

T.C
SAĞLIK BAKANLIĞI
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
İZMİR TEPECİK SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ

9-15 YAŞ ARASI ÖNKOL KIRIĞI NEDENİYLE TİTANYUM ELASTİK
ÇİVİ UYGULANAN HASTALARDA AÇIK VE KAPALI
REDÜKSİYONUN RADYOLOJİK VE FONKSİYONEL SONUÇLAR
ÜZERİNE ETKİSİ

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Önder KALENDERER

UZMANLIK TEZİ
Dr. Fikri Burak İPÇİ
İZMİR – 2018

T.C
SAĞLIK BAKANLIĞI
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
İZMİR TEPECİK SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ

9-15 YAŞ ARASI ÖNKOL KIRIĞI NEDENİYLE TİTANYUM ELASTİK
ÇİVİ UYGULANAN HASTALARDA AÇIK VE KAPALI
REDÜKSİYONUN RADYOLOJİK VE FONKSİYONEL SONUÇLAR
ÜZERİNE ETKİSİ

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Önder KALENDERER

UZMANLIK TEZİ
Dr. Fikri Burak İPÇİ
İZMİR – 2018

Hazırladığım “9-15 yaş arası önkol kırığı nedeniyle titanyum elastik çivi uygulanan hastalarda açık ve kapalı redüksiyonun radyolojik ve fonksiyonel sonuçlar üzerine etkisi” başlıklı tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu, akademik ve etik kuralları gözeterek çalıştığımı ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt ederim.

Dr. Fikri Burak İPÇİ

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca aktardığı bilgi ve tecrübeleriyle bizlere yol gösteren, saygıyı, disiplini, dürüstlüğü, iyi doktor ve iyi insan olmayı öğreten, babacan yaklaşımıyla her zaman özgüven veren, yetişmemde büyük emeği olan eğitim sorumlumuz değerli hocam Prof. Dr. Haluk AĞUŞ'a;

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışma süresince bana her türlü desteği veren, hem meslekteki, hem de hayattaki bilgi, beceri ve tecrübelerini benimle paylaşan, zor günlerimde hep yanımda olan, yeri geldiğinde babalık ve abilik yapan, birlikte geçirdiğimiz 5 yıllık süreçte ikinci bir baba olarak gördüğüm, tez danışmanım ve değerli hocam Doç. Dr. Önder KALENDERER'e;

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve becerilerini benimle paylaşan, benim için hastaya doğru yaklaşımın ve mesleki adaletin sembolü olan değerli hocam Doç. Dr. Levent KARAPINAR'a;

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve becerilerini benimle paylaşan, hem mesleki, hem de kültürel birikimi ile ufkumu açan, mutlu yaşamının sırlarını öğreten, sosyalliğine ve insan ilişkilerine gıptayla baktığım değerli hocam Doç. Dr. Ahmet KAYA'ya;

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, bana her türlü desteği veren, tez çalışmamda hiçbir yardımı benden esirgemeyen, asistanlık süresince bana hem hocalık hem abilik yapan, abim olarak gördüğüm, mesleki disiplinine hayran olduğum değerli hocam Doç. Dr. Ali TURGUT'a,

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, hoşgörü ve güler yüzüyle bizlere destek olan değerli hocam Doç. Dr. Ali REİSOĞLU'na sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Her birinden sonsuz bilgi ve tecrübe kazandığım, birlikte çalışmaktan gurur duyduğum Op. Dr. Mert KUMBARACI, Op. Dr. Mustafa İNCESU, Op. Dr. Fatih SÜRENKÖK, Op. Dr. M. Gürol AKSU, Op. Dr. Can Doruk BASA, Op.

Dr. İ. Eralp KAÇMAZ, Op. Dr. Vadym ZHAMİLOV, Op. Dr. Kamil YAMAK, Op. Dr. Emre BİLGİN ve Op. Dr. Sertan HANCIOĞLU olmak üzere tüm uzman ağabeylerime;

Asistanlığa beraber başladığım, ancak beraber bitirememenin hüznünü duyduğum, benim için çalışma arkadaşı olmaktan öte benim için birer kardeş olan Dr. Ahmet US, Dr. İbrahim KUŞAK, Dr. Gürsel KALKAN'a;

Aramıza sonradan katılan ancak hepimiz için birer kardeş olan, asistanlığı beraber bitirmekten gurur duyduğum Dr. M. Baran USLU'ya;

Asistanlığım süresince birlikte çalıştığımız, uzmanlığını alan ağabeylerime, hala beraber çalışmakta olduğumuz, daima yanımda olan, bir sürü anıyı paylaştığımız ve her birini kardeşim olarak gördüğüm tüm asistan arkadaşlarıma;

Ameliyathane, servis ve poliklinikte beraber çalıştığımız tüm hemşire ve personel arkadaşlara; en içten duygularla teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Büyük fedakarlıklarla beni yetiştirip bu günlere getiren, hiçbir maddi ve manevi desteği benden esirgemeyen, bugüne kadarki tüm başarılarımda en büyük rolü oynayan kıymetli anneme, hayata karşı dik duruşu ve ilkeleriyle bana rol model olan, iyi bir insan olmayı öğreten, her fikrini ve davranışını örnek aldığım canım babama, ilk temas ettiğim insan olan, çocukluk ve gençlik yıllarımda her anını birlikte geçirdiğim sevgili ikiz kardeşime;

Tanıştığımız günden beri benim için her türlü fedakarlığı gösteren, benden sevgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, ne zaman zorda kalsam benim için sığınılacak bir liman olan, hayat arkadaşım, can yoldaşım, güzel eşim Ecem İPÇİ'ye sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

ÖZET

Giriş: Önkol çift kemik kırıkları, çocukluk çağında sık görülen ve birçok komplikasyonla karşılaşılabilen ortopedik rahatsızlıklardandır. Bu kırıkların tedavisi genellikle kapalı yerleştirme ve uzun kol alçı uygulaması ile yapılmaktadır. Ancak; hastanın yaşının ileri olması, kırığın açılanma miktarının fazlalığı, takiplerde redüksiyon kaybı gibi nedenlerle bu kırıklarda açık veya kapalı yerleştirme sonrası içten tespit de tedavi seçeneği olarak uygulanabilmektedir. Çocukluk çağında bu kırıklarda içten tespitite en sık tercih edilen yöntem kanal içi titanyum elastik çivi uygulamasıdır. Bu çalışmanın amacı, titanyum elastik çivi ile kanal içi tespit uygulanarak tedavi edilen hastalarda açık ve kapalı yerleştirmenin radyolojik veya fonksiyonel sonuçlar üzerinde bir farklılık oluşturup oluşturmadığının araştırılmasıdır.

Hastalar ve Yöntem: Bu geriye dönük karşılaştırmalı olgu kontrol çalışmasında, 2012 yılı Ocak ve 2016 yılı Aralık ayları arasında hastaneye başvuran ve açık veya kapalı yerleştirme sonrası kanal içi titanyum elastik çivi uygulanarak tedavi edilen 40 hasta çalışmaya dâhil edildi (12 kapalı redüksiyon, 28 açık redüksiyon). Hastaların radyolojik olarak başlangıç, erken postoperatif, son kontrollerde çekilen ön kol grafilerindeki açılanma ve translasyon miktarları, kırık lokalizasyonu, ulna için çivi giriş yeri, kaynama durumu değerlendirildi. Fonksiyonel olarak hastaların Price skorları değerlendirildi. Bunlara ek olarak hastalarda oluşan komplikasyonlar, ameliyata alınma süreleri, ameliyat sonrası yatış süreleri kaydedildi.

Sonuçlar: Hastaların ikisi kız (%5) 38'i ise erkekti (%95). Hastaların ortalama yaşı 11,8 (9-15) yıl idi. Başlangıç, erken postoperatif, son kontrollerde çekilen ön kol grafilerindeki açılanma ve translasyon miktarları, kırık lokalizasyonu açısından her iki grup arasında anlamlı fark saptanmadı. Kırık iyileşme süresine bakıldığında; açık yerleştirme yapılan hastalarda ortalama 5,4 haftada, kapalı yerleştirme yapılanlarda ise ortalama 5 haftada kırığın kaydığı görüldü (p:0,51). Ameliyat sonrası hastanede kalış süresi açık yerleştirme yapılan hastalarda, kapalı yerleştirilenlere göre istatistiksel olarak

anlamli düzeyde uzun bulunmuştur (sirası ile ortalama 2,9; 2,2 gün, p:0,03). Komplikasyon oranları ve fonksiyonel sonuçlar açısından iki grup arasında anlamli bir fark saptanmadı.

Çıkarımlar: ocuk nkol kırıklarında titanyum elastik çivileme ile intramedüller tespit, kapalı ya da sınırlı insizyondan açık yerleştirme yapılarak uygulanabilmektedir. Bu çalışmada yerleştirmenin nasıl yapıldığının fonksiyonel ve radyolojik sonuçlara etkisi olmadığı gösterilmiştir. Açık veya kapalı yerleştirme sonrası titanyum elastik çivileme ile kanal içi tespit uygulanmış önkol çift kırığı olan çocuklarda, radyolojik ve fonksiyonel sonuçlar açısından istatistiksel olarak anlamli fark saptanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: nkol; ocuk; açık; kapalı; titanyum elastik ivi.

İNGİLİZCE ÖZET (ABSTRACT)

Introduction: Fractures of the forearm are frequently encountered in childhood and may involve many complications. The treatment of these fractures is usually done by closed reduction and long arm plaster application. But; if the age of the patient is advanced, the amount of angulation of the fracture is increased the internal fixation after open or closed reduction in these kind of fractures can also be applied as a treatment option. In childhood, the most common method of internal fixation of these fractures is intramedullary titanium elastic nail application. The purpose of this study is to investigate whether open and closed reduction in patients treated with titanium elastic nail makes a difference on radiological or functional outcomes.

Patients and Methods: In this retrospective comparative case control study, 40 patients admitted to the hospital between January 2012 and December 2016 were included (12 closed reductions, 28 open reductions) who were treated with titanium elastic nailing after either open or closed reduction. Radiologically; angulation and translational amounts, fracture localization, nail entry site for ulna, union status were evaluated in the forearm x-rays taken at the initial, early postoperative and final follow-up examinations. Functionally, patients' Price scores were evaluated. In addition to these, the complications that occurred in the patients, the duration of the operation, and the length of the postoperative stay were recorded.

Results: Two of the patients were female (%5) and 38 were male (%95). The mean age of the patients was 11.8 (9-15) years. There was no significant difference between the two groups in terms of angulation and translation amounts and fracture localization in the forearm radiographs taken at the beginning, at the early postoperative period and at the last controls. When the fracture healing time is examined; this time was observed as avaregely 5,4 weeks for patients who were openly redacted and 5 weeks for the patients who were closely redacted (p:0,51). The postoperative hospital stay

was found to be statistically significantly longer in the patients who underwent open surgery (mean 2,9; 2,2 days, respectively, $p:0,03$). No significant difference was found between the two groups in terms of complication rates and functional outcomes.

Conclusions: Internal fixation with intramedullary titanium elastic nails for pediatric forearm fractures can be applied by both limited open and closed reduction. In this study, it has been shown that the type of reduction did not effect both functional and radiographic outcomes. There was no statistically significant difference in terms of radiological and functional outcomes between children with forearm fractures who are fixed by titanium elastic nails after either open or closed reduction.

Key words: Forearm; child; open; closed; titanium elastic nail.

İÇİNDEKİLER

Önsöz.....	IV
Özet.....	VI
İngilizce Özet(Abstract).....	VIII
Simge ve Kısaltmalar Dizini.....	XI
Şekiller Dizini.....	XII
Tablolar Dizini.....	XIV
1. Giriş ve Amaç.....	1
2. Genel Bilgiler.....	4
2.1. Önkol Anatomisi.....	4
2.2. Biyomekanik Yapı.....	8
2.3. Yaralanma Mekanizması.....	9
2.4. Kasların Deforme Edici Etkileri.....	11
2.5. Önkol Kırık Modelleri.....	13
2.6. Yeniden Şekillenme.....	15
2.7. Klinik Değerlendirme.....	15
2.8. Tanı ve Radyolojik Değerlendirme.....	16
2.9. Sınıflama.....	18
2.10. Tedavi Seçenekleri.....	19
2.11. Komplikasyonlar.....	29
3. Hastalar ve Yöntem.....	35
4. Bulgular.....	38
5. Olgu Örnekleri.....	45
6. Tartışma.....	55
7. Çıkarımlar.....	65
8. Kaynaklar.....	67

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ark: Arkadaşları

A-P: Anteroposterior

DCP: Dinamik Kompresyon Plağı

Dk: Dakika

FDP: Fleksör Digitorum Profundus

FDS: Fleksör Digitorum Süperficialis

FPL: Fleksör Pollicis Longus

Kg: Kilogram

K teli: Kirschner Teli

OTA: Orthopaedic Trauma Association

Postop: Postoperatif

Preop: Preoperatif

SPSS: Statistical Packages for the Social Scienses

TEÇ: Titanium Elastik Çivi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Radiusun arkadan, önden ve yandan görünümü.....	4
Şekil 2: Ulnanın yandan, arkadan ve önden görünümü.....	5
Şekil 3: Proksimal radioulnar eklem ve ligamanlarının anatomisi.....	7
Şekil 4: Distal radioulnar eklem anatomisi.....	7
Şekil 5: Önkolun normal rotasyonel hareketi ve radial deformasyon sebebiyle azalmış önkol rotasyonel hareketi.....	9
Şekil 6: Rotasyonel kuvvetlerin etkisine göre önkoldaki kırık seviyeleri...	10
Şekil 7: Deformasyon ve kuvvet arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.....	11
Şekil 8: Önkol kırıklarında kasların proksimal, orta ve distal 1/3 kemik seviyesinde deforme edici etkileri.....	12
Şekil 9: Torus kırığı.....	13
Şekil 10: Plastik deformasyon ve Yaş ağaç kırığı.....	14
Şekil 11: Supinasyon ve pronasyonun derecelerine göre radial tüberkülün görünümü.....	17
Şekil 12: 1/3 semitübüler plak ile tespit sonrası ön-arka ve yan grafi.....	23
Şekil 13: K teli ile intramedüller tespit.....	24
Şekil 14: TEÇ uygulama pre-postoperatif grafi.....	24
Şekil 15: TEÇ uygulamasında kullanılan gereçler, farklı çapta çiviler ve çivinin uygun biçimde eğilmesi.....	25
Şekil 16: Çivilerin radiusa distalden, ulnaya proksimal ya da distalden gönderilmesi.....	25
Şekil 17: Sınırlı cilt kesisi, periostun sıyrılması, awl ile ilk girişin yapılması ve T tutucu ile telin ilerletilmesi.....	26

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

Şekil 18: Çivinin kırık hattına kadar gönderilmesi, redüksiyon sonrası proksimale ilerletilmesi, çivinin kesilmesi ve kalan kısmın nokta çakıcı ile kemiğin içine gönderilmesi.....	27
Şekil 19: Ulna için proksimal sınırlı kesi, awl ile ilk girişin yapılması, çivinin kesilmesi ve skopi kontrolü.....	28
Şekil 20: Kırık hattının sınırlı kesiyle açılması, kırığın açık redüksiyonu ve cildin kapatılması.....	29
Şekil 21: Yaş ağaç kırığı sonrası oluşan refraktür.....	30
Şekil 22: Ulnar kaynamama.....	32

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1: Önkol kırıklarında kabul edilebilir deplasman sınırları.....	2
Tablo 2: Konservatif tedavinin başarısında rol oynayan risk faktörleri.....	2
Tablo 3: A-P grafide farklı rotasyonlarda önkolun radyografik özellikleri...	17
Tablo 4: Lateral grafide farklı rotasyonlarda önkolun radyografik özellikleri.....	18
Tablo 5: Price'a göre fonksiyonel sonuç kriterleri.....	37
Tablo 6: Çalışmaya alınan hastaların redüksiyon tipine göre yaş, preoperatif bekleme süresi, postoperatif yatış süresi, kaynama süresi, izlem süresi, redüksiyon öncesi, redüksiyon sonrası, erken postoperatif, son kontrol radius ve ulna açılanma miktarı ortalamaları.....	39
Tablo 7: Çalışmaya alınan hastaların redüksiyon tipine göre cinsiyet, kırık taraf, radius ve ulna kırık seviyesi, preoperatif manipülasyon sayısı, ulna çivi giriş yeri, komplikasyon sayısı dağılımları.....	41
Tablo 8: Çalışmaya alınan hastaların redüksiyon tipine göre Price skoru dağılımları.....	42
Tablo 9: Çalışmaya alınan hastaların radius redüksiyon tipine göre redüksiyon öncesi deplasman miktarı ortalamaları.....	42
Tablo 10: Çalışmaya alınan hastaların ulna redüksiyon tipine göre redüksiyon öncesi deplasman miktarı ortalamaları.....	43
Tablo 11: Çalışmaya alınan hastaların radius ve ulna redüksiyon tipine göre kırık seviyesi dağılımları.....	43
Tablo 12: Çalışmaya alınan hastaların kırık seviyesi ve ulna çivi giriş yerine göre Price skoru dağılımları.....	44
Tablo 13: Çalışmaya alınan hastaların kırık seviyesi ve ulna çivi giriş yerine göre komplikasyon miktarı dağılımları.....	44

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Önkol kırıkları, çocukluk çağının en sık görülen kırıklarındandır ve çocuk kırıklarının %5-10'unu oluşturur (1,2). Türkiye'de yapılan epidemiyolojik bir çalışmada, bir yılda acil servise başvuran çocuk travma vakalarının %3,6'sının önkol diafiz kırığı olduğu saptanmıştır (3). Çocuk önkol diafiz kırıklarının tedavisi, erişkinlere nazaran daha kolaydır. Kaynamamanın nadir görülmesi ve kendini yenileme kapasitesi nedeniyle çocuk önkol diafiz kırıklarının tedavisinde en seçkin yöntem konservatif tedavidir (4). Bu kırıklar, %90 oranda konservatif olarak tedavi edilebilmektedir (5). Konservatif tedavinin amacı, kabul sınırlarında redüksiyon sağlayıp sonrasında alçı tespitiyle iyileşme tamamlanana kadar redüksiyonu koruyabilmektir.

Çocuk önkol diafiz kırıklarında, kapalı redüksiyon sonrası kabul edilebilirlik sınırları konusunda, tam bir görüş birliği yoktur. 10 yaşın altında, distal önkol kırıklarında açılmal ve rotasyonel deformitelerin daha iyi düzeldiği, 14 yaşından sonraysa yaşla birlikte yeniden şekillenme şansı azaldığı için, erişkin kırıklarında olduğu gibi cerrahi tedavi planlanması gerektiği genel kabul gören görüşlerdir. Yanlış kaynamanın tanımını yapmak, yeniden şekillenme ile öngörülemez bir düzelme sağlanabildiğinden zordur. Dicke 10 yaş altında distal önkol kırıklarında 20 dereceye kadar açılanmaları, Daruwalla, 10 yaş altında, orta diafiz kırıklarında 10 dereceye kadar açılanmaları sınır kabul etmişlerdir (6,7). Hungston, 10 derecenin üzerindeki açılanmaları yanlış kaynama olarak kabul ederken; Fuller ve McCullough, 20 dereceye kadar olan açılanmaları kabul edilebilir sınırlar içinde tutmuştur (8,9). Price'in bildirdiği kabul edilebilir dizilim sınırları **Tablo 1'**dedir (10).

Hastaların konservatif izlemi, %7-32 oranında kötü sonuçlanabilmektedir (11,12). Kötü sonuç doğurabilecek risk faktörleri, redüksiyon öncesi ve redüksiyon sonrası olmak üzere ikiye ayrılır. Bu risk faktörleri, **Tablo 2'**de belirtilmiştir (13,14).

Tablo 1: Önkol kırıklarında kabul edilebilir deplasman sınırları.

Yaş	Açılanma	Malrotasyon	Deplasman	Radial Eğim Kaybı
<8	15	45	Tam	Var
8-14 K	10	30	Tam	Parsiyel
8-15 E				

K: Kız, E: Erkek

Tablo 2: Konservatif tedavinin başarısında rol oynayan risk faktörleri.

RÖ Risk faktörleri	RS Risk Faktörleri
Yaş >10	İnterosseöz aralığın daralması
Refraktür	Radial eğim kaybı
Açık kırık	10 derece üzeri açılanma
Radius proksimal kırıkları	%50'nin üzerinde deplasman
Dolaşım bozukluğu	Alçıda gevşeme
Segmenter kırık	Anatomik redüksiyon sağlayamamak
Oblik Radius kırık hattı	Rotasyon kusuru

RÖ: Redüksiyon Öncesi, RS: Redüksiyon Sonrası

Çocuk önkol çift kırıklarının çoğu, konservatif olarak tedavi edilebilmesine rağmen, bazı durumlarda cerrahi tedavi uygulamak gerekmektedir. Bunlara, kabul edilebilir sınırlarda kapalı redüksiyon yapılamaması veya alçı içerisinde redüksiyon kaybı olması örnek olarak gösterilebilir (14,15). Ayrıca damar sinir yaralanması, patolojik kırık, açık kırık, segmenter kırık, kompartman sendromu, kırık hattına yumuşak doku interpozisyonu, aynı taraf humerus kırığı, kafa travması, çoklu yaralanma gibi durumlarda da tedavinin cerrahi olması önerilmektedir (14,16-18).

Tel ile birlikte alçılama, çapraz tel ile tespit, plak-vida ile osteosentez, eksternal fiksator, kanal içi çivileme uygulanabilecek cerrahi tespit yöntemleridir. Çapraz tel ile tespit, kemiklerin ince olmasından dolayı önkol diyafiz kırıklarının tedavisinde pek tercih edilen bir yöntem değildir. Dengesiz kırıklarda, tel ile birlikte alçılama uygulamasını savunanlar olsa da, çok kabul gören bir yöntem değildir (19). Eksternal fiksator uygulaması, özel

durumlarda uygulanır ve genellikle; ciddi yumuşak doku hasarı olan hastalarda tercih edilir. Plak-vida ile tespit, erişkinlerdeki gibi çocuk önkol diyafiz kırıklarında uygulanabilen bir yöntemdir. Tespitin stabil olması ve erken hareket başlanmasına olanak tanınması avantajlarıdır. Ancak, plak-vida ile tespit uygulaması sırasında yapılan geniş cerrahi insizyon ve yumuşak doku diseksiyonu, kemik biyolojisini bozmakta ve kaynamama, enfeksiyon gibi komplikasyonların artışına sebep olmaktadır. Refraktür, implant yetmezliği ve implantın çıkarılmasıyla alakalı komplikasyonlar da görülmektedir.

Kırık hattının açık olarak ya da skopi kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte kapalı olarak redüksiyonu sonrası uygulanabilen intramedüller çivileme, dengesiz çocuk önkol diyafiz kırıklarının tedavisinde yaygınlaşmıştır (5,20-23). Steinman teli, Kirschner teli (K teli), titanyum elastik çivi (TEÇ) implant olarak kullanılabilir. Çiviler, kanal içi esnek çivilemede ulnaya distalden veya proksimalden, radiusa distalden uygulanır (12).

Kırık iyileşmesinde, mekanik denge kadar biyolojinin korunması da önem taşımaktadır. Kırık hattı açıldığında, kırık iyileşmesi için bir avantaj olan kırık hematomu kaybedilmekte, redüksiyon manevraları ile çevre yumuşak doku ve periostta hasar oluşabilmektedir. Bu durumda teorik olarak açık redüksiyon uygulanan kırıklarda iyileşmenin gecikebileceği, komplikasyon oranlarının daha fazla görülebileceği öngörülebilir.

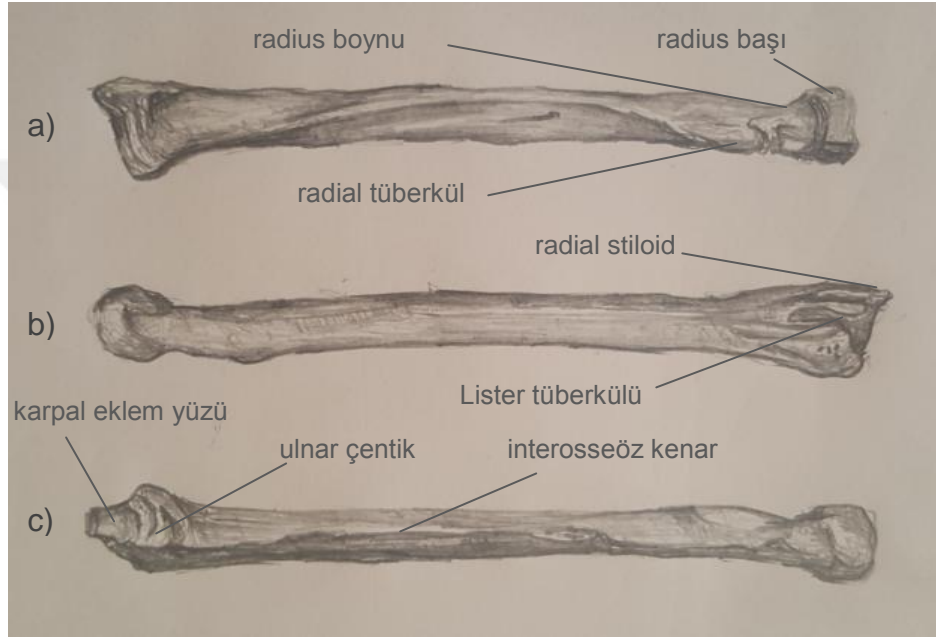
Bu çalışmada, İzmir Tepecik Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'nde 2012 Ocak ve 2016 Aralık ayları arasında, önkol çift kırığı nedeniyle titanyum elastik çivilemeyle intramedüller tespit yapılan 9-15 yaş arası hastalara, ameliyat sırasında uygulanan redüksiyonun açık veya kapalı olmasının, radyolojik ve fonksiyonel sonuçlara olan etkisini irdelemek amaçlanmıştır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Önkol Anatomisi

Önkol kırıklarını iyi bir şekilde tedavi edebilmek için, öncelikle önkol anatomisini iyi bilmek gerekir. Önkol anatomisi 5 bölümde incelenebilir.

2.1.1. Radius



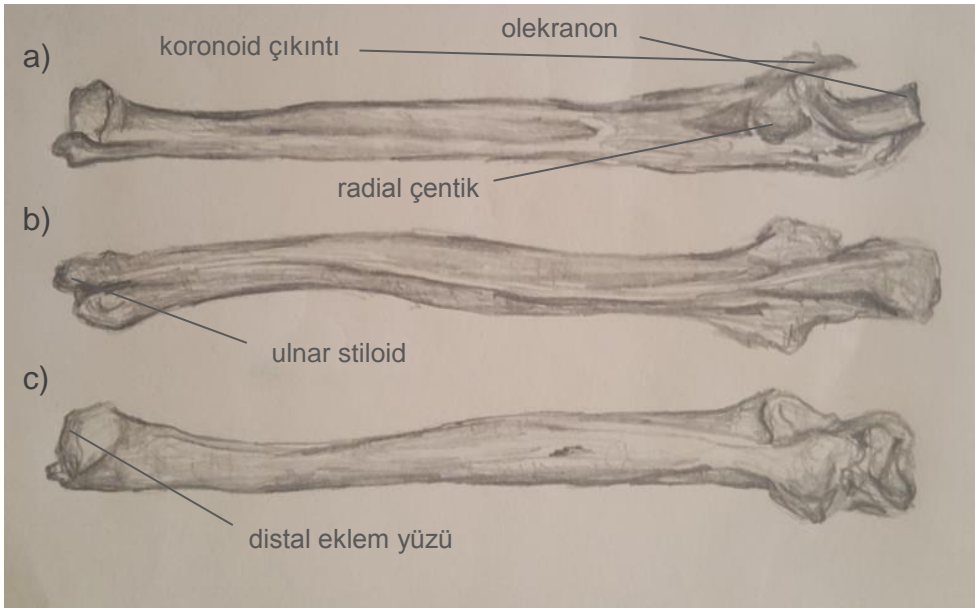
Şekil 1: Radiusun, a) Arkadan, b) Önden, c) İçten görünümü.

Önkolun dış yanında bulunan kemiktir (**Şekil 1**). Alta doğru cismin genişliği artar. Dışa doğru eğrilik yapar. Alt ucu öne doğru iç bükeydir. Silindirik şeklinde olan üst ucuna radius başı denir. Caputulum humeri ile eklemlenmiş, yuvarlak bir çukur şeklinde olan radius başı üst yüzeyine fovea articularis denir. Düz bir eklem yüzü şeklinde olan radius başının dış yüzü, ulnanın üst ucundaki radial çentiğe oturur ve circumferentia articularis adını alır. Radius cismi ile radius başını birleştiren parçaya radius boynu denir. Radius cismi üç yüzlü ve üç kenarlıdır. Cismin üst bölümünde, m. biceps brachii'nin kirişinin yapıştığı radial tüberkül bulunur. Kemik cisminin ön yüzü iç bükeydir ve alt uca doğru genişler. Cismin ortasında foramen nutricium vardır ve beslenmede önemlidir. Yan yüz ve arka yüzün üst ve alt bölümleri dış

bükeydir. Pronator teresin yapıştığı pürtüklü alan yan yüzün ortasında bulunur. Keskin olan interosseoz kenar ulnaya bakar. Diğer iki kenar, margo anterior ve margo posterior künt ve yuvarlaktır. Alt ucun dış yan yüzünde bulunan, distale doğru uzanan sivri çıkıntıya radial stiloid denir. Alt uçta, arka yüzde belirgin bir çıkıntı vardır ve bu çıkıntıya dorsal tüberkül veya Lister tüberkülü denir. Dorsal tüberkülün iki yanında oluklar vardır ve bu oluklardan ekstensor tendonlar geçer. İç yan yüz ulnar çentik ve ulna başı ile eklem yapar. Radiusun alt ucundaki iç bükey karpal eklem yüzü, el bilek kemikleri ile eklem yapar (24-26).

2.1.2. Ulna

Önkolun iç yanında yer alır (**Şekil 2**). Olekranon, üst ucun en proksimalde yer alan parçasıdır. Öne doğru çengel gibi kıvrılmış olan ve humerusta yer alan fossa olecrani'ye doğru çıkıntı yapmış olan olekranonun altında, ön yüzde daha küçük çıkıntı olan koronoid çıkıntı bulunur. Koronoid çıkıntının altında ve ön yüzde m. brachialis'in krişinin yapıştığı ulnar tüberkül bulunur. Distal eklem yüzünde, iç bükey eklem yüzünü oluşturan çentik incisura trochlearis'tir. Radius başının bir kısmını içine alan radial çentik, ulnar tüberkülün dış yanında bulunur. Ulna cismi üstte üçgendir, alt uca doğru yuvarlaklaşır. Ulna cisminin üç tane yüzü ve üç tane kenarı vardır.



Şekil 2: Ulnanın, a) Yandan, b) Arkadan, c) Önden görünümü.

Kemiğin uzun eksenini boyunca uzanan oluklar, ön yüzdedir. Bu yüzde, ortada ve proksimale yakın kısımda foramen nutricium görülür. Medial yüz dış bükeydir. Arka yüzde çeşitli eğik kabartılar vardır. Ulnar tüberkülün iç yanından başlayan, alt uca ve arkaya doğru kıvrılan, ulnar stiloidin tabanına kadar inen ön kenar, kalın ve yuvarlaktır. Cilt altında hissedilebilen arka kenar, olekranonun arka yüzünün tepesinden başlar, ulnar stiloide kadar iner. Kemiğin dış yan kenarı, interosseöz kenardır. Crista musculi supinatoris denilen kabarık çizgi, radial çentiğin hemen altında kalan çukur alanı arkada sınırlandırır. Bu çizgiden m. supinator başlar. Ulna'nın alt ucu, ulna başı ile sonlanır. Düz olan circumferantia articularis, ulna başının dış yüzüdür ve radiusun alt ucunda ulnar çentik ile eklem yapar. Alt uçta, posteromedialde cilt altında hissedilebilen küçük bir çıkıntı bulunur. Bu çıkıntıya ulnar stiloid denir (24-26).

2.1.3. Proksimal Radioulnar Eklem

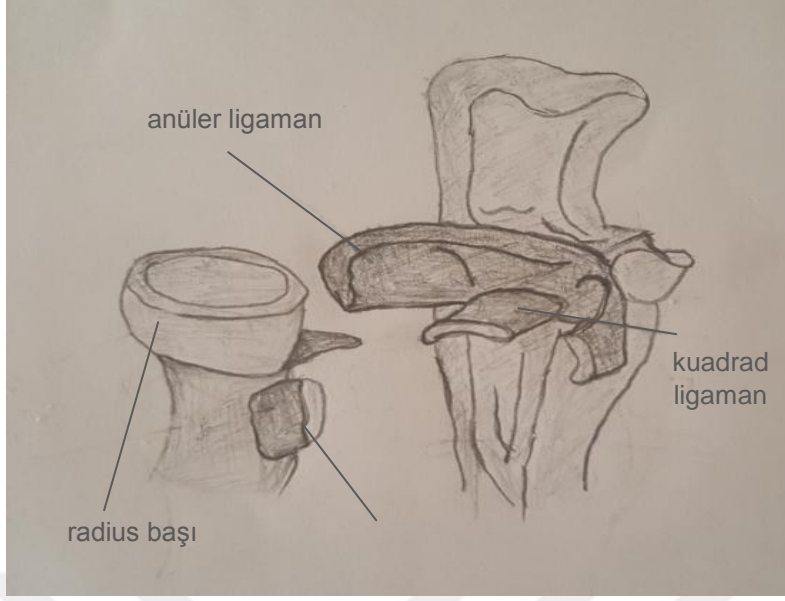
Önkolda radius ve ulna arasında proksimalde ve distalde olmak üzere iki adet eklem bulunmaktadır. Bunlardan proksimalde olan artikularis radioulnaris proksimalis, trokoid grubu bir eklemdir (**Şekil 3**) (24-26).

Proksimal radioulnar eklemden, iki kemiği bir arada tutan üç adet yumuşak doku bağlantısı vardır. Bunlar anüler ligaman, oblik ligaman ve interosseöz membrandır.

Anüler ligaman, bu eklemde tek bağıdır. Radial çentik, radius başının bir kısmını içeri aldığından başın çentik içinde kalmasını, radius başını çevreleyen anüler ligaman sağlar. Radial çentiğin ön ve arka kenarına, ulnanın arka yüzüne tutunur. Kuadrat ligaman denen ince bir fibröz lif demeti radial çentiğin alt kenarından radius boynuna doğru uzanır. Dıştan eklem kapsülünü örter (24-26).

Oblik ligaman (Chorda Obliqua, Weithbrecht ligamanı), supinator kasının kalın başının fasyasından şekillenmiştir ve ulnar tüberkülden radial tüberküle doğru uzanır.

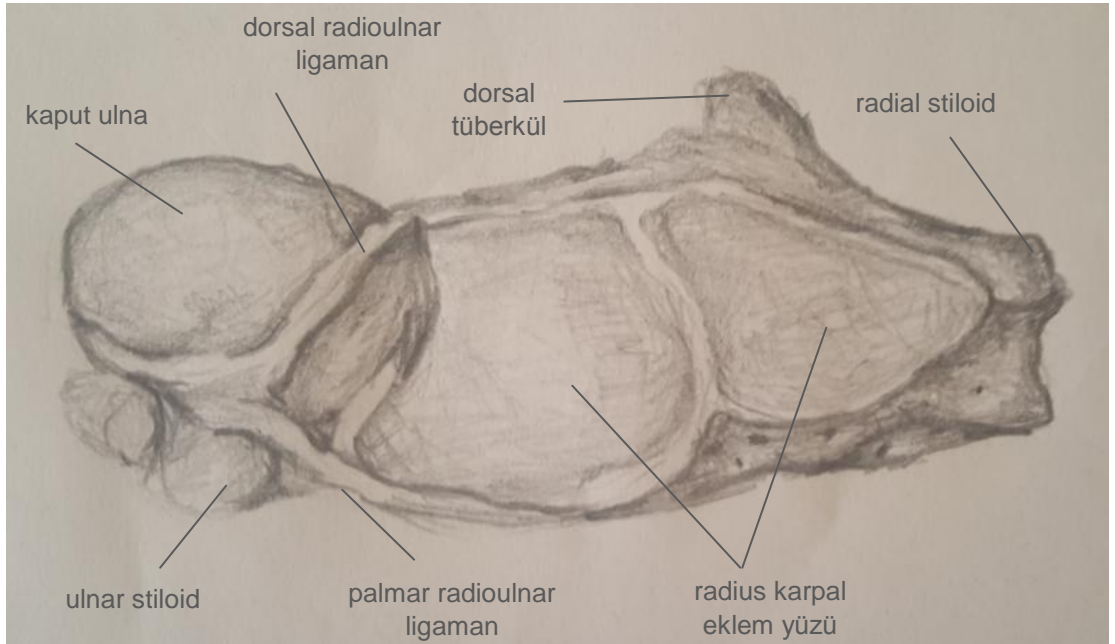
İnterosseöz membran, iki kemiğin interosseöz kenarına yapışan, iki kemik arasında perde gibi uzanan fibröz bir zardır. Üzerindeki deliklerden, damar ve sinir yapıları geçer (24-26).



Şekil 3: Proksimal radioulnar eklem ve ligamanlarının anatomisi.

2.1.4. Distal Radioulnar Eklem

Radius ulnar çentiği ve ulna başı arasındadır (**Şekil 4**). Diskus artikularis, ulna ve radiusun distal ucuna tutunmuş kenarları kalın bir yapıdır. Eklem kapsülü önde ve arkada kalındır. Kapsül burada sinovyal membranla örtülü bir kese olan recessus sacciformisi oluşturmuştur (24,25,27).



Şekil 4: Distal radioulnar eklem anatomisi.

2.1.5. Kas, Damar ve Sinir Yapıları

Radius ve ulna, dengeli yapıda bir çift kemik olarak gözükse de üzerlerine aynı sayıda kas yapışmaz. Ulnaya 14 adet kas yapışırken radiusa 9 adet kas yapışır (28,29). Pronator kaslar distal ve orta 1/3 bölgeye yapışırken, supinasyona yardımcı kaslar proksimal 1/3 kesime yapışır.

Önkol, karmaşık bir damarlanma yapısına sahiptir. Önkoldaki kaslar, brakial arterin dallarından, kollaterallerden ve brakial arter çevresindeki 248'den fazla pedikülden beslenir (30).

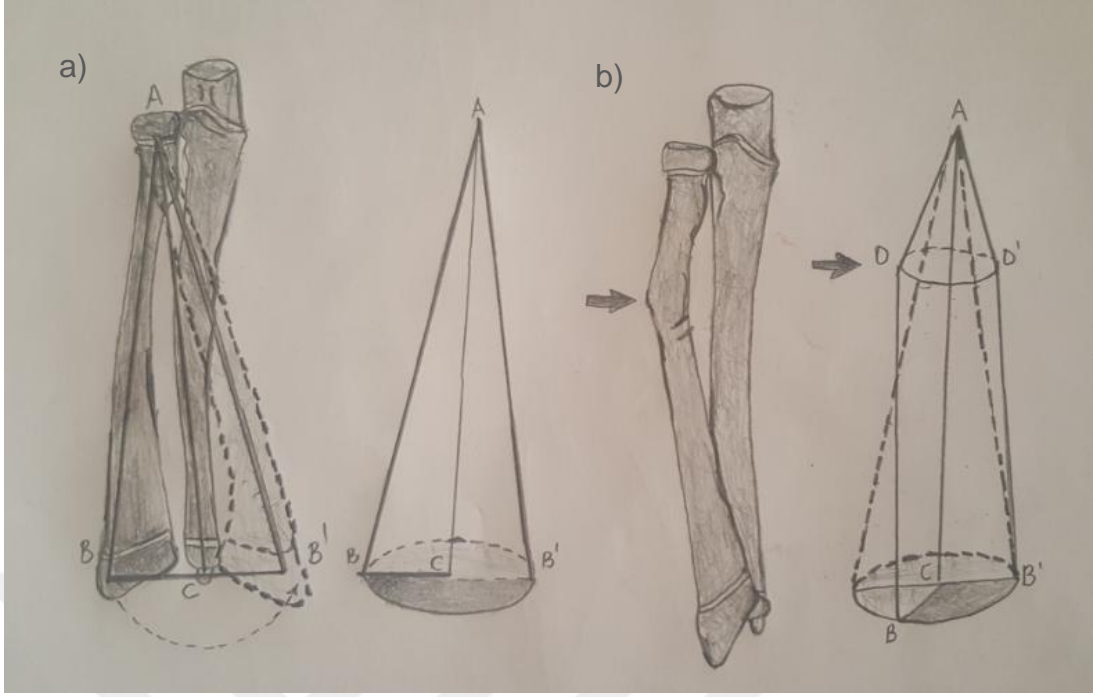
Önkoldaki kasların motor innervasyonu ise, muskükükütanöz sinirle birlikte uzanan radial, ulnar ve median sinir tarafından sağlanır. En çok yaralanan sinir, median sinirdir (15,31-33).

2.2. Biyomekanik Yapı

Proksimal ve distal radioulnar eklemlerinin ortak ekseni, proksimalden distale doğru ulna ve radius başı arasında uzanır ve spasiyum interosseum'u eğik durumda çaprazlar. Supinasyon sırasında, radius dış tarafta ulnaya paralel olarak yer alırken, pronasyon sırasında radius el ile birlikte ulnayı önden eğik olarak çaprazlar.

Önkolda normal bir insanda 90 derece supinasyon, 80-90 derece pronasyon hareketi vardır. Önkolun pronasyon ve supinasyon kısıtlılığı, üst ekstremitate fonksiyonlarını etkiler. Pronasyon kısıtlılığı omuz abduksiyonuyla tolere edilebilirken, supinasyon kısıtlılığı kompanse edilemez (10,34-36).

Matthews ve arkadaşları, yaptıkları bir çalışmada her iki kemikten birinde, orta kısımda oluşan 10 dereceye kadar olan açılanmanın, minimal hareket kaybına yol açtığını; her ikisinde birden oluşan 10 dereceye kadar olan açılanmanın daha fazla hareket kaybı oluşturduğunu; açılanma miktarı 20 dereceye çıktığında ise ulna ve radius biyomekaniğinin ciddi anlamda bozulduğunu, bu sebepten ileri rotasyonel kısıtlılık oluştuğunu bildirmişlerdir (**Şekil 5**) (37).



Şekil 5: a) Önkolün normal rotasyonel hareketi, b) Radial deformasyon sebebiyle azalmış önkol rotasyonel hareketi.

Sarmiento ve arkadaşları, yaptıkları çalışmalarda orta 1/3 bölge kırıklarında supinasyon kaybının, distal 1/3 kırıklarında pronasyon kaybının daha fazla olduğunu bildirmişlerdir (38,39).

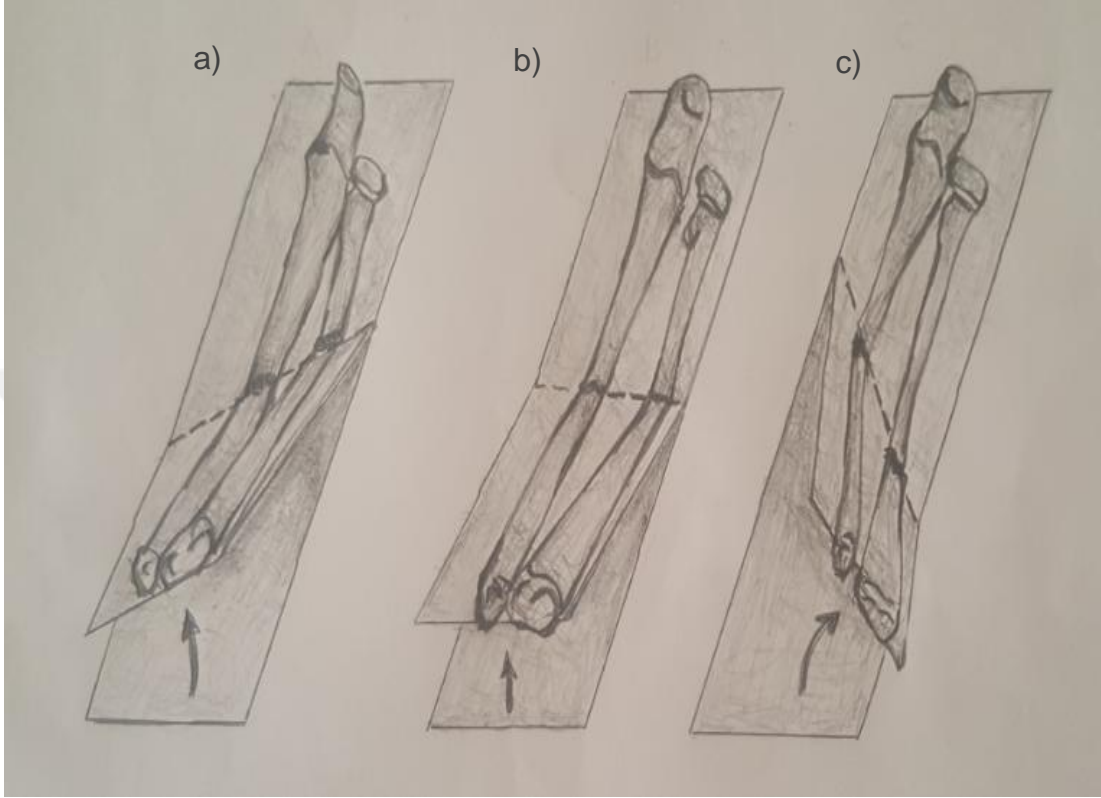
Yapılan çok sayıda çalışmada, 50 derece pronasyon ve supinasyonun günlük yaşam ve önkol hareketleri için yeterli olduğu ortaya konmuştur (40).

Sonuç olarak radius ve ulnanın biyomekanik yapısı, önkol rotasyonel hareketleri için çok önem arz etmektedir. Bu yapıda, herhangi bir sebepten doğacak bir bozulma ciddi hareket kusurlarına sebep olabilmektedir.

2.3.Yaralanma Mekanizması

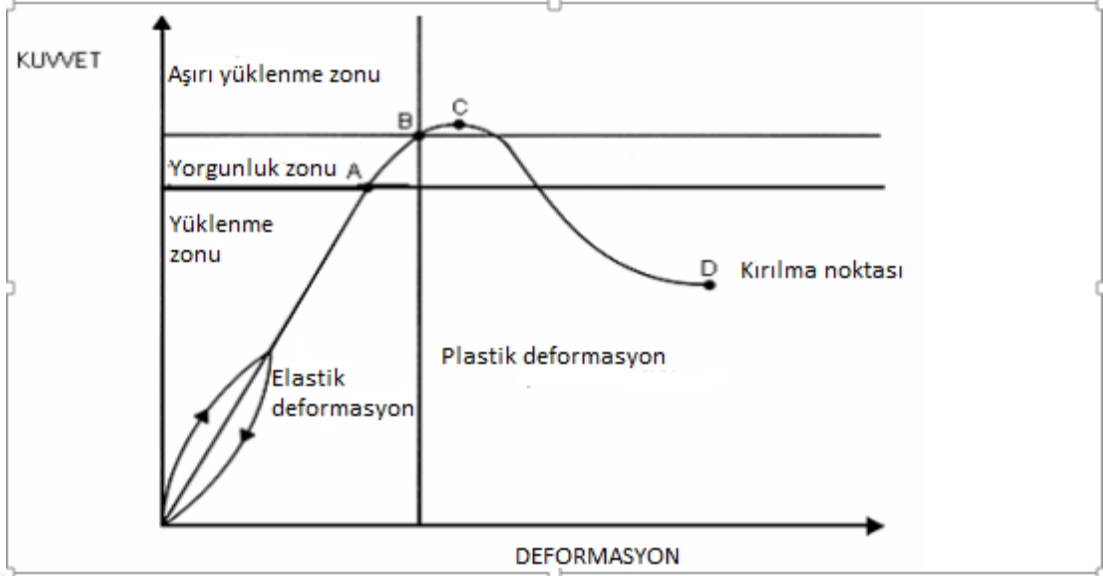
Çocuk önkol kırıklarında yaralanmanın temel mekanizması, açık el ayası üzerine düşmedir. Bu sırada indirekt yolla önkol kemiklerine ulaşan kuvvetler kırık oluşumuna yol açar. El ayası üzerine düşerken, sıklıkla önkol rotasyonel kuvvetlerin de etkisi altında kalır. Kırık seviyesi, şekli ve açılanmanın yönü, rotasyon miktarına ve yönüne göre değişmektedir (41,42). Rotasyonel kuvvetlerin önkolu supinasyona zorladığı durumlarda radius proksimalden kırılır ve açılanmanın yönü dorsale olurken, pronasyona

zorladığı durumlarda ulna proksimalden kırılır ve açılanma volare doğru olur. Radius ve ulnanın aynı seviye kırıklarında, genellikle rotasyonel kuvvetlerin etkisi yoktur (**Şekil 6**) (41,42).



Şekil 6: Rotasyonel kuvvetlerin etkisine göre önkoldaki kırık seviyeleri. a) Supinasyon yönünde kuvvet, b) Rotasyonel kuvvet yok, c) Pronasyon yönünde kuvvet.

Parçalanma varsa, travma muhtemelen yüksek enerjilidir (43). İleri derecede pronasyon kuvveti etkisi sonrası oluşan ulna veya radiusun izole kırıklarında, distal ya da proksimal radioulnar eklem çıkığı olup olmadığı araştırılmalıdır. Önkol kırıkları nadir de olsa, çocuk istismarında önkola sopa ile vurulması gibi olgularda, direkt mekanizmayla oluşabilir. Ancak bunlarda, distal veya proksimal radioulnar eklem etkilenmez (44). Metafizler kemik, diafizler kemiğe göre daha güçsüz olduğundan, daha düşük kuvvetlerle kırılır. Çocuk düştüğünde, temel deforme edici güç radius üzerinden geçer ve önce radius kırılır; sonrasında ulna kırılır (45).



Şekil 7: Deformasyon ve kuvvet arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.

Kuvvet ve deformasyon arasındaki doğrusal ilişki, A noktasına kadar devam eder. Kemiğin tepkisi elastik olduğundan kuvvet ortadan kalkınca kemik eski şekline döner. A-B arasında kemik eski şekline dönebilir ancak mikrokırıklar olmuştur (**Şekil 7**) (45). Kuvvet C noktasına geldiğinde kuvvetin uygulanma süresine ve yüklenmenin hızına göre;

a) Kuvvet yavaş uygulanmışsa, D noktasına varmadan kesilmişse ve kemikte oluşan germe enerjisi azaltılmışsa plastik deformasyon oluşur.

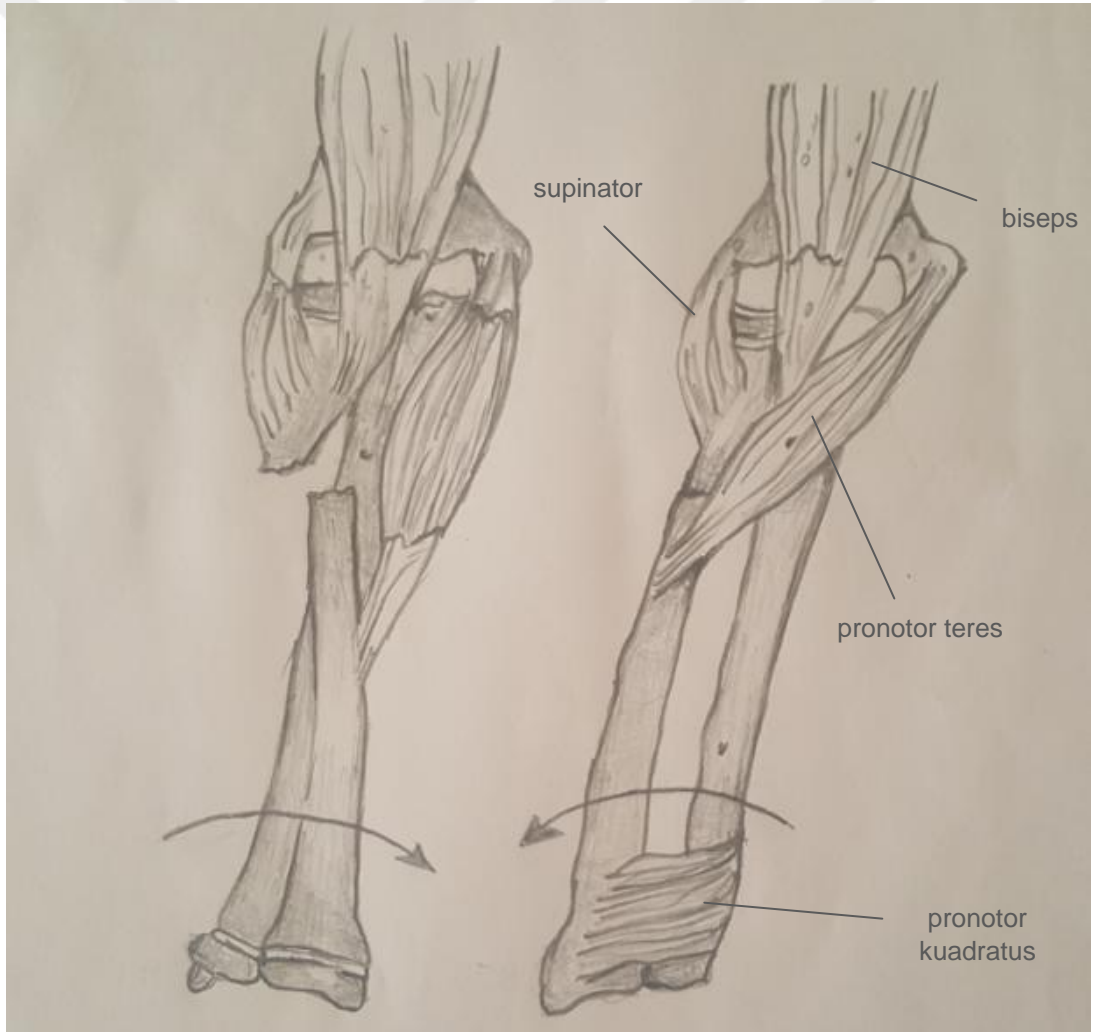
b) Kuvvet hızla uygulanmış ve kemikteki germe enerjisi daha fazla ise yeşil ağaç kırığı oluşur.

c) Kuvvet hızlı uygulanmışsa ve D noktası geçilmişse artık tam kırık oluşur (**Şekil 7**) (45).

2.4. Kasların Deforme Edici Etkileri

Raidus'un proksimal 1/2'si kaslar tarafından sarılır ve distal 1/2'sine göre daha güçlüdür. Distal kısım, burayı koruyan kasların tendinöz yapılar haline gelmesinden ve kemiğin şeklinden dolayı daha zayıftır ve kırıklar; bu bölgede daha sık görülür. Proksimal kısımdaki kas kitlesi yoğunluğu kemiği daha iyi korurken, kapalı redüksiyonu ve redüksiyonun korunmasını zorlaştırır (45,46) .

Radius distale yapışan pronator kuadratus, ortaya yapışan pronator teres, proksimale yapışan biceps ve supinator kaslarının etkisiyle kırığın seviyesine göre farklı açısai ve rotasyonel deplasman gösterme eğilimindedir (**Şekil 8**) (45,46). Eğer radiustaki kırık, pronator teres yapışma yerinin proksimalindeyse, biceps ve supinator kaslarının etkisiyle proksimal parça supinasyona, distal parça ise pronator teresin etkisiyle pronasyona gider. Radiustaki kırık, orta cisimde ve pronator teres yapışma yerinin distalindeyse, etki eden supinator ve pronator güçler dengelendiğinden proksimal parça nötral pozisyonda kalırken, distal parça pronator quadratus etkisi ile pronasyona gider (45,46).

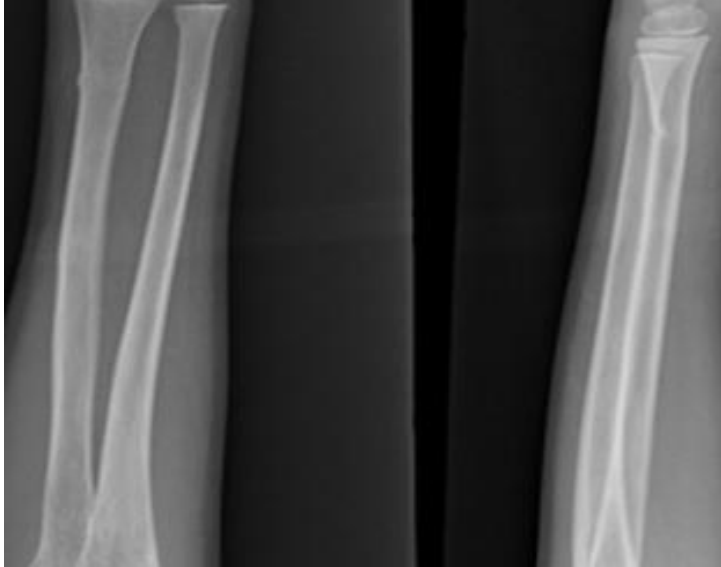


Şekil 8: Önkol kırıklarında kasların proksimal, orta ve distal 1/3 kemik seviyesinde deforme edici etkileri.

2.5. Önkol Kırık Modelleri

Çocuklarda görülen kırık modelleri, erişkinlerden farklıdır. Bunun nedeni kemiğe uygulanan kuvvetlere karşı erişkinlerden farklı yanıt vermeleridir. Periostun kalın olması, yeniden şekillenme kabiliyetinin yüksek olması, kuvvete karşı oluşan esnekliğin artmış olması, iyileşme zamanının kısa olması ve fizislerinin olması deforme edici kuvvetlere erişkinlerden farklı yanıt vermelerinin sebeplerinden başlıcalarıdır. Çocuklarda önkolda oluşan kırık modellerinin başlıcaları torus kırığı, plastik deformasyon (travmatik boving), yaş ağaç kırığı (greenstick), komplet kırıklar ve parçalı kırıklardır (45,47).

Torus kırığı, genellikle gelişmekte olan metafizer kemikte görülen impaksiyon yaralanmasıdır (**Şekil 9**). Kemiğin, uygulanan kuvvetin sıkıştırıcı etkisine cevabı, tamamlanmış bir kırık oluşmadan bükülmesi şeklindedir. Stabil bir yaralanma olan torus kırıklarının görülme sıklığı, metafizer kemiğin gözenekli yapısının yerini daha sert bir kemik yapısının alması nedeniyle yaşla beraber azalır (8,48).



Şekil 9: Torus kırığı.

Plastik deformasyon (travmatik boving), ilk defa 1876'da Rauber tarafından tarif edilmiştir (49). Ancak, tam olarak anlaşılması 1974'te Spencer Borden'in klasik yazılarının basımıyla olmuştur (50). Bu kırıklarda, gözle

görülür bir kırık hattı olmamasına rağmen çok sayıda mikrokırık görünümü vardır (**Şekil 10**) (51). Plastik deformasyonda, kollajen yığınlarının ve haversian kanal sistemlerinin bütünlüğü mikrokırıklarla bozulmuştur. Çocuklarda haversian kanalların daha geniş olması ve kemiğin daha gözenekli olması, bu immatür kemiği eğilme kuvvetlerine karşı daha zayıf kılar; ancak, kırık oluşumu öncesi daha çok enerji emilimi yapmasını sağlar (45,47,52). Bu sebepten immatür kemikte plastik deformasyon oluşur. Mikrokırıklar, ilk olarak deformitenin iç bükey kısmında ortaya çıkar ve sıklıkla ulnada görülür (47,48,53).

Yaş ağaç kırıklarında (greenstick), kompansyon tarafındaki korteks ve periost sağlam kalırken, gerilim tarafındaki korteks kırılır (**Şekil 10**). Sağlam korteks tarafında, çoğunlukla plastik deformasyon oluşur ve açısal deformite gelişir. Eğer aynı seviyeli kırık varsa, rotasyonel kuvvetlerin etkisi minimaldir (45,46). Volar açılanmalı yaş ağaç kırıkları genellikle supinasyon kuvvetlerinden sonra oluşurken, dorsal açılanmalı olanlar pronasyon kuvvetlerinden sonra oluşur.



Şekil 10: a) Plastik deformasyon, b) Yaş ağaç kırığı.

Komplet kırıklar, kemiğin her iki korteksinin de tam olarak bütünlüğünü kaybettiği kırıklardır. Kırık seviyesinin proksimalde, ortade ve distalde olmasına göre klinik olarak farklı şekilde davranırlar. Tek kemik kırığı şeklinde

oluşan komplet kırıkların yaralanma mekanizması, genellikle direkt travmadır ve bunların redüksiyonu daha zordur.

Parçalı önkol kırıkları çocuklarda erişkinlere nazaran daha az görülmektedir (54-57). Genellikle, yüksek enerjili travmalar sonrası ortaya çıktığından, damar sinir muayenesi daha özenli yapılmalı, kompartman sendromu ve ek sistemik yaralanmalar açısından dikkatli olunmalıdır (55,58).

2.6. Yeniden Şekillenme

Çocuk kırıkları, erişkin kırıklarından daha çabuk iyileşir ve yeniden şekillenme ile oluşan deformite düzelebilir. İskelet yaşı, yeniden şekillenme miktarını belirleyen en önemli faktördür. Kırığın büyüme plağına yakınlığı ve büyüme plağının büyüme potansiyeli diğer önemli faktörlerdir. Yeniden şekillenme oranı, distal uç kırıklarında daha fazladır (6,7). Wolf, deformitenin eklem hareket yönünde olduğu zaman daha fazla yeniden şekillenmeden etkilendiğini bulmuştur (47).

Deformite, eklem hareket yönüne paralelse ve distal uca yakınsa, kemik matürasyonunun tamamlanmasına iki yıl kalıncaya kadar yeniden şekillenmeye uğrayabilir. Yeniden şekillenme maalesef her tip kırıkta etkili değildir. Buna örnek olarak ayrışmış eklem içi kırıklar, rotasyon, kısalma ve açılanma deformitelerini içeren orta cisim kırıkları, deplasman yönünün eklem hareket yönüne paralel olmadığı kırıklar ve büyüme plağını içine alan deplase kırıklar gösterilebilir. Yeniden şekillenme, diafiz bölgesinde sıklıkla açısız deformitenin yuvarlaklaşması şeklinde olur. Periost, cisim kırıklarında genellikle bir korteksi örtmeye devam eder. Bu periost altı alan giderek dolar. Periostun sıyrıldığı karşı tarafta rezorbsiyon gerçekleşir. Bu, kırığın iyileşmesi sonrasında belirginliğini azaltır. Toplam dizilimde aslında az miktarda iyileşme sağlanmıştır. Kırık epifize yakın olduğunda, büyüme plağı normal dizilimini sağlayabilir. Böylelikle oluşan ikincil dizilim, metafizer bölgeyi daha fazla oranda yeniden şekillendirebilir (7).

2.7. Klinik Değerlendirme

Çocuk önkol cisim kırıklarında bulgular belirgindir. Klasik bulgular olan ağrı ve deformite dışında krepitasyon, pronasyon ve supinasyon kısıtlılığı

saptanabilir (59). Plastik deformasyon olan durumlarda ağrı hafiftir ve krepitasyon yoktur. Doktor ve hasta yakını genellikle çocuğun ağrısını gerektiği kadar önemsemez. İdeal hasta kendi ağrısını skorlayan hastadır (60,61). Ağrılı bir durumla karşılaşan çocuklarda, kas spazmı ve anksiyete artar (62,63). Kas spazmı, yaralanan vücut parçasına karşı koruyucu bir gayret olarak ortaya çıkar (63). Kas spazmı, kırık paterniyle ilgili oluştuysa, kırık deplasmanının artmasına yol açar. Kırık şüphesiyle gelen her hastada, iyi bir damar sinir muayenesi yapılmalı, kompartman sendromu açısından dikkatli olunmalı ve aile uyarılmalıdır.

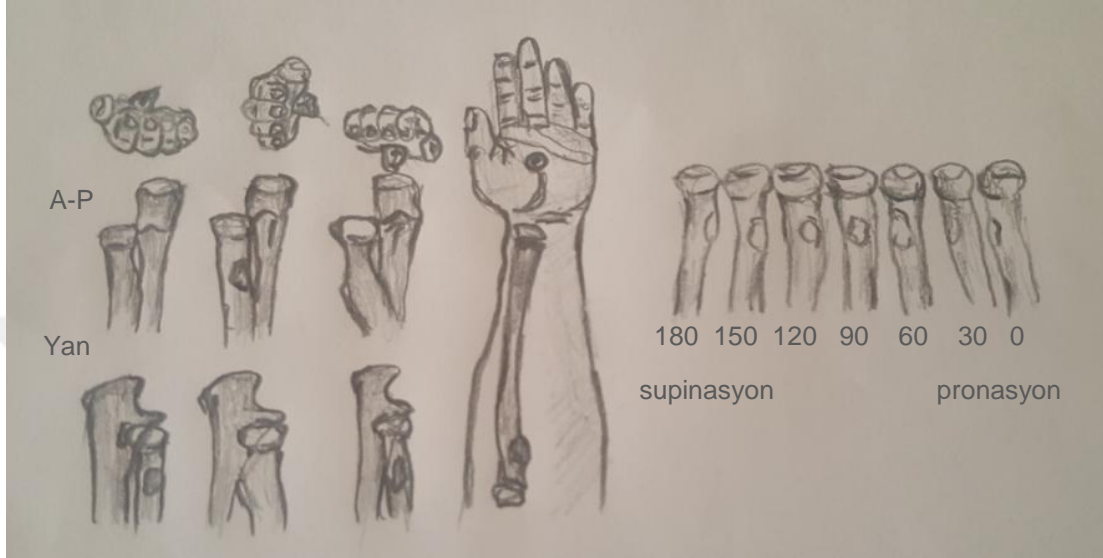
Patolojik kırıklar gibi bariz bir travma öyküsü olmadan oluşan yaralanmalar her zaman erken tanı alamayabilir (64,65). Kırık ekstremitelerini, düşük aktivite gerektiren işlerde kullanmaya devam eden çocuklarda tanı koymak haftalar alabilir. Genelde yaralanma sonrası 1-2 gün içinde normal kol faaliyetlerini gerçekleştiremeyen çocuklarda kırıktan şüphelenilmelidir (64,65).

2.8. Tanı ve Radyolojik Değerlendirme

Travma sonrası önkolda ağrı şikayeti ile gelen hasta için, önkol kırığından şüphelendikten sonra ön-arka, yan ve gereğinde oblik grafiler istenmelidir. Bu grafiler muhakkak proksimal ve distal radioulnar eklemin değerlendirilmesine olanak sağlayacak şekilde, bu eklemleri içermelidir. Bu sayede, distal ve proksimal eklem çıkığı olup olmadığı ve eşlik eden kırık varlığı araştırılmış olur (45,48) . Rotasyon valığı, çap değişimi ve radius eğiminin ani kırılması ile saptanır. Standart bir önkol ön-arka grafisinde radial tüberkül ve radial stiloid görülür. Yan grafideyse koronoid proçes ve ulnar stiloid görülür. Standart bir yan grafide ulnar stiloid görülüyorsa, ulnada rotasyonel bir deformite olduğu, standart bir ön-arka grafide radial tüberkül medialde görülürken radial stiloid görülüyorsa, radiusta rotasyonel bir deformite olduğu söylenebilir (45,46).

Radiustaki proksimal parçanın rotasyon miktarını değerlendirmek için radial tüberkül grafisi görülebilir. Bu grafide değerlendirilebilen radial tüberkülün konumu, proksimal parçanın rotasyon miktarını anlamamızı sağlar. Bu grafi, ulnanın cilt altında hissedilen kenarı kasete konduktan sonra

ışın kaynağının 20 derece olekranona doğru çevrilmesi ile elde edilir. Medialde görülen radial tüberkül proksimal parçanın supinasyonda olduğuna, lateralde görülen radial tüberkül parçanın pronasyonda olduğuna, posteriorda görülen radial tüberküle rotasyon olmadığına işaret eder (**Şekil 11**) (45,48).



Şekil 11: Supinasyon ve pronasyonun derecelerine göre radial tüberkülün görünümü.

Değişik derecelerdeki rotasyonlarda, ulna ve radiusun radyolojik görünümü Creasman tarafından tanımlanmıştır (16). Bu tanımlamalar A-P çekilen grafiler için **Tablo 3**'te, yan çekilen grafiler için **Tablo 4**'te belirtilmiştir.

Tablo 3: A-P grafide farklı rotasyonlarda önkolün radyografik özellikleri.

Önkol Rotasyonu	Radioulnar Overlap	İnterosseoz Mesafe	Radial ve Ulnar Eğim
90° supinasyon	Yok	Mesafe en geniş	Maksimal diverjan eğim
45° supinasyon	Radial ve ulnar çentikler	Mesafe genişlemiş	Diverjan eğim
nötral	Tam overlap	Görülemez	Eğim görülmez
90° pronasyon	Yok	Daralmış	Her iki kemikte radial tarafta
45° pronasyon	Radial ve ulnar çentikler	Proksimalde kapalı	Her iki kemikte radial tarafta

Tablo 4: Lateral grafide farklı rotasyonlarda önkolun radyografik özellikleri.

Önkol Rotasyonu	Radioulnar Overlap	İnterosseoz Mesafe	Radial ve Ulnar Eğim
90° supinasyon	Tam overlap	Radius dorsalde mesafe daralmış	Paralel
45° supinasyon	Radial ve ulnar çentikler	Geniş mesafe	Hafif radial eğim
Nötral	Yok	Mesafe en geniş	Maksimum radial eğim
90° pronasyon	Tam overlap	Radius volarde, mesafe daralmış	Paralel
45° pronasyon	Radial ve ulnar çentikler	Geniş mesafe	Hafif eğim

2.9. Sınıflama

Radyolojik görüntüleme, önkol cisim kırıkları için yapılmış sınıflamaların temelini oluşturur. Önkol kırıklarındaki çoğu mukayeseli sınıflama, Ortopedik Travma Birliği tarafından kabul görmüştür (66). Ancak alt grupların çokluğu nedeniyle bu sınıflamaların çoğunun kullanımı pratik değildir (67). Kullanışlı ve pratik bir önkol cisim kırığı sınıflaması, kırığın modeli ve seviyesiyle ilgili bilgi vermeli, hangi kemiğin kırık olduğunu bildirmelidir. Önkol cisim kırıkları, basitçe radioulnar eklem sağlığına ve OTA sınıflamasına göre değerlendirilebilir (45,46).

2.9.1. Radioulnar Eklem Sağlam

A. Kırığın tamamlanmasına göre

1. Plastik deformasyon
2. Yeşil ağaç kırığı
3. Komplet kırık

B. Deformitenin yönüne göre

1. Supinasyon yaralanması
2. Pronasyon yaralanması

C. Kırığın seviyesine göre

1. Proksimal 1/3'te
2. Orta 1/3'te
3. Distal 1/3'te

2.9.2. Radioulnar Eklem Çıkık

A. Distal radioulnar eklem çıkığı

Galeazzi kırıklı çıkığı

B. Radius başı çıkığı

Monteggia kırıklı çıkığı

2.9.3. OTA Sınıflaması

OTA Sınıflaması

Tip A: Basit diafiz

A1: Ulna basit, radius intakt

A2: Radius basit, ulna intakt

A3: Radius ve ulna basit

Tip B: Kama şeklinde kırık, diafiz

B1: Ulna kama

B2: Radius kama, ulna intakt

B3: Radial ve ulnar kama, diğer kemik kama veya basit

Tip C: Kompleks, diafiz

C1: Ulna kompleks, radius basit

C2: Radius kompleks, ulna basit

C3: Radius ve ulna kompleks

2.10. Tedavi Seçenekleri

2.10.1. Konservatif Tedavi

Plastik deformasyonun konservatif tedavisi sonrası, tedavi izleminde tek spesifik radyolojik bulgu, yaralanmadan 6 ay sonra görülen korteksteki hafif kalınlaşmadır. Yaralanmanın tüm diyafizi etkilemesi ve periost reaksiyonunun minimal olması nedeniyle, yeniden şekillenme komplet

kırıklara göre daha az görülür. Volrat ve DeBoeck, yaptıkları bir çalışmada plastik deformasyonu düzeltilmeyen bir grup çocukta uzun dönem takipte inkomplet remodelling olduğunu saptamıştır (68). Bu sebepten plastik deformasyonu olan özellikle 6 yaş üzerindeki hastalar, açılanma 10 derecenin üzerindeyse daha agresif şekilde tedavi edilmelidir (68). Redüksiyon mümkünse anestezi altında, 2-3 dk. boyunca büyük bir kuvvet (20-30 kg) uyguladıktan sonra üç nokta mold prensibi uygulanarak yapılmalıdır (51). Deformiteyi düzelttikten sonra, önkol tam supinasyonda, dirsek 90 derece fleksiyundayken alçı tespit yapıp 6-8 hafta alçıda tutulmalıdır.

Yaş ağaç kırıklarının konservatif tedavisinde, redüksiyon sırasında, Noonan ve Price'in tarif ettiği gibi volar açılanma varsa pronasyon, dorsal açılanma varsa supinasyon manevrası uygulanmalıdır (69). Eğer, aynı seviyeli kırık varsa, güzel bir mold sonrası üç nokta prensibi uygulanarak redüksiyon sağlanabilir. Yaş ağaç kırıkları çoğu zaman konservatif şekilde tedavi edilebilmektedir (70). Yaş ağaç kırıkları redükte edilirken komplet kırık haline getirilmesi gerektiğini savunanlar, bunun redüksiyon kaybını ve tekrarlayan deformiteyi engellediğini düşünmektedir (55,71-73). Komplet kırık haline getirilmemesini savunan grupsa, yaş ağaç kırığının stabilitesinin korunmasından yanadır. (74-76). Teorik olarak, kırığın komplet hale getirilmesi, daha canlı kallus oluşması nedeniyle rekürrens miktarını ve redüksiyon kaybını azaltır (39,77). Redüksiyon sonrası, dirsek 90 derece fleksiyodayken uzun kol alçı tespiti yapılır ve 6-8 hafta sürdürülür. Alçı çıkarımı sonrası, refraktür oranının yüksekliğinden dolayı 6 hafta daha breysleme yapılabilir.

Komplet kırıklar, kortikal devamlılığın tamamen bozulmasından ve periostun yırtılmasından dolayı instabildir. Komplet kırıklarda redüksiyon manevrası kırık seviyesine göre yapılır. Kırığın seviyesine göre, kasların kırık üzerindeki deforme edici etkisi değişir. Radius kırığı proksimaldeyse, etrafındaki kas kitlesinin çokluğundan dolayı distal kırıklara göre daha zor redükte edilir. Bu nedenle redüksiyon yapılırken distal fragman proksimal fragmana uydurulmaya çalışılır. Repozisyon yapılırken traksiyon uygulanır ve

aynı anda diğerk elle manipölasyon yapılır. Kırık redüksiyonu sonrası bir yardımcı dirsekten karşı traksiyon uygular. Uygulayıcı bir eli ile traksiyon yaparken diğerk eli ile manipölasyon yaparak deformitenin karşı yönünde kuvvet uygular. Redüksiyon yapıldıktan sonra dirsek 90 derece fleksiyonda, proksimal kırıklarda önkol supinasyonda, orta diyafiz kırıklarında önkol nötral pozisyonda, distal kırıklardaysa önkol pronasyonda olacak şekilde alçı tespiti yapılır. Alçı yapıldıktan sonra moldlanarak interosseöz aralık açıklığının artırılması mühimdir. Suprakondiler bölgeye ve ulnar kenara şekil verilerek teleskopik kayma önlenmeye çalışılır. Evans, tüm önkol kırıklarının önkol supinasyonda olacak şekilde tespitini savunurken Carey ise, nötral pozisyonda tutulmasını gerektiğini söylemektedir (75,78). Walker ve Rang; önkol kırıklarının çoğunun dirsek fleksiyonda iken açılanmasının doğru olduğunu savunurken instabil kırıklarda dirsek ekstansiyonda alçı yapılmasının daha güvenli olduğunu söylemişlerdir (79). Redüksiyon sonrası ilk 3 hafta, haftalık aralıklarla kontrol grafi çekilir redüksiyon kaybı varsa tekrar manipölasyon uygulanır. Redüksiyon kaybı en sık görülen erken komplikasyonlardandır ve Voto, bu oranı %7 olarak bildirmiştir (80). Çoğunlukla ilk 4 hafta içinde redüksiyon kaybı olduğundan bu haftalarda sıkı takip önerilmektedir. Voto'ya göre, kırık redüksiyonunun bozulmasını etkileyen faktörler kırık redüksiyonunun iyi yapılamaması, yeşil ağaç kırığının tamamlanmaması, kırık bölgede alçının gevşemesi, alçının iyi mold edilmemesi ve üç nokta tespitinin bozulmasıdır (80).

2.10.2. Cerrahi Tedavi

Çocuklarda, önkol kırıklarının tedavisinde genellikle konservatif yöntemlerin başarılı olması ve cerrahi uygulamaların komplikasyonlara açık olması nedeniyle, erişkin önkol kırıklarına nazaran cerrahi tedavi daha az uygulanmaktadır. Buna rağmen Cheng ve arkadaşları, çocuk önkol kırıklarının cerrahi tedavisinde artış olduğunu saptamışlardır (81). Duncan ve Weiner, bunun sebebini cerrahların agresif cerrahi mantalitesi olduğunu belirtmişlerdir (82). Cerrahi tedavi ilk planda yüzen dirsek yaralanmaları, açık kırıklar ve eşlik eden kompartman sendromu, tekrar kırık sonrası uygun dizilimin sağlanamaması ya da hasta konservatif olarak izlenirken ileri

deplasman meydana gelmesi gibi durumlarda uygulanabilir. Yeniden şekillenme kapasitesinin daha az olmasından dolayı, adölesan dönemdeki hastalar küçük çocuklara göre cerrahi tedaviden daha fazla yarar görürler (17).

Cerrahi tedavide uygulanabilecek yöntemler plak fiksasyonu, intramedüller esnek çivileme, K teli ve Steinmann çivileri ile intramedüller tespit ve eksternal fiksator uygulamalarıdır. Uygulanacak cerrahi yöntemden bağımsız olarak ameliyattan önce planlama yapmak çok önemlidir. Kırık parçalarının durumuna bakılmalı, intramedüller tespit yapılacaksa kanal çapı ölçülmeli, plak uygulanacaksa plağın boyutu çocuğa uygun şekilde seçilmelidir (44,83,84).

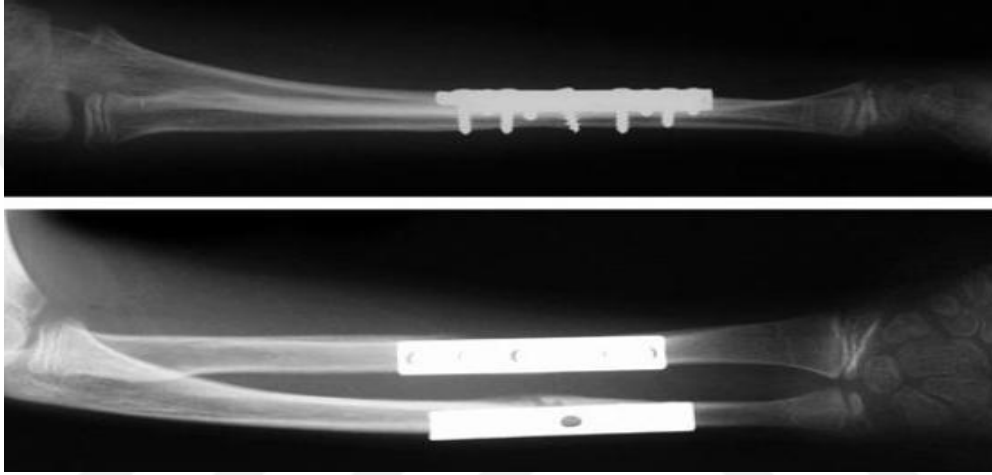
2.10.1. Eksternal Fiksator

Çocuk önkol kırıklarının tedavisinde eksternal fiksator uygulaması çok nadir durumlarda yapılır. Bu uygulama, özellikle ciddi yumuşak doku hasarı ve cilt greftlemesi ihtiyacı olan hastalarda yararlıdır (85) . DeLee, kemik kaybindan ya da kemiğin parçalanmasından kaynaklanan uzunluk kaybı olan durumlarda, enfeksiyona bağlı kaynamamalarda, radius alt ucu ilgilendiren eklem içi instabil kırıklarda, internal tespit yapılamayan yumuşak doku kayıplı açık dirsek kırıklı çıkıklarında, kırıkla beraber cilt ve ciddi yumuşak doku defekti olan yaralanmalarda eksternal fiksator uygulanabileceğini bildirmiştir (85). Ayrıca damar yaralanması olan kırıklarda, damar onarımı sonrası yapılan tamirin güvenliği için kemik, eksternal fiksatorle dengeli hale getirilebilir (85).

2.10.2. Plak Fiksasyonu

Çocuk önkol cisim kırıklarının tedavisinde plakla tespit uygulaması rotasyonel deformitelerin ve açılanmaların anatomiye daha uygun ve dengeli bir şekilde düzeltilmesini sağlarken, radial bowing restorasyonunun daha iyi olmasına olanak verir. Ayrıca kanal içi çivilemeye oranla daha iyi bir stabilite elde edildiğinden erken hareket uygulanabilir. Ancak, plak uygulaması sırasında yapıla insizyonun diğer yöntemlerdekinden daha büyük olması, daha geniş sahada çalışılması skarlaşmanın, yumuşak doku fibrozisinin ve

dolayısıyla hareket kısıtlılığının daha fazla olmasına sebep olmaktadır (14,57,83,86). Ayrıca enfeksiyon oranının fazlalığı, implant çıkarımı sonrası tekrar kırık riskinin fazla oluşu de dezavantajlarındandır (87,88). Geç dönem açılan kırıklarda, ciddi kallus gelişimi nedeniyle konservatif tedavi veya kanal içi çivileme uygulanamıyorsa plak tespiti yapılabilir (33,57,89). Ayrıca kaynamamaların, yanlış kaynamaların, ciddi parçalı cisim kırıklarının tedavisinde plak ile fiksasyon uygulanabilir (36,73,90,91,92).



Şekil 12: 1/3 semitübüler plak ile tespit sonrası ön-arka ve yan grafi.

Plakla fiksasyon yaparken dinamik kompresyon plakları (DCP) ve 1/3 semitübüler plaklar, vidalar kırık proksimal ve distalinden 6 korteks tutacak şekilde uygulanabilir (**Şekil 12**) (87,93). Kırığın her iki ucundan 4 korteks vida tutulumunun yeterli olacağını belirten görüşler de vardır ve tek kemiğin tespiti ve minimal sayıda vida kullanımı sıkça kabul edilir (57).

2.10.3. Kirschner Teli ve Steinmann Çivileri ile Kanal İçi Tespit

Çocuklarda önkol kırıklarının cerrahi tedavisinde kanal içi çivileme ilk olarak 1975'te Fleischer tarafından tarif edilmiştir (**Şekil 13**) (94). Kanal içi tespit uygularken yapılan insizyonun sınırlı olması nedeniyle, skar probleminin ve yumuşak doku diseksiyonunun az olması, dolayısıyla sonrasında eklem hareket kısıtlılığının daha az görülmesi plak fiksasyonuna göre avantajlarıdır (56,83,95,96). K teli ve Steinmann çivileriyle yapılan intramedüller tespitin sağladığı rotasyonel stabilite sorgulansa da, Ono ve

ark.'larının yaptığı çalışmalarda, intramedüller tespit sonrası rotasyonel stabilitenin 8 kat arttığını vurgulamıştır (97).



Şekil 13: K teli ile intramedüller tespit.

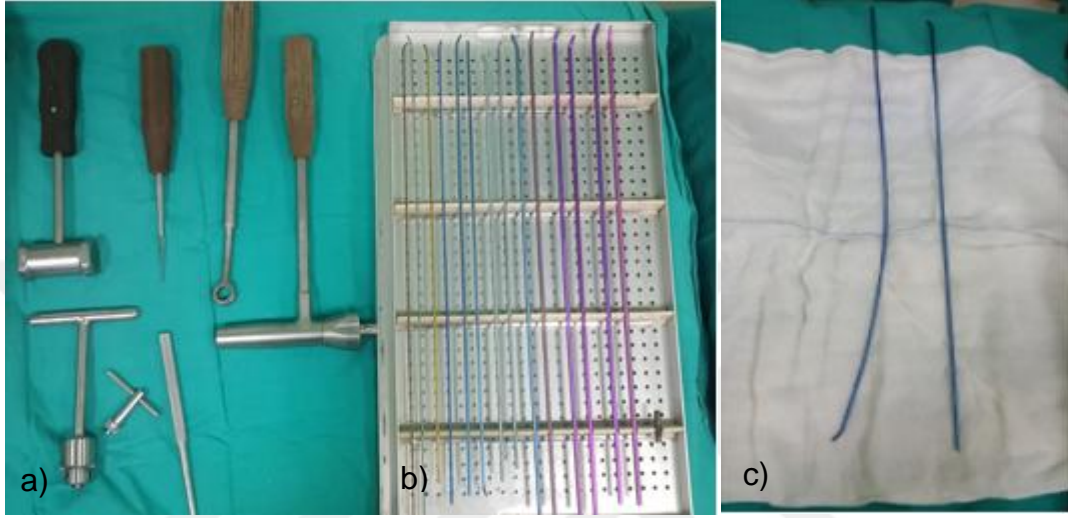
2.10.4. İntramedüller Esnek Çivileme

İlk olarak Metaizeau ve ark. tarafından 1980'lerde tanımlanan bu teknik, skopi kullanımının artmasıyla beraber daha sık uygulanmaya başlamıştır (**Şekil 14**) (98). Eğilebilen esnek rodler, kallus oluşumunu teşvik eder ve kırığın tekrar deplase olmasını engeller (98-100).



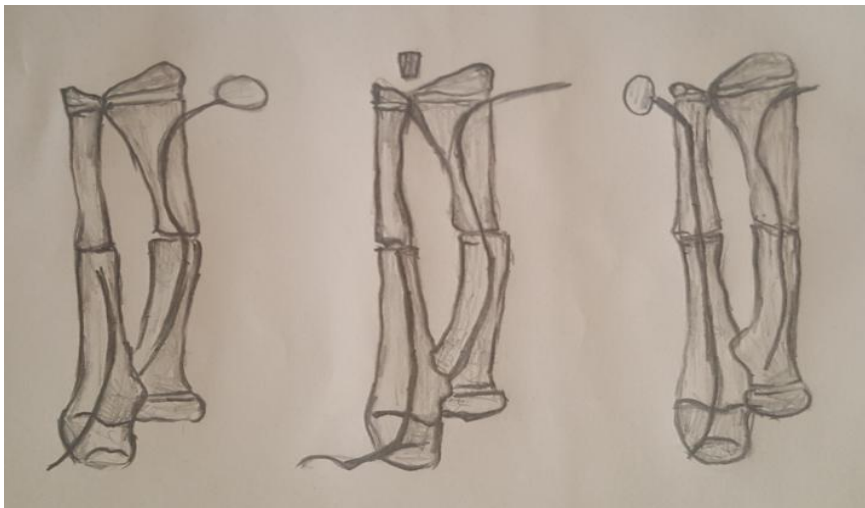
Şekil 14: TEÇ uygulama pre-postoperatif grafi.

Bu teknik uygulanırken fizis hasarlanmadan, kırık hattını tıkamayacak ve distrakte etmeyecek ancak kanalı maksimal boyutta dolduracak çapta çiviler seçilmelidir (36,67,101). Ameliyat öncesi dönemde, eğriliğin en çok olduğu yer hesaplanıp, çivilerin buna göre eğilmesi önemlidir (**Şekil 15**) (101).



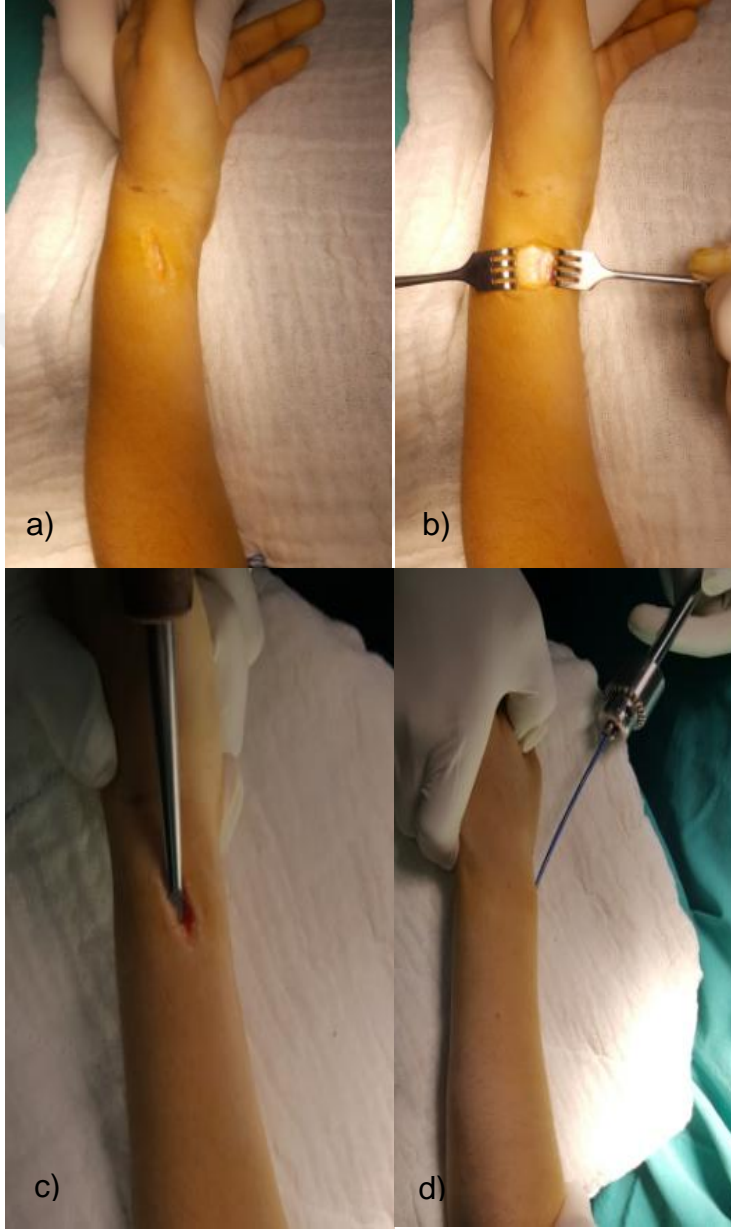
Şekil 15: a) TEÇ uygulamasında kullanılan gereçler, b) Farklı çapta çiviler, c) Çivinin uygun biçimde eğilmesi.

Çiviler genellikle radiusa distalden, ulnayaysa proksimalden gönderilirken her ikisine de distalden gönderilebilir (**Şekil 16**).



Şekil 16: Çivilerin radiusa distalden, ulnaya proksimal ya da distalden gönderilmesi.

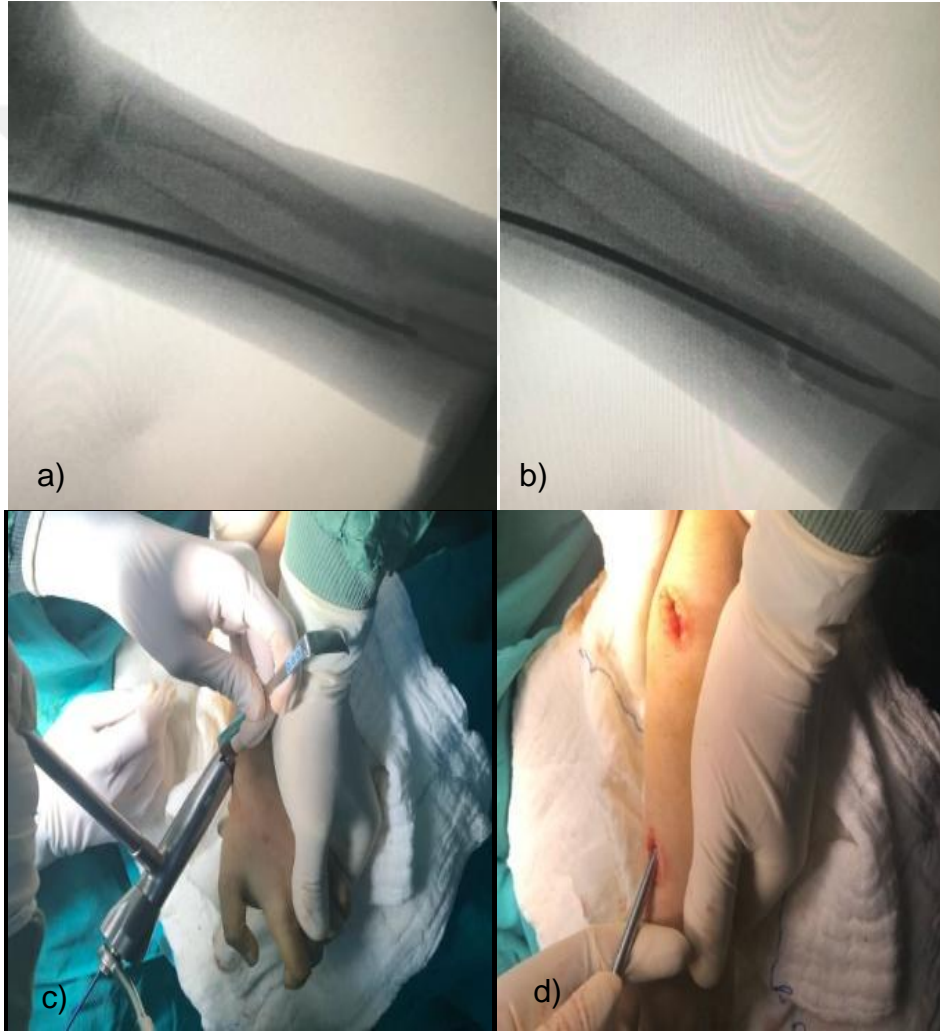
Radiusun tespiti için el bileği seviyesinde radial taraftan sınırlı kesi yapılır. Daha sonra periost sıyrılarak fizise zarar vermeden oyucu yardımıyla ilk giriş yapılır ve eğim verilmiş olan çivi T tutucu yardımıyla medullaya gönderilir (**Şekil 17**) (12).



Şekil 17: a) Sınırlı cilt kesisi, b) Periostun sıyrılması, c) Awl ile ilk girişin yapılması, d) T tutucu ile telin ilerletilmesi.

Daha sonra çivi kırık hattına kadar ilerletilir ve redüksiyonu takiben skopi yardımıyla proksimal parça içine gönderilir (**Şekil 18**). Daha sonra çivinin

dışarıda kalan kısmı kesilir ve nokta çakıcı ile dışarıda kalan kısım bir miktar daha kemiğin içine çakılır (**Şekil 18**) (12). Ulnanın tespiti için çivi distalden gönderilecekse el bileği seviyesinde ulnar taraftan, proksimalden gönderilecekse olecranon tipinin distalinden ve lateralinden sınırlı kesi yapılır ve sırasıyla radius tespitinde uygulanan işlemler tekrarlanır (**Şekil 19**). Çiviler gönderilirken epifizler ve periferik sinirlerin dorsal duyu dalları korunmalıdır (12).



Şekil 18: a) Çivinin kırık hattına kadar gönderilmesi, b) Redüksiyon sonrası çivinin proksimale ilerletilmesi, c) Çivinin kesilmesi, d) Dışarıda kalan kısmın nokta çakıcı ile kemiğin içine gönderilmesi.

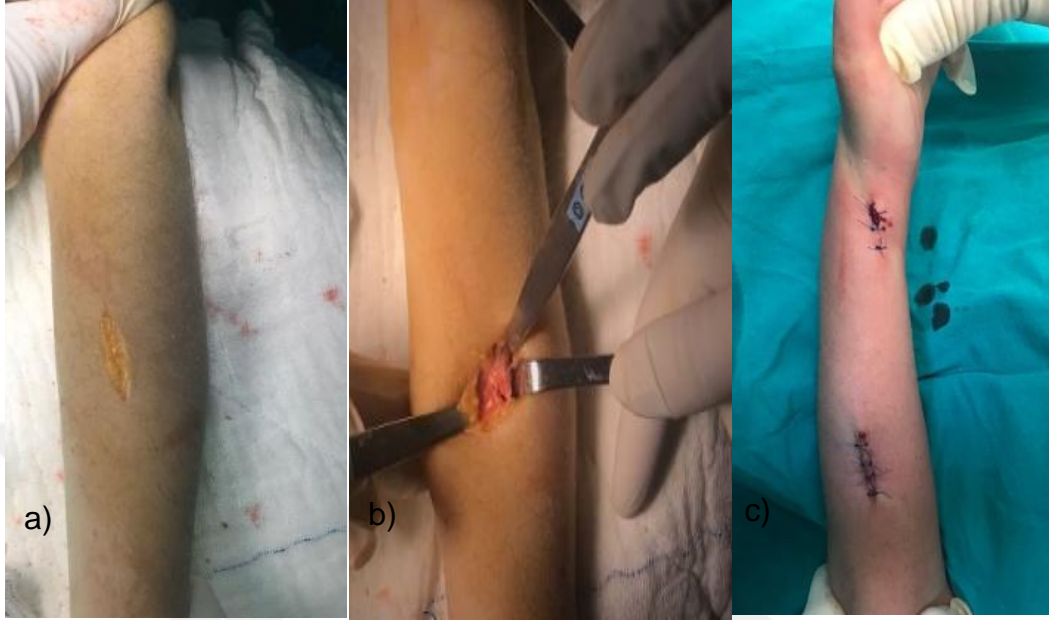


Şekil 19: a) Ulna için proksimal sınırlı kesi, b) Awl ile ilk girişin yapılması, c) Çivinin kesilmesi d) Skopi kontrolü.

Operasyon sırasında kapalı redükte olmayan kırıklarda ya da geç opere edilen hastalarda oluşan kallus dokusu nedeniyle çivi ilerletilemiyorsa açık veya sınırlı açık cerrahiye geçilebilir (**Şekil 20**) (102). Çivilerin uçları cilt altında ya da üzerinde bırakılabilir ancak Shoemaker, çivilerin dışarda bırakılıp 4. haftada çekildiği hastalarda redüksiyon kaybıyla ve derin doku enfeksiyonuyla karşılaşmış olup, özellikle açık kırıklarda tellerin cilt altında bırakılmasını önermektedir (12,101). Tellerin erken çıkarıldığı olgularda refraktürlerin sıklığının artışı, bazı otoriteleri telleri 1 yıldan önce çıkarmamaya itmiştir (101).

Çocuk önkol kırıklarının tedavisinde intramedüller tespit uygulamalarının sıklığı artsa da, bazı risklerinin olduğu akıldan çıkarılmamalıdır. Cullen ve arkadaşları, yaptıkları bir çalışmada enfeksiyon, implantın yer değiştirmesi ve dışarı çıkması, kırık deplasmanı, tekrar operasyon gerekliliği, sinostoz, sinir

hasarı, hareket kısıtlılığı, geç kaynama ve kas interpozisyonu gibi komplikasyonlarla karşılaşmışlardır (95).



Şekil 20: a) Kırık hattının sınırlı kesiyle açılması, b) Kırığın açık redüksiyonu, c) Cildin kapatılması.

2.11. Komplikasyonlar

2.11.1 Tekrar Deplase Olma ve Malalignment

Çocuk önkol cisim kırıklarının tedavisinde, tekrar deplasman görülme oranı %10-25 arasındadır (32,103-106). Erken komplikasyonların çoğu, kırık redüksiyonunun bozulması sebebiyle olur. Redüksiyon kaybının başlıca sebebi, alçılamanın uygun şekilde yapılmamasıdır (77,106). Ayrıca kırığın üst 1/3 seviyede olması, hastaların kontrole düzenli gelmemesi, ilk redüksiyonun yeterli kalitede olmaması, redüksiyonun kaybına sebep olan diğer faktörlerdendir (16,34,103,107). Redüksiyon kaybı olan bir hastada, tedavi için yeniden şekillenmeye güvenerek bekleme (108), kama çıkarımı (55,109,110), yeniden redüksiyon uygulayıp alçılama (32,106) gibi konservatif yöntemler uygulanabilirken; pinleme ve alçılama (82,106,111), açık redüksiyon ve internal tespit (57) gibi cerrahi yöntemler de denenebilir.

2.11.2. Tekrardan Kırılma (Refraktür)

Çocuk önkol kırıklarında tekrardan kırılma oran %5 civarındadır (10,35,112). Ayrıca çocuk kırıklarının tamamı göz önüne alındığında da, tekrar kırılma en sık önkolda olmaktadır (113). Yaklaşık olarak ilk kırıktan 6 ay sonra ortaya çıktıkları, erkeklerde 3 kat fazla görüldükleri ve yaşla beraber görülme oranının arttığı Tredwell tarafından ortaya konmuştur (114). Yaş ağaç kırıklarından ve açık kırıklardan sonra görülme oranı daha yüksektir (**Şekil 21**) (33,115). Genellikle, eski kırık hattından oluşur (116). Alçının erken çıkarılması, yetersiz redüksiyon, alçılama tekniğinin kötü olması, lokal perfüzyonun azalması, konsolidasyonun az olması gibi nedenler etiolojide gösterilebilir. Cerrahi tedavi sonrasında implantlar çıkarıldıktan sonra, erken çıkarma ya da çıkarım sonrası yeterli koruma sağlayamama sebebiyle tekrar kırılma sıklığı artmaktadır (117-121). Bu sebepten yeterli iyileşme görülmeden implant çıkarımı yapılmamalı ve implantlar çıkarıldıktan sonra yeterli koruma sağlanmalıdır. Yeniden kırılmanın tedavisinde konservatif olarak tekrar redüksiyon ve alçılama, cerrahi olarak açık redüksiyon ve plak vida tespiti önerilmektedir (10,16,35,115,122).



Şekil 21: Yaş ağaç kırığı sonrası oluşan refraktür.

2.11.3. Önkol Hareketinde Sertlik

Tedavide, başlıca uzun dönem komplikasyondur ve pronasyon kaybı, supinasyon kaybına nazaran daha sık görülür (35,108). Radyolojik tetkiklerin sonuçlarının mükemmel olduğu durumlarda dahi hareket kısıtlılığının görülebilmesi, bu durumun yalnızca kemikle alakalı olmadığını, yumuşak doku komponentini de içerdiğini gösterir (10,17). Hareket kısıtlılığı, hem cerrahi, hem konservatif tedaviler sonrasında görülebilir. Günlük işleri aksatmayacak düzeydeki minimal kısıtlılıklar önem arz etmezken; özellikle de günlük işleyişi etkileyecek düzeyde supinasyonda bir kısıtlılık olması cerrahi tedaviyi gerektirir (78,123-125). Konservatif olarak tedavi edilen hastalarda, cerrahi tedavi sonuçlarından daha iyi sonuçlar bildirir çalışmalar bulunmamaktadır. Cerrahi olarak uygulanacak yöntemler plak vida tespiti, rush pinleme ve TEÇ uygulamasıdır (56,71,126-128).

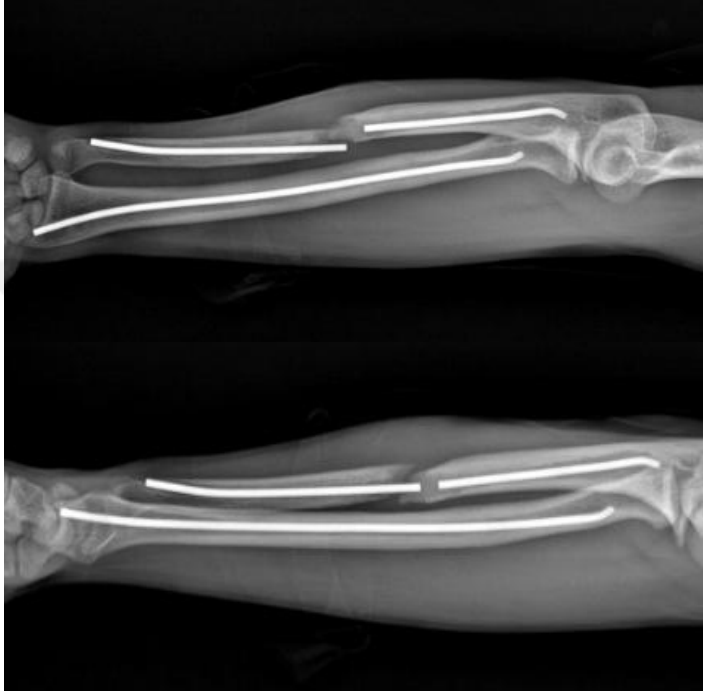
2.11.4. Yanlış Kaynama (Malunion)

Çocuklarda yanlış kaynamayı değerlendirirken, yeniden şekillenme kapasitesi ve yanlış kaynama seviyesi dikkate alınmalıdır. Bunun nedeni malredüksiyonun sonuçları, yeniden şekillenme kapasitesi ve seviyeye göre değişir (38,129). Çocuk önkol kırıkları kozmetik deformiteye ve hareket kısıtlılığına sebep olabilir ancak çoğunda ciddi hareket kaybı izlenmez (7,55,125). Kırık sonrası 4 hafta içinde gelişen açılanmalar anestezi altında kapalı ya da minimal invaziv olarak osteoklazi uygulanarak düzeltilebilir (130). Bu yöntemle kırık alçı içinde yeterli olarak tespit edilemiyorsa açık redüksiyon ve plak tespitine geçilmelidir. Osteotomi uygulaması nadiren gerekmedir (90,131). Osteotomi uygulanacaksa, acele edilmemeli, yeniden şekillenme kapasitesinden faydalanılmaya çalışılmalıdır.

2.11.5. Kaynama Gecikmesi ve Kaynamama (Nonunion)

Gecikmiş kaynama, kırık oluştuktan sonra 12 hafta geçmesine rağmen, radyolojik olarak 1. aydaki iyileşme bulgularının olmaması, tam iyileşmenin (4 korteks kallus oluşumu) eksik olması olarak tanımlanabilir (53). Kaynamama ise kırık oluştuktan 6 ay sonra hala tam kemik kaynamasının olmayışıdır (**Şekil 22**). Nadiren görülmesinin yanı sıra, kapalı kırıklardan

sonra ortaya çıkabilse de genellikle segmenter kırıklardan ya da ezici yaralanmalar sonrası oluşan yumuşak doku kayıplı açık kırıklardan sonra görülme sıklığı artar (92,32,33). Nörofibromatozis gibi nadir durumlarda da görülür (134-137). Genellikle tedavide kemik greftiyle ya da kemik grefti olmadan kompresyon plağıyla tespit uygulanmaktadır (138).



Şekil 22: Ulnar kaynamama.

2.11.6. Sinostoz

Çocuklarda önkol kırıkları sonrasında görülme sıklığı az olan ciddi bir komplikasyondur (139). Her iki kemikte de tek kaynama dokusu oluşumu supinasyon ve pronasyona imkan vermez. Genellikle radius boyun kırığı, cerrahi tedavi, yüksek enerjili travma, kafa travması risk artıran durumlardır (95,140,141).

Sinostozun 3 tipinden biri olan tip 1 sinostozda önkoldaki tutulum 1/3 distal intraartiküler seviyede, tip 2 sinostozda 1/3 distal nonartiküler veya 1/3 orta diafiz seviyede, tip 3 sinostozdaysa 1/3 proksimal seviyede olmaktadır. En sık tip 2 sinostoz görülmektedir (139).

Tedavide kemikler arası ektopik doku eksize edilir. Eksizyon yapılmadan önce travma sonrası geçen sürenin en az bir yıl olması

gerekmektedir. Çocuklarda sinostozun cerrahi tedavi sonuçları kötüdür ve nüks sıklığı artmıştır. İskelet gelişimi tamamlandıktan sonra cerrahi tedavi uygulamak, fonksiyonel kayıplara sebebiyet vermektedir (45,47,48,85).

2.11.7. Enfeksiyon

Enfeksiyon, hemen sadece açık kırıklar ve cerrahi tedavi sonrası görülmektedir. Çocukluk çağındaki açık kırıklardan sonra enfeksiyon görülme sıklığı %0-33 arasındadır (10,11,13,15,33,57,69,95,142). Tip 1 açık kırıklardan sonra dahi toprak teması olan hastalarda osteomyelit, gazlı gangren ve üst ekstremitte amputasyonu bildirilmiştir (32,55,143,144). Bundan dolayı açık kırık tedavi prensiplerine uyulmalıdır. Erken dönem debritleme, uygun dozda antibiyotik kullanımı ve tetanoz profilaksisi dikkat edilmesi gereken noktalar. Plak fiksasyonu sonrası %5 vakada osteomyelit bildirilmiştir (86,93,145). Bu şekilde oluşan bir derin enfeksiyonun tedavisi yoğun ek cerrahi gerektirmektedir. Rush pinleme, K teli ile kanal içi çivileme sonrasında da derin ve yüzeysel enfeksiyonlar bildirilmiştir (23,146). Enfeksiyon yüzeysel pinlerin çekilmesi ve antibiyotik tedavisi gerekmektedir.

2.11.8. Nöropraksi

Önkol kırıklarından sonra önkoldaki 3 periferik sinir de yaralanabilir (95). En sık yaralanma median sinirde olmaktadır (32,33,142). Sinirlerin, kapalı ya da açık redüksiyon sırasında kırık hattında sıkışması ve perfore olması, yumuşak doku fibrozisi veya kaynama dokusu arasında kalması buna sebep olabilirken, büyük çoğunluğu sinirin gerilmesine bağlıdır ve haftalar içinde spontan olarak iyileşirler (147-152). Eğer beklenen zamanda iyileşme görülmezse, sinir eksplorasyonu ve dekompresyonu, gereğinde sinir tamiri uygulanmalıdır.

2.11.9. Kas ve Tendon Sıkışması

Çoğu önkol kırığında, kırık parçalar arasına kas dokusu sıkışabilir ancak genellikle redüksiyon sırasında çoğu serbestleşir (23,153). Serbestleşmediği takdirde bu yapılar redüksiyona engel olurlar (153). Fleksör digitorum profundus ve superficialis, fleksör pollicis longus en sık sıkışan

kaslardır (154). İntramedüller çivileme sonrasında da ekstensör tendon yaralanmaları bildirilmiştir (97,101,155). Bunu engellemek için pin uçları, subkutan dokuya, cildin dışına ya da kemiğin içine gömülmelidir (95,96).

2.11.10. Kompartman Sendromu

Kapalı çocuk önkol kırıklarından sonra çok nadir gözükten kompartman sendromu, yıkıcı sonuçlar doğurabildiğinden şüphelenme sınırı yüksek tutulmalıdır (156). Redüksiyonu zor olan kırıklar, açık kırıklar ve uzamış cerrahi uygulanan hastalarda sıklığı artmıştır (157). Yüzen dirsek olan durumlarda da daha sık görülür (158). Şiddetli ağrı olması, aktif parmak hareketlerinin olmaması, pasif parmak gerimiyle ağrı olması durumlarında şüphelenilmelidir. Klasik bulguları; ağrı (en sık), solukluk, hissizlik, felç ve nabızsızlıktır. Klinik bulgularla beraber kompartman içi basınçlar ölçülerek tanı doğrulanır (47,159). Kompartman sendromunun tedavisi fasyotomidir. Fasyotomi yaparken, önkolda bulunan tüm kompartmanların (derin ve yüzeysel volar kompartman, dorsal kompartman, mobil demet) gevşetildiğinden emin olunmalıdır.

2.11.11. Kompleks Bölgesel Ağrı Sendromu

Kompleks bölgesel ağrı sendromları, çocuklarda önkol kırıklarından sonra nadir görülür (86). Minör travmalar sonrası görülme sıklığı artmıştır (160,161). Cilde hafif bir dokunuş sonrası ciddi ağrı olması, şişlik ve vazomotor semptomlar klinik bulgulardır (162). Tedavisi, desensitizasyon ve normal eklem hareket açıklığının sağlanması için erken dönemde fizik tedavi uygulamalarıdır (160,161).

3.HASTALAR VE YÖNTEM

Bu tez çalışması için İzmir Tepecik Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Etik Kurulu'ndan 03.05.2017 tarih, 4 sayılı ve 9 karar numaralı etik kurul onayı alındı. İzmir Tepecik Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde 2012 yılı Ocak ve 2016 yılı Aralık ayları arasında önkol çift kırığı tanısıyla ameliyat edilen hastalar hastanenin dijital arşivinden geriye yönelik olarak tarandı. Toplamda 69 hastaya ulaşıldı. 9-15 yaş arasında, önkol çift kırığı nedeniyle (metafizler kırıklar hariç) açık veya kapalı yöntemle redüksiyon sonrası radius ve ulnaya titanyum elastik çiviyle intramedüller tespit uygulanmış, en az 12 ay takipli, düzenli poliklinik izlemi olan, ameliyat öncesi nörovasküler patolojisi olmayan ve son muayene kontrolüne gelen 40 hasta çalışmaya dâhil edildi. 9 yaş altı ve 15 yaş üstü, plak vida veya Kirschner teli ile tespit uygulanmış, radius veya ulnadan herhangi birine tespit uygulanmamış, aynı üst ekstremitede başka kemikte ek yaralanması olan, dirsek ve el bilek eklemine içeren yaralanması olan, açık kırığı olan, çoklu kırığı veya çoklu yaralanması olan, 12 aydan daha kısa süre takipli, düzenli kontrole gelmeyen ve son muayene kontrolüne gelmemiş olan 29 hasta çalışmadan çıkarıldı. Çalışmaya alınan hastaların 38'i erkek, 2'si kızdı. Çalışmaya dâhil edilen hastalar redüksiyon yönteminin açık ve kapalı olmasına göre 2 ana gruba ayrıldı. İki kemikten herhangi birine açık redüksiyon uygulanmış ise diğer kemiğe kapalı redüksiyon uygulanmış olsa bile bu hastalar açık redüksiyon yapılan gruba dâhil edildi. Açık redüksiyon ve intramedüller titanyum elastik çivi (TEÇ) uygulanan hastaların ortalama yaşı $140,3 \pm 22,0$ (108-170) ay iken, kapalı redüksiyon ve intramedüller TEÇ uygulanan hastalarınki $147,0 \pm 9,4$ (135-159) aydı.

Hastaların hepsine acil serviste veya çocuk ortopedi polikliniğinde el bilek ve dirsek eklemine içine alacak şekilde önkol iki yönlü grafi çekildi. Hastaların 23'üne acil servis ve poliklinik şartlarında öncelikle kapalı redüksiyon ve uzun kol alçı tespiti uygulanırken, 17'sine hastaların yaşı, kırığın kayma miktarı ve tekrarlayan kırık oluşma riski nedeniyle redüksiyon denenmeden uzun kol alçı ateli uygulandı. Kapalı redüksiyonda başarılı

olunamayan 13 hasta ve redüksiyon denenmeyen 17 hasta aynı gün, poliklinik takiplerinde redüksiyon kaybı saptanan 10 hasta, redüksiyon kaybı saptandığı gün ortopedi servisine yatırıldı. Hastalar, ameliyat öncesi anestezi konsültasyonu sonrası elektif şartlarda ameliyata alındı. Hastalara intratrakeal genel anestezi altında skopi kontrolünde kapalı redüksiyon denendi ve başarılı olunan 12 hastaya kapalı redüksiyon sonrası intramedüller TEÇ ile tespit uygulandı. Kapalı redüksiyonda başarılı olunamayan 28 hastada kırık hattı sınırlı olarak açılarak redüksiyon sağlandı ve sonrasında intramedüller elastik çivileme ile tespit uygulandı. Bu hastaların 8'inde radiusa açık ulnaya kapalı, 6'sında ulnaya açık radiusa kapalı, 14'ünde her ikisine de açık redüksiyon yapıldı. Tüm hastalara ameliyat sonrası uzun kol alçı atel tespiti uygulandı.

Hastalar ameliyat sonrası antibiyotik profilaksisi, dolaşım ve erken cilt sorunları açısından hastanede takip edildikten sonra taburcu edildi. Tüm hastalar postoperatif 7. ve 14. gün klinik ve radyolojik değerlendirmeleri yapılmak üzere poliklinik kontrolüne çağırıldı. Hastaların 2. haftada sütürleri alındı, kaynama tamamlanınca atelleri çıkarıldı. Kaynama, radius veya ulnadan herhangi birinde iki planda üç kortekste kallus dokusu oluşumu, kırık hattında patolojik hareket ve hassasiyet olmayışı olarak tanımlandı. Açık redüksiyon uygulanan hastalarda ortalama kaynama süresi $5,4 \pm 1,0$ (4-7) hafta, kapalı redüksiyon uygulananlarda $5,0 \pm 0,7$ (4-6) haftaydı. Kaynama sonrası hasta ve yakınlarına önkol rotasyon, dirsek ve el bilek hareket egzersizleri anlatıldı. Hastalar, fonksiyonel ve radyolojik değerlendirme için üçüncü, altıncı, dokuzuncu ve on ikinci ay sonlarında kontrole çağırıldı. Açık redüksiyon uygulanan hastalarda ortalama takip süresi $27,6 \pm 13,4$ (12-52) ay, kapalı redüksiyon uygulananlarda $26,0 \pm 13,6$ (13-46) aydı.

Hastaların hastane dijital arşivi üzerinden yaşı, preoperatif bekleme süresi, postoperatif yatış süresi, kaynama süresi, izlem süresi, redüksiyon öncesi, redüksiyon sonrası, erken postoperatif, son kontrol radius ve ulna açılanma miktarı, cinsiyeti, kırık tarafı, radius ve ulna kırık seviyesi, preoperatif manipülasyon sayısı, ulna çivi giriş yeri, komplikasyonu olup olmadığı geriye yönelik olarak belirlendi. Çalışmaya alınan hastalar, aranarak

son kontrole çağırıldı. El bilek, dirsek eklem hareket açıklıkları, önkol rotasyon miktarları gonyometre ile ölçüldü ve sağlam ekstremiteler ile karşılaştırılarak eklem hareket kısıtlılığı olup olmadığına bakıldı. Manuel olarak güç kaybı, deformasyon ve atrofi varlığına sağlam ekstremiteler ile karşılaştırmalı olarak bakıldı. Aktivite durumuna göre ağrı şikâyeti sorgulandı. Elde edilen fonksiyonel sonuçlar Price fonksiyonel sonuç kriterlerine göre değerlendirildi (**Tablo 5**) (10). Açık ve kapalı redüksiyon sonrası TEÇ ile intramedüller tespit uygulanan hastalar, bu veriler ışığında karşılaştırmalı olarak radyolojik ve fonksiyonel açıdan değerlendirildi.

Tablo 5: Price'a göre fonksiyonel sonuç kriterleri.

Ağrı	Önkol Rotasyon Kaybı	Fonksiyonel Sonuç
Zorlu aktiviteyle ağrı yok	< 10°	Çok iyi
Zorlu aktiviteyle hafif ağrı	11-30°	İyi
Günlük aktivitelerle hafif ağrı	30-90°	Orta
	90° <	Kötü

Elde edilen veriler istatistiksel olarak SPSS versiyon 21 kullanılarak değerlendirildi. Kategorik verilerin karşılaştırılmasında Ki-Kare testi, sürekli verilerin karşılaştırılmasında ise gruplar arası dağılımda anlamlı fark olmasından dolayı Mann Whitney U testi kullanıldı. $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4.BULGULAR

İzmir Tepecik Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde 2012 yılı Ocak ve 2016 yılı Aralık ayları arasında önkol çift kırığı tanısı ile titanyum elastik çivi ile intramedüller tespit uygulanarak tedavi edilen 9-15 yaş arasındaki 40 hasta çalışmaya dâhil edildi. Bu hastaların 12'sine radius ve ulnaya kapalı redüksiyon uygulaması sonrası, 28'ine radius veya ulnadan herhangi birine açık redüksiyon uygulaması sonrası TEÇ ile intramedüller tespit uygulandı. Açık redüksiyon uygulanan hastaların 8 (%28,6)'inde radius açık ulna kapalı, 6 (%21,4)'sında ulna açık radius kapalı, 14 (%50)'ünde her ikisi de açık olarak redükte edildi.

Açık redüksiyon uygulanan hastalarda preoperatif bekleme süresi ortalama $6,9 \pm 4,7$ (0-15) gün, kapalı redüksiyon uygulanan hastalarda ise ortalama $3,8 \pm 2,6$ (0-7) gün idi ($p:0,213$). Açık redüksiyon uygulanan hastaların postoperatif yatış süresinin ortalama $2,9 \pm 1,4$ (1-5) gün, kapalı redüksiyon uygulanan hastalarinkinin ise ortalama $2,2 \pm 1,6$ (1-5) gün olduğu görüldü ve bu fark iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p:0,031$) (Tablo 6).

Kaynama sürelerine bakıldığı zaman açık redüksiyon uygulanan hastalarda ortalama kırık kaynama süresinin $5,4 \pm 1,0$ (4-7) hafta, kapalı redüksiyon uygulanan hastalarda ise ortalama $5,0 \pm 0,7$ (4-6) hafta olduğu görüldü ($p:0,512$) (Tablo 6).

Açık redüksiyon uygulanan hastaların radius kırık seviyesine bakıldığında 12'sinin proksimal 1/3'te, 14'ünün orta 1/3'te, 2'sinin distal 1/3'te, ulna kırık seviyesine bakıldığı zaman 2'sinin proksimal 1/3'te, 20'sinin orta 1/3'te, 6'sının distal 1/3'te olduğu görüldü. Kapalı redüksiyon uygulanan hastaların radius kırık seviyelerine bakıldığında 5'inin proksimal 1/3'te, 4'ünün orta 1/3'te, 3'ünün distal 1/3'te; ulna kırık seviyelerine bakıldığı zaman 1'inin proksimal 1/3'te, 6'sının orta 1/3'te, 5'inin distal 1/3'te olduğu görüldü (radius için $p:0,260$; ulna için $p:0,390$) (Tablo 7).

Açık redüksiyon uygulanan hastalarda Price skorunun 21 hastada çok iyi, 6 hastada iyi, 1 hastada orta, kapalı redüksiyon uygulanan hastaların 11'inde çok iyi ve 1'inde iyi olduğu görüldü (p:0,460) (**Tablo 8**). Radius ve ulna kırık seviyelerine ve ulnadaki çivinin giriş yerine göre Price skorları **Tablo 12**'de verilmiştir.

Hastaların komplikasyon oranlarına bakıldığında açık redüksiyon uygulanan hastaların 2'sinde posterior interosseöz sinir arazı, 2'sinde ulnar sinir arazı ve 1'inde ulnar kaynamama olmak üzere toplam 5'inde komplikasyon geliştiği, kapalı redüksiyon uygulanan hastaların 1'inde komplikasyon olarak anterior interosseöz sinir arazı geliştiği görüldü (p:0,440) (**Tablo 7**). Komplike gelişen hastaların kırık seviyesinin 3 hastada radius proksimal 1/3'te, 2 hastada radius orta 1/3'te, 1 hastada radius distal 1/3'te, 5 hastada ulna orta 1/3'te, 1 hastada ulna distal 1/3'te olduğu görüldü (radius için p:0,810; ulna için p:0,550). Komplike gelişen hastaların 6'sında ulna çivi giriş yerinin distalde olduğu görüldü (p:0,150) (**Tablo 13**).

Açık redüksiyon ve kapalı redüksiyon sonrası intramedüller elastik çivileme uygulanan hastalar yaşa, preoperatif bekleme süresine, kaynama süresine, izlem süresine, redüksiyon öncesi, redüksiyon sonrası, erken postoperatif, son kontrol radius ve ulna açılanma miktarına göre değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. Buna karşılık hastalar postoperatif yatış süresine göre değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı sonuca ulaşıldı (**p:0,031**) (**Tablo 6**).

Tablo 6: Çalışmaya alınan hastaların redüksiyon tipine göre yaş, preoperatif bekleme süresi, postoperatif yatış süresi, kaynama süresi, izlem süresi, redüksiyon öncesi, redüksiyon sonrası, erken postoperatif, son kontrol radius ve ulna açılanma miktarı ortalamaları.

	AREÇ (Ort ± StD (Min-Max))	KREÇ (Ort ± StD (Min-Max))	p değeri
Yaş (ay)	140,3 ±22,0 (108-170)	147,0 ±9,4 (135-159)	0,590
RÖ-R AP-A (°)	12,1 ±9,2 (0-32)	12,6 ±6,1 (5-18)	0,760
RÖ-R Y-A (°)	22,0 ±14,2 (8-60)	16,4 ±6,3 (9-25)	0,850

Tablo 6 (Devam): Çalışmaya alınan hastaların redüksiyon tipine göre yaş, preoperatif bekleme süresi, postoperatif yatış süresi, kaynama süresi, izlem süresi, redüksiyon öncesi, redüksiyon sonrası, erken postoperatif, son kontrol radius ve ulna açılanma miktarı ortalamaları.

RÖ-R T(%)	70,9 ±39,0 (0-100)	85,4 ±17,1 (60-100)	0,988
RÖ-U AP-A (°)	9,3 ±6,7 (0-25)	9,0 ±5,0 (3-17)	0,694
RÖ-U Y-A (°)	19,0 ±12,3 (4-40)	14,2 ±6,8 (7-25)	0,942
RÖ-U T(%)	41,1 ±42,3 (0-100)	62,0 ±52,2 (0-100)	0,172
RS-R AP-A (°)	8,1 ±3,6 (3-15)	7,8 ±6,9 (0-19)	0,801
RS-R Y-A (°)	8,2 ±5,3 (3-23)	37,6 ±40,0 (0-80)	0,290
RS-R T (%)	77,4 ±31,0 (10-100)	73,0 ±24,9 (50-100)	0,940
RS-U AP-A (°)	13,4 ±18,7 (0-80)	6,6 ±4,4 (0-11)	0,587
RS-U Y-A (°)	11,7 ±12,2 (0-50)	7,8 ±5,4 (3-15)	0,745
RS-U T (%)	43,6 ±34,6 (0-100)	18,6 ±19,7 (0-50)	0,150
PBS (gün)	6,9 ±4,7 (0-15)	3,8 ±2,6 (0-7)	0,213
EP-R AP-A (°)	0,5 ±1,4 (0-5)	1,2 ±2,7 (0-6)	0,652
EP-R Y-A (°)	1,6 ±3,2 (0-10)	1,4 ±1,9 (0-4)	0,716
EP-R T (%)	4,2 ±6,0 (0-20)	7,0 ±9,7 (0-20)	0,716
EP-U AP-A (°)	0,7 ±2,1 (0-8)	-	0,738
EP-U Y-A (°)	1,6 ±3,0 (0-10)	1,6 ±2,3 (0-5)	0,965
EP-U T (%)	6,2 ±9,1 (0-31)	-	0,439
PYS (gün)	2,9 ±1,4 (1-5)	2,2 ±1,6 (1-5)	0,031
KS (hafta)	5,4 ±1,0 (4-7)	5,0 ±0,7 (4-6)	0,512
SK-R AP-A (°)	0,8 ±1,7 (0-5)	-	0,493
SK-R Y-A (°)	0,2 ±0,7 (0-3)	-	0,805
SK-U AP-A (°)	-	-	0,873
SK-U Y-A (°)	0,2 ±1,0 (0-4)	1,2 ±2,7 (0-6)	0,610
İS (ay)	27,6 ±13,4 (12-52)	26,0 ±13,6 (13-46)	0,965

RÖ-R: Redüksiyon öncesi-Radius, RÖ-U: Redüksiyon öncesi-Ulna, RS-R: Redüksiyon sonrası-Radius, RS-U: Redüksiyon sonrası-Ulna, EP-R: Erken postoperatif-Radius, EP-U: Erken postoperatif-Ulna, SK-R: Son kontrol-Radius SK-U: Son kontrol-Ulna, AP-A: AP açılanma, Y-A: Yan açılanma, T: Translasyon, PBS: Preoperatif bekleme süresi PYS: Postoperatif yatış süresi, KS: Kaynama süresi, İS: İzlem süresi, AREÇ: Açık redüksiyon elastik çivileme, KREÇ: Kapalı redüksiyon elastik çivileme, Ort: Ortalama, StD: Standart sapma, Min: Minimum, Max: Maximum

Tablo 7: Çalışmaya alınan hastaların redüksiyon tipine göre cinsiyet, kırık taraf, radius ve ulna kırık seviyesi, preoperatif manipülasyon sayısı, ulna çivi giriş yeri, komplikasyon sayısı dağılımları.

	AREÇ (n/n)	KREÇ (n/n)	p değeri
Cinsiyet (Kız/Erkek)	2/26	0/12	0,480
Taraf (Sağ/Sol)	15/13	9/3	0,180
KS-R (P/O/D)	12/14/2	5/4/3	0,260
KS-U (P/O/D)	2/20/6	1/6/5	0,390
PMS (0/1/2)	10/13/5	7/5/0	0,200
UÇGY (PM/DM)	7/21	2/10	0,440
Komplikasyon (Var/Yok)	5/23	1/11	0,440

AREÇ: Açık redüksiyon elastik çivileme, KREÇ: Kapalı redüksiyon elastik çivileme, KS-R: Kırık seviyesi-Radius, KS-U: Kırık seviyesi-Ulna, P: Proksimal 1/3, O: Orta 1/3, D: Distal 1/3, PMS: Preoperatif manipülasyon sayısı, UÇGY: Ulna çivi giriş yeri, PM: Proksimal metafiz, DM: Distal metafiz.

Açık redüksiyon ve kapalı redüksiyon sonrası intramedüller elastik çivileme uygulanan hastalar cinsiyete, kırık tarafa, radius ve ulna kırık seviyesine, preoperatif manipülasyon sayısına, ulna çivi giriş yerine ve komplikasyon miktarına göre değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (**Tablo 7**).

Açık redüksiyon ve kapalı redüksiyon sonrası intramedüller elastik çivileme uygulanan hastalar Price skoruna göre değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (**Tablo 8**).

Tablo 8: Çalışmaya alınan hastaların redüksiyon tipine göre Price skoru dağılımları (p:0,460).

Price skoru	AREÇ (n)	KREÇ (n)	TOPLAM (n)
Çok İyi	21	11	32
İyi	6	1	7
Orta	1	0	1
Kötü	0	0	0
TOPLAM	28	12	40

AREÇ: Açık redüksiyon elastik çivileme, KREÇ: Kapalı redüksiyon elastik çivileme

Tablo 9: Çalışmaya alınan hastaların radius redüksiyon tipine göre redüksiyon öncesi deplasman miktarı ortalamaları.

	R-AREÇ (Ort ± StD (Min-Max))	R-KREÇ (Ort ± StD (Min-Max))	p değeri
RÖ AP-A (°)	9,8 ±7,6 (0-32)	13,8 ±10,1 (0-33)	0,274
RÖ Y-A (°)	14,8 ±7,3 (0-28)	24,4 ±21,0 (5-80)	0,381
RÖ T (%)	77,3 ±37,3 (0-100)	68,7 ±33,3 (10-100)	0,125

RÖ: Redüksiyon öncesi, AP-A: AP açılanma, Y-A: Yan açılanma, T: Translasyon, R-AREÇ: Radius açık redüksiyon elastik çivileme, R-KREÇ: Radius kapalı redüksiyon elastik çivileme, Ort: Ortalama, StD: Standart Sapma, Min: Minimum, Max: Maximum

Radius ve ulnanın kendi içinde açık ve kapalı redüksiyonu sonrası intramedüller elastik çivileme uygulanan hastalar radius ve ulnadaki ilk geliş deplasman miktarı ve kırık seviyesine göre değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (**Tablo 9-10-11**).

Tablo 10: Çalışmaya alınan hastaların ulna redüksiyon tipine göre redüksiyon öncesi deplasman miktarı ortalamaları.

	U-AREÇ (Ort ± StD (Min-Max))	U-KREÇ (Ort ± StD (Min-Max))	p değeri
RÖ AP-A (°)	9,2 ±8,8 (0-32)	7,6 ±6,2 (0-25)	0,779
RÖ Y-A (°)	15,2 ±10,4 (3-40)	13,3 ±11,9 (0-40)	0,495
RÖ T (%)	45,7 ±42,1 (0-100)	49,7 ±45,8 (0-100)	0,659

RÖ: Redüksiyon öncesi, AP-A: AP açılanma, Y-A: Yan açılanma, T: Translasyon, U-AREÇ: Ulna açık redüksiyon elastik çivileme, U-KREÇ: Ulna kapalı redüksiyon elastik çivileme, Ort: Ortalama, StD: Standart Sapma, Min: Minimum, Max: Maximum

Tablo 11: Çalışmaya alınan hastaların radius ve ulna redüksiyon tipine göre kırık seviyesi dağılımları.

	Radius Ameliyat			Ulna Ameliyat		
	AR (n/n)	KR (n/n)	p değeri	AR (n/n)	KR (n/n)	p değeri
KS (P/O/D)	8/12/2	9/6/3	0,390	1/15/4	2/11/7	0,410

KS: Kırık Seviyesi, P: Proksimal 1/3, O: Orta 1/3, D: Distal 1/3, AR: Açık redüksiyon, KR: Kapalı redüksiyon

Çalışmaya alınan hastalar kırık seviyesi ve ulna çivi giriş yerine göre değerlendirildiğinde Price skorları ve komplikasyon miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (**Tablo 12-13**).

Tablo 12: Çalışmaya alınan hastaların kırık seviyesi ve ulna çivi giriş yerine göre Price skoru dağılımları.

	Price Skoru				p değeri
	Çok İyi (n/n)	İyi (n/n)	Orta (n/n)	Kötü (n/n)	
KS-R (P/O/D)	12/16/4	4/2/1	1/0/0	0/0/0	0,640
KS-U (P/O/D)	3/19/10	0/6/1	0/1/0	0/0/0	0,650
UÇGY (P/D)	9/23	0/7	0/1	0/0	0,230

KS-R: Kırık seviyesi-Radius, KS-U: Kırık seviyesi-Ulna, UÇGY: Ulna çivi giriş yeri, P: Proksimal 1/3, O: Orta 1/3, D: Distal 1/3

Tablo 13: Çalışmaya alınan hastaların kırık seviyesi ve ulna çivi giriş yerine göre komplikasyon miktarı dağılımları.

	Komplikasyon Var (n/n)	Komplikasyon Yok (n/n)	p değeri
	KS-R (P/O/D)	3/2/1	
KS-U (P/O/D)	0/5/1	3/21/10	0,550
UÇGY (P/D)	0/6	9/25	0,150

KS-R: Kırık seviyesi-Radius, KS-U: Kırık seviyesi-Ulna, UÇGY: Ulna çivi giriş yeri, P: Proksimal 1/3, O: Orta 1/3, D: Distal 1/3

OLGU ÖRNEKLERİ

OLGU-1 F.E.H.

157 ay, erkek hasta. Sağ önkol çift kemik kırığı. 5. gün ameliyat edildi. Postoperatif 1. gün taburcu edildi. Hem ulna hem radius açık redüksiyonu sonrası titanyum elastik çivi ile intramedüller tespit uygulandı. Ulna çivi girişi distal metafiz bölgesindeydi. Hastada komplikasyon gelişmedi. Kaynama süresi 5 hafta, takip süresi 33 aydı. Hastada atrofi, güç kaybı, deformite yok. Hastanın Price skoru iyi olarak belirlendi. Hasta zorlu aktivite ile ağrı tarifliyor.



Preoperatif A-P ve yan grafi.



Postoperatif 1. gün ve 27. ay kontrol grafileri.



Postop 33. ay muayene görüntüleri.

OLGU-2 M.E.P.

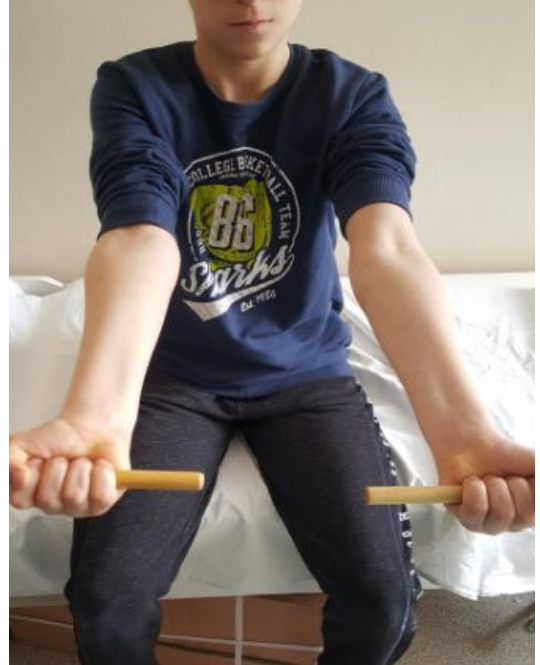
135 ay, erkek hasta. Sol önkol çift kemik kırığı. Aynı gün ameliyat edildi. Postoperatif 2. gün taburcu edildi. Hem ulna hem radius kapalı redüksiyonu sonrası titanyum elastik çivi ile tespit yapıldı. Ulna çivi giriş yeri distal metafiz bölgesindeydi. Hastada komplikasyon gelişmedi. Kaynama süresi 5 hafta, takip süresi 26 aydı. Hastada atrofi, güç kaybı, deformite ve herhangi bir yakınma yok. Hastanın Price skoru çok iyi olarak belirlendi.



Preoperatif A-P ve yan grafi.



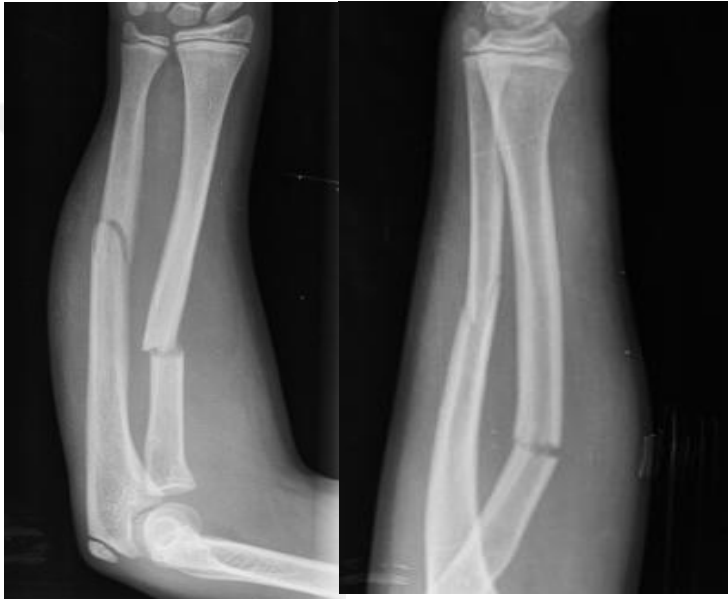
Postoperatif 1. gün ve 14. ay kontrol grafileri.



Postop 26. ay muayene görüntüleri.

OLGU-3 H.C.K.

148 ay, erkek hasta. Sol önkol çift kemik kırığı. 7. gün ameliyat edildi. Postoperatif 1. gün taburcu edildi. Hem ulna hem radius kapalı redüksiyonu sonrası titanyum elastik çivi ile intramedüller tespit uygulandı. Ulna çivi girişi proksimal metafiz bölgesindeydi. Hastada komplikasyon gelişmedi. Kaynama süresi 5 hafta, takip süresi 46 aydı. Hastada atrofi, güç kaybı, deformite ve yakınma yok. Hastanın Price skoru çok iyi olarak belirlendi.



Preoperatif A-P ve yan grafi.



Postoperatif 1. gün ve 13. ay kontrol grafileri.



Postoperatif 46. ay muayene görüntüleri.

OLGU-4 Ş.G.

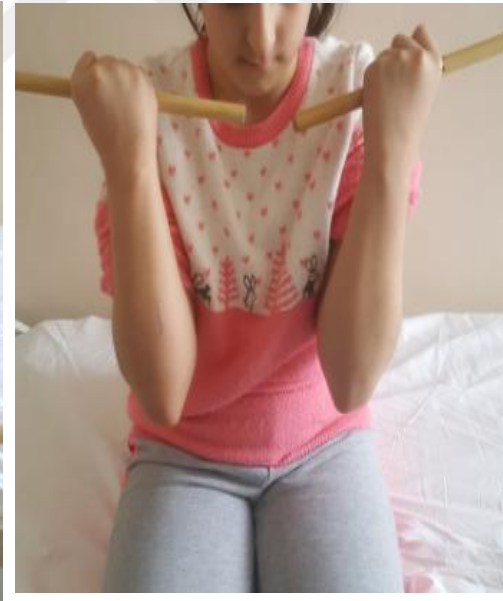
108 ay, kadın hasta. Sol önkol çift kemik kırığı. 9. gün ameliyat edildi. Postoperatif 2. gün taburcu edildi. Hem ulna hem radius açık redüksiyonu sonrası titanyum elastik çivi ile intramedüller tespit uygulandı. Ulna çivi girişi proksimal metafiz bölgesindeydi. Hastada komplikasyon gelişmedi. Kaynama süresi 4 hafta, takip süresi 39 aydı. Hastada atrofi, güç kaybı, deformite ve yakınma yok. Hastanın Price skoru çok iyi olarak belirlendi.



Preoperatif A-P ve yan grafi.



Postoperatif 1. gün ve 33. ay kontrol grafileri.



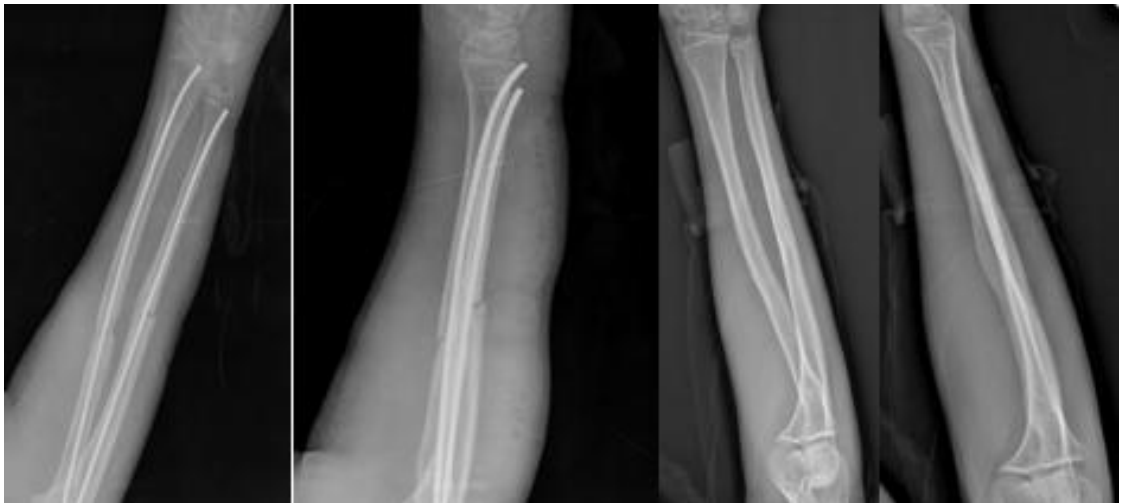
Postoperatif 39. ay muayene görüntüleri.

OLGU-5 Y.Ç.

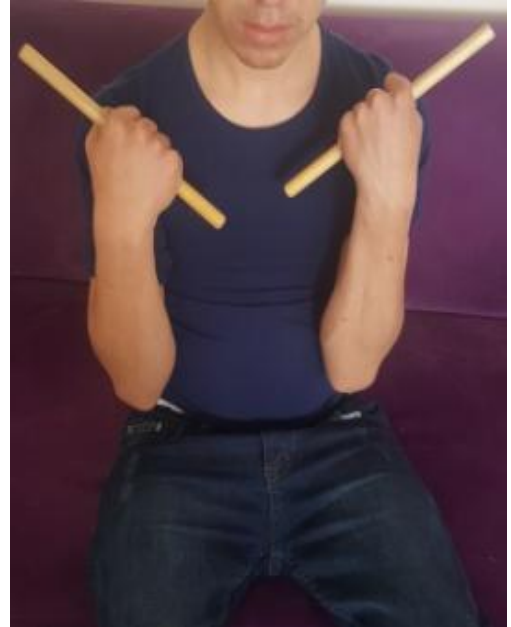
155 ay, erkek hasta. Sol önkol çift kemik kırığı. 10. gün ameliyat edildi. Postoperatif 5. gün taburcu edildi. Hem ulna hem radius açık redüksiyonu sonrası titanyum elastik çivi ile intramedüller tespit uygulandı. Ulna çivi girişi distal metafiz bölgesindeydi. Hastada komplikasyon olarak ameliyat sonrası posterior interosseöz sinir arazi saptandı ancak takiplerde tamamen geriledi. Kaynama süresi 6 hafta, takip süresi 33 aydı. Hastada minimal atrofi saptandı. Güç kaybı, deformite ve yakınma yok. Hastanın Price skoru çok iyi olarak belirlendi.



Preoperatif A-P ve yan grafi.



Postoperatif 1. gün ve 15. ay kontrol grafileri.



Postoperatif 33. ay muayene görüntüleri.

6.TARTIŞMA

Çocuklarda önkol çift kemik kırıkları, ortopedik bakım gereksinimi doğuran temel sebeplerden biridir (81,164,165). Karmaşık tedavi gereksinimleri, farklı derecelerde kabul edilme kriterleri, kaç kez redüksiyon manevrası uygulanması gerekliliği, yaş faktörü ve komplikasyonlara açık oluşu sebebiyle ortopedistler arasında tedavide farklılıklar yaratabilecek kırıklardandır (10,30,69). Önkol çift kemik kırıkları çocuklarda en sık 10-14 yaşları arası erkeklerde görülür ve genelde sol kol kırılır (6,14,23,45,67,101,163). Literatüre bakıldığında cerrahi müdahale uygulanan çocuk önkol çift kemik kırıklarında ortalama yaş 9,7 ile 12,3 arasında bildirilmektedir (166-176). Bu çalışmada da literatürle uyumlu olarak ortalama yaş 11,8 (9-14) yıl olarak bulundu. Literatürde % 64-95 oranında önkol çift kemik kırıklarının erkek çocuklarda görüldüğü bildirilmektedir (166,167,169,170,172,174,175). Çalışmamızda ise % 95 oranında erkek çocuklarda kırık görüldü. Kırık tarafa bakıldığında literatürde sol kolun daha sık tutulduğu bildirilmektedir (%30-58) (167,169,170,172,174). Bu çalışmada ise sağ kolda daha sık kırık oluştuğu görülmüştür (%60). Çalışmaya katılan hastalarda sağ kolun daha fazla hastada dominant olduğu ve bunun da düşerken yerle ilk temas eden önkol olması sebebiyle literatürden farklı olarak sağ önkolun daha sık kırıldığı düşünülmüştür.

Çocuk önkol çift kırıklarının %85'inden fazlası konservatif yöntemler ile tedavi edilmektedir (5,86,95,105,111,146,167,177,178). Redüksiyon sonrası alçı uygulamaları ile oldukça iyi klinik sonuçlar elde edilmektedir (111,178,179). Çocuklarda periost dokusunun kalın oluşu, kırık kaynamasının hızlı, yaşa göre redüksiyon kabul sınırlarının geniş ve yeniden şekillenme potansiyelinin yüksek olması konservatif tedavinin başarısındaki temel belirleyicilerdir (17,105). Çocuk önkol çift kemik kırıklarında kabul kriterleri; kırık yaşına, kırık bölgesine, translasyon miktarına ve kırık tipine göre değişmektedir. Literatürde çok geniş bir aralıkta kabul sınırları bildirilmektedir. Çocuğun yaşı ne kadar büyükse ve kırık bölgesi ne kadar proksimale yaklaşırsa kabul edilen açılanma değerleri de o kadar azalmaktadır. Çocuk

önkol kırıklarında yaşa bağlı olarak değişik derecelerde; 15-35 derece arası ön-arka, 15-25 derece arası yan açılanmalar ve %50-100 arası translasyonların kabul edilebileceği, üstü değerlerde ise cerrahi tedavi uygulanması gerektiği bildirilmektedir. Fakat tam bir konsensus yoktur ve literatürde farklı bilgilere rastlanmaktadır (7,9,10,37,39,180,181). Bu çalışmaya alınan hastalar redüksiyon manevrası ile başarılı redüksiyon elde edilemeyen veya yaşı sebebiyle konservatif tedavide uzun ve başarılı sonuç elde etmenin zor olduğu düşünülen ve literatüre göre deplasman miktarları kabul sınırları içinde olmayan hastalardır.

Bu çalışmada TEÇ ile tedavi edilmiş önkol çift kemik kırığı olan çocuklarda önkol kemiklerinden birine veya ikisine açık ve her ikisine kapalı redüksiyon uygulanan hastalar ele alınmıştır. Redüksiyonun açık veya kapalı olmasının kırık iyileşmesi ve fonksiyonel sonuçlar üzerine etkisi, hangi hastalarda hangi faktörlerin açık veya kapalı redüksiyon yöntemini seçmede etkili olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

Literatürde TEÇ ile tedavi uygularken kırık sonrası hangi yaşlarda, kaç dereceye kadar açılanmalarda kemiklere açık veya kapalı redüksiyon yönteminin uygulanması gerektiği yönünde bir bilgi bulunmamaktadır. Sadece kabul sınırları yönünde bilgiler vardır ve mümkün olan tüm olgularda kapalı redüksiyon yönteminin uygulanması gerektiği bildirilmektedir (39,180,181). Bu çalışmada, ameliyat öncesi açılanma ve translasyon miktarlarının açık veya kapalı redüksiyon seçiminde etkili olup olmadığı araştırılmıştır. Açık redüksiyon ve TEÇ uygulanan olgularda ameliyat öncesi, radiusta ön-arka planda 3-15 derece, yan planda ise 2-23 derece açılanma olup ortalama translasyon miktarı %77,4 idi. Ulna da ise ön-arka planda 0-80, yan planda 0-50 derece açılanma ve ortalama %44 oranında translasyon ölçüldü. Kapalı redüksiyon ile TEÇ uygulanan hastalarda ise radiusta ön-arka planda 0-19 derece, yan planda 0-80 derece açılanma ve ortalama %73 translasyon olduğu tespit edildi. Benzer açılanma ve translasyon miktarları ulnada da saptanmıştır. Diğer taraftan radius ve ulnaya açık redüksiyon uygulanan olgularda, hastaların ameliyat öncesi ön-arka ve yan planda olan açılanmaları ve translasyon miktarları da kapalı redüksiyon uygulanan

gruptan farklı değildi. Bu çalışmada, ameliyat öncesi açılanma veya translasyon miktarının, açık veya kapalı redüksiyon yönteminin uygulanmasında etkili bir faktör olmadığı istatistiksel olarak gösterilmiştir.

Bu çalışmada, %57,5 hastada kapalı redüksiyon başarısız olduğundan ya da takiplerde redüksiyon kaybı saptandığından, %42,5 hastada ise hasta yaşı, kırık seviyesi ya da refraktür riski nedeniyle ameliyat uygulanmıştır. Literatürde kapalı redüksiyonda başarısızlık %62,5-78,3 arası oranlarda bildirilmektedir (166,168,177,182). Bu çalışmanın sonuçları bu açıdan literatür ile uyumludur.

Önkol çift kemik kırıklarında TEÇ ile tespit yapılırken kapalı veya açık redüksiyon yöntemi ile tespit yapılabilir. Genel olarak kapalı olarak redüksiyon elde edilmeye çalışılır. Literatürde %34-85 arasında redüksiyonun kapalı olarak gerçekleştirildiği bildirilmektedir. Ayrıca %38-74 olguda, kırık hattının açılarak redüksiyon sağlandığı söylenmektedir (67,101,146,183,184). Çalışmalar incelendiğinde, ilginç olarak olgu sayısının arttığı büyük serilerde kapalı redüksiyon oranlarının da arttığı görülmüştür (166-170,172,173,182). Çalışmamızda ise %30 oranında kapalı, %70 oranında açık redüksiyon uygulanmıştır. Dodds ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, çocuk ortopedisti olanlar ile olmayanların yaptığı önkol ameliyatlarında açık redüksiyon oranlarının çocuk ortopedisti olmayanlarda daha yüksek olduğu bildirilmiştir (185). Açık redüksiyon oranlarımızın yüksek olmasının sebeplerinin başında çalışmanın retrospektif olması gelmektedir. Hastaların ameliyatları tek bir cerrah tarafından yapılmamıştır. Farklı deneyimlere sahip hekimler tarafından ameliyatlar uygulanmıştır. Bunun açık redüksiyon oranlarının yükselmesinde etkili olduğunu düşünmekteyiz.

Açık veya kapalı yöntemle redüksiyon uygulanan hastalarda ameliyat öncesi bekleme süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmazken (açık redüksiyon: 6,9 gün; kapalı redüksiyon: 3,8 gün), ameliyat sonrası hastanede kalma sürelerinde fark saptanmıştır (p:0,031). Çalışmamızda kapalı redüksiyon uygulanan olgularda ameliyat sonrası hastanede kalış süresi ortalama 2,2 gün, açık redüksiyon uygulanan

olgularda ortalama 2,9 gün idi. Lu ve ark.'larının yaptığı çalışmada ameliyat sonrası hastanede kalış süresi 5,1 gün olarak saptanmıştır (173). Martus ve ark.'larının yaptığı çalışmada ortalama ameliyata alınma süresinin 5,9 gün; Şahin ve ark.'larının yaptığı çalışmadaysa 4 gün olduğu görüldü (167,172). Bu çalışmada açık redüksiyon uygulanan kırıklarda hastanede kalma süreleri istatistiksel olarak anlamlı düzeyde uzun bulunmuştur. Açık redüksiyon yöntemi ile cerrahi uygulanan kırıklarda oluşan yumuşak doku şişliği ve yara bakımı hastanede kalma süresini uzatmıştır. Ayrıca hastaların ameliyat öncesi bekleme sürelerinin ameliyat sırasındaki redüksiyonun açık veya kapalı olması üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır.

Hastalarda, kırık bölgesinde ağrı ve patolojik hareketin olmaması, Stans A. ve arkadaşlarının tariflediği gibi, grafilerde üç planda kaynama bulgularının olması kaynama olarak kabul edildi (186). Hastaların kırık kaynama süreleri ele alındığında, literatürde 6,5 ile 10,1 hafta arası değerler bildirilmektedir (166,171-173,182). Pugh ve arkadaşları, kapalı ve açık redüksiyon uygulanan hastalarda kaynama süreleri arasında fark olmadığını belirtmişlerdir (23). Çalışmamızda, açık redüksiyon ile TEÇ uygulanan hastalarda kırık kaynama süresi 4-7 hafta (ortalama 5,4) arası iken kapalı redüksiyon uygulananlarda 4-6 hafta (ortalama 5) arasında saptanmıştır. İstatistiksel değerlendirme de Pugh 'un çalışmasında belirttiği gibi açık ve kapalı redüksiyon yapılan gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır (23). Buna karşılık Flynn'in 103 olguluk serisinde kapalı redüksiyon yapılan grupta 6,9, açık yapılan grupta ise 8,6 haftada kaynamanın olduğu, yani iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandığı bildirilmektedir (166). Kaynama oranları arası farklar; hastaların yaşından ve kırık seviyesi farklılıklarından kaynaklanabilir.

Bu çalışmada hastalar en az 12 ay izlenmiştir. Ortalama izlem süresi 27 aydır. Literatürde önkol kırığı nedeniyle TEÇ uygulanan hastaların 5,1 ile 54 ay arası izlem sürelerinden bahsedilmektedir (166-169,171). En büyük serilerden biri olan Flynn ve ark'nın yaptıkları çalışmada izlem süresi 5,1 aydır (166). Çocuk hastalarda hem radyolojik hem de klinik iyileşmenin tam ve başarılı bir şekilde değerlendirilebilmesi ve uzun dönem sonuçların

verilebilmesi için, hastaların en az 12 ay takibinin gerekli olduğunu düşünmekteyiz.

Bu çalışmadaki hastaların eklem hareket açıklığına bakıldığında 12 (%30) hastada önkol rotasyonunda, 1 hastada el bilek fleksiyonunda (20 derece), 2 hastada el bilek ekstansiyonunda (5-10 derece) kısıtlılık saptanmıştır. Hastaların %70'inde eklem hareket açıklığı tam olarak ölçülmüştür. Önkol rotasyon kısıtlılığı saptanan hastaların 11'inde (%91,6) açık redüksiyon, 1'inde (%8,4) kapalı redüksiyon ile tespit sonrası TEÇ uygulanmıştır. Açık redüksiyon sonrası rotasyonel hareket kısıtlılığı gelişen hastalardan 6'sında (%21,5) 0-10 derece arası pronasyon kısıtlılığı (ortalama 5,3), 5'inde (%18) 10-30 derece (ortalama 12,2), kapalı redüksiyon sonrası rotasyonel hareket kısıtlılığı gelişen 1 hastada ise 5 derece pronasyon kısıtlılığı olduğu saptanmıştır. Hastaların hiç birinde önkolda supinasyon, dirsek fleksiyon ve ekstansiyon kısıtlılığı saptanmamıştır. Çalışmamızdaki hastaların fonksiyonel sonuçları Price skorlamasına göre yapılmıştır (10). Kapalı redüksiyon yapılan hastalarda 11 (%91,6) olguda çok iyi sonuç alınırken 1 (%8,4) olguda iyi sonuç elde edilmişti. Buna karşılık açık redüksiyon uygulanan olgularda; 21 (%75) çok iyi, 6 (%21,4) iyi ve 1 (%3,6) orta sonuç elde edilmişti. Price skorlamasına göre, kapalı redüksiyon yapılan olgularda %100, açık redüksiyon yapılanlarda ise %96,4 çok iyi ve iyi sonuçlar elde edilmiştir. Literatürde farklı fonksiyonel değerlendirme sistemleri kullanıldığından farklı sonuçlara rastlanabilmektedir (7,10,166). Ayrıca redüksiyon tipi belirtilmeksizin TEÇ uygulaması ile başarılı fonksiyonel sonuçlar elde edildiği bildirilmektedir (187-189). Price skorlama sisteminin kullanıldığı iki çalışmada, sırasıyla %100 ve 95 oranlarında çok iyi ve iyi sonuçlar elde edilmiştir (171,172). Farklı sınıflandırma sistemlerinin kullanıldığı çalışmalarda ise %77,7-100 arası çok iyi ve iyi sonuçlar bildirilmiştir (166,167,169,170,173). Kırık hattının açılması yumuşak dokuda yarattığı hasardan dolayı önkol hareketlerinde kısıtlılık yaratabilir (166). İnterosseöz membranda oluşan tahribat veya önkol kemikleri arasında gelişen sinoztoz hareket kısıtlılığının en temel sebeplerinden biridir (95,140,141). Çalışmamızda açık redüksiyon yapılan olgularda fonksiyonel

sonuçların büyük kısmının çok iyi ve iyi olması, çocuk önkol kırıklarında oluşan hareket kısıtlılığında kapalı redüksiyonun çok da belirleyici olmadığını düşündürmüştür. Çalışmamızın sonucu olarak, TEÇ cerrahisi esnasında kapalı redüksiyonun başarılı olarak elde edilemediği olgularda, zorlu ve tekrarlayıcı manipülasyonlar yerine kırık hattından yapılan sınırlı kesiyile açık redüksiyona geçilmesinin hareket kısıtlılığı ve fonksiyonel skorlar üzerine etkili olmadığı düşünülmektedir.

Önkol çift kırıklarında, kırık seviyeleri radius ve ulna için proksimal 1/3, orta 1/3 ve distal 1/3 olarak değerlendirilmektedir. Lyman ve arkadaşları'nın yaptığı çalışmada önkol kırığı nedeniyle TEÇ uygulanan hastaların %9'unda radius ve ulna kırık seviyesi proksimal, %89'unda orta ve %2'sinde distal 1/3'teydi (170). Wall ve arkadaşlarının çalışmasında %71 hastanın radius ve ulnadaki kırık seviyesi orta 1/3'teydi (169). Kapila ve ark'larının çalışmasındaysa radius ve ulnadaki kırık %40 hastada proksimal, %46 hastada orta, %14 hastada distal 1/3 seviyesindeydi (171). Bu çalışmada hastaların radiustaki kırık seviyesi 17 (%42,5) hastada proksimal, 18 (%45) hastada orta, 5 (%12,5) hastada distal, ulnadaki kırık seviyesi 3 (%7,5) hastada proksimal, 26 (%65) hastada orta, 11 (%27,5) hastada distal 1/3'teydi. Radius ve ulnadan herhangi birinin açık olarak redükte edildiği hastaların radius kırık seviyesine bakıldığında; kırık hattının olguların %42'sinde proksimal, %50'sinde orta %8'inde distal 1/3'te; her ikisinin de kapalı olarak redükte edildiği hastaların %41,6'sında proksimal, %33,4'ünde orta, %25'inde distal 1/3'te olduğu saptandı. Radius ve ulnadan herhangi birinin açık olarak redükte edildiği hastaların ulna kırık seviyesine bakıldığında; kırık hattının olguların %7,1'inde proksimal, %71,4'ünde orta, %21,5'inde distal 1/3'te; her ikisinin de kapalı olarak redükte edildiği hastaların %8,3'ünde proksimal, %50'sinde orta, %41,7'sinde distal 1/3'te olduğu saptandı.

Kemikler kendi içinde değerlendirildiğinde radiusun açık olarak redükte edildiği 22 hastanın %36'sında radius kırık seviyesi proksimal, %54,5'inde orta, %9,5'inde distal; kapalı olarak redükte edildiği 18 hastanın %50'sinde proksimal, %34'ünde orta, %16'sında distal 1/3'teydi. Ulnanın açık olarak

redükte edildiği 20 hastanın ulna kırık seviyesi %5 olguda proksimal, %75 olguda orta, %20 olguda distal, kapalı olarak redükte edildiği %10 olguda proksimal, %55 olguda orta, %35 olguda distal 1/3'teydi. Çalışmamızda ulna ve radiusun kırık seviyelerinin, redüksiyonun açık ya da kapalı yapılması üzerine etkisi olmadığı saptanmıştır. Literatüre bakıldığında bununla ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmamızda radius kırık seviyesi proksimal 1/3'te olan 6 (%35,2) hastada ortalama 10,7 (5-13) derece, orta 1/3'te olan 6 (%34) hastada ortalama 6,5 (5-12) derece pronasyon kısıtlılığı olduğu saptanmıştır. Radiustaki kırık hattı distal 1/3'te olan hastalardaysa rotasyonel hareket kusuruna rastlanmamıştır. Ulna kırık seviyesi proksimal 1/3'te olan 1 (%33,3) hastada 5 derece, orta 1/3'te olan 9 (%34,6) hastada ortalama 9,2 (5-13) derece, distal 1/3'te olan 2 (%18) hastada ortalama 5 derece (5-5) pronasyon kısıtlılığı saptanmıştır. Hiçbir hastada supinasyon kısıtlılığına rastlanmamıştır. Hastalar Price fonksiyonel sonuç kriterlerine göre değerlendirildiğinde radius kırık hattı proksimal 1/3'te olan hastaların %94'ünde, orta ve distal 1/3'te olanların %100'ünde; ulna kırık hattı proksimal ve distal 1/3'te olan hastaların %100'ünde, orta 1/3'te olanların %96'sında çok iyi ve iyi sonuçlar elde edilmiştir. Radius kırık hattı proksimal 1/3'te olan 1 (%6) ve ulna kırık hattı orta 1/3'te olan 1 (%4) hastada orta sonuç elde edilmiştir. Literatüre bakıldığında çocuk önkol çift kırıklarının konservatif izleminde kırık seviyesiyle fonksiyonel sonuç arasındaki ilişki hakkında çalışmalar olsa da, TEÇ uygulanan hastalar için böyle bir bildirimle rastlanmamıştır. Çalışmamızdaysa radius ve ulnadaki kırık seviyeleriyle fonksiyonel sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptanmamıştır.

Çocuk önkol kırıklarında TEÇ uygulamasıyla ameliyat yapılırken çiviler radiusa distalden, ulnaya proksimal veya distalden gönderilebilir (12). Bu çalışmada TEÇ uygulanan hastaların 9 (%22,5)'unda ulna çivi giriş yeri proksimalde, 31 (%77,5)'inde distaldeydi. Ulna çivi girişi proksimal olan hastaların %25'inde açık, %16,7'sinde kapalı olarak; distal olanların %75'inde açık, %83,3'ünde kapalı olarak redüksiyon elde edildi. Ulna çivi giriş yerinin redüksiyon tipi üzerine etkisine bakıldığında, açık ve kapalı redüksiyon

uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. Literatürde bununla ilgili bir çalışmaya rastlanmadı.

Ulna çivi giriş yerinin eklem hareket açıklığına etkisi değerlendirildiğinde, çalışmamızda çivi girişi proksimalde olan 1 (%11,2) hastada 5 derece önkol pronasyon, 1 (%11,2) hastada 10 derece el bilek ekstansiyon kısıtlılığı olduğu saptandı. Çivi girişi distalde olan 11 (%35,4) hastada eklem hareket kısıtlılığı saptandı. Bu hastaların ortalama önkol pronasyon kısıtlılığı 9,3 (5-13) derece olup, 1'inde el bileğinde 5 derece ekstansiyon, 1'inde 20 derece fleksiyon kısıtlılığı saptandı. Ulna çivi girişi proksimalde olan hastaların %100'ünde, distalde olanların %96,6'sında çok iyi ve iyi fonksiyonel sonuç elde edildi. Tüm hastaların dirsek eklem hareket açıklığı tamdı. Çalışmamızda distal ulna çivi girişi olan hastalarda eklem hareket kısıtlılığına daha fazla rastlansa da, bunun fonksiyonel sonuçlar üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olmadığı saptandı. Distal çivi girişi olan hastalarda eklem hareket kısıtlılığının daha fazla saptanmasının, çivi girişi proksimalde olan hasta sayısının azlığından olabileceğini düşünmekteyiz. Literatüre bakıldığında çivi giriş yerleriyle ilgili yapılan çalışmalar bulunsa da, ulna çivi giriş yerlerinin proksimal ya da distalden oluşunun fonksiyonel sonuçlar üzerine etkisini araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çocuk önkol çift kırıklarında her ne kadar intramedüller tespitin plak fiksasyonuna göre daha az invaziv ve güvenli bir yöntem olduğu bilinse de enfeksiyon, cilt irritasyonu, implant çıkarımı sonrası tekrar deplase olma, implant migrasyonu, refraktür, tendon ve sinir hasarı, kompartman sendromu, gecikmiş kaynama ve kaynamama gibi komplikasyonlar %14-42 oranında bildirilmektedir (5,7,16,20,36,67,95,158,166,188,190). Flynn ve ark. 'larının çalışmasında TEÇ yapılan hastaların %14,6'sında komplikasyona rastlanmıştır (166). Martus ve arkadaşları %21 oranda komplikasyonla karşılaşmış olup, Salonen ve ark.'larının çalışmasıyla uyumlu olarak 10 yaş üzerindeki hastalarda, komplikasyon sıklığının arttığını tespit etmişlerdir (167, 168). Ayrıca karşılaşılan komplikasyonların %6'sının geçici nörolojik defisit olduğunu belirtmişlerdir. Lyman ve arkadaşlarının çalışmasında %24

oranında komplikasyon saptanırken bunların %14'ünün geçici sinir arazı olduğu ve hiçbir hastada enfeksiyon, refraktür ve kaynamama görülmediği belirtilmiştir (170). Aynı şekilde Kapıla ve ark.'ları TEÇ uyguladıkları hastaların %6'sında sinir arazı saptamışlardır (171). Bu çalışmada 6 (%15) hastada komplikasyon gelişmiş olup, açık redüksiyon yapılan olguların 5 (%17,8)'inde, kapalı redüksiyon yapılan olguların 1 (%8,3)'inde komplikasyon saptandı. Literatürle uyumlu olarak bu komplikasyonların 2'si posterior interosseöz sinir, 2'si ulnar sinir, 1'i anterior interosseöz sinir arazı olup hepsi takiplerde düzeldi. Sadece 1 hastada ulnada kaynamama saptandı. Literatürde çocuk önkol kırıklarında TEÇ uygulamalarında açık ve kapalı redüksiyon yöntemlerinin komplikasyon oranlarına direk etkisiyle ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızda ise, açık redüksiyon sonrası TEÇ uygulanan hastalardaki komplikasyon oranı kapalı redüksiyon yapılanlara göre daha yüksek bulunmasına rağmen aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Bu çalışmada komplikasyon görülen hastaların radius kırık seviyeleri %33,3, ulna kırık seviyeleri %83,3 oranında orta 1/3'teydi. Çalışmamızda radius ve ulnanın orta 1/3 seviyesinde kırığı olan hastalarda daha fazla komplikasyon görülmesine rağmen kırık seviyesi ve komplikasyon miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı. Bu sonucun, çalışmamızdaki radius ve ulnadaki kırık seviyesi orta 1/3'te olan hasta sayısının fazlalığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde bununla ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmamızda komplikasyon gelişen hastaların tamamında ulna çivi giriş yerinin distalde olduğu görülmüştür. Ancak ulna çivi giriş yerinin komplikasyon miktarına etkisi üzerine istatistiksel anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bunun hastaların %77,5'inin ulna çivi giriş yerinin distalde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca literatürde ulna çivi giriş yerinin komplikasyon oranlarına etkisi konusunda bilgi veren çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın retrospektif oluşundan dolayı çeşitli kısıtlılıkları vardır. Bunlardan biri, ameliyatların tek bir cerrah tarafından yapılmayışı ve doğal

olarak ameliyatları yapan cerrahların farklı tecrübelerde oluşudur. Ayrıca hasta grafileri hastane arşivinden tarandığından her filmin, optimal şekilde çekilmemiş oluşunun, yapılan ölçümleri etkileyebileceği düşünülmektedir. Hastalarda gelişen komplikasyonlar da aynı şekilde hastane arşivi üzerinden belirlenmiş olup, değerlendirmeyi yapan cerrahların oluşan bazı komplikasyonları belirtmemesi ya da yanlış şekilde değerlendirmiş olması da olasıdır. Çalışmadaki diğer bir kısıtlılık da önkol kırığı nedeniyle intramedüller titanyum elastik çivi ile tespit uygulanan hastalarda, açık ve kapalı redüksiyon uygulanan gruplar arasında sayısal anlamda ciddi fark olmasıdır. Bu sebepten ötürü, bazı veriler gruplar arasında farklı sayı ve oranlarda tespit edilmesine rağmen, bu değişik sonuçlar iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmamıştır.

Sonuç olarak, çocuk önkol kırıklarında TEÇ ile intramedüller tespit, kapalı ya da sınırlı insizyondan açık redüksiyon yapılarak uygulanabilmektedir. Bu çalışmada redüksiyonun nasıl yapıldığının fonksiyonel ve radyolojik sonuçlara etkisi olmadığı gösterilmiştir. Açık veya kapalı redüksiyon sonrası TEÇ ile intramedüller tespit uygulanmış önkol çift kırığı olan çocuklarda, radyolojik ve fonksiyonel sonuçlar açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır.

7.ÇIKARIMLAR

1. Çocuk önkol çift kırıklarında cerrahi tedavide TEÇ ile intramedüller tespit uygulaması ile tatminkar sonuçlar elde edilmektedir.
2. Çocuk önkol çift kırıklarında radius veya ulnadaki ilk geliş ve manipülasyon sonrası elde edilen ön-arka ve yan deplasman miktarının, translasyon oranının ya da hastaya uygulanan preoperatif manipülasyon sayısının, TEÇ uygulaması sırasında açık ya da kapalı yöntemle redüksiyon elde edilmesi üzerine anlamlı etkisinin olmadığı görüldü.
3. Çocuk önkol çift kırıklarında TEÇ ile intramedüller tespit uygulanarak tedavi edilen hastaların ameliyat öncesi bekleme süresinin, redüksiyonun açık ya da kapalı olarak elde edilebilirliğini etkilemediği saptandı.
4. Çocuk önkol çift kırıklarında TEÇ ile intramedüller tespit uygulanırken redüksiyonun açık olarak yapıldığı hastaların postoperatif hastanede kalış sürelerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığı görüldü. Açık cerrahi uygulanan kırıklarda oluşan yumuşak doku şişliğinin ve yara bakımının hastanede kalma süresini uzattığı saptandı.
5. Önkol çift kırığı nedeniyle TEÇ ile intramedüller tespit uygulanan çocuklarda, açık veya kapalı yöntemle redüksiyon elde edilmiş olmasının kırık kaynama süresi üzerine etkisinin olmadığı görüldü. Açık redüksiyon ile tedavi edilen hastaların kırık kaynama süresinin, kapalı redüksiyon uygulananlara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artmadığı saptandı.
6. TEÇ cerrahisi esnasında kapalı redüksiyonun başarılı olarak elde edilemediği olgularda, zorlu ve tekrarlayıcı manipülasyonlar yerine kırık hattından sınırlı kesiyile yapılan açık redüksiyonun, hareket kısıtlılığı ve fonksiyonel skorlar üzerine olumsuz etkisinin olmadığı görüldü.
7. Hastaların önkoldaki kırık seviyelerinin, TEÇ uygulaması sırasında redüksiyonun açık ya da kapalı olarak yapılmasında belirleyici bir etken olmadığı saptandı.

8. Önkol kırığı nedeniyle TEÇ uygulanan çocuklarda, radius ve ulnadaki kırık seviyelerinin fonksiyonel sonuçlar üzerine anlamlı etkisinin olmadığı görüldü.

9. Önkol kırıklarında TEÇ uygulaması sırasında ulna çivi girişi distal ya da proksimal metafizden yapılabilir. Ulna çivi giriş yerinin redüksiyonun açık ya da kapalı yapılması üzerine etkisinin olmadığı saptandı.

10. Ulna çivi girişi distal metafizde olan hastalarda eklem hareket kısıtlılığına daha fazla rastlansa da, bunun fonksiyonel sonuçlar üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olmadığı saptandı.

11. Açık redüksiyon sonrası TEÇ ile intramedüller tespit uygulanan hastalarda, kapalı redüksiyon uygulanan gruba göre daha fazla oranda komplikasyon görüldüğü, ancak bu fazlalığın istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olmadığı saptandı. Önkol çift kırığı nedeniyle TEÇ ile intramedüller tespit uygulamalarında redüksiyon tipinin, komplikasyon oranları üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olmadığı görüldü.

12. Önkoldaki kırık seviyelerinin, TEÇ uygulamaları sonrası gelişen komplikasyon oranını etkilemediği saptandı.

13. Bu çalışmadaki komplikasyon gelişen hastaların tamamında ulna çivi giriş yerinin distalde olmasına rağmen, çivi giriş yerinin komplikasyon oranları üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olmadığı saptandı.

8.KAYNAKLAR

1. Mann DC, Rajmaira S. Distribution of physeal and nonphyseal fractures in 2650 long-bone fractures in children aged 0-16 years. J Pediatr Orthop. 1990 Nov-Dec;10:713-716.
2. Worlock P, Stower M. Fracture patterns in Nottingham Children. J Pediatr Orthop. 1986 Nov-Dec;6:656-660.
3. Çetinus E, Ekerbiçer H. Antakya Kırıkhan Devlet Hastahanesi Ortopedi Polikliniği'nde Tedavi Edilen Çocuk Kırıklarının Epidemiyolojik Değerlendirmesi. Acta Orthopaedica et. Traumatologica Turcica 2000;34:170-175.
4. Flynn JM, Waters PM. Single Bone Fixation of Both-Bone Forearm Fractures. Journal of Pediatric Orthopaedics 1996;16:665-669.
5. Smith VA, Goodman HJ, Strongwater A, Smith B. Treatment of pediatric both-bone forearm fractures: a comparison of operative techniques, 2005; 25:309–313.
6. Dicke ET, Nunley AJ. Distal Forearm Fractures in Children. Orthopedic Clinics of North America 1993;24:333-340.
7. Daruwalla JS. A study of Radioulnar Movements Following Fractures of the Forearm in Children. Clinical Orthopaedics and Related Research 1979;139:114–120.
8. Hungston J. Fractures of the Forearm in Children. The Journal of Bone & Joint Surgery 1962;44-A:1678-1693.
9. Fuller J, McCullough CJ. Malunited Fractures of the Forearm in Children. The Journal of Bone & Joint Surgery 1982;64-B:364-367.
10. Price CT, Scott DS, Kurzner ME, Flynn JC. Malunited Forearm Fractures in Children. Journal of Pediatric Orthopaedics 1990;10:705-712.

11. Ortega R, Loder TR, Luis DS. Open Reduction and Internal Fixation of Forearm Fractures in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1996;16:651-654.
12. Verstreken L, Delronge G, Lamoureux J. Shaft Forearm Fractures in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1988;8:346-350
13. Kramhoft M, Solgaard S. Displaced diaphyseal forearm fractures in children: classification and evaluation of the early radiographic prognosis. *J Pediatr Orthop.* 1989 Sep-Oct;9(5):586-589.
14. Roy DR, Crawford AH. Operative Management of Fractures of the Shaft of Radius and Ulna. *Orthopaedics Clinics of North America* 1990;21(2):245-250.
15. Greenbaum B, Zions EL, Ebramzadeh E. Open Fractures of the Forearm in Children. *Journal of Orthopaedic Trauma* 2001;15(2):111-118.
16. Creasman C, Zaleske DJ, Erlich MG. Analyzing Forearm Fractures in Children. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1984;188:40-53.
17. Kay S, Chadwick S, Oppenheim WL. Both of Bone Midshaft Forearm Fractures in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1986;6(3):306-310.
18. Pablos J, Franzreb M, Barros C. Longitudinal Growth Pattern of Radius After Forearm Fractures Conservatively Treated in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1994;14(4):492-495.
19. Alexander DM, William PC, Iddler RS, Ewallen DG. Long-Term Follow Up of Forearm Bone Diaphyseal Plating. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1994;229:256-258.
20. Lee S, Nicol RO, Stott NS. Intramedullary fixation for pediatric unstable forearm fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2002 Sep;402:245-250.
21. Myers GJ, Gibbons PJ, Glithero PR. Nailing of diaphyseal forearm fractures. Single bone fixation for fractures of both bones. *J Bone Joint Surg Br.* 2004 May;86(4):581-584.

22. Rabinovich A, Adili A, Mah J. Outcomes of intramedullary nail fixation through the olecranon apophysis in skeletally immature forearm fractures. *J Pediatr Orthop*. 2005 Sep-Oct;25(5):565-569.
23. Pugh DMW, Galpin RD, Carey TP. Intramedullary Steinmann Pin Fixation of Forearm Fractures in Children. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 376:39-48.
24. Kaplan Arıncı, *Anatomi*, 3. Baskı, Cilt 1 2001;121-125.
25. İbrahim Veli Odar, *Anatomi*, Cilt 1 1986;98-103.
26. Çimen A. *Anatomi Uludağ Ün. Basımevi* 1987.
27. Kapandji IA. *The Physiology of the Joints, Second Edition*. Livingstone, London 1970;102-121.
28. Doyle JR, Botte MJ. *Surgical Anatomy of the Hand & Upper Extremity*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2003:34–40.
29. Gray H. *Gray's Anatomy: The Classic Collector's Edition*. New York, NY: Bounty; 1977:152–157.
30. Revol MP, Lantieri L, Loy S, et al. Vascular anatomy of the forearm muscles: A study of 50 dissections. *Plast Reconstr Surg*. 1991;88:1026–1033.
31. Davidson AW. Rock, paper, scissors. *Injury*. 2003;34:61–63.
32. Davis DR, Green DP. Forearm fractures in children: Pitfalls and complications. *Clin Orthop Relat Res*. 1976;120:172–183.
33. Haasbeek JF, Cole WG. Open fractures of the arm in children. *J Bone Joint Surg Br*. 1995;77:576–581.
34. Crawford AH. Pitfalls and complications of fractures of the distal radius and ulna in childhood. *Hand Clin*. 1988;4:403–413.
35. Holdsworth BJ, Sloan JP. Proximal forearm fractures in children: Residual disability. *Injury*. 1982;14:174–179.

36. Ogonda L, Wong-Chung J, Wray R, et al. Delayed union and nonunion of the ulna following intramedullary nailing in children. *J Pediatr Orthop B*. 2004;13:330–333.
37. Matthews LS, Kaufer H, Garver DF, et al. The effect on supination-pronation of angular malalignment of fractures of both bones of the forearm. *J Bone Joint Surg Am*. 1982;64:14–17.
38. Sarmiento A, Ebrahimzadeh E, Brys D' et al. Angular deformities and forearm function. *J Orthop Res*. 1992;10:121–133.
39. Tarr RR, Garfinkel AI, Sarmiento A. The effects of angular and rotational deformities of both bones of the forearm: An in vitro study. *J Bone Joint Surg Am*. 1984;66:65–70.
40. Rang M. *The Story of Orthopaedics*. Philadelphia: WB Saunders, 2000:472
41. Evans EM. Pronation injuries of the forearm with special reference to the anterior Monteggia fracture. *J Bone Joint Surg Br*. 1949;31:578–588.
42. McGinley JC, Hopgood BC, Gaughan JP, et al. Forearm and elbow injury: The influence of rotational position. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85:2403–2409.
43. Calder PR, Achan P, Barry M. Diaphyseal forearm fractures in children treated with intramedullary fixation: Outcome of K-wires versus elastic stable intramedullary nail. *Injury*. 2003;34:278–282.
44. Soeur R. Intramedullary pinning of diaphyseal fractures. *J Bone Joint Surg*. 1946;28:309–331.
45. Price CT. *Injuries To The Shaft of Radius and Ulna*. in Rockwood CA, Wilkins KE, Beaty JH. *Fractures in Children* 4th ed. Philadelphia. etc JB. Lippincott Co.1996
46. Koval JK, Zuckerman JD. *Handbook of Fractures*. 2nd ed. Philadelphia Lippincott Williams&Wilkins 2002

47. Durakbaşı O, Toköz K, Kuşkaya S. Çocuk Önkol kırıklarında Risk Faktörleri. 14. Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği –SICOT Bölgesel Kongre Kitabı.
48. Herring J.A. Tachdjian's Pediatric Orthopaedics. 3th ed. WB. Saunders co. Philadelphia 2002;41:2219-2241
49. Simonian PT, Hanel DP. Traumatic plastic deformity of an adult forearm: Case report and literature review. J Orthop Trauma. 1996;10:213–215.
50. Borden S. Traumatic bowing of the forearm in children. J Bone Joint Surg Am. 1974;56:611–616.
51. 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.
52. Currey JD, Butler G. The mechanical properties of bone tissue in children. J Bone Joint Surg Am. 1975;57:810-814.
53. Küçükkaya M. Çocuk Önkol Diafiz Kırıklarının Açık Elastik İntramedüller Fiksasyon ile Tedavisi. Acta Ortopaedica et. Traumatologica Turcica 1998;32:103-106.
54. Flynn JM, Sarwark JF, Waters PM, et al. The surgical management of pediatric fractures of the upper extremity. Instr Course Lect. 2003;52:635–645.
55. Hughston JC. Fractures of the forearm in children. J Bone Joint Surg Am. 1962;44:1678–1693.
56. Kucukkaya M, Kabukcuoglu Y, Tezer M, et al. The application of open intramedullary fixation in the treatment of pediatric radial and ulnar shaft fractures. J Orthop Trauma. 2002;16:340–344.
57. Wyrsh B, Mencia GA, Green NE. Open reduction and internal fixation of pediatric forearm fractures. J Pediatr Orthop. 1996;16:644–650.
58. Martin J, Marsh JL, Nepola JV, et al. Radiographic fracture assessments: Which ones can we reliably make? J Orthop Trauma. 2000;14:379–385.

59. Soong C, Rocke LG. Clinical predictors of forearm fracture in children. *Arch Emerg Med.* 1990;7:196–199.
60. Kelly AM, Powell CV, Williams A. Parent visual analogue scale ratings of children's pain do not reliably reflect pain reported by child. *Pediatr Emerg Care.* 2002;18:159–162.
61. Singer AJ, Gulla J, Thode HC Jr. Parents and practitioners are poor judges of young children's pain severity. *Acad Emerg Med.* 2002;9:609–612.
62. Cameron ML, Sponseller PD, Rossberg MI. Pediatric analgesia and sedation for the management of orthopedic conditions. *Am J Orthop.* 2000;29:665–672.
63. Gartland JJ. *Fundamentals of Orthopaedics.* 4th ed. Philadelphia, PA: WB Saunders; 1987:34.
64. Jacobsen ST, Hull CK, Crawford AH. Nutritional rickets. *J Pediatr Orthop.* 1986;6:713–716.
65. Koo WW, Sherman R, Succop P, et al. Fractures and rickets in very low-birth-weight infants: Conservative management and outcome. *J Pediatr Orthop.* 1989;9:326–330.
66. Anonymous. Fracture and dislocation compendium: Orthopaedic Trauma Association Committee for Coding and Classification. *J Orthop Trauma.* 1996;10:1–153.
67. Richter D, Ostermann PA, Ekkernkamp A, et al. Elastic intramedullary nailing: A minimally invasive concept in the treatment of unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1998;18:457–461.
68. Vorlat P, De Boeck H. Bowing fractures of the forearm in children: A long-term follow-up. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;413:233–237.
69. Noonan KJ, Price CT. Forearm and distal radius fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg.* 1998;6:146–156.
70. Yung PS, Lam CY, Ng BK, et al. Percutaneous transphyseal intramedullary Kirschner wire pinning: A safe and effective procedure for

treatment of displaced forearm fracture in children. *J Pediatr Orthop.* 2004;24:7–12.

71. 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;83:253–258.

72. Blount WP, Schaefer AA, Johnson JH. Fractures of the forearm in children. *JAMA.* 1942;120:111–116.

73. Flynn JM. Pediatric forearm fractures: Decision making, surgical techniques, and complications. *Instr Course Lect.* 2002;51:355–360.

74. Alpar EK, Thompson K, Owen R, et al. Midshaft fractures of forearm bones in children. *Injury.* 1981;13:153–158.

75. Evans EM. Fractures of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg Br.* 1951;33:548–561.

76. Thomas EM, Tuson KW, Browne PS. Fractures of the radius and ulna in children. *Injury.* 1975;7:120–124.

77. Chess DG, Hyndman JC, Leahey JL, et al. Short arm plaster cast for distal pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop.* 1994;14:211–213.

78. Carey PJ, Alburger PD, Betz RR, Clancy M, Steel HH. Both-bone forearm fractures in children. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1992;15:1015-1019.

79. Walker JL, Rang M. Forearm Fractures in Children. *The Journal Of Bone & Joint Surgery* 1991;73-B:299-301

80. Voto SJ, Weiner DS, Leighley B. Redisplacement After Closed Reduction of Forearm Fractures in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1990;10:79-84.

81. Cheng JC, Ng BK, Ying SY, et al. A 10-year study of the changes in the pattern and treatment of 6,493 fractures. *J Pediatr Orthop.* 1999;19:344–350.

82. Duncan J, Weiner D. Unstable pediatric forearm fractures: Use of “pins and plaster.” *Orthopedics.* 2004;27:267–269.

83. Wright J, Rang M. Internal fixation for forearm fractures in children. *Tech Orthop.* 1989;4:44–47.
84. Sage FP. Medullary fixation of fractures of the forearm: A study of the medullary canal of the radius and a report of 50 fractures of the radius treated with a prebent triangular nail. *J Bone Joint Surg Am.* 1959;41:1489–1516.
85. Till H, Hüttl B, Knorr P, Dietz HG. Elastic Stable Intramedullary Nailing Provides Good Long-Term Result in Pediatric Long-Bone Fractures.
86. Van der Reis WL, Otsuka NY, Moroz P, et al. Intramedullary nailing versus plate fixation for unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1998;18:9–13.
87. Deluca PA, Lindsey W, Ruwe P. Refracture of Bones of the Forearm after the Removal of Compression Plates. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 1988;70:1372-1376.
88. Hidaka. Refracture of Bones of the Forearm after Plate Removal. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 1984;66-A:1241-1242.
89. Anonymous. The treatment of forearm fractures with pins. By Georg Schone, 1913. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;234:2–4.
90. Trousdale RT, Linscheid RL. Operative treatment of malunited fractures of the forearm. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:894–902.
91. Hahn MP, Richter D, Muhr G, et al. Pediatric forearm fractures: Diagnosis, therapy, and possible complications. *Unfallchirurg.* 1997;100:760–769.
92. Lewallen RP, Peterson HA. Nonunion of long bone fractures in children: A review of 30 cases. *J Pediatr Orthop.* 1985;5:135–142.
93. Nielson AB, Simonsen O. Displaced forearm fractures in children treated with AO plates. *Injury.* 1984;15:393–396.

94. Petridou E, Karpathios T, Dessypris N, et al. The role of dairy products and non-alcoholic beverages in bone fractures among school-age children. *Scand J Soc Med*. 1997;25:119–125.
95. Cullen MC, Roy DR, Giza E, et al. Complications of intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*. 1998;18:14–21.
96. Shoemaker SD, Comstock CP, Mubarak SJ, et al. Intramedullary Kirschner wire fixation of open or unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 1999;19:329–337.
97. Ponet M, Jawish R. [Stable flexible nailing of fractures of both bones of the forearm in children]. *Chir Pediatr*. 1989;30:117–120.
98. Ligier JN, Metaizeau JP, Prévot J, et al. Elastic stable intramedullary pinning of long bone shaft fractures in children. *Z Kinderchir*. 1985;40:209–212.
99. Metaizeau JP, Ligier JN. Surgical treatment of fractures of the long bones in children: Interference between osteosynthesis and the physiological processes of consolidations: Therapeutic indications. *J Chir (Paris)*. 1984;121:527–537.
100. Prevot J, Guichet JM. Elastic stable intramedullary nailing for forearm fractures in children and adolescents. *J Bone Joint Surg*. 1996;20:305.
101. Lascombes P, Prevot J, Ligier JN, et al. Elastic stable intramedullary nailing in forearm shaft fractures in children: 85 cases. *J Pediatr Orthop*. 1990;10:167–171.
102. Kalenderer Ö, Ağuş H, Zincirciođlu G, Şanlı Ç. Çocuk Önkol Çift Kırıklarında Sınırlı Kesiden Açık Redüksiyon ve İntramedüller Çivileme. *Journal of Arthroplasty and Arthroscopic Surgery* 2002;13:164-168.
103. Chan CF, Meads BM, Nicol RO. Remanipulation of forearm fractures in children. *N Z Med J*. 1997;110:249–250.

104. Cleary JE, Omer GE Jr. Congenital proximal radio-ulnar synostosis: Natural history and functional assessment. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67:539–545.
105. Jones K, Weiner DS. The management of forearm fractures in children: A plea for conservatism. *J Pediatr Orthop.* 1999;19:811–815.
106. Voto SJ, Weiner DS, Leighley B. Use of pins and plaster in the treatment of unstable pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop.* 1990;10:85–89.
107. Gandhi RK, Wilson P, Mason Brown JJ, et al. Spontaneous correction of deformity following fractures of the forearm in children. *Br J Surg.* 1962;50:5–10.
108. Hogstrom H, Nilsson BE, Willner S. Correction with growth following diaphyseal forearm fracture. *Acta Orthop Scand.* 1976;47:299–303.
109. Bartl V, Gal P, Skotáková J, et al. Treatment of redislocated fragments of long bones using plaster cast wedging. *Rozhl Chir.* 2002;81:415–420.
110. Keenan WNW, Clegg J. Intraoperative wedging of casts: Correction of residual angulation after manipulation. *J Pediatr Orthop.* 1995;15:826–829.
111. Blount WP. Forearm fractures in children. *Clin Orthop Relat Res.* 1967;51:93–107.
112. Victor J, Mulier T, Fabry G. Refracture of radius and ulna in a female gymnast. A case report. *Am J Sports Med* 1993;21:753
113. Landin LA. Epidemiology of children's fractures. *J Pediatr Orthop B.* 1997;6:79–83.
114. Tredwell SJ, Van Peteghem K, Clough M. Pattern of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1984;4:604–608.
115. Schwarz N, Pienaar S, Schwarz AF. Refracture of the forearm in children. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78:740.
116. White AA, Panjabi MM, Southwick WO. The four biomechanical stages of fracture repair. *J Bone Joint Surg Am.* 1977;59:188–192.

117. Bednar DA, Grandwilewski W. Complications of forearm-plate removal. *Can J Surg* 1992;35:428.
118. Hidaka S, Gustilo RB. Refracture of bones of the forearm after plate removal. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66:1241.
119. Kessler SB, Deiler S, Schiffli-Deiler M. Refractures: A consequence of impaired local bone viability. *Arch Orthop Trauma Surg* 1992;111:96.
120. Rosson JW, Shearer JR. Refracture after the removal of plates from the forearm. An Avoidable Complication. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73:415.
121. Stern PJ, Drury WJ. Complications of plate fixation of forearm fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1983;175:25.
122. Arunachalam VS, Griffiths JC. Fracture recurrence in children. *Injury* 1975;7:37.
123. Curry JD, Butler G. The mechanical properties of bone tissue in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57:810–814.
124. Greiwe RM, Mehlman CT, Moon E, et al. Stiffness following displaced pediatric both-bone forearm fractures: A meta-analysis. Paper presented at: Annual Meeting of the Orthopaedic Trauma Association; October 5–7, 2006; Phoenix, AZ.
125. Nilsson BE, Obrant K. The range of motion following fracture of the shaft of the forearm in children. *Acta Orthop Scand.* 1977;48:600–602.
126. Amit Y, Salai M, Chechik A, et al. Closing intramedullary nailing for the treatment of diaphyseal forearm fractures in adolescence: A preliminary report. *J Pediatr Orthop.* 1985;5:143–146.
127. Bellemans M, Lamoureux J. Indications for immediate percutaneous intramedullary nailing of complete diaphyseal forearm shaft fractures in children. *Acta Orthop Belg.* 1995;61(suppl I):169–172.
128. Fiala M, Carey TP. Paediatric forearm fractures: An analysis of refracture rate. *Orthop Trans.* 1994–1995;18:1265–1266.

129. Younger AS, Tredwell SJ, Mackenzie WG, et al. Accurate prediction of outcome after pediatric forearm fracture. *J Pediatr Orthop*. 1994;14:200–206
130. Blackburn N, Ziv I, Rang M. Correction of the malunited forearm fracture. *Clin Orthop Relat Res*. 1984;188:54–57.
131. Meier R, Prommersberger KJ, Lanz U. Surgical correction of malunited fractures of the forearm in children. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2003;141:328–335.
132. Fike EA, Bartal E. Delayed union of the distal ulna in a child after both-bone forearm fracture. *J South Orthop Assoc*. 1998;7:113–116.
133. Song KS, Kim HK. Nonunion as a complication of an open reduction of a distal radial fracture in a healthy child: A case report. *J Orthop Trauma*. 2003;17:231–233.
134. Crawford AH Jr, Bagamery N. Osseous manifestations of neurofibromatosis in childhood. *J Pediatr Orthop*. 1986;6:672–688.
135. Crawford AH, Schorry EK. Neurofibromatosis in children: The role of the orthopaedist. *J Am Acad Orthop Surg*. 1999;7:217–230.
136. Jacobsen FS, Crawford AH. Complications in neurofibromatosis. In: Epps CH, Bowen JR, eds. *Complications in Pediatric Orthopaedic Surgery*. Philadelphia, PA: JB Lippincott; 1995:678–680.
137. Manske PR. Forearm pseudarthrosis-neurofibromatosis: Case report. *Clin Orthop Relat Res*. 1979;139:125–127.
138. Lavelle DG. Delayed union and nonunion of fractures. In: Canale ST, ed. *Campbell's Operative Orthopaedics*. 10th ed. St. Louis, MO: Mosby; 2003:3125–3127.
139. Vince KG, Miller JE. Cross-union complicating fracture of the forearm: Part II: Children. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69:654–661.
140. Ogün TC, Sarlak A, Arazi M, et al. Posttraumatic distal radioulnar synostosis and distal radial epiphyseal arrest. *Ulus Travma Derg*. 2002;8:59–61.

141. Roy DR. Radioulnar synostosis following proximal radial fracture in child. *Orthop Rev.* 1986;15:89–94.
142. Luhmann SJ, Schootman M, Schoenecker PL, et al. Complications and outcomes of open pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop.* 2004;24:1–6.
143. Proubasta IR, De Sena L, Caceres EP. Entrapment of the median nerve in a greenstick forearm fracture: A case report and review of the literature. *Bull Hosp Jt Dis.* 1999;58:220–223.
144. Fee NF, Dobranski A, Bisla RS. Gas gangrene complicating open forearm fractures. Report of five cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1977;59:135–138.
145. Morrey BF, Askew LJ, Chao EY. A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63:872–877.
146. Luhmann SJ, Gordon JE, Schoenecker PL. Intramedullary fixation of unstable both-bone forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1998;18:451–456.
147. Genelin F, Karlbauer AF, Gasperschitz F. Greenstick fracture of the forearm with median nerve entrapment. *J Emerg Med.* 1988;6:381–385.
148. Huang K, Pun WK, Coleman S. Entrapment and transection of the median nerve associated with greenstick fractures of the forearm: A case report and review of the literature. *J Trauma.* 1998;44:1101–1102.
149. Prosser AJ, Hooper G. Entrapment of the ulnar nerve in a greenstick fracture of the ulna. *J Hand Surg Br.* 1986;11:211–212.
150. Stahl S, Rozen N, Michaelson M. Ulnar nerve injury following midshaft forearm fractures in children. *J Hand Surg Br.* 1997;22:788–789.
151. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of 1025 open fractures of long bones: Retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58:453–458.
152. Nieman R, Maiocco B, Deeney VF. Ulnar nerve injury after closed forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1998;18:683–685.

153. Holmes JR, Louis DS. Entrapment of pronator quadratus in pediatric distal radius fractures: Recognition and treatment. *J Pediatr Orthop.* 1994;14:498–500.
154. Watson PA, Blair W. Entrapment of the index flexor digitorum profundus tendon after fracture of both forearm bones in a child. *Iowa Orthop J.* 1999;19:127–128.
155. Griffet J, el Hayek T, Baby M. Intramedullary nailing of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop B.* 1999; 8:88–89.
156. Rang M, Armstrong P, Crawford AH, et al. Symposium: Management of fractures in children and adolescents, parts I & II. *Contemp Orthop.* 1991; 23: 517–548; 621–644.
157. Rang M. *Children's Fractures.* 2nd ed. Philadelphia, PA: JB Lippincott; 1982:203.
158. Yuan PS, Pring ME, Gaynor TP, et al. Compartment syndrome following intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop.* 2004;24:370–375.
159. Canale S.T. *Chambells's Operative Orthopaedics* 2003;10:3742-3743.
160. Stanton RP, Malcolm JR, Wesdock KA, et al. Reflex sympathetic dystrophy in children: An orthopaedic perspective. *Orthopedics.* 1993;16:773–780.
161. Wilder RT, Berde CB, Wolohan M, et al. Reflex sympathetic dystrophy in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74:910–919.
162. Lee BH, Scharff L, Sethna NF, et al. Physical therapy and cognitive-behavioral treatment for complex regional pain syndromes. *J Pediatr.* 2002; 141:135–140.
163. Qidwai S.A..Treatment of Diaphyseal Forearm Fractures in Children by Intramedullry Kirschner Wire.The Journal of Trauma. 2001; 50: 303-307.
164. Chung KC, Spilson SV. The frequency and epidemiology of hand and forearm fractures in the United States. *J Hand Surg. Am.* 2001; 26: 908-915.

165. Mann DC, Rajmaira S. Distribution of physeal and nonphyseal fractures in 2650 long-bone fractures in children aged 0-16 years. *J Pediatr. Orthop.* 1990; 10: 713-716.
166. John M. Flynn. Eleven years experience in the operative management of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2010; 30:313–319.
167. Jeffrey E. Martus, Ryan K. Complications and outcomes of diaphyseal forearm fracture intramedullary nailing: A comparison of pediatric and adolescent age groups. *J Pediatr Orthop* 2013; 33:598–607.
168. A. Salonen, H. Salonen. A critical analysis of postoperative complications of antebrachium TEN-nailing in 35 children. *Scandinavian Journal of Surgery* 101: 216–221, 2012.
169. Lindley Wall, June C. O'Donnell. Titanium elastic nailing radius and ulna fractures in adolescents. *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 2012; 21:482–488.
170. Amanda Lyman, Daniel Wenger. Pediatric diaphyseal forearm fractures: epidemiology and treatment in an urban population during a 10-year period, with special attention to titanium elastic nailing and its complications. *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 2016, 00:00–00.
171. Rajesh Kapila, Rakesh Sharma. Evaluation of clinical outcomes of management of paediatric bone forearm fractures using titanium elastic nailing system: A prospective study of 50 cases. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2016 Nov, 10(11):12-15.
172. Namık Şahin M.D., Yavuz Akalın M.D. ESIN and K-wire fixation have similar results in pediatric both-bone diaphyseal forearm fractures. *Ulus.Travma Acil Cerrahi Derg*, September 2017; 23: 5.
173. D. Lu, Z. Lin. Treatment of pediatric forearm midshaft fractures: Is there a difference between types of orthopedic surgeon? *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2017; 103:119–122.

174. Mehmet Arıcan , Kazım Solak. Çocuk Ön Kol Kırıklarında Titanyum Kanal İçi Elastik Çivileme Tedavi Sonuçlarımız. Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2015; 5, 3:5-9.
175. Fernandez FF, Langendörfer M, Wirth T, Eberhardt O. Failures and complications in intramedullary nailing of children's forearm fractures. J Child Orthop. 2010; 4(2): 159-7.
176. Serbest S, Tosun HB, Kılıç S, Gökçe H, Çelik S. The Results of Surgical Management of Unstable Both Bone Forearm Fractures in Children. J Clin Anal Med. 2013; 4(6): 447-9.
177. Madhuri V, Dutt V, Gahukamble AD, Tharyan P. Conservative interventions for treating diaphyseal fractures of the forearm bones in children. 2013; 4:87-75.
178. Zions LE, Zalavras CG, Gerhardt MB. Closed treatment of displaced diaphyseal both-bone forearm fractures in older children and adolescents. J Pediatr Orthop 2005; 25:507–512.
179. Houghston JC. Fractures of the forearm in children. J Bone Joint Surg Am. 1962;16:78–93.
180. Kasten P., Kref M., Hesselbach J., Weinberg M.A. How Does Torsional Deformity of the Radial Shaft Influence Rotation of the Forearm: A biomechanical Study. Journal of Orthopedic Trauma. 2003;17(1):57-60.
181. Kang SN, Mangwani J, Ramachandran M, Paterson JM, Barry M. Elastic intramedullary nailing of paediatric fractures of the forearm: a decade of experience in a teaching hospital in the United Kingdom. J Bone Joint Surg Br 2011; 93:262–265.
182. Gökhan MERİÇ, Bülent KİŞİN. Çocuk önkol kırıklarının cerrahi tedavisinde kanal içi elastik çivileme; 23 hastanın geriye dönük analizi. Balıkesir Sağlık Bil Derg Ağustos 2012;1:2.
183. Jubel A, Andermahr J, Isenberg J, et al. Outcomes and complications of elastic stable intramedullary nailing for forearm fractures in children. J Pediatr Orthop B. 2005;14:375–380.

184. Garg NK, Ballal MS, Malek IA, et al. Use of elastic stable intramedullary nailing for treating unstable forearm fractures in children. *J Trauma*. 2008;65:109–115.
185. Dodds SD, Grey MA, Bohl DD, Mahoney EM, De Luca PA. Clinical and radio-graphic outcomes of supracondylar humerus fractures treated surgically by pediatric and non-pediatric orthopedic surgeons. *J Child Orthop* 2015;9:45–53.
186. Shrader MW., Stans AA. Nonunion of fractures in pediatric patients: 15-year experience at a level I trauma center. *Orthopedics* 2009;32:6.
187. Patel A, Li L, Anand A. Systematic review: functional outcomes and complications of intramedullary nailing versus plate fixation for bothbone diaphyseal forearm fractures in children. *Injury* 2014;45:1135–43.
188. Feng Y, Shui X, Wang J, Cai L, Wang G, Hong J. Comparison of hybrid fixation versus dual intramedullary nailing fixation for forearm fractures in older children: Case-control study. *Int J Surg* 2016;30:7–12.
189. Wyrsh B, Mencio GA, Green NE. Open reduction and internal fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1996;16:644–50.
190. Lascombes P, Haumont T, Journeau P. Use and abuse of flexible intramedullary nailing in children and adolescents. *J Pediatr Orthop*. 2006;26:827–834.