulna shaft kırığı olan 31 hasta değerlendirilmiştir. Ortalama izlem süresinin 4.2 yıl olduğu bu çalışmada, kaynama, önkolun boyuna uzaması ve diğer komplikasyonlar değerlendirilmiştir. Olgulardan 1'inde postoperatif 7.ayda psödoartrozis, bir diğerinde 4.ayda gecikmiş ulnar kaynama saptanmıştır. Hastalar cerrahi sonuçlarına göre, mükemmel (ağrı yok, ROM kısıtlılığı $<10^\circ$, açısal deformite $<10^\circ$ ve önkolda gelişim bozukluğu olmaması), iyi (ağrı yok, beceri kaybı yok, ROM kısıtlılığı $\geq 10^\circ$, açısal deformite $\geq 10^\circ$) veya kötü (kaynamama, kötü kaynama veya gelişim bozukluğu) olarak sınıflandırıldığında (Küçükaya sınıflaması), hastaların % 90.3'ü mükemmel olarak değerlendirilmiştir. Olguların hiçbirinde, kompartman sendromu, postoperatif yara enfeksiyonu, refleks sempatik distrofi, nörolojik defisit, telin ciltten çıktığı bölgede enfeksiyon, belirgin deformite veya önkol gelişim bozukluğu izlenmemiştir (23).

Shah ve arkadaşları tarafından yapılan ve yaşları 11.5 ile 16.9 yıl arasında değişen 61 adolesanin dahil edildiği bir çalışmada, intramedüller çivi uygulaması (n=9) ile açık redüksiyon ve internal fiksasyon (Açık redüksiyon/internal fiksasyon) (n=46) yöntemleri karşılaştırılmıştır. Olgularda, intramedüller çivileme grubunda kaynama süresi 8.5 hafta iken, açık redüksiyon/internal fiksasyon grubunda 8.9 hafta; hastanede kalış ortalama süreleri, sırasıyla 1.6 ve 3.2 gün olarak hesaplanmıştır. İki grupta da olguların % 83'ünde önkol rotasyonunun tam olduğu saptanmıştır. İntramedüller çivileme grubundaki olguların sadece % 20'sinde minör komplikasyonlar (süperfisiyal radial sinir palsi ve olekranon bursiti) gelişirken, açık redüksiyon/internal fiksasyon grubundaki olguların % 30'unda minör (süperfisiyal radial sinir palsi, hipertrofik skar ve yüzeysel cerrahi bölge enfeksiyonu) veya majör komplikasyonlar (ulnar kötü kaynama, radial gecikmiş kaynama, radial kaynamama, yeniden kırılma ve boşaltma gerektiren postoperatif hematoma) gelişmiştir (10).

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, 533 çocuğun intramedüller çivileme ile tedavi edilen önkol kırıkları retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Yaşları 4-16 yıl arasında değişen çocukların % 9'unda yara enfeksiyonu ve kötü yara iyileşmesi, % 0.2'sinde osteomyelit, % 1.2'sinde psödoartrozis, % 5.2'sinde gecikmiş kaynama, % 2.5'inde yeniden kırılma komplikasyonları gözlenmiştir (30).

Teoh ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (29), yaş (4-13 yıl) ve cinsiyet açısından eşleştirilmiş önkol çift kırığı olan çocuklardan oluşturulan iki tedavi grubu (İntramedüller çivileme veya plak uygulanan iki grup) karşılaştırılmıştır. Ortalama 31.5/31.8 hafta boyunca izlenen iki grup arasında izlem süresi açısından fark olmadığı ve gecikmiş kaynama olmadığı bildirilmiştir. Radyolojik değerlendirmede, iki grubun radial yay genliği ve yay yer değiştirmesi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermediği bulunmuştur. İntramedüller çivileme ve plak grubunda pronasyon ve supinasyon kısıtlılığı olan hastaların oranı ve kaba kavrama kuvvetleri benzer bulunmuştur. İki tekniğin radial veya ulnar açılma, deplase olma sıklığı ve önkol gelişim bozukluğu açısından benzer olduğu belirlenmiştir. İki grupta da deplasman, kötü kaynama veya yanlış kaynama gözlenmemiştir. İntramedüller çivileme grubunda bir olguda osteomyelit gelişirken, diğer grupta, daha sonra düzelen ulnar palsi gözlenmiştir.

İki grup, “Pediatric Orthopaedic Society of North America” (POSNA) tarafından geliştirilen, fonksiyonel sağlık sonuçlarının ebeveynler tarafından değerlendirildiği formun skorları açısından da farklılık göstermemişlerdir (29).

Yaşları 10-16 yıl arasında değişen 31 hastanın katılımıyla yapılan ve intramedüller çivileme ile açık redüksiyon/internal fiksasyon cerrahi tekniklerinin karşılaştırıldığı diğer bir çalışmada (31), intramedüller çivileme tekniğinin ameliyat süresi açısından açık redüksiyon/internal fiksasyon tekniğine üstün olduğu belirlenmiştir. 3. ve 6. aylarda kaynaması tamamlanan olguların oranı açısından iki grup arasında fark olmadığı bulunmuştur. İki grupta da, rezidüel açılanma, kırık bölgesi translasyonu veya radial malrotasyon olan olgu yoktu. İntramedüller çivileme grubundaki olguların % 10.5’inde ve açık redüksiyon/internal fiksasyon grubundaki olguların % 16.7’sinde önkol rotasyon kısıtlılığı geliştiği bulunmuştur. İntramedüller çivileme grubunda 19 olgunun 4’ünde majör (2 yeniden kırılma, 1 ulna kaynamaması ve 1 kompartman sendromu) ve 8’inde minör (4 gecikmiş kaynama, 3 yüzeysel yara enfeksiyonu ve 1 olekranon bursiti) komplikasyon gelişmiştir. Açık redüksiyon/internal fiksasyon grubunda ise 12 olgunun 4’ünde majör (2 yeniden kırılma, 1 kaynamama ve 1 plak kırılması) ve 4’ünde minör (4 gecikmiş kaynama) komplikasyon gelişmiştir. İki grubun, majör ve minör komplikasyon sıklıkları açısından farklılık göstermediği bildirilmiştir (31).

İnstabil önkol çift kırığı olan 35 çocuk hastanın (yaş aralığı 8-15 yıl) katılımıyla yapılan çalışmada [32], açık redüksiyon/internal fiksasyon ve intramedüller çivileme yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Ortalama kaynama süresi açık redüksiyon/internal fiksasyon grubunda 7.2 hafta, intramedüller çivileme grubunda ise 6.5 hafta olarak bulunmuştur. Açık redüksiyon/internal fiksasyon grubundaki olgulardan birinde kaynamama gözlenmiştir. Price ve arkadaşlarının (36) değerlendirmesine göre, açık redüksiyon/internal fiksasyon grubunda 11 hastada (% 78.6) mükemmel, 2 hastada (% 14.3) iyi, 1 hastada (% 7.1) orta sonuç alınmıştır. İntramedüller çivileme grubundaki sonuçlar 18 hastada (% 85.7) mükemmel, 3 hastada (% 14.3) iyi olarak bulunmuştur. Açık redüksiyon/internal fiksasyon grubunda 3 hastada (% 21.4) majör (baş parmak ekstansiyon kaybı, gecikmiş kaynama ve kaynamama), 2 hastada (% 14.3) minör (yüzeysel yara) komplikasyon görülürken,

intramedüller çivileme grubundaki 1 hastada (% 4.8) majör (gecikmiş kaynama), 8 hastada (% 38.1) minör (kullanılan fiksasyon malzemesine bağlı irritasyon, ulnar nöropati, irritasyon nedeniyle malzemenin çıkartılması) komplikasyonlar görülmüştür. Olguların hiçbirinde ekstremitte uzunluk farkı veya eklemlerde deformite, açılal veya rotasyonel deformite; sinostoz, enfeksiyon gibi komplikasyonlar izlenmemiştir (32).

Önkol çift kırığı nedeniyle redüksiyonu başarısız olan 28 çocuk hastaya, redüksiyon sonrasında intramedüller çivileme uygulanan bir çalışmada (33), kötü kaynama maksimum radial eğimin miktarı ve yerleşimine bakılarak değerlendirme yapılmıştır. Bu çalışmada, pronasyon ve supinasyonla ilgili fonksiyonel sonuçlar Grace ve Eversmann'ın ölçütlerine (mükemmel=diğer ekstremitenin % 90'ı, iyi=diğer ekstremitenin % 80'i, kabul edilebilir=diğer ekstremitenin % 60'ı ve kabul edilemez<diğer ekstremitenin % 60'ı) göre değerlendirilmiş (35) ve hastalar ortalama 14 ay izlenmiştir. Tek kemik tespiti yapılan bir hastadaki kaynamayan ulna kırığı dışında bütün olgularda normal hizalama sağlanabilmiş ve ortalama 7 haftada kaynama sağlanmıştır. Kırık taraftaki ortalama maksimum radius eğimi ve maksimum radial yay yerleşimi, sağlam tarafa göre anlamlı farklılık göstermemiştir. Fonksiyonel sonuçlar 25 hastada (% 89.3) mükemmel, 2 hastada (% 7.1) iyi, 1 hastada (% 3.6) kabul edilemez bulunmuştur. Hiçbir hastada enfeksiyon ya da nöropraksi, çivi çıkarılması sonrasında yeniden açılma, kırık ve ekstremitte eşitsizliği gözlenmemiştir. İntramedüller çivinin ortalama çıkartılma süresi 4.5 hafta olarak hesaplanmıştır (33).

Luhmann ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (24), 25 instabil önkol kırığı intramedüller çivileme ile tedavi edilmiştir. Ortalama izlem süresinin 31 hafta olduğu bu çalışmada, 25 olgunun 6'sında komplikasyon gözlenmiştir. 2 majör komplikasyonun, 1 hastada ulnar telin yer değiştirmesi ve 1 hastada gecikmiş kaynama olduğu bildirilmiştir. 4 hastada gözlenen minör komplikasyonlar ise, olekranonda ulnar tel irritasyonu, radial sinir yüzeyinde radial tel irritasyonu ve 2 olguda geçici ulnar nöropatidir. Price ve arkadaşlarının (36) ölçütlerine göre, olguların % 84'ünde sonuçlar mükemmel ve % 16'sında iyi olarak belirlenmiştir (24).

6.SONUÇ ve ÖNERİLER

- 1- Nörovasküler muayenesi yapılmalı, yaralanması varsa kayıt altına alınmalıdır.
- 2-El bileğini ve dirsek eklemine içerecek şekilde önkol anteroposterior, lateral ve gerekirse oblik grafileri çekilmelidir.
- 3-İlk etapta kapalı redüksiyon ve sirküler alçı tespiti denenmelidir.
- 4-Kapalı redüksiyonun başarısız olması durumunda hasta cerrahi açıdan değerlendirilmelidir.
- 5-Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile tespit uygulamasının kolay olması nedeniyle cerrahi olarak ilk tercih olarak düşünülmelidir.
- 6-Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile tespit uygulaması diğer cerrahi tekniklere göre ameliyatın daha kısa sürmesi nedeniyle ilk sırada tercih edilmelidir.
- 7-Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile tespit uygulaması ile hastanede kalış süresi diğer cerrahi teknikler göre daha kısadır.
- 8-Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile tespit uygulaması ile diğer cerrahi tekniklere göre kaynama süresi nispeten kısadır.
- 9-Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile tespit uygulaması ile postoperatif açılanma, rotasyonel kısıtlılıklar ve komplikasyon gelişimi diğer cerrahi tekniklere göre daha azdır.
- 10-Kapalı redüksiyon, intramedüller K teli ile tespit sonrası, kaynama gerçekleştiikten sonra K telinin çekilmesi için ek bir cerrahi girişime gerek yoktur.
- 11-Açısal ve rotasyonel deformitelerin düzelebilirliği yaş, kırığın önkoldaki lokalizasyonu gibi etkenlerden bağımsız değildir.
- 12-Çalışmamızın sonuçları, kaynama süresi, postoperatif açılanma, rotasyonel kısıtlılıklar, fonksiyonel sonuçlar ve komplikasyon gelişimi açısından kapalı veya açık redüksiyon, intramedüller K teli ile tespitin önkol çift kırıklarında güvenilir bir teknik olduğunu göstermiştir.
- 13-Çalışmamızda çoğu önceki çalışmadan farklı olarak, rotasyonel kısıtlılıklar, fonksiyonel sonuçlar ve komplikasyon gelişimi açısından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

7.KAYNAKLAR

1. Worlock P, Stower M. Fracture patterns in Nottingham children. *J Pediatr Orthop* 1986;6(6):656-60.
2. Bailey DA, Wedge JH, McCulloch RG, Martin AD, Bernhardson SC. Epidemiology of fractures of the distal end of the radius in children as associated with growth. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71(8):1225-31.
3. Kramhoft M, Bodtker S. Epidemiology of distal forearm fractures in Danish children. *Acta Orthop Scand* 1988;59(5):557-9.
4. Landin LA. Fracture patterns in children. Analysis of 8,682 fractures with special reference to incidence, etiology and secular changes in a Swedish urban population 1950-1979. *Acta Orthop Scand Suppl* 1983;202:1-109.
5. 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.
6. Buckwalter JA, Einhorn TA, Bolander ME, Cruess RL. Healing of musculoskeletal tissues. In: Rockwood CA, Green DP, editors. *Rockwood and Green's Fractures in Adults*. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1996. p. 261-81.
7. Zamzam MM, Khoshhal KI. Displaced fracture of the distal radius in children: factors responsible for redisplacement after closed reduction. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87(6):841-3.
8. Rodriguez-Merchan EC. Pediatric fractures of the forearm. *Clin Orthop Relat Res* 2005(432):65-72.
9. Smith VA, Goodman HJ, Strongwater A, Smith B. Treatment of pediatric both-bone forearm fractures: a comparison of operative techniques. *J Pediatr Orthop* 2005;25(3):309-13.
10. 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.
11. Kay S, Smith C, Oppenheim WL. Both-bone midshaft forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1986;6(3):306-10.
12. 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.
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(4):450-3.
14. Voto SJ, Weiner DS, Leighley B. Use of pins and plaster in the treatment of unstable pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1990;10(1):85-9.
15. Bhaskar AR, Roberts JA. Treatment of unstable fractures of the forearm in children. Is plating of a single bone adequate? *J Bone Joint Surg Br* 2001;83(2):253-8.
16. Flynn JM, Waters PM. Single-bone fixation of both-bone forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1996;16(5):655-9.
17. Houshian S, Bajaj SK. Forearm fractures in children. Single bone fixation with elastic stable intramedullary nailing in 20 cases. *Injury* 2005;36(12):1421-6.
18. Kirkos JM, Beslikas T, Kapras EA, Papavasiliou VA. Surgical treatment of unstable diaphyseal both-bone forearm fractures in children with single fixation of the radius. *Injury* 2000;31(8):591-6.
19. Myers GJ, Gibbons PJ, Glithero PR. Nancy nailing of diaphyseal forearm fractures. Single bone fixation for fractures of both bones. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86(4):581-4.
20. 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.

21. 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(1):9-13.
22. Amit Y, Salai M, Chechik A, Blankstein A, Horosowski H. Closing intramedullary nailing for the treatment of diaphyseal forearm fractures in adolescence: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 1985;5(2):143-6.
23. Kucukkaya M, Kabukcuoglu Y, Tezer M, Eren T, Kuzgun U. The application of open intramedullary fixation in the treatment of pediatric radial and ulnar shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2002;16(5):340-4.
24. Luhmann SJ, Gordon JE, Schoenecker PL. Intramedullary fixation of unstable both-bone forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1998;18(4):451-6.
25. Qidwai SA. Treatment of diaphyseal forearm fractures in children by intramedullary Kirschner wires. *J Trauma* 2001;50(2):303-7.
26. 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(4):457-61.
27. 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(3):329-37.
28. Daruwalla JS. A study of radioulnar movements following fractures of the forearm in children. *Clin Orthop Relat Res* 1979(139):114-20.
29. Teoh KH, Chee YH, Shortt N, Wilkinson G, Porter DE. An age- and sex-matched comparative study on both-bone diaphyseal paediatric forearm fracture. *J Child Orthop* 2009;3(5):367-73.
30. Fernandez FF, Langendorfer M, Wirth T, Eberhardt O. Failures and complications in intramedullary nailing of children's forearm fractures. *J Child Orthop* 2010;4(2):159-67.
31. 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.
32. Ozkaya U, Parmaksizoglu AS, Kabukcuoglu Y, Yeniocak S, Sokucu S. [Surgical management of unstable both-bone forearm fractures in children]. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2008;42(3):188-92.
33. Celebi L, Muratli HH, Dogan O, Yagmurlu MF, Aksahin E, Bicimoglu A. [The results of intramedullary nailing in children who developed redisplacement during cast treatment of both-bone forearm fractures]. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2007;41(3):175-82.
34. Matthews LS, Kaufer H, Garver DF, Sonstegard DA. The effect on supination-pronation of angular malalignment of fractures of both bones of the forearm. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64(1):14-7.
35. Grace TG, Eversmann WW, Jr. Forearm fractures: treatment by rigid fixation with early motion. *J Bone Joint Surg Am* 1980;62(3):433-8.
36. Price CT, Scott DS, Kurzner ME, Flynn JC. Malunited forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1990;10(6):705-12.
37. Formicola V, Pontrandolfi A, Svoboda J. The Upper Paleolithic triple burial of Dolni Vestonice: pathology and funerary behavior. *Am J Phys Anthropol* 2001;115(4):372-9.
38. Grauer AL, Roberts CA. Paleoepidemiology, healing, and possible treatment of trauma in the medieval cemetery population of St. Helen-on-the-Walls, York, England. *Am J Phys Anthropol* 1996;100(4):531-44.
39. Onne L, Sandblom PH. Late results in fractures of the forearm in children. *Acta Chir Scand* 1949;98:549-67.
40. Sop AL, Mehlman CT, Meiss L. Hyphenated history: the Bohler-Braun frame. *J Orthop Trauma* 2003;17(3):217-21.
41. Bohler J. The treatment of fracture. 5 th ed: Grune Stratton; 1956.
42. Rang M. The story of orthopaedics. In: WB Saunders; 2000.

43. Beaty JH, Kasser JR. Rockwood and Wilkins" Fractures in Children. 7th ed: Lippincott Publishing; 2005.
44. Upper Limb: Forearm. In: Moore KL, editor. Clinically Oriented Anatomy. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1992. p. 553-85.
45. Schuenke M, Schulte E, Schumacher U, Lamperti ED, Ross LM. The Bones of Upper Limb: Radius and Ulna. In: Atlas of Anatomy: General Anatomy and Musculoskeletal System. Berlin: Georg Thieme Verlag; 2006. p. 221.
46. Schuenke M, Schulte E, Schumacher U, Lamperti ED, Ross LM. The Bones of Upper Limb: Radius and Ulna. In: Atlas of Anatomy: General Anatomy and Musculoskeletal System. Berlin: Georg Thieme Verlag; 2006. p. 218.
47. Upper Limb: Joints of Upper Limb. In: Moore KL, editor. Clinically Oriented Anatomy. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1992. p. 621-5.
48. Tank PW. Extensor region of the forearm. In: Tank PW, editor. Grant's Dissector. 14th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2009. p. 47-53.
49. Zimmerman NB. Clinical application of advances in elbow and forearm anatomy and biomechanics. *Hand Clin* 2002;18(1):1-19.
50. McGinley JC, D'Addessi L, Sadeghipour K, Kozin SH. Mechanics of the antebrachial interosseous membrane: response to shearing forces. *J Hand Surg Am* 2001;26(4):733-41.
51. McGinley JC, Kozin SH. Interosseous membrane anatomy and functional mechanics. *Clin Orthop Relat Res* 2001(383):108-22.
52. Nakamura T, Yabe Y, Horiuchi Y, Seki T, Yamazaki N. Normal kinematics of the interosseous membrane during forearm pronation-supination--a three-dimensional MRI study. *Hand Surg* 2000;5(1):1-10.
53. Skahan JR, 3rd, Palmer AK, Werner FW, Fortino MD. The interosseous membrane of the forearm: anatomy and function. *J Hand Surg Am* 1997;22(6):981-5.
54. Bado JL. The Monteggia lesion. *Clin Orthop Relat Res* 1967;50:71-86.
55. Werner FW, An KN. Biomechanics of the elbow and forearm. *Hand Clin* 1994;10(3):357-73.
56. Gabriel MT, Pfaeffle HJ, Stabile KJ, Tomaino MM, Fischer KJ. Passive strain distribution in the interosseous ligament of the forearm: implications for injury reconstruction. *J Hand Surg Am* 2004;29(2):293-8.
57. Manson TT, Pfaeffle HJ, Herdon JH, Tomaino MM, Fischer KJ. Forearm rotation alters interosseous ligament strain distribution. *J Hand Surg Am* 2000;25(6):1058-63.
58. Tang P, Failla JM, Contesti LA. The radioulnar joints and forearm axis: surgeons' perspective. *J Hand Ther* 1999;12(2):75-84.
59. LaStayo PC, Lee MJ. The forearm complex: anatomy, biomechanics and clinical considerations. *J Hand Ther* 2006;19(2):137-44.
60. Nakamura T, Yabe Y, Horiuchi Y. In vivo MR studies of dynamic changes in the interosseous membrane of the forearm during rotation. *J Hand Surg Br* 1999;24(2):245-8.
61. Hotchkiss RN, An KN, Sowa DT, Basta S, Weiland AJ. An anatomic and mechanical study of the interosseous membrane of the forearm: pathomechanics of proximal migration of the radius. *J Hand Surg Am* 1989;14(2 Pt 1):256-61.
62. Netter Human Anatomy Atlas. In: Netter FH, editor.: Ciba-Geigy Corporation; 1997.
63. Wilson JN. Fractures And Joint Injuries. 6th ed. London: Churchill Livingstone; 2003.
64. Patrick J. A study of supination and pronation with special reference to the treatment of forearm fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1946;28(4):737-48.
65. Evans EM. Fractures of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg Br* 1951;33-B(4):548-61.
66. Price CT. Fractures of the midshaft radius and ulna. In: Letts RM, editor. Pediatric fractures. New York: Churchill Livingstone; 1994. p. 323 ff.

67. Armstrong PF, Joughin VE, Clarke HM, . Pediatric fractures of the forearm, wrist, and hand. In: In Greene NE, Swiontkowski MF, editors. *Skeletal Trauma in Children*. Philadelphia (PA): Saunders; 1998. p. 161-257.
68. Thomas EM, Tuson KW, Browne PS. Fractures of the radius and ulna in children. *Injury* 1975;7(2):120-4.
69. Trousdale RT, Linscheid RL. Operative treatment of malunited fractures of the forearm. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77(6):894-902.
70. Jones E. Skeletal Growth and Development as Related to Trauma. In: Green NE, Swiontkowski MF, editors. *Skeletal Trauma in Children*. Philadelphia: Saunders; 1998. p. 1-16.
71. Borden St. Traumatic bowing of the forearm in children. *J Bone Joint Surg Am* 1974;56(3):611-6.
72. Ford LT, Gilula LA. Roentgen rounds-Plastic bowing of the forearm. *Orthop Rev* 1978;7:101-3.
73. Sanders WE, Heckman JD. Traumatic plastic deformation of the radius and ulna. A closed method of correction of deformity. *Clin Orthop Relat Res* 1984(188):58-67.
74. Stentsrom R, L. G, Bergius AR. Traumatic bowing of forearm and lower leg in children. *Acta Radiol Diagn* 1978;19:243-9.
75. Mabrey JD, Fitch RD. Plastic deformation in pediatric fractures: mechanism and treatment. *J Pediatr Orthop* 1989;9(3):310-4.
76. von Laer L. Fractures of Radial and Ulnar Shaft. In: von Laer L, editor. *Pediatric Fractures and Dislocations*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2004. p. 219.
77. Harbison JS, Stevenson TM, Lipert JR. Forearm fractures in children. *Aust N Z J Surg* 1978;48(1):84-8.
78. Injuries To The Shaft of The Radius and Ulna. In: Beaty JH, Kasser JR, editors. *Rockwood and Wilkins' Fractures in Children*. 6th ed: Lippincott Williams and Wilkins; 2005. p. 443-82.
79. Landfried MJ, Stenlik M, Susi JG. Variant of Galeazzi fracture-dislocation in children. *J Pediatr Orthop* 1991;11(3):332-5.
80. Bhan S, Rath S. Management of the Galeazzi fracture. *Int Orthop* 1991;15(3):193-6.
81. Wiley JJ, Galey JP. Monteggia injuries in children. *J Bone Joint Surg Br* 1985;67(5):728-31.
82. 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 Suppl):S135-60.
83. Price CT. Injuries To The Shaft of Radius and Ulna. In: Rockwood CA, Wilkins KE, Beaty JH, editors. *Fractures in Children*. 4th ed. Philadelphia: J.B. Lippincott Co; 1996.
84. Upper Extremity Injuries. In: Herring JA, editor. *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics*. 3th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2002.
85. Treadwell SJ, Peteghem KV, Clough M. Pattern of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1984;4(5):604-8.
86. King J, Diefendorf D, Apthorp J, Negrete VF, Carlson M. Analysis of 429 fractures in 189 battered children. *J Pediatr Orthop* 1988;8(5):585-9.
87. Herman MJ, Marshall ST. Forearm fractures in children and adolescents: a practical approach. *Hand Clin* 2006;22(1):55-67.
88. Koval JK, Zuckerman JD. *Handbook of Fractures*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins; 2002.
89. Creasman C, Zaleske DJ, Ehrlich MG. Analyzing forearm fractures in children. The more subtle signs of impending problems. *Clin Orthop Relat Res* 1984(188):40-53.
90. Boyer BA, Overton B, Schrader W, Riley P, Fleissner P. Position of immobilization for pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2002;22(2):185-7.

91. Evans EM. Rotational deformity in the treatment of fractures of both bones of the forearm. *J Bone Joint Surg* 1945;27:373-9.
92. Bochang C, Jie Y, Zhigang W, Weigl D, Bar-On E, Katz K. Immobilisation of forearm fractures in children: extended versus flexed elbow. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87(7):994-6.
93. Hove LM, Brudvik C. Displaced paediatric fractures of the distal radius. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008;128(1):55-60.
94. Schmittenebecher PP. State-of-the-art treatment of forearm shaft fractures. *Injury* 2005;36 Suppl 1:A25-34.
95. Alemdaroglu KB, Iltar S, Cimen O, Uysal M, Alagoz E, Atlihan D. Risk factors in redisplacement of distal radial fractures in children. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90(6):1224-30.
96. Bae DS. Pediatric distal radius and forearm fractures. *J Hand Surg Am* 2008;33(10):1911-23.
97. Zimmermann R, Gschwentner M, Kralinger F, Arora R, Gabl M, Pechlaner S. Long-term results following pediatric distal forearm fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2004;124(3):179-86.
98. Proctor MT, Moore DJ, Paterson JM. Redisplacement after manipulation of distal radial fractures in children. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75(3):453-4.
99. Haddad FS, Williams RL. Forearm fractures in children: avoiding redisplacement. *Injury* 1995;26(10):691-2.
100. Bhatia M, Housden PH. Re-displacement of paediatric forearm fractures: role of plaster moulding and padding. *Injury* 2006;37(3):259-68.
101. Chess DG, Hyndman JC, Leahey JL, Brown DC, Sinclair AM. Short arm plaster cast for distal pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1994;14(2):211-3.
102. Garg NK, Ballal MS, Malek IA, Webster RA, Bruce CE. Use of elastic stable intramedullary nailing for treating unstable forearm fractures in children. *J Trauma* 2008;65(1):109-15.
103. Davis DR, Green DP. Forearm fractures in children: pitfalls and complications. *Clin Orthop Relat Res* 1976(120):172-83.
104. Rang M. *Children's fractures*. Philadelphia: JB Lippincott; 1983.
105. Gruber R. The problem of the relapse fracture in children. In: Chapchal G, editor. *Fractures in children*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1981. p. 154-8.
106. Alpar EK, Thompson K, Owen R, Taylor JF. Midshaft fractures of forearm bones in children. *Injury* 1981;13(2):153-8.
107. Carey PJ, Alburger PD, Betz RR, Clancy M, Steel HH. Both-bone forearm fractures in children. *Orthopedics* 1992;15(9):1015-9.
108. Reichmann W. [Distal radial fracture in childhood]. *Handchirurgie* 1978;10(4):179-81.
109. Younger AS, Tredwell SJ, Mackenzie WG, Orr JD, King PM, Tennant W. Accurate prediction of outcome after pediatric forearm fracture. *J Pediatr Orthop* 1994;14(2):200-6.
110. Zions LE, Zalavras CG, Gerhardt MB. Closed treatment of displaced diaphyseal both-bone forearm fractures in older children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 2005;25(4):507-12.
111. Nilsson BE, Obrant K. The range of motion following fracture of the shaft of the forearm in children. *Acta Orthop Scand* 1977;48(6):600-2.
112. Cullen MC, Roy DR, Giza E, Crawford AH. Complications of intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1998;18(1):14-21.
113. Noonan KJ, Price CT. Forearm and distal radius fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg* 1998;6(3):146-56.
114. Walker JL, Rang M. Forearm fractures in children. Cast treatment with the elbow extended. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73(2):299-301.

115. Mazzini JP, Martin JR. Paediatric forearm and distal radius fractures: risk factors and re-displacement—role of casting indices. *International Orthopaedics* 2009;34:407-12.
116. Greenbaum B, Zionts LE, Ebramzadeh E. Open fractures of the forearm in children. *J Orthop Trauma* 2001;15(2):111-8.
117. Luhmann SJ, Schootman M, Schoenecker PL, Dobbs MB, Gordon JE. Complications and outcomes of open pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2004;24(1):1-6.
118. Ring D, Waters PM, Hotchkiss RN, Kasser JR. Pediatric floating elbow. *J Pediatr Orthop* 2001;21(4):456-9.
119. Lee S, Nicol RO, Stott NS. Intramedullary fixation for pediatric unstable forearm fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2002(402):245-50.
120. Beaupre GS, Csongradi JJ. Refracture risk after plate removal in the forearm. *J Orthop Trauma* 1996;10(2):87-92.
121. Nielson AB, Simonsen O. Displaced forearm fractures in children treated with AO plates. *Injury* 1984;15(6):393-6.
122. Martin J, Herman MD, Silas T, Marshall BA. Forearm Fractures in Children and Adolescents: A Practical Approach. *Hand Clin* 2006;22:55-67.
123. Erickson M, Frick S. Fractures of the proximal radius and ulna. In: Beaty JH, Kasser JR, editors. *Rockwood and Wilkins' Fracture in Children: Text Plus Integrated Content Website*. 6th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2009. p. 946.
124. Blount WP. Osteoclasia of the upper extremity in children. *Acta Orthop Scand* 1962;32:374-82.
125. Vince KG, Miller JE. Cross-union complicating fracture of the forearm. Part I: Adults. *J Bone Joint Surg Am* 1987;69(5):640-53.
126. Vince KG, Miller JE. Cross-union complicating fracture of the forearm. Part II: Children. *J Bone Joint Surg Am* 1987;69(5):654-61.
127. Radioulnar Synostosis. In: *Wheeless' Textbook of Orthopaedics*; 2010.
128. Yuan PS, Pring ME, Gaynor TP, Mubarak SJ, Newton PO. Compartment syndrome following intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2004;24(4):370-5.
129. Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther* 1987;67:1867-72.
130. Firl M, Wunsch L. Measurement of bowing of the radius. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86(7):1047-9.
131. Hogstrom H, Nilsson BE, Willner S. Correction with growth following diaphyseal forearm fracture. *Acta Orthop Scand* 1976;47(3):299-303.
132. Vittas D, Larsen E, Torp-Pedersen S. Angular remodeling of midshaft forearm fractures in children. *Clin Orthop Relat Res* 1991(265):261-4.
133. Hughston JC. Fractures of the forearm in children. *J Bone Joint Surg* 1962;44-A:1678-93.
134. Van Herpe BL. Fractures of the forearm and wrist. *Orthop Clin North Am* 1976;7:543-56.
135. Fuller DJ, McCullough CJ. Malunited fractures of the forearm in children. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64-B:364-7.
136. Holdsworth BJ, Sloan JP. Proximal forearm fractures in children: residual disability. *Injury* 1983;14:174-9.
137. Dvonch VM. Management of a pediatric fracture. *Orthopedics* 1986;9(9):1262-3.
138. Friberg KS. Remodelling after distal forearm fractures in children. III. Correction of residual angulation in fractures of the radius. *Acta Orthop Scand* 1979;50(6 Pt 2):741-9.
139. Friberg KS. Remodelling after distal forearm fractures in children. II. The final orientation of the distal and proximal epiphyseal plates of the radius. *Acta Orthop Scand* 1979;50(6 Pt 2):731-9.

140. Friberg KS. Remodelling after distal forearm fractures in children. I. The effect of residual angulation on the spatial orientation of the epiphyseal plates. *Acta Orthop Scand* 1979;50(5):537-46.
141. Jones K, Weiner DS. The management of forearm fractures in children: a plea for conservatism. *J Pediatr Orthop* 1999;19(6):811-5.
142. Berg EE. Pediatric distal double bone forearm fracture remodeling. *Orthop Nurs* 2005;24(1):55-9.
143. Voto SJ, Weiner DS, Leighley B. Redisplacement after closed reduction of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1990;10(1):79-84.
144. 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(1):91-4.
145. Yung PS, Lam CY, Ng BK, Lam TP, Cheng JC. Percutaneous transphyseal intramedullary Kirschner wire pinning: a safe and effective procedure for treatment of displaced diaphyseal forearm fracture in children. *J Pediatr Orthop* 2004;24(1):7-12.
146. Nagy L, Jankauskas L, Dumont CE. Correction of forearm malunion guided by the preoperative complaint. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466(6):1419-28.