



T.C
ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

**Büyüme Çizgisi Kırıklarının Tanısında Nokta Bakım Ultrasonografinin
Doğruluğunun Değerlendirilmesi**

Dr. Onur GÜRKAN

Tıpta Uzmanlık Tezi

ALANYA - 2025



T.C

ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

**Büyüme Çizgisi Kırıklarının Tanısında Nokta Bakım Ultrasonografinin
Doğruluğunun Değerlendirilmesi**

Dr. Onur GÜRKAN

Tıpta Uzmanlık Tezi

Danışman

Prof. Dr. Nalan KOZACI

ALANYA – 2025

TEZ KABUL VE ONAY SAYFASI

ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
DEKANLIĞI'NA,

Dr. Onur Gürkan'a ait "Büyüme Çizgisi Kırıklarının Tanısında Nokta Bakım Ultrasonografinin Doğruluğunun Değerlendirilmesi" adlı çalışma jürimiz tarafından Acil Tıp Anabilim Dalı'nda Tıpta Uzmanlık Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.



İmza

Jüri başkanı Prof. Dr. Nalan Kozacı

Üye Prof. Dr. Banu Karakuş Yılmaz

Üye Prof. Dr. Ali Kemal Erenler

ETİK KURUL ONAYI: Bu çalışma için, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Yayın Etiği Kurulu'nun 04/12/2024 tarih ve 26-03 karar numaralı onayı alınmıştır.

TEŞEKKÜR

Doğup büyüdüğüm şehir olan Alanya’da Acil Tıp Anabilim Dalı’nı kurarak, memleketimde doktorluk yapmama vesile olan, 4 yıl boyunca gece gündüz demeden sahip olduğu tüm bilgileri aktarmaya çalışan, bir acil doktorunun nasıl olması gerektiğini bana gösteren, tez süreci dahil asistanlık hayatımda sürekli desteğini hissettiğim değerli hocam Prof. Dr. Nalan Kozacı’ya yürekten teşekkürlerimi sunuyorum. Kliniğimiz hala yeniyken öğretim kadrosuna katılan ve yolun başından itibaren yanımızda olan Prof. Dr. Banu Karakuş Yılmaz’a ve Dr. Öğr. Üyesi İsmail Erkan Aydın’a minnettarım. Kliniğimizin diğer hocaları olan Dr. Öğr. Üyesi Selçuk Eren Çanakçı’ya, Prof. Dr. Atıf Bayramoğlu’na ve Prof. Dr. Ali Kemal Erenler’e teşekkür ederim.

4 yıllık asistanlık hayatım boyunca her koşulda yanımda olan ve beni destekleyen annem, babam, ablam ve yeğenlerime teşekkür ediyor ve onlara sahip olduğum için çok şanslı olduğumu biliyorum.

Üniversite yıllarımdan beri hayatımda olan, asistanlık sürecimdeki olayları kendi tabiriyle günlüğümmüş gibi anlattığım Muhammed Mustafa Şen’e ve yine üniversiteden beri en yakınlarımdan biri olan üzüntümü, kederimi, neşemi paylaştığım Enes Direkoğlu’na varlıkları için teşekkür ederim.

Klinikte beraber nöbet tuttuğum, acil servisteki yoğunluğa birlikte göğüs gerdiğimiz asistan, hemşire, sekreter, personel ve tekniker arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Asistanlığımın başından beri beraber çalıştığım, hastane içinde ve dışında yoldaşım olan, yurtdışında birlikte seyahatlere çıktığımız, sırt sırta verip de yapamayacağımız bir şey olmayan, arkadaşım Songül Çolak’a teşekkürlerimi bildiriyorum.

Dr. Onur Gürkan

ÖZET

Gürkan O. Büyüme Çizgisi Kırıklarının Tanısında Nokta Bakım

Ultrasonografinin Doğruluğunun Değerlendirilmesi

Acil Tıp Anabilim Dalı Tıpta Uzmanlık Tezi

Alanya, 2025

Bu tez çalışmasının amacı, acil servise travma nedeni ile başvuran ve fizik muayenesinde büyüme çizgisi kırığı şüphesi olan pediatrik hastalarda, kırıklarının tanısı ve kırık özelliklerinin tanımlanmasında Point of Care Ultrasound (POCUS)'un etkinliğini direk grafi (XR) ile karşılaştırılarak ortaya koymaktır.

Prospektif olarak yapılan bu tez çalışmasına acil servise travma nedeniyle başvuran, hayati tehlikesi olmayan, klinik bulguları stabil olan, fizik muayenede büyüme çizgisi kırık şüphesi olan 0-18 yaş arasındaki çocuk hastalar alındı. Hastaları değerlendiren ilk hekim POCUS muayenesi yaptı, ikinci hekim XR görüntülerini yorumladı. XR ve POCUS görüntülerinde kırık varlığı, fizise uzanımı, ekleme uzanımı açılanma, basamaklanma, kırık tipi, çıkık ve Salter-Harris (SH) sınıflaması değerlendirildi. POCUS'un XR'a göre doğruluğunu değerlendirmek için ROC (Receiver operating characteristic) analizi ve Kappa (κ) değeri kullanıldı. κ büyüklüğüne göre uyumluluk derecelendirildi. κ değerinin 0.75'ten büyük olması mükemmel uyum; 0.75-0.40 arası orta uyum; 0.40'ın altında olması ise zayıf uyum olarak kabul edildi.

Çalışmaya 117 hasta alındı. Bu hastaların 85'inde kırık saptandı. XR ile karşılaştırıldığında POCUS'un kırığı saptamada sensitivitesi %97, spesifitesi %94, fizis kırığını saptamada sensitivitesi %94, spesifitesi %96, ekleme uzanan kırığı saptamada sensitivitesi %60, spesifitesi %71 bulundu. Açılanma, basamaklanma ve komşu kemik kırığı için sensitivite %100 olarak hesaplandı. POCUS'un XR'a göre kırıkların tiplendirilmesinde kappa değeri 0.881; çıkıkların tespit edilmesinde 0.742 bulundu. XR'da tespit edilen fizis kırıklarının 8'i (%50) SH tip II, 3'ü (%19) SH tip III, 5'i (%31) SH IV idi. SH sınıflamasında POCUS'un XR'a göre kappa değeri 0.682 bulundu. POCUS ile hastaların 30'unda (%26) dokuda hematoma ve 5'inde (%4) hemartroz saptandı.

Çocuklarda travmaya bağlı kemik kırıklarının görüntülenmesinde, fizise uzanan kırıkların saptanmasında POCUS'un duyarlılığı yüksektir. Aynı zamanda POCUS ile yumuşak doku yaralanmaları görüntülenebilir. Buna karşılık kırığın eklem içine uzanımında, çıkıkların tespit edilmesinde ve SH sınıflamasında XR ile POCUS arasında orta düzeyde uyum vardır.

Anahtar Kelimeler: Fizis, kırık, çocuklar, direkt grafi, POCUS



ABSTRACT

Gurkan O. Evaluation of the Accuracy of Point-of-Care Ultrasonography in the Diagnosis of Growth Line Fractures

Department of Emergency Medicine Specialization Thesis

Alanya, 2025

The aim of this thesis study is to demonstrate the effectiveness of Point of Care Ultrasound (POCUS) in the diagnosis of fractures and identification of fracture characteristics in pediatric patients with suspected growth line fracture on physical examination who presented to the emergency department due to trauma and compare it with plain radiography (XR).

In this prospective thesis study, children aged 0-18 years who applied to the emergency department due to trauma, who were not in life-threatening condition, whose clinical findings were stable, and who had suspected growth line fractures on physical examination were included.

The first physician who evaluated the patients performed POCUS examination and the second physician interpreted the XR images. The presence of fracture, extension to the physis, extension to the joint, angulation, stepping, fracture type, dislocation, and Salter-Harris (SH) classification were evaluated in XR and POCUS images. ROC (Receiver operating characteristic) analysis and Kappa (κ) value were used to evaluate the accuracy of POCUS compared to XR. The agreement was graded according to the κ magnitude. A κ value greater than 0.75 was considered excellent agreement; between 0.75-0.40 was considered moderate agreement; and below 0.40 was considered poor agreement.

117 patients were included in this study. Fractures were detected in 85 of these patients. Compared to XR, POCUS had a sensitivity of 97% and specificity of 94% in detecting fractures, a sensitivity of 94% and specificity of 96% in detecting physis fractures, and a sensitivity of 60% and specificity of 71% in detecting fractures extending to the joint. Sensitivity was calculated as 100% for angulation, stepping, and adjacent bone fractures. The kappa value of POCUS in the typing of fractures according to XR was 0.881; and in the detection of dislocations, it was 0.742. Of the physis fractures detected on XR, 8 (50%) were SH type II, 3 (19%) were SH type III, and 5 (31%) were SH IV. The kappa value of POCUS

compared to XR in SH classification was found to be 0.682. POCUS revealed tissue hematoma in 30 (26%) patients and hemarthrosis in 5 (4%) patients.

POCUS has a high sensitivity in the visualization of trauma-related bone fractures in children and in the detection of fractures extending to the physis. Soft tissue injuries can also be visualized with POCUS. On the other hand, there is moderate agreement between XR and POCUS in the extension of the fracture into the joint, in the detection of dislocations and in SH classification.

Keywords: Physis, fracture, children, plain radiography, POCUS



İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAY SAYFASI.....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	IX
KISALTMALAR.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Kırık tanımı ve etyolojisi.....	3
2.2. Kırık belirtisi/bulguları.....	3
2.3. Kırık sınıflandırması.....	3
2.3.1. Plastik deformasyon.....	3
2.3.2. Torus kırığı.....	3
2.3.3 Yaş Ağaç kırığı.....	4
2.3.4. Komplet kırıklar.....	4
2.3.5. Fizis kırıkları.....	5
2.4. Çocuk Kemiği Özellikleri.....	5
2.4.1. Fizis Anatomisi.....	5
2.4.2. Fizis Kanlanması.....	6
2.4.3. Fizis kırıklarının sınıflandırması.....	6
2.4.4. Fizis kırıklarının tanısı ve takibinde görüntüleme.....	8

2.4.4.1 Direkt Grafi (XR).....	8
2.4.4.2. Ultrasonografi (US).....	9
2.4.4.3 Bilgisayarlı Tomografi (CT).....	14
2.4.4.4. Manyetik Rezonans (MR).....	14
2.5. Fizis kırıklarının yönetimi.....	15
2.6. Fizis kırıklarında komplikasyonlar.....	16
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	17
4. BULGULAR.....	22
5. TARTIŞMA.....	33
6. SONUÇ.....	38
KAYNAKÇA.....	40
EKLER.....	44

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

ACS: Acute Compartment Syndrome

AUC: Area Under Curve

Av: Avulsiyon

AP: Anteroposterior

CI: Confidence Interval

CT: Bilgisayarlı (Computed) Tomografi

IBM: International Business Machines

IL: Illinois

MR: Manyetik Rezonans

NPV: Negatif Prediktif Değer

POCUS: Point of Care Ultrasound

PPV: Pozitif Prediktif Değer

ROC: Receiver operating characteristic

SD: Standart Derivation

Se: Sensitivite

SH: Salter-Harris

Sp: Spesifite

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

US: Ultrason

XR: Direkt grafi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Salter-Harris Sınıflaması.....	7
Şekil 2.2. Sağ distal radius fizis hattının ultrason görüntüsü.....	11
Şekil 2.3. Distal ulna fizis hattının ultrason görüntüsü.....	11
Şekil 2.4. Distal tibia fizis hattının ultrason görüntüsü.....	12
Şekil 2.5. Patellanın transvers kesit görüntüsü.....	12
Şekil 2.6. Distal femurda epifizin ultrason görüntüsü.....	13
Şekil 2.7. Dirsekte humerus distali ve radius başının ultrason görüntüsü.....	13
Şekil 3.1. Distal radiusta epifiz bölgesinin transvers kesitte incelenmesi.....	21
Şekil 3.2. Distal radiusta epifiz bölgesinin longitudinal kesitte incelenmesi.....	21
Şekil 4.1. POCUS'un kırığı saptamadaki sensitivite ve spesifitesini gösteren ROC eğrisi..	25
Şekil 4.2. POCUS'un fizis kırığı saptamadaki sensitivite ve spesifitesini gösteren ROC eğrisi.....	25
Şekil 4.3. POCUS'un ekleme uzanan kırığı saptamadaki sensitivite ve spesifitesini gösteren ROC eğrisi.....	26
Şekil 4.4. 8 yaşında erkek çocukta açılanma olan distal radius kırığı.....	30
Şekil 4.5. 6 yaşında erkek çocukta POCUS'ta hemartroz görüntüsü.....	30
Şekil 4.6. Distal tibia fraktörü ve kas içi hematoma POCUS görüntüsü.....	31
Şekil 4.7. Distal fibulada fraktürün POCUS görüntüsü.....	31
Şekil 4.8. Salter-Harris Tip 2 tipi fraktür US görüntüsü.....	32
Şekil 4.9. Salter-Harris Tip 2 tipi fraktür XR görüntüsü.....	32

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. POCUS ile Büyüme çizgisi kırıklarının saptanmasında Kozacı protokolü.....	19
Tablo 3.2. Radyografi görüntülerinin yorumlanmasında Modifiye Kozacı Protokolü.....	19
Tablo 4.1. Hastaların travma nedenleri.....	22
Tablo 4.2. Çalışmaya alınan hastaların özellikleri.....	22
Tablo 4.3. Fizik muayene bulguları ile XR ve POCUS'ta saptanan kırık oranı.....	23
Tablo 4.4. Kemik alanlarına göre XR ve POCUS ile saptanan kırık oranları.....	24
Tablo 4.5. XR'a göre POCUS'un kırıkların özelliklerini saptama oranları.....	27
Tablo 4.6. XR ile POCUS'un kırık tipi karşılaştırması.....	28
Tablo 4.7. Salter-Harris sınıflamasında POCUS'un XR'a göre doğruluğu.....	29

1. GİRİŞ

Çocuklarda gelişen kemik kırıklarının %18-30'u uzun kemiklerin uzamasından sorumlu olan büyüme çizgisini (fizis) içermektedir. Fizis kırıkları, parsiyel ya da tamamen kemik büyüme gelişimi durmasına, kemikte açısal bozukluklara sebep olması ve ekstremiteler arasında boyut farkına sebep olması açısından önemlidir (1).

Direkt grafi (XR) uzun kemik kırıklarının görüntülemesinde rutin olarak kullanılmaktadır. Standart posterioanterior ve lateral grafi ile kırığın özelliklerini ortaya koymak gerekir. İhtiyaca göre internal oblik, eksternal oblik, tünel veya tanjansiyel grafi eklenebilir. Radyografinin yetersiz kaldığı durumlarda ise kırık parçalarının ve eklem yüzeyinin daha iyi değerlendirilmesi için bilgisayarlı tomografiden (CT) yararlanılmaktadır. Bu görüntüleme yöntemleri zaman alabilir ve acil servisteki bekleme süresinin artmasına sebep olabilir (2). Bunun yanı sıra iyonize radyasyon içermesi çocuklar ve onların kemik gelişimi açısından sorun oluşturabilir (2,3).

Ultrasonografi (US) acil servise travma ile gelen hastaların değerlendirilmesinde 1980'den beri kullanılmaktadır. Acil serviste çoklu travma olan hastaların US ile değerlendirilmesi ile tedavi kalitesinin arttığı klinik çalışmalar ile gösterilmiştir (4,5).

Ultrasonografi, kas-iskelet sistemi değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır. Noninvaziv ve hızlı bir görüntüleme yöntemidir. US ile tendonlar, bağlar, kaslar, sinovyal boşluk, eklem kıkırdığı ve çevre yumuşak dokular dahil olmak üzere ekstremitte bileşenlerini etkileyen çok çeşitli patolojik durumlar hakkında klinik olarak yararlı bilgiler sağlanabilir. Ek olarak, çocuklarda büyüme çizgisinin görüntülenmesi ve sağlam taraf ile karşılaştırılması mümkündür. US, düşük maliyetlidir ve gerçek zamanlı değerlendirme sağlar. Taşınabilir olmasından dolayı, savaş, deprem gibi afet durumlarında ve hastane öncesi ortamlarda kullanılabilir. Başlıca dezavantajı operatör bağımlılığıdır, yüksek çözünürlüklü cihazlara ve eğitilmiş deneyimli operatörlere ihtiyaç duyar (6-8).

Günümüzde US acil doktorları tarafından birçok hastalığın tanısında yüksek hassasiyet ve özgüllükle kullanılmaktadır. US teknolojisinin gelişmesi ve US kullanan doktorların tecrübesinin artmasıyla bu teknikten faydalanma artmıştır (2).

Acil servislerde kırıkların tanısı ve tedavi seçiminde, kırıkların redüksiyonunda point of care ultrasonografi (POCUS) kullanımını ve etkinliğini gösteren birçok çalışma

yapılmıştır. Pediatrik hastalarda fizis kırıklarını ve yumuşak dokuları değerlendiren çalışmalar da vardır (4–11). Bununla birlikte ekstremit travmalarında kemiklerinin tümünde büyüme çizgisi kırıklarının birlikte değerlendirildiği US çalışması yoktur.

Bu tez çalışmasının amacı, acil servise travma nedeni ile başvuran ve fizik muayenesinde büyüme çizgisi kırığı şüphesi olan pediatrik hastalarda, kırıklarının tanısı ve kırık özelliklerinin tanımlanmasında POCUS'un etkinliğini direk grafi ile karşılaştırılarak ortaya koymaktır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kırık tanımı ve etyolojisi

Kemikte gerçekleşen parsiyel veya tamamen olan ayrışma kırık olarak tanımlanmaktadır. Kemiğin yapısal olarak dayanabileceği kuvvetten daha fazla miktarda bir darbeye maruz kalması sonucu gerçekleşir (12).

Ekstremitelerde kırığa sebep olacak travma sebepleri arasında araç içi ve dışı trafik kazaları, bisiklet kazaları, sporla ilişkili yaralanmalar, düşmeler ve istismar yer alır. Bebeklerde, okul öncesi çocuklarda, okul dönemi çocuklarda ve genç erişkinlerde bu sebeplerin sıklığı değişiklik göstermektedir (13).

2.2. Kırık belirtisi/bulguları

Travma ile acil servise başvuran hasta sadece yumuşak doku zedelenmesi ile gelebileceği gibi, kapalı/açık kırık, damar yaralanması, ekstremitte amputasyonuna varan ileri derecelerde yaralanma çeşitleriyle gelebilir. Bu gibi durumlarda sistem muayenelerinin geniş ve kapsamlı bir şekilde yapılması önem arz etmektedir. Fizik muayenede, deformite, krepitasyon, ekimoz, eklem hareketlerinde kısıtlılık, şişlik, ağrı gibi bulgular gözlenebilir (14).

2.3. Kırık sınıflandırması

Çocukluk çağında görülen ekstremitte kırıkları; torus kırığı, plastik deformasyon, yaş ağaç kırığı, komplet kırıklar ve büyüme çizgisi kırıkları olarak kategorize edilebilir.

2.3.1. Plastik deformasyon

Çocukluk çağına özel bir kırık şeklidir. Çoğunlukla ulnada gelişir. Kemiğe uygulanan uzunlamasına bir gerilim kemiğin bükülmesine sebep olur. Periost tamamen korunmuştur. Direkt grafide herhangi bir kırık hattı gözlenmez.

2.3.2. Torus kırığı

Plastik deformasyon gibi bu kırık çeşide de çocukluk çağına özgüdür. Kemiğin aksiyel düzlemindeki bir gerilim sebebiyle oluşur. Metafizle diyafiz arasındaki kesişim bölgesinde görülür. Normal eğiminde devam etmesi gereken kemik korteksinde akut bir açılanma gözlenir. Bu açılanma torus denilen Antik Yunan sütunlarının tabanına benzetildiği

için bu kırık türü bu şekilde adlandırılır. Direkt grafide lateral açıdan belli olmayabileceği için anteroposterior açıdan değerlendirilmesi önemlidir.

2.3.3. Yaş Ağaç kırığı

Uzun bir kemiğin shaftına uygulanan gerilim kuvvetinden sonra oluşan imkomplet olan kırık şekline denir. Oluş mekanizması henüz tam olgunlaşmamış bir dalın kırılmasına benzetildiği için bu şekilde adlandırılmıştır. Kuvvet uygulanan taraf bükülmesine karşın sağlam kalır, ama karşı taraf tamamen kırılır (15).

2.3.4. Komplet kırıklar

Kemiğin bir uçtan diğer ucuna boylu boyunca ayrışması ile oluşan kırıklardır (16). Kemik boyunca kırığın uzanım şekline bağlı olarak; spiral, oblik, transvers, longitudinal ve parçalı şeklinde olabilir (17).

Spiral kırıklar kemiğe uygulanan rotasyonel bir kuvvet ile oluşan kırıklardır. Çocuk istismarı ile ilişkilendirilebilmeleri açısından dikkat edilmesi önemlidir. Periost sağlam kalmışsa, kırılma esnasında uygulanan rotasyonel hareketin doktor tarafından tersine çevrilmesi suretiyle kırığın onarımı sağlanabilir.

Oblik kırıklar kemiğin ekseninden çapraz olarak ilerleyen diyafiz boyunca uzanan kırıklardır. Bu tarz kırıklar anstabil olabileceğinden redüksiyonla birlikte sabitleme yapılması önemlidir (16). Longitudinal kırıklar kemiğin uzun eksenini boyunca seyreder.

Parçalı kırıklarda, kemik birkaç yerinden kırılır ve bu farklı büyüklükteki bu parçalar farklı yönlerde dağılır. Çocuklarda nadir olan bu tarz kırıklar kemik korteksi olgunlaşmasına bağlı olarak ergenlerde daha çok görülür (17).

Transvers kırıklar kemiğin uzun eksenine dik bir şekilde uzanan kırık hattının görüldüğü kırıklardır. Kol veya bacağı alınan darbenin direkt kemiğe iletilmesi şeklinde kırık hattı oluşur. Darbenin şiddeti arttıkça oluşan kırığın deplase olma derecesi de artar (18).

2.3.5. Fizis kırıkları

Fizis ya da büyüme plağı, kas iskelet sistemindeki en özel yapılardan biridir. Çocukluktan yetişkinliğe geçiş döneminde kemiğin uzunlamasına ve enlemesine uzamasından sorumludur. Anatomik ve fizyolojik açıdan kompleks bir bölgedir. Hem sistemik hem de lokal büyüme faktörleri tarafından regüle edilir. Bu bölgede oluşan bir hasar, büyüme plağındaki kıkırdak dokunun kemik dokuya değişmesiyle oluşan fizyel bar denilen oluşuma sebebiyet verebilir. Bu yapı kemik gelişmesini sektete uğratarak kemikte ağısal düzensizlik, ekstremitte kısalığı gibi komplikasyonlara yol açabilir (19).

Kıkırdak yapıda olan büyüme plağı kemik dokudan daha zayıftır. Buna rağmen, epifizin ayrışması için kesme ya da kopma tarzında bir kuvvet gerektiği için, fizis yaralanmasından ziyade kemikte kırık oluşur. Kemik dokuda olduğu gibi, çocuklardaki kas tendon ve lifleri de büyüme plağından daha güçlüdür. Travmaya maruz kalma durumunda tendon ya da lif yırtığı gelişeceğine epifizde avulziyon (kopma) kırığına sebep olur (20).

2.4. Çocuk Kemiği Özellikleri

Çocuklar kemik yapılarındaki değişken oranlardaki kıkırdak yapıdan ve periostlarının daha kalın olmasından dolayı yetişkinlerden daha farklı kırık tiplerine sahiptir. Çocuk iskeletiyle yetişkin iskeleti arasındaki farklılıkları anlamak önemlidir (21).

2.4.1. Fizis Anatomisi

Fizis epifizden başlayarak metafize uzanım gösterecek şekilde 4 farklı bölgeye ayrılır. İlk bölge 'Dinlenme Zonu' olarak adlandırılır ve epifizin bitişiğinde yer alır. Büyük oranda metabolik olarak inaktif durumda olan kondroblastlardan ve germinal matriksten oluşur. İkinci bölge 'Proliferatif Zon' olarak adlandırılır ve ekstrasellüler matriks proteinleri üreten aktif kondrositlerden oluşur. Üçüncü bölge 'Hipertrofik Zon' olarak adlandırılır, daha büyük ve organize olmuş ama daha az miktarda ekstrasellüler matriks proteini üreten kondrositlerden oluşur. Bu bölge sıklıkla 3 alt bölgeye ayrılır: olgunlaşma bölgesi, dejenerasyon bölgesi ve geçici kalsifikasyon bölgesi. Geçici kalsifikasyon bölgesi kalsifiye ve non-kalsifiye ekstrasellüler matriks proteinleri arasında bir geçiş bölgesi içerir, buna bağlı olarak da bu bölge en zayıf bölgedir. Salter ve Harris, histolojik analizle kırık oluşumunun ve fizisyel ayrışmanın genellikle bu bölümde meydana geldiğini göstermiştir. Dördüncü

bölge ‘Kalsifikasyon Zonu’ olarak adlandırılır. Son katmandır ve kıkırdağın kalsifiye olduğu ve kemiğe dönüşmeye başladığı bölgedir.

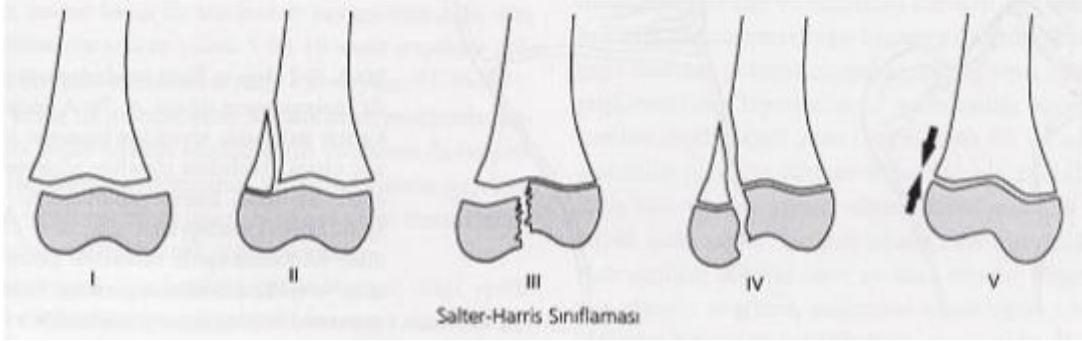
Fizis, Ranvier oluğu ve LaCroix halkasını içeren fibrokartilajinöz doku ile sarılmıştır. Ranvier oluğu fizisin diyafiz tarafındaki ucunda bulunan mikroskobik bir darlıktır. Fizisin büyümesine katkıda bulunan kondroblast, osteoblast ve fibroblastları içerir. LaCroix halkası, Ranvier oluğunun üstünü kaplayan ve epifiz periostunu metafiz periostuna bağlayan, fizisi destekleyen güçlü bir fibröz yapıdır (22).

2.4.2. Fizis Kanlanması

Fizis etrafındaki kanlanmayı anlamak, olası bir fizis fraktürünün yol açabileceği komplikasyonları anlamak açısından önemlidir. Fizis kan tedarikinin büyük çoğunluğunu epifiz bölgesinden sağlarken, metafiz ve perikondrial halkadan da bir miktar kanlanması bulunur. Epifizyel kan dolaşımı ile fiziste bulunan proliferatif ve germinal zonların beslenmesi sağlanmaktadır. Bu kan dolaşımı, Dale ve Harris tarafından iki şekilde sınıflandırılmıştır. A tipinde epifiz bütünüyle eklem kıkırdağı tarafından kaplanmıştır. Damarlar plağın periferinde bulunan perikondriumu geçer ve epifize girer, bu sayede kan dolaşımı sağlanır. Bundan dolayı olası bir fizyel ayrışma veya yaralanmada epifize olan kan akışını sekteye uğratarak avasküler nekroza sebebiyet verebilir. B tipinde ise epifiz tamamen değil kısmen eklem kıkırdağıyla sarılıdır. Damarlar eklem kıkırdağının olmadığı bölgelerden geçerek epifizin korteksine direkt girer ve kanlanmayı sağlar. Buna bağlı olarak fizyel yaralanma, endokondriyal ossifikasyonda geçici bir engelle sebep olur bu da kendini fiziste kalınlaşma olarak gösterir (23).

2.4.3. Fizis kırıklarının sınıflandırması

1963 yılında iki Kanadalı ortopedi uzmanı Robert H. Salter ve W. Robert Harris anatomiye, kırık şekline ve prognoza dayalı bir sınıflandırma sistemi geliştirdi. Salter ve Harris, basınç epifiz ve çekme epifiz olmak üzere iki tip epifiz tanımladı. Basınç epifiz uzunlamasına büyümeyi sağlar, uzun kemiklerin her iki ucunda bulunur, eklem içinde bulunur ve ağırlık taşımakla görevlidir. Buna karşın, çekme epifiz pozisyonel olmayan büyüme sağlar, kas lifinin kökünde ya da kemiğe bağlandığı yerde bulunur, eklem dışında bulunur ve ağırlık taşımaz. Salter-Harris (SH) sınıflaması basınç epifizlerinin yaralanmalarını değerlendirmede kullanılır (22).



Şekil 2.1. Salter-Harris Sınıflaması(24)

Salter-Harris Sınıflaması

- 1) **Tip I:** Bu kırık tipinde fraktür hattı fizisin hipertrofik zonundan geçerek epifizi birbirinden metafizden ayırır. Fizisi daha kalın olan küçük yaştaki çocuklarda bu kırık tipi daha sık görülür. Klinik bulgular radyolojik bulgulara göre daha ön planda olabilir. Hassasiyet ve yumuşak doku ödemi yaralanmanın yegane bulguları olabilir. Bu tarz kırıkların prognozu son derece iyidir.
- 2) **Tip II:** Bu kırık tipinde, fraktür hattı metafizin bir kısmını da içerecek şekilde fizisi parsiyel bir şekilde böler. Bu kırık metafiz parçasına aynı zamanda Thurston Holland parçası da denmektedir. Kırık parçanın periostu hasar görmemiştir, bu da kırık iyileşmesini pozitif yönde etkiler. Bu tip fizis kırığı en sık görülen tiptir (%75) ve prognozu çoğunlukla iyidir.
- 3) **Tip III:** Bu kırık tipinde fizis boyunca ilerleyen ve epifizden de geçerek eklem içine açılan bir fraktür hattı görülür. Bu durum eklem bütünlüğünün bozulmasına, posttravmatik artrite ve hatta kemik büyüme gelişmesinin durmasına sebep olabilir. Bu tip kırığın en sık görülen şekli, fizyel olgunlaşmanın tamamlanmadığı hastalarda görülebilen Tillaux fraktürüdür. Anatomiye uygun olacak bir şekilde redükte edilmediği takdirde bu kırık tipinin prognozu kötüdür.
- 4) **Tip IV:** Bu kırık tipinde fraktür hattı oblik bir şekilde metafizden geçer, fizisten ilerleyerek epifizden eklem içine kadar uzanır. Bu kırık tipinde de Thurston Holland parçası(işareti) görülür. Çocuklarda görülen medial malleol fraktürleri çoğunlukla bu tiptedir.

- 5) **Tip V:** Bu kırık tipinde fizisi etkileyen bir ezilme ya da sıkışma fraktürü mevcuttur. Bu kırık tipine doğru tanı koymak genellikle zordur. Hastanın takibinde fizisin bir tarafının doğru olarak büyüdüğü ama diğer tarafın büyüme göstermediğinin işareti olan asimetrik Park–Harris büyüme çizgileri görülebilir. Nadir olarak görülen ama prognozu en kötü olan kırık tipidir (25).

2.4.4. Fizis kırıklarının tanısı ve takibinde görüntüleme

2.4.4.1. Direkt Grafi (XR)

Direkt grafi, çocuk ve ergenlerde kas-iskelet sistemi travmalarındaki kırık ve çıkıkların tanısında standart görüntüleme yöntemi olmaya devam etmektedir. Büyümeye devam eden, olgunlaşmamış iskeletin radyografik değerlendirmesi yıldan yıla değişir. Büyüme plakları kartilajinöz yapıda olduğundan direkt grafi ile görüntülenemez. Bu yüzden görüntülemenin doğru değerlendirilebilmesi için önemli bir bilgi birikimi gerekir. Bu bilgi birikimi olmadan çekilen görüntünün hastanın yaşına uygun bir görüntü mü ya da travmaya bağlı olup olmadığı anlaşılmayabilir. Bu durumda travmadan etkilenen ekstremiteler ile sağlam ekstremitenin ikisinin de görüntülenip karşılaştırılması hala sık kullanılan bir yöntemdir (26).

Fizis kırığından sonra gelişebilecek kemik büyüme gelişme durmasının tanısını koyabilmek veya önlemek için en iyi metod hastanın takibinde düzenli aralıklarla direkt grafi çekmektir. Risk altında olan hastalarda klinik bir bulgu vermeden önce bu radyografik takibe başlamak önemlidir. Fizyel gelişim bozukluğu kırıktan sonraki birkaç ay içinde belirginleşebildiği gibi daha ilerleyen zamanlarda gelişebilir. Direkt grafi görüntülerinde fizyel gelişim bozukluğuna dair direkt ve indirekt birçok işaret bulunabilir, erken dönemde tanı koyulabilmesi için bu görüntülerin dikkatli incelenmesi gerekir.

CT görüntülemenin sagittal detay üstünlüğünü direkt grafinin düşük iyonize radyasyonuyla birleştiren mikro-doz dijital radyografi, muskuloskeletal görüntüleme için en güncel gelişmelerden biridir. İki dik X ışını ve yüksek derecede hassas dedektörler kemik uzunluğu boyunca aksiyel bir şekilde ilerleyerek yüksek kontrastta AP ve lateral görüntüler elde eder. Bu işlemde hastanın maruz kaldığı radyasyon, CT veya direkt grafide maruz kalınacak radyasyona göre çok düşük miktardadır (27).

2.4.4.2. Ultrasonografi (US)

Point-of-care ultrason, bir sağlık çalışanı tarafından uygulanan yatak başı ultrasonu olarak tanımlanabilir. 1990’larda tanımlanmasından beri ultrason cihazlarının daha taşınabilir, uygun ve yaygın hale gelmesiyle acil serviste travma değerlendirmesinde giderek daha ön plana çıkmıştır. Travmanın erken ve anstabil olabildiği ilk aşamalarda doğru ve hızlı görüntüleme elde etmedeki başarısı oldukça önemlidir (28).

Muskuloskeletelyal ultrasonografi ocuk hastalarda yumuşak doku, kemik ve kırıkrdak yapıdaki yaralanmaları gösterme açısından bize önemli bilgiler sağlar. Travmalarda humerus, radius, ulna, femur gibi uzun kemik kırıklarıyla sınırlı kalmayıp, sternum, klavikula, kaburga gibi ekstremitte dışındaki kemiklerin kırıklarının tespitinde de başarıyla kullanılmaktadır. Damar ve sinir yaralanmalarında, tendon lezyonlarında, kemik ve eklem enfeksiyonlarında görüntülemede, yumuşak dokudaki yabancı cisimlerin tespitinde yardımcı olmaktadır.

Tanı koymakta kullanıldığı gibi aynı zamanda tedavi sürecinde de aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Kırıkların redükte edilmesinde, eklem enfeksiyonlarının tanısı ve tedavisi için sinovyal sıvısının aspirasyonunda, yumuşak dokudaki yabancı cismin çıkartılmasında da ultrasonun dinamik ve çoklu kesitsel görüntüleme üstünlüğünden faydalanılır (29).

Normal kemik korteksi, kemik yapıyı belli edecek şekilde hiperekoik yani parlak-beyaz renkte gözlenirken, kemiğin arka yapısında kalan bölge hipoekoik yani koyu-siyah şekilde gözlenir. Bu ekojenik korteks çizgisinin bir kısmını da periost oluşturur ve kırıklardan sonra gözle görülür hale gelir. Kapanmamış büyüme plağının(fizis) görüntüsü karakteristiktir. Fizis alanı homojen bir şekilde hipoekoiktir, Tamamen ossifiye olmuş yani kapanmış bir büyüme plağı ise düz ekojenik bir çizgi olarak görünür.

Periostun da oluşturduğu ekojenik çizgide düzensizlik veya devamsızlık oluşması kırıklarda gözlenir. Uzun kemiklerde gözlenen iki paralel hiperekojen çizginin oluşumu en sık gözlenen sonografik bulgudur. Ultrasonda kemik korteksi bariz görülebilecek şekilde parlak beyaz olduğu için 1 milimetre boyutundaki kortikal düzensizlikler bile sonografik olarak gözlenebilir. Bu iki korteks arasındaki mesafenin ölçülmesi bize basamaklanmanın ciddiyeti hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar. Kemik korteksinde boşluk, çıkıntı, sapma olması veya kemik korteksi etrafında hematoma olması bize kırık düşündürecek diğer

sonografik bulgulardır. Yaralanmış bölgenin aynı ekstremitedeki sağlıklı bir bölgeyle karşılaştırılması kırığın varlığından emin olmamızı sağlar.

Ultrason görüntülemesi uzun kemiklerin korteksini birden fazla düzlemde görüntüleme açısından bize fayda sağlar. Pelvis, ayak ve ayak bileği gibi kompleks bir anatomiye sahip olan alanların görüntülemesinde invaziv olmayan kesitsel bir görüntüleme aracı olarak ultrasondan faydalanılabilir. Ultrason herhangi bir radyasyon içermez ve çoğunlukla direkt grafiyle aynı bilgileri bize sağlar.

Kemik dışı yapıların ve yumuşak dokuların görüntülemesinde direkt grafi geri plandayken ultrason ve Manyetik Rezonans (MR) ön plandadır. Ultrason görüntülemesinin MR'a kıyasla daha kısa sürede uygulanabilmesi ve daha ucuz bir görüntüleme yöntemi olması ise bu konularda onu daha ön plana çıkarmaktadır. Ultrasonografi travmadan etkilenmiş ekstremiteler ile sağlam ekstremitenin aynı anda değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Sağlam tarafın değerlendirilmesi, olası bir kırığı anatomik varyasyonlardan ayırmada bize fayda sağlar. Özellikle fizisi ilgilendiren yaralanmalarda sağlam taraftaki fizisin genişliğinin ölçülmesi, travmadan etkilenmiş tarafla karşılaştırılarak fizyel bir ayrışmanın mevcudiyeti hakkında bize önemli bilgi verir. Görüntüleme imkanlarının kısıtlı olduğu durumlarda ultrasonografi direkt grafiye faydalı bir alternatif oluşturur. Bekleme, tanı ve tedavi süresini kısaltarak hem hasta hem de hekim için zaman kazandırır (30).



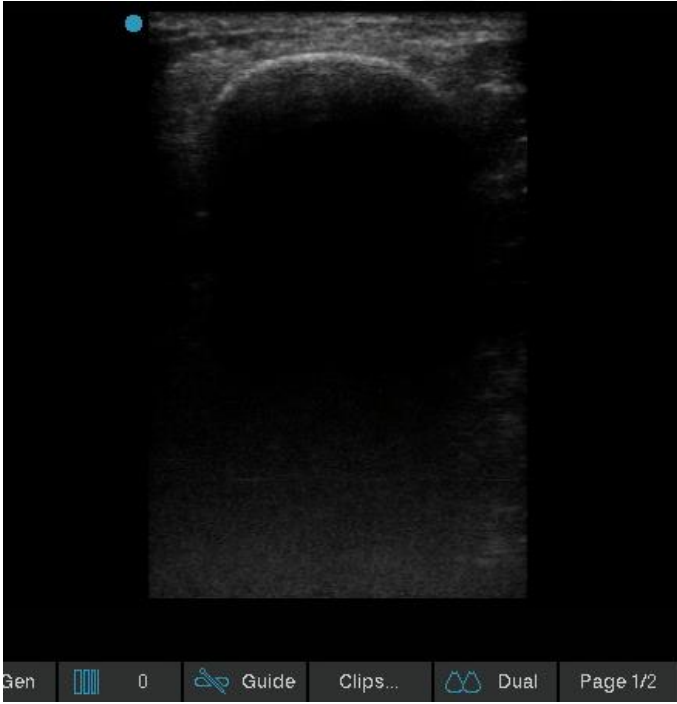
Şekil 2.2. Sağ distal radius fizis hattının ultrason görüntüsü



Şekil 2.3. Distal ulna fizis hattının ultrason görüntüsü



Şekil 2.4. Distal tibia fizis hattının ultrason görüntüsü



Şekil 2.5. Patellanın transvers kesit görüntüsü



Şekil 2.6. Distal femurda epifizin ultrason görüntüsü



Şekil 2.7. Dirsekte humerus distali ve radius başının ultrason görüntüsü

2.4.4.3. Bilgisayarlı (Computed) Tomografi (CT)

Direkt grafiyle kıyasladığımızda CT görüntülemenin kontrast çözünürlüğünün daha iyi olması, osseöz fizyel barların tespitini ve aynı zamanda yerini ve boyutunu göstermesi onu daha ön plana çıkarmaktadır. Koronal ve sagittal görüntü kesitlerinde fizyel kemik köprüler hiperdens bir alan olarak görünürken, içinden geçtiği fizis ise hipodens görünür. Tomografide büyüme durma çizgileri fizyel bar ile birleşen çizgiler olarak seçilebilir. Fizis kırığına ek olarak kemik yapıda veya ilgili eklem bölgesindeki herhangi bir ek patoloji de iyi görüntülenebilir. Bu özelliklere rağmen CT görüntülemenin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Erken dönemdeki fizyel barlar tomografi görüntülemelerinde belli olmayabilir (31).

Bugünlerde bilgisayarlı tomografi, kemik dokuyu değerlendirmek için XR'ı takiben yaygın görüntüleme yöntemi olarak kullanılmaktadır. Kemik yapının değerlendirilmesinde CT'nin, XR'a göre hem duyarlılığı hem de özgünlüğü daha yüksektir. Bununla birlikte maliyetinin ve radyasyona maruziyetin yüksek olması nedeni ile CT görüntülemenin seçilmiş olgularda istenmesi önerilmektedir.

2.4.4.4. Manyetik Rezonans (MR)

Jaramillo ve çalışma arkadaşları, hayvanlar üzerinde yaptığı çalışmalarda fizyel kırıkların değerlendirmesinde MR kullanılmasının faydalarını tanımladı. O zamandan beri MR fizyel kırıklar, osseöz ve fibröz fizyel barlar, epifizyel ve metafizyel avasküler nekroz ve kemik büyüme ve gelişme durması hakkında bize faydalı bilgiler sağlamaktadır.

MR bize fizyel kırığın morfolojisini, boyutunu ve lokasyonunu gösterir. İyonize radyasyon olmadan bize üstün yumuşak doku görüntüleme sağlaması, direkt ve indirekt birden fazla düzlemde görüntüleme seçeneği sunması MR'ın sunduğu faydalardır. CT ve XR daha ucuz olmaları ve görüntülerin oluşturulmasının daha kısa sürmesi gibi sebeplerle MR'a göre daha üstün olabilir ama fizisin ve eklem kırıkdağının non-invaziv bir şekilde görüntülenmesi konusunda MR daha üstündür.

Fizyel kırıklarda MR görüntülemesinde bariz fizyel genişleme ve düzensizlikler görülür. MR sekanslarında fiziste yüksek sinyal veren ödem alanları görülmesi bize yaralanma açısından yüksek şüphe sağlar. Epifize ve/veya metafize uzanan Salter-Harris

kırıklarında, kırıkla ilişkili kemik bölgesinde ve fiziste kemik iliği ödem paterni bulunacaktır. Fizyel barlar, kırıktan itibaren 2 ay içinde görüntülenebilir ama ortalama oluşma süreleri 1 yıldır. MR görüntülemesi ile fizyel barın bileşenlerini ortaya çıkarabilir. Osseöz yapıda ise yağlı kemik iliği dokusu içereceği için görüntülemeye yüksek sinyal verir halbuki fibröz yapıda ise düşük sinyal verir (32).

2.5. Fizis kırıklarının yönetimi

Fizyel kırıkların yönetimi ve tedavisi için belli başlı prensipler belirlenmiştir. Bu prensipler çocuğun yaşına ve kırığın hangi kemikte ve bölgede olduğuna göre değişime uğrayabilir.

1) Deplase fizyel kırık nazik bir manipülasyonla ve düzenli bir traksiyon hareketiyle redükte edilmelidir. Gerekenden fazla güçle uygulanan traksiyon hareketleri, tekrarlanan başarısız redüksiyon denemeleri fizise zarar verebilir ve iatrojenik fizyel hasara sebebiyet verebilir. Açık redüksiyon tekrarlanan kapalı redüksiyonlara nazaran daha iyi bir tercihtir.

2) Eklem içine uzanmayan fizyel kırıklarda (SH 1 ile 2) yaralanmadan sonraki 5 günün ötesinde redüksiyon işleminden kaçınılmalıdır. Bu tarz denemelerde iatrojenik fizyel hasar ve akabinde kemik büyüme gelişme durması gelişebilir. Bu durumda kemiğin iyileşmesine ve yeniden yapılanmasına izin verilmesi daha iyi sonuçlar doğurur. Yanlış kaynaklı bir kemiği olan çocuğun tedavisi, kemik gelişimi durmuş bir çocuğun tedavisinden daha kolaydır.

3) Eklem içine uzanan fizyel kırıklarda (SH 3 ile 4) eklem redüksiyonu ve bütünlüğü büyük önem taşıdığından yaralanmanın üstünden ne kadar zaman geçtiğine bakılmaksızın anatomiye uygun şekilde redükte edilmeli ve internal fiksasyonla sabitlenmelidir. Redüksiyon kapalı bir şekilde yapılabileceği gibi, artroskopik veya açık bir biçimde de yapılabilir.

4) Çoğu fizyel kırık 3-4 hafta içinde iyileşir.

5) Park-Harris çizgileri (büyüme durma çizgileri) metafizde görülen transvers şekilde seyreden çizgilerdir. Fizisle ilişkileri ve uzanım yönleri kemik büyümesinin ve/veya kemik büyüme gelişmesinin durmasının takibinde değerlendirilir.

6) Deplase olan bir fizyel kırığı olan hasta, olası bir kemik büyüme gelişimi durmasının fark edilmesi için en az bir sene ya da kemik olgunlaşması tamamlanana kadar takip edilmelidir. Non deplase olan bir fizyel kırıklı hastanın düzenli aralıklara direkt grafi ile takibine gerek yoktur ama hastanın yakınları düşük olasılıklı olsa da kemik büyüme gelişimi durmasının belirtileri açısından bilgilendirilmelidir (23).

2.6. Fizis kırıklarında komplikasyonlar

Fizyel kırıklara bağlı gelişen kırıklar, diğer herhangi bir kırığın komplikasyonlarıyla benzer olmakla birlikte aynı zamanda fizis hattındaki travmaya bağlı olarak gelişebilecek kemik gelişim durmasının sebep olacağı angüler deformiteler, ekstremitte kısalığı gibi komplikasyonları da içerir. Fizis büyüme gelişme durması, fiziste oluşan fiziksel bir kayba, fiziste fiziksel bir kayıp gerçekleşmeden gelişen fizis yapısındaki bir bozukluğa veya fizyel bar/kemik köprü oluşumuna bağlı olarak gelişebilir.

Bazı fizyel kırıklarda kemik köprü oluşumu gerçekleşmez ama buna rağmen fizisin bir bölümündeki gelişimin durmasına bağlı olarak açısal bozukluklar oluşur. Kemik büyümesinin tamamen durması nadirdir. Bu fenomenin karakteristik bulgusu, direkt grafide fizyel konturun kaybolması ve kemiğin epifiz ve metafizi arasındaki bariz bir şekilde belli olan radyolusent alan gelişimidir (33).

Kemik büyüme gelişme durması fizis kırıklarının nadir gelişen bir komplikasyonudur. Fizyel bir bar veya kemik köprü oluşur ve ekstremitede anormal bir açılanma veya uzama anomalisine sebep olabilir (34). Fizise zarar verebilecek travma, tümör, radyasyon, enfeksiyon veya iatrojenik hasar gibi etkenler fizyel bar oluşumuna neden olarak kemik büyümesini negatif yönde etkileyebilir (34,35).

Fizyel barların sebep olabileceği komplikasyon, kemik köprünün fizisin neresinde oluştuğuna göre farklılık göstermektedir. Fiziste santral konumda bulunan fizyel barlar kemiğin uzunlamasına büyümesinde kısıtlamaya sebep olur. Fiziste periferde yerleşimli olan fizyel barlar ise angüler deformitelere sebep olarak kemiğin yanlış açıda gelişmesine sebebiyet verir. Fiziste santral-perifer arası bir yerleşime sahip olan fizyel köprüler ise hem uzunlamasına büyüme hem de açısal büyüme düzensizliklerine sebep olabilir (35).

Gelişebilecek diğer önemli bir komplikasyon ise avasküler nekrozdur. Fizisin kanlanması hassas bir durumdadır. Büyüme plağına erişen az sayıda damar vardır. Proksimal

radius ve femur fizisleri, eklem kapsülü içinde bulunmaları ve onları besleyen damarların da bu bölgede seyretmeleri nedeniyle olası bir travmada kolay hasar almaları açısından büyük risk altındadır (36).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Prospektif olarak yapılması planlanan bu tez çalışmasına hastane etik kurulundan onayı alındıktan sonra başlandı. Bu çalışma Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırmalar Etik Kurulu'nun 28/12/2023 tarihinde 19-05 kararıyla çalışma olarak kabul edildi. Bu çalışma Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırmalar Etik Kurulu'nun 04/12/2024 tarihinde 26-03 kararıyla tez çalışmaları için onaylandı. Alanya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Servisi'ne Ocak 2024 – Haziran 2025 tarihleri arasında travma nedeniyle başvuran, hayati tehlikesi olmayan, klinik bulguları stabil olan, fizik muayenede büyüme çizgisi kırık şüphesi olan çocuk hastalar (0-18 yaş) ve velisi tarafından çalışmaya katılmaya onamı alınan hastalar çalışmaya dahil edildi. Acil servise gelmeden önce başka bir hastanede XR ile görüntülenen hastalar ile açık kırık, nörovasküler yaralanma, vital bulguları anstabil veya hayatı tehdit edici yaralanması olan, gebeler veya çalışmaya katılmaya onam vermeyen hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Çalışmaya başlamadan önce çalışmaya katılan ve acilde en az 1 yıllık çalışma deneyimi olan acil hekimlerine 1 saat teorik ve 1 saat pratik olmak üzere toplam 2 saat büyüme çizgisi kırıkları ve XR ile büyüme çizgisi kırıklarının değerlendirmesine yönelik eğitim verildi. Daha sonra, ileri US kurs sertifikası olan hekimlere POCUS ile büyüme çizgisinin değerlendirilmesi ve kemik kırıklarının görüntülemesine yönelik 1 saat teorik ve 1 saat pratik olmak üzere POCUS eğitimi verildi. Yatak başı POCUS ile sağlam kemik ve kırık kemik üzerinde uygulamalı eğitim yapıldı. Hastalar iki hekim tarafından değerlendirildi. İlk hekim POCUS muayenesi yaptı. İkinci hekim XR görüntülerini yorumladı. Hekimler görüntüleri birbirlerine kör olarak yorumladı. Hastaların fizik muayene bulguları (nokta hassasiyet, ödem, ekimoz, krepitasyon, deformite, anormal hareket açıklığı) her iki hekim tarafından değerlendirildi ve kaydedildi. POCUS için acil servis içinde bulunan standart ultrasonografi cihazının (Fujifilm Sonosite edge II, renkli doppler) 7.5 MHz lineer probu kullanıldı. POCUS ve XR görüntülerinin bulguları çalışma formuna kaydedildi.

POCUS muayenesi için hasta sedyeye yatırıldı ve supine pozisyona alındı. Kırık şüphesi olan kemik anterior-posterior ve lateral yüzlerden değerlendirildi. Bu alanlar lineer prob ile longitudinal ve transvers planda görüntülendi. İlk olarak POCUS ile büyüme çizgisi kırıklarının saptanmasında Kozacı protokolü kullanıldı. Ardından POCUS ile eklem

çıkığının varlığı araştırıldı. POCUS muayenesi sırasında hastalara sedatif ajan uygulanmadı (tablo 3.1).

Tablo 3.1. POCUS ile Büyüme çizgisi kırıklarının saptanmasında Kozacı protokolü

1.	Kırık varlığının (kortikal bozulma) tespiti
2.	Kırık tipinin (fissür, lineer, parçalı, spiral) ve lokalizasyonunun tespiti
3.	Kırığın açılanması
4.	Kırığın basamaklanması
5.	Kırığın eklem aralığına uzanımı
6.	Büyüme çizgisi kırığı varlığı
7.	Eşlik eden komşu kemik kırık varlığı
8.	Yumuşak dokuda ve eklem aralığında hematoma varlığının kontrolü

İkinci acil hekimi posteroanterior ve lateral direk grafileri değerlendirdi. XR’da kırık tespitinden sonra kırığın lokalizasyonu, kırık tipi ile açılanma ve basamaklanması ölçüldü. Kırığın büyüme çizgisi ve ekleme uzanımı ile komşu kemikte kırık varlığı değerlendirildi. XR görüntülerinin yorumlanmasında Modifiye Kozacı Protokolü kullanıldı (tablo 3.2).

Tablo 3.2. Radyografi görüntülerinin yorumlanmasında Modifiye Kozacı Protokolü

1.	Kırık varlığının (kortikal bozulma) tespiti
2.	Kırık tipinin (fissür, lineer, parçalı, spiral) ve lokalizasyonunun tespiti
3.	Kırığın açılanması
4.	Kırığın basamaklanması
5.	Kırığın eklem aralığına uzanımı
6.	Büyüme çizgisi kırığı varlığı
7.	Eşlik eden komşu kemik kırık varlığı
8.	Eklem çıkığının varlığı

Hastaların acil servisteki yönetimine ve tedavisine XR görüntülerini değerlendiren hekim karar verdi. Çalışma protokolü, hastaların tanı ve tedavi prosedürlerine müdahale etmedi ve hastalar herhangi bir riske maruz bırakılmadı.

İstatistik analizi

Çalışmada toplanan verilerin analizi Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 21 istatistiksel yazılım paketi (IBM Corporation, IL, ABD) kullanılarak gerçekleştirildi. Veriler %95 Confidence Interval ile yüzdeler olarak raporlandı. İlk olarak POCUS'un XR'a göre sensitivitesi, spesifitesi, pozitif prediktif değeri (PPV), negatif prediktif değeri (NPV) ROC (Receiver operating characteristic) analizi yapılarak hesaplandı. İkinci olarak Kappa (κ) kat sayısı ve POCUS'un XR'a göre uyumluluğu derecelendirildi. κ büyüklüğüne göre uyumluluk derecelendirildi. κ değerinin 0.75'ten büyük olması mükemmel uyum, 0.75-0.40 arası orta uyum, 0.40'ın altında olması ise zayıf uyum olarak kabul edildi (37). Tanımlayıcı istatistikler için Ki-kare testi kullanıldı. İstatistiksel olarak $p < 0.05$ değeri anlamlı kabul edildi.



Şekil 3.1. Distal radiusta epifiz bölgesinin transvers kesitte incelenmesi



Şekil 3.2. Distal radiusta epifiz bölgesinin longitudinal kesitte incelenmesi

4. BULGULAR

Çalışmaya travma nedeni ile acil servise başvuran ve fizis kırığı şüphesi olan 120 hasta alındı. Hastaların 2'si aşırı ağrı ve 1'i doku defekti nedeni ile çalışmadan çıkarıldı. Çalışmaya dahil edilen 117 hastanın 36'sı (%31) kız, 81'i (%69) erkekti. Hastaların yaş ortalaması 10 ± 5 (minimum:1-maksimum:18) yıl idi. Hastaların 100'ü (85.5%) düşme ve/veya çarpma ve 17'si (%14.5) motorlu araç kazası nedeni ile yaralanmıştı. Hastaların 75'inde (%64) ağrı şikayeti vardı. (tablo 4.1,4.2).

Tablo 4.1. Hastaların travma nedenleri

Travma nedeni	N	%
Düşme, çarpma	100	85.5
Araç içi trafik kazası	8	6.8
Araç dışı trafik kazası	2	1.7
Motorsiklet-bisiklet kazası	7	6.0
Total	117	100

Tablo 4.2. Çalışmaya alınan hastaların özellikleri

Çalışmaya alınan hasta sayısı	117
Çalışmadan çıkarılan hasta sayısı	3
Hastaların yaş ortalaması (mean $\pm$ SD)	10 ± 5
Ortalama POCUS muayene süresi	20 dakika
Ortalama XR değerlendirme süresi	5 dakika
POCUS muayenesinde ağrı duyan hasta sayısı	75 (%64)

Fizik muayene ağrı, hassasiyet, ödem, ekimoz, deformite, eklem hareketlerinde kısıtlılık ve eklem aralığında şişlik bulgularının varlığı araştırıldı. Fizik muayene bulguları arttıkça XR ve POCUS'ta kırık oranı artmaktadır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Fizik muayene bulguları ile XR ve POCUS'ta saptanan kırık oranı

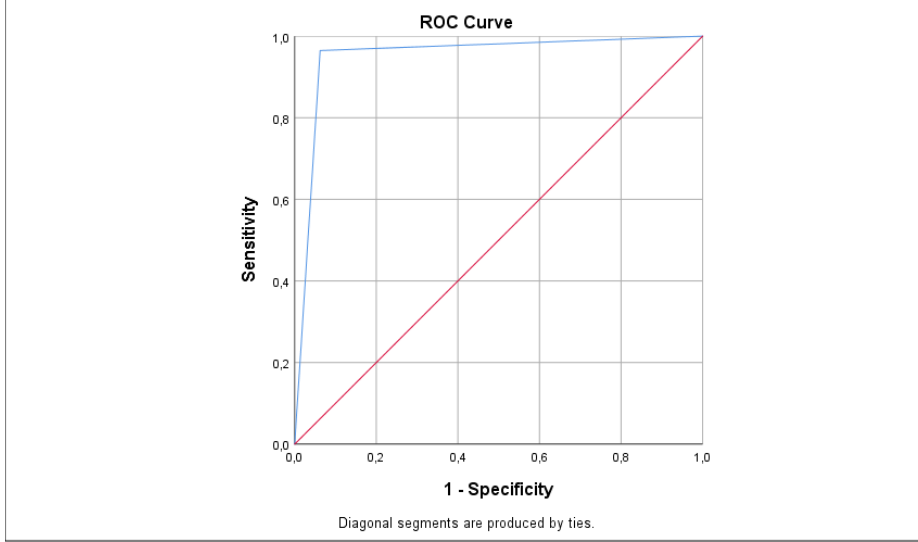
Fizik muayene	XR N (%)	POCUS N (%)
Ağrı- Hassasiyet	6	7
Ağrı +Hassasiyet+ Hareket Kısıtlılığı	17	15
Deformite + Ödem+Ağrı+ Hassasiyet +Hareket Kısıtlılığı	36	36
Deformite + Ödem + Ağrı+ Hassasiyet+ Harekette Kısıtlılığı + Eklem Aralığında Şişlik	27	27
Total	85	84

Hastalarda en fazla distal radius kırıkları saptandı. Komşu kemik olarak en fazla distal ulna kırığı saptandı (Tablo 4.4)

Tablo 4.4. Kemik alanlarına göre XR ve POCUS ile saptanan kırık oranları

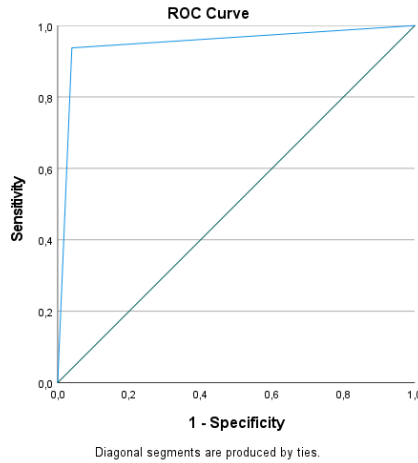
		POCUS	XR
US_Kemik	Humerus Distal	5	7
	Radius Distal	31	29
	Ulna Distal	3	3
	Femur Distal	4	4
	Tibia Distal	4	5
	Fibula Distal	2	2
	Humerus Proximal	5	5
	Femur Proksimal	2	2
	Radius Proksimal	3	3
	Ulna Proksimal	2	2
	Distal Radius + Distal Ulna	15	15
	Metakarpal	4	4
	Klavikula	1	1
	Skafoïd	1	1
	Humerus Distal + Ulna Proksimal	1	1
	Distal Radius + Ulna Proksimal	1	1
Total		84	85

XR’da 85 (%73) hastada kırık saptandı. XR ile karşılaştırıldığında POCUS’un kırığı saptamada sensitivitesi %97, spesifitesi %94, PPV %98, NPV %90 (area under curve (AUC): 0.951, 95% CI, %90-100) bulundu.



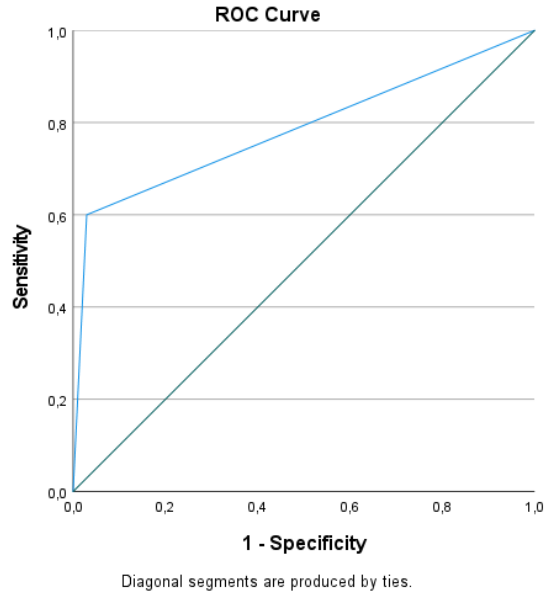
Şekil 4.1. POCUS’un kırığı saptamadaki sensitivite ve spesifitesini gösteren ROC eğrisi

XR’da kırık saptanan hastaların 16’sında (%19) fizis kırığı vardı. XR ile karşılaştırıldığında POCUS’un fizis kırığını saptamada sensitivitesi %94, spesifitesi %96, PPV %79, NPV %99 (area under curve (AUC): 0.949 95% CI, %87-100) bulundu.



Şekil 4.2. POCUS’un fizis kırığı saptamadaki sensitivite ve spesifitesini gösteren ROC eğrisi

XR’da hastaların 15’i (%13) kırık eklem aralığına uzanıyordu. XR ile karşılaştırıldığında POCUS’un eklem uzanan kırığı saptamada sensitivitesi %60, spesifitesi %71, PPV %75, NPV %94 (area under curve (AUC): 0.785 95% CI, %63-94) bulundu.



Şekil 4.3. POCUS’un eklem uzanan kırığı saptamadaki sensitivite ve spesifitesini gösteren ROC eğrisi

Fizis kırıklarının saptanmasında POCUS'un sensitivitesi %93 bulundu. Kırığın ekleme uzanımının saptanmasında sensitivite %62 bulundu. Kırığın açılanması, basamaklanması ve komşu kemik kırıklarının saptanmasında POCUS'un XR'a göre sensitivitesi %100 bulundu (tablo 4.5).

Tablo 4.5. XR'a göre POCUS'un kırıkların özelliklerini saptama oranları

Kırıkların özellikleri	N (%)	κ	Se (%)	Sp (%)	PPV	NPV	AUC	95% CI
Fizis kırığı	16	0.832	94	96	79	99	0.942	0.87-100
Kırığın ekleme uzanımı	15	0.624	60	71	75	94	0.785	0.63-94
Açılanma	59	0.812	100	81	84	100	0.905	0.84-0.97
Basamaklanması	58	0.812	100	81	84	100	0.907	0.85-0.97
Komşu kemik kırığı	20	0.970	100	100	95	100	0.995	0.98-1.000

Se: Sensitivite, Sp:Spesifite PPV: Pozitif Prediktif Değer NPV: Negatif Prediktif Değer

AUC: Area Under Curve CI: Confidence Interval

XR’da en fazla sırasıyla spiral, lineer, parçalı, fissür, avulsiyon ve torus tipi kırık saptandı. POCUS’un XR’a göre kırık tipini saptamada kappa değeri 0.881 bulundu (tablo 4.6).

Tablo 4.6. X-ray ile POCUS’un kırık tipi karşılaştırması

	Kırık tipi	XR							Total
		Kırık yok	Fissür	Lineer	Parçalı	Spiral	Av.	Torus	
P O C U S	Kırık yok	30	3	0	0	0	0	0	33
	Fissür	1	6	1	0	0	0	0	8
	Lineer	1	0	19	0	0	0	0	20
	Parçalı	0	0	1	9	0	0	0	10
	Spiral	0	0	1	1	31	0	0	33
	Av.	0	0	0	0	2	6	0	8
	Torus	0	0	0	0	0	0	5	5
	Total	32	9	22	10	33	6	5	117

Av: Avulsiyon

POCUS ile hastaların 30’unda (%26) dokuda hematoma ve 5’inde (%4) hemartroz saptandı.

XR’da hastaların 5’inde (%4) çıkık saptandı. Bu çıkıkların 3’ü POCUS ile tespit edildi. POCUS’un XR’a göre kappa değeri 0.742 bulundu.

Fizik kırıklarının 2’si distal femur, 4’ü distal humerus, 8’si distal radius, 1’i radius başında idi. Fizik kırıklarının 1’i avulsiyon, 6’sı lineer, 4’ü parçalı, 5’i spiral tipi kırıktı. Bu kırıkların 3’ünde çıkık vardı. Ayrıca, 9’unda dokuda ödem, 2’sinde hemartroz görüntülendi.

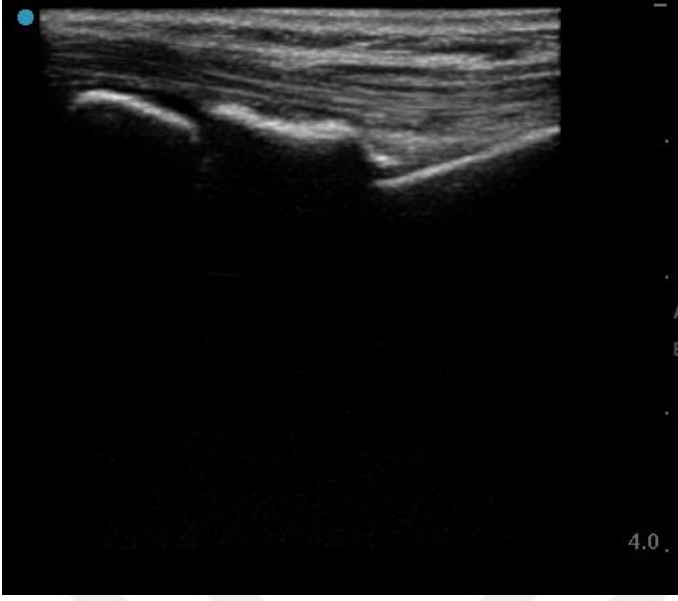
XR’da tespit edilen fizis kırıklarının 8’i (%50) Salter-Harris tip II, 3’ü (%19) Salter-Harris tip III, 5’i (%31) Salter-Harris tip IV idi. Salter-Harris sınıflamasında POCUS’un XR’a göre kappa değeri 0.682 bulundu.

Tablo 4.7.Salter-Harris sınıflamasında POCUS’un XR’a göre doğruluğu

POCUS	Salter-Harris sınıflaması	XR				Total
		Kırık yok	Tip II	Tip III	Tip IV	
	Kırık yok	97	0	0	1	98
	Tip II	3	5	1	1	10
	Tip III	1	2	2	0	5
	Tip IV	0	1	0	3	4
Total		101	8	3	5	117

Çalışmaya alınan hastaların 10’una ortopedi konsültasyonu sonrası CT görüntüleme yapıldı. Bu hastaların 2’sinde ekleme uzanımı, 1’inde fizis kırığını, 2’sinde kırık varlığını ve 5’inde kırık tipini belirlemek için CT görüntüleme yapılmıştı.

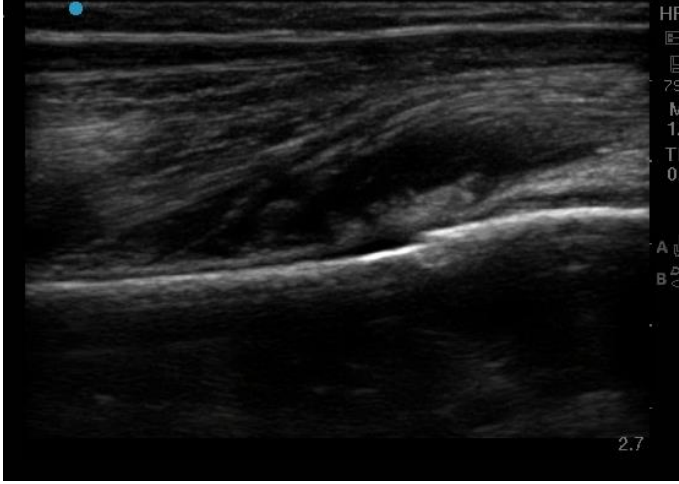
Çalışmaya dahil edilen 117 hastanın 85’inde (%73) fraktür tespit edildi. Bu fraktürlerin 40’ına (%47) kapalı redüksiyon uygulandı. Çalışmaya alınan hastaların 84’üne (%72) atel uygulandı. Bu hastaların 64’ü ortopedi ve travmatoloji uzmanına konsülte edildi. Hastaların 11’ine (%9) cerrahi tedavi planlandığı için yatış verildi.



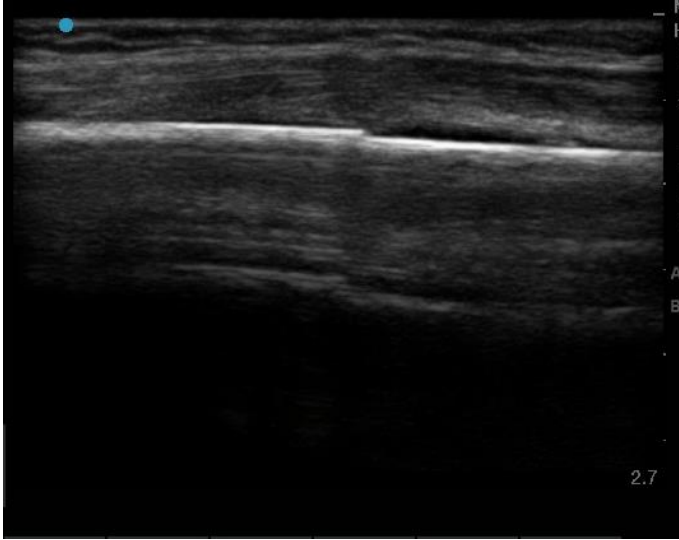
Şekil 4.4. 8 yaşında erkek çocuk, distal radius kırığı mevcut. Kırıkta açılanma ve basamaklanma var. Kırık hattı ekleme ve fizise uzanmıyor.



Şekil 4.5. 6 yaşında erkek çocuk, düşme sonucu dizinde şişlik, ağrı ve hareket kısıtlılığı mevcut. XR'da kırık yok. POCUS'ta hemartroz tespit edildi



Şekil 4.6. Distal tibia kırığı olan 17 yaşında erkek çocuk, kas içi hematomu mevcut



Şekil 4.7. Aynı hastada komşu kemik olarak fibulada lineer kırık tespit edildi.



Şekil 4.8. 2 yaş erkek çocukta distal radiusta Salter-Harris Tip 2 tipi fraktür



Şekil 4.9. Aynı hastada sağ distal radiusta fraktürün röntgen görüntüsü

5. TARTIŞMA

Travma çocukluk çağındaki en önemli mortalite ve morbidite sebeplerinden biridir ve pediatrik travma araştırmaları kırıkların travmaların %10-25'ini oluşturduğunu belirtmektedir (38) .

Çocuklarda gelişen kemik kırıklarının %18-30'u uzun kemiklerin uzamasından sorumlu olan büyüme çizgisini (fizis) içermektedir. Fizis kırıkları, parsiyel ya da tamamen kemik büyüme gelişimi durmasına, kemikte açılmalara ve ekstremiteler arasında boyut farkına sebep olması açısından önemlidir. Fizis kırıklarını erken dönemde görüp tanı koyabilmek önemlidir, geç tanı konması durumunda iyi klinik sonuçlara ulaşmamızı engelleyebilecek komplikasyonlar gelişmiş olabilir (1).

Günümüzde, kırıkların tanısında XR altın standarttır. Ancak çocuk kemiklerinin henüz tamamiyle ossifiye olmamaları, periostlarının daha kalın olmaları sebebiyle XR ile tanı konamayabilir. Bununla birlikte Salter–Harris Tip 1 ve 5 gibi bazı kırık tiplerine XR ile tanı konamayabilir. Aynı zamanda XR çocuk hastalara ilerleyen yıllarda olumsuz sonuçlar doğurabilecek iyonize radyasyona maruz bırakmaktadır (39,40).

Bazen çocuklarda kırıkların meydana gelmesinden sonra belirgin patolojik belirtiler olmayabilir ve XR görüntülemeye yanlış teşhis konulabilir. Bu nedenle çocuklarda US ve manyetik rezonans görüntüleme (MR) birçok klinik durumda XR'a alternatifler olarak bulunmuştur. MR görüntüleme, iyonize radyasyon kullanmaması, kemik yapı yanında yumuşak doku yaralanmalarında da üstün tanısal özelliğiyle alternatif bir görüntüleme yöntemidir. Ancak maliyet ve görüntüleme için gereken uzun zaman dışında, olası bir anestezi ihtiyacı nedeniyle pratik olmayan bir görüntüleme şeklidir (39–41).

Ultrason, kas-iskelet sistemi yaralanmalarında üstün tanısal bir değeri olduğundan alternatif bir görüntüleme yöntemi olabilir. İyonize radyasyon olmaması ve yatak başı yapılabilmesi ile kullanılabilir bir yöntemdir. Çocukların yetişkinlerden daha ince deri altı yumuşak dokuları vardır, bu nedenle US daha iyi görüntüleme sonuçları verebilir. Nitekim ekstremit travmalı bebek ve çocuklarda yapılan çalışmalarda US'un kemikleşmemiş epifizi değerlendirmek; çıkıkları, kırıkları ve fizyel ayrılmaları göstermek için kullanılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, MR'ın aksine maliyetli olmadığı ve anesteziye ihtiyaç duyulmadığı bildirilmiştir (39–44).

Kemik kırıklarında POCUS'un XR'a göre tanısal doğruluğunu değerlendiren birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların meta-analizi de yapılmıştır ve POCUS'un başarılı olduğu gösterilmiştir (6,9,11,39). Bununla birlikte çalışmalar arasında kırığın fizis hattıyla ilişkisinin değerlendirildiği çalışma sayısı oldukça azdır. Bizim çalışmamızda distal/proksimal, alt/üst ekstremitte gözetmeksizin fizis hattını içeren tüm anatomik bölgeler çalışmaya dahil edildi. Bu kemik yapılar dahilinde kemik kırıklarının tanısında XR ile karşılaştırıldığında POCUS'un kırığı saptamada sensitivitesi %97, spesifitesi %94, PPV %98, NPV %90 bulundu.

Ek olarak çalışmamızda hastaların%19'unda kırık fizis hattına uzanıyordu. En fazla fizis kırığı distal radiusta tespit edildi. XR ile karşılaştırıldığında POCUS'un fizis kırığını saptamada sensitivitesi %94, spesifitesi %96, PPV %79, NPV %99 bulundu. Kappa değerine göre POCUS ile XR arasında mükemmel uyum bulundu. Uzun kemik kırıklarında yapılan bir çalışmada XR ile karşılaştırıldığında, POCUS'un fizis kırıklarını tespit etmedeki sensitivitesi %85, spesifitesi %100, PPV %100, NPV %99 olarak bulunmuştu. Bu sonuçlar, fizis kırıklarının görüntülenmesinde US'un başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir. Çalışmamızda ayrıca bu görüntüleme sırasında herhangi bir sedatif ajan uygulanmamıştır. Bunun yanı sıra çalışmamızda olduğu gibi birçok çalışmada hem kırıkların tespit edilmesinde hem de fizis kırıklarının görüntülenmesinde POCUS'un NPV'si yüksektir. Görüntüler ile kırık olmadığını göstermek acil serviste tedavinin yanı sıra taburculuk kararında önemlidir. Alternatif görüntüleme olmadan kırık şüphesi devam eden hastalarda, gereksiz immobilizasyonla aşırı tedaviye, yaşam kalitesinin düşmesine ve sağlık bakım maliyetlerinin artmasına yol açabilir (40). US'un alternatif bir görüntüleme sunması bu bakımdan önemlidir.

Ekstremitte travmalı hastaların doğru tanı ve tedavisi için ayrıntılı fizik ve nörolojik muayene çok önemlidir. Görüntüler değerlendirilirken muayene bulguları ile karşılaştırmak tanıyı kolaylaştıracaktır. Çalışmamızda, fizik muayenede ağrı, hassasiyet, ödem, ekimoz, deformite, eklem hareketlerinde kısıtlılık ve eklem aralığında şişlik bulgularının varlığı araştırıldı. Bulgular arttıkça XR ve POCUS'ta kırık oranının arttığı tespit edildi. Ayrıca fizik muayene bulgularına ek olarak POCUS muayenesinde ultrasonik hassasiyet değerlendirildi. Ultrasonik hassasiyetin çok yüksek olduğu alanda yaralanmanın şiddetli olduğu gözlemlendi.

Çocuklarda akut kompartman sendromunu (ACS) araştıran bir meta-analizde, ACS'nun çoğunlukla travmaya sekonder olduğu, tüm ekstremitelerde görüldüğü, en sık alt bacak (%60) ve ön kolda (%27) olduğu ve hastaların %75'inde eş zamanlı kırıklar olduğu bildirilmiştir(45). ACS'nun erken tanısı komplikasyonların gelişimini önlemek açısından önemlidir(6). US'nun XR'dan farkı yumuşak dokuları görüntüleyebilmesidir. Bu durum ekstremitre travmasında özellikle acil ortamlar için çok önemli bir avantajdır. Travmanın etkisi ile kemik kırıkları olsun ya da olmasın yumuşak dokuda hematoma, ödem, ya da hemartroz gelişebilir. US çalışmalarında, yumuşak doku yaralanmalarının kolaylıkla görüntülediği bildirilmiştir (6,9,11,44). Çalışmamızda POCUS ile yumuşak doku yaralanmaları değerlendirildi. POCUS ile hastaların %26'sında dokuda hematoma ve %4'ünde hemartroz saptandı. POCUS'un gerçek zamanlı olması ve vasküler yapıların değerlendirilebilmesi nedeni ile ACS gelişimi ve klinik takibinde kullanılabilir.

Salter-Harris sınıflandırması, Salter ve Harris tarafından 1963 yılında önerilmiş olup, büyüme çizgisi kırıklarını tanımlamak için en yaygın kullanılan sistemdir. Bu sınıflandırmada tip III ve tip IV kırıklar eklem içine uzanmaktadır . Bu nedenle kırıkların eklem içine uzanması tedavi kararını değiştirecektir. Çalışmamızda XR ile karşılaştırıldığında POCUS'un kırığın eklem uzanımını saptamada sensitivitesi %60 bulundu. Benzer çalışmalarda kırığın eklem uzanımını saptamada POCUS'un duyarlılığı düşük bulunmuştur (6,8,9,11). Çalışmamızda XR'da tespit edilen fizik kırıklarının 8'i, Salter-Harris tip II, 3'ü, Salter-Harris tip III, 5'i Salter-Harris tip IV idi. Salter-Harris sınıflandırmasında kappa değerine göre POCUS ile XR arasında orta düzeyde bir uyum saptandı. Fizik kırıklarının 9'unda dokuda ödem, 2'sinde hemartroz vardı. Ayrıca çalışmamızda fizik kırıklarının 1'i avulsiyon, 5'i lineer, 4'ü parçalı, 6'sı spiral tipi kırık olarak tespit edildi. Özellikle dokuda ödem ve hemartroz olması ek olarak spiral ve parçalı kırıkların olması eklem uzanan kırıkların görüntülenmesinde yanlış negatif sonuca neden olabilir. Bu nedenle Salter-Harris sınıflandırmasında orta düzeyde bir uyum saptanmış olabilir. Bununla birlikte US tekrarlayan muayenelere olanak sağlamaktadır(41). Bu nedenle hastaların klinik takiplerinde US muayeneleri tekrarlandığında yumuşak dokulardaki hasarın gerilemesi ile kırık özellikleri daha iyi görüntülenebilir.

Kırığın özelliklerinin tanımlanmasında kırık tipi tedavi kararında önemlidir. Yetişkin kırıklarından farklı olarak, çocuklarda yaş ağaç ve torus gibi benzersiz kırıklar meydana gelir. Özellikle yaş ağaç ve torus kırıkları olan çocuklarda kortikal bozulmanın %100 olduğu ve ultrasonun torus kırıklarında kortikal bozulmayı çok net bir şekilde gösterdiği bildirilmiştir (11). Çalışmamızda XR’da en fazla sırasıyla spiral, lineer, parçalı, fissür, avulsiyon ve torus tipi kırık saptandı. Kırık tipini saptamada POCUS ile XR arasında kappa değerine göre yüksek uyum bulundu.

Kırıkların tedavisinde kapalı ve açık redüksiyon kararında kırıkların açılanma ve basamaklanma mesafesi değerlendirilmektedir. Basamaklanma, kırık korteksi ve sağlıklı korteksin kenarları boyunca çizilen iki çizgi arasındaki mesafenin ölçülmesiyle belirlenir. Çalışmalarda XR’a göre US’un açılanma ve basamaklanma mesafesinin tespitinde sensitivite ve spesifitesi yüksek bulunmuştur. Ayrıca US çalışmalarında, kırık tespiti, redüksiyon gerekliliği ve redüksiyonun yeterliliği için başarıyla kullanılabileceği bildirilmiştir. Bir çalışmada, US ile XR arasındaki uyum kırık tanımlaması için %95.5, redüksiyon ihtiyacı için %92.3 ve redüksiyonun yeterliliği için %92.3 bulunmuştur (46). Başka bir çalışmada çocuklarda distal radius Salter-Harris I ve II kırığının ultrason rehberliğinde kapalı redüksiyonunun başarıyla yapılabileceği bildirilmiştir (47). Çalışmamızda kırığı açılanması ve basamaklanması saptanmasında POCUS’un XR’a göre sensitivitesi %100 bulundu.

Kırıklarda eş zamanlı çıkık ve komşu kemik kırıkları olabilir. Çalışmamızda XR’da hastaların %20’sinde komşu kemik kırığı ve hastaların %4’ünde çıkık tespit edildi. Komşu kemik kırıklarının ve çıkıkların tanımlanmasında US’un duyarlılığı çalışmalarda araştırılmıştır. Komşu kemik kırıklarının görüntülenmesinde XR’ın duyarlılığı yüksek bulunmuştur (6,8,9,11). Bir meta-analizde POCUS’un omuz çıkıklarının tanısında sensitivitesi %100 ve ilişkili kırıkların tanımlanmasında sensitivitesi %96.4 olarak saptanmıştır (48). Çalışmamızda çıkıkların tespit edilmesinde POCUS ile XR’a arasında kappa değerine göre orta uyum bulundu. Komşu kemik kırıklarının saptanmasında POCUS’un XR’a göre sensitivitesi %100 olarak hesaplandı.

Sonuç

Çocuklarda travmaya bağlı kemik kırıklarının görüntülenmesinde, fizise uzanan kırıkların, kırıkların açılanma ve basamaklanma mesafesinin görüntülenmesinde ve komşu kemik kırıklarının saptanmasında POCUS'un duyarlılığı yüksektir. Aynı zamanda POCUS ile yumuşak doku yaralanmaları görüntülenebilir. Buna karşılık kırığın eklem içine uzanımında, çıkıkların tespit edilmesinde ve Salter-Harris sınıflamasında XR ile POCUS arasında orta düzeyde uyum vardır.

Limitasyon

Klinik takipte yumuşak dokuda ödem, hematoma ve hemartrozun gerilemesi ile birlikte POCUS muayenelerinin tekrarlanması kırık özelliklerinin daha doğru tanımlanmasına izin verebilir. Çalışmamızda hastalara acil serviste ilk başvuru anında POCUS muayenesi yapıldı. Hastaların klinik takiplerinde POCUS muayeneleri tekrar yapılamadı. Ayrıca redüksiyon uygulanan hastalarda hemen atel yapıldığı için kontrol POCUS muayenesi yapılamadı. Bu çalışmamızın eksik yönüdür.

6. SONUÇ

1. Çalışmaya travma nedeni ile acil servise başvuran ve fizis kırığı şüphesi olan 120 hasta alındı. Hastaların 2'si aşırı ağrı ve 1'i doku defekti nedeni ile çalışmadan çıkarıldı. Çalışmaya dahil edilen 117 hastanın 36'sı (%31) kız, 81'i (%69) erkekti. Hastaların yaş ortalaması 10 ± 5 (minimum:1-maksimum:18) idi. Hastaların 100'ü (85.5%) düşme ve/veya çarpma ve 17'si (%14.5) motorlu araç kazası nedeni ile yaralanmıştı. Hastaların 75'inde (%64) ağrı şikayeti vardı.

2. Fizik muayene ağrı, hassasiyet, ödem, ekimoz, deformite, eklem hareketlerinde kısıtlılık ve eklem aralığında şişlik bulgularının varlığı araştırıldı. Fizik muayene bulguları arttıkça XR ve POCUS'ta kırık oranı artmaktadır. Hastalarda en fazla distal radius kırığı saptandı. Komşu kemik olarak en fazla distal ulna kırığı saptandı.

3. XR'da 85 (%73) hastada kırık saptandı. XR ile karşılaştırıldığında POCUS'un kırığı saptamada sensitivitesi %97, spesifitesi %94, PPV %98, NPV %90 (area under curve (AUC): 0.951, 95% CI, %90-100) bulundu

4. XR'da kırık saptanan hastaların 16'sında (%19) fizis kırığı vardı. XR ile karşılaştırıldığında POCUS'un fizis kırığını saptamada sensitivitesi %94, spesifitesi %96, PPV %79, NPV %99 (area under curve (AUC): 0.949 95% CI, %87-100) bulundu.

5. XR'da hastaların 15'i (%13) kırık eklem aralığına uzanıyordu. XR ile karşılaştırıldığında POCUS'un eklem uzanan kırığı saptamada sensitivitesi %60, spesifitesi %71, PPV %75, NPV %94 (area under curve (AUC): 0.785 95% CI, %63-94) bulundu.

6. Fizis kırıklarının saptanmasında POCUS'un sensitivitesi %93 bulundu. Kırığın eklem uzanımının saptanmasında sensitivite %62 bulundu. Kırığın açılanması, basamaklanması ve komşu kemik kırıklarının saptanmasında POCUS'un XR'a göre sensitivitesi %100 bulundu.

7. XR'da en fazla sırasıyla spiral, lineer, parçalı, fissür, avulsiyon ve torus tipi kırık saptandı. POCUS'un XR'a göre kırık tipini saptamada kappa değeri 0.881 bulundu.

8. Fizis kırıklarının 2'si distal femur, 4'ü distal humerus, 8'si distal radius, 1'i radiusbaşında idi. Fizis kırıklarının 1'i avulsiyon, 6'sı lineer, 4'ü parçalı, 5'i spiral tipi kırıktı. Bu kırıkların 3'ünde çıkık vardı. Ayrıca, 9'unda dokuda ödem, 2'sinde hemartroz

görüntülendi. XR’da tespit edilen fizis kırıklarının 8’i (%50) Salter-Harris tip II, 3’ü (%19) Salter-Harris tip III, 5’i (%31) Salter-Harris tip IV idi. Salter-Harris sınıflamasında POCUS’un XR’a göre kappa değeri 0.682 bulundu.

9. Çalışmaya alınan hastaların 10’una ortopedi konsültasyonu sonrası CT görüntüleme yapıldı. Bu hastaların 2’sinde eklem uzanımı, 1’inde fizis kırığını, 2’sinde kırık varlığını ve 5’inde kırık tipini belirlemek için CT görüntüleme yapılmıştı.

10. Çalışmaya dahil edilen 117 hastanın 85’inde (%73) fraktür tespit edildi. Bu fraktürlerin 40’ına (%47) kapalı redüksiyon uygulandı. Çalışmaya alınan hastaların 84’üne (%72) atel uygulandı. Bu hastaların 64’ü ortopedi ve travmatoloji uzmanına konsülte edildi. Hastaların 11’ine (%9) cerrahi tedavi planlandığı için yatış verildi.

11. Çocuklarda travmaya bağlı kemik kırıklarının görüntülenmesinde, fizise uzanan kırıkların, kırıkların açılanma ve basamaklanma mesafesinin görüntülenmesinde ve komşu kemik kırıklarının saptanmasında POCUS’un duyarlılığı yüksektir. Aynı zamanda POCUS ile yumuşak doku yaralanmaları görüntülenebilir. Buna karşılık kırığın eklem içine uzanımında, çıkıkların tespit edilmesinde ve Salter-Harris sınıflamasında XR ile POCUS arasında orta düzeyde uyum vardır.

KAYNAKÇA

1. Fuchs JR, Gibly RF, Erickson CB, Thomas SM, Hadley Miller N, Payne KA. Analysis of Physeal Fractures from the United States National Trauma Data Bank. *Children*. 2022 Jun 18;9(6):914.
2. Frouzan A, Masoumi K, Delirroyfard A, Mazdaie B, Bagherzadegan E. Diagnostic accuracy of ultrasound in upper and lower extremity long bone fractures of emergency department trauma patients. *Electron Physician*. 2017 Aug 25;9(8):5092–7.
3. Williams HJ, Davies AM. The effect of X-rays on bone: a pictorial review. *Eur Radiol*. 2006 Feb 9;16(3):619–33.
4. Kozaci N, Avcı M, Ararat E, Pinarbasili T, Ozkaya M, Etli I, et al. Comparison of ultrasonography and computed tomography in the determination of traumatic thoracic injuries. *Am J Emerg Med*. 2019 May;37(5):864–8.
5. Uz I, Yuruktumen A, Boydak B, Bayraktaroglu S, Ozcete E, Cevrim O, et al. Impact of the practice of “Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma” (e-FAST) on clinical decision in the emergency department. *Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2013;19(4):327–32.
6. Kozaci N, Ay MO, Akcimen M, Turhan G, Sasmaz I, Turhan S, et al. Evaluation of the effectiveness of bedside point-of-care ultrasound in the diagnosis and management of distal radius fractures. *Am J Emerg Med*. 2015 Jan;33(1):67–71.
7. Kozaci N, Ay MO, Akcimen M, Sasmaz I, Turhan G, Boz A. The effectiveness of bedside point-of-care ultrasonography in the diagnosis and management of metacarpal fractures. *Am J Emerg Med*. 2015 Oct;33(10):1468–72.
8. Kozaci N, Avcı M, Yuksel S, Donertas E, Karaca A, Gonullu G, et al. Comparison of diagnostic accuracy of point-of-care ultrasonography and X-ray of bony injuries of the knee. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2022 Aug 2;48(4):3221–7.
9. Kozaci N, Ay MO, Avcı M, Turhan S, Donertas E, Celik A, et al. The comparison of point-of-care ultrasonography and radiography in the diagnosis of tibia and fibula fractures. *Injury*. 2017 Jul;48(7):1628–35.
10. Kozaci N, Ay MO, Avcı M, Beydilli I, Turhan S, Donertas E, et al. The comparison of radiography and point-of-care ultrasonography in the diagnosis and management of metatarsal fractures. *Injury*. 2017 Feb;48(2):542–7.
11. Avcı M, Kozaci N, Tulubas G, Caliskan G, Yuksel A, Karaca A, et al. Comparison of Point-of-Care Ultrasonography and Radiography in the Diagnosis of Long-Bone Fractures. *Medicina (B Aires)*. 2019 Jul 9;55(7):355.

12. Joshi D, Singh TP. A survey of fracture detection techniques in bone X-ray images. *Artif Intell Rev.* 2020 Aug 1;53(6):4475–517.
13. Deng H, Zhao Z, Xiong Z, Gao F, Tang S, Li Y, et al. Clinical characteristics of 1124 children with epiphyseal fractures. *BMC Musculoskelet Disord.* 2023 Jul 21;24(1):598.
14. Erenler AK, Ay MO. Acil Serviste Ekstremitte Travmalı Hastaya Yaklaşım. *Türkiye Klinikleri Emergency Medicine.* 2017;73–8.
15. Arora R, Fichadia U, Hartwig E, Kannikeswaran N. Pediatric Upper-Extremity Fractures. *Pediatr Ann.* 2014 May;43(5):196–204.
16. Rodríguez-Merchán EC. Pediatric Skeletal Trauma. *Clin Orthop Relat Res.* 2005 Mar;432:8–13.
17. Ogden JA. *Skeletal Injury in the Child.* New York, NY: Springer New York; 2000.
18. Pierce MC, Bertocci GE, Vogeley E, Moreland MS. Evaluating long bone fractures in children: a biomechanical approach with illustrative cases. *Child Abuse Negl.* 2004 May;28(5):505–24.
19. Hosseinzadeh P, Milbrandt T. The normal and fractured physis: an anatomic and physiologic overview. *Journal of Pediatric Orthopaedics B.* 2016 Jul;25(4):385–92.
20. Irwin GJ. Fractures in children. *Imaging.* 2004 Dec;16(2):140–52.
21. Huurman WW; GGM. Musculoskeletal Injury in Children. *Pediatrics in Review .* 1997 Dec;18(12).
22. Cepela DJ, Tartaglione JP, Dooley TP, Patel PN. Classifications In Brief: Salter-Harris Classification of Pediatric Physeal Fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2016 Nov;474(11):2531–7.
23. Singh V, Garg V, Parikh SN. Management of Physeal Fractures: A Review Article. *Indian J Orthop.* 2021 Jun 13;55(3):525–38.
24. Herring JA. Tachdjian’s Pediatric Orthopaedics. 2007. 2059–2086 p.
25. Singh A, Mahajan P, Ruffin J, Galwankar S, Kirkland C. Approach to Suspected Physeal Fractures in the Emergency Department. *J Emerg Trauma Shock.* 2021 Oct;14(4):222–6.
26. Kraus R, Dresing K. Rational Usage of Fracture Imaging in Children and Adolescents. *Diagnostics.* 2023 Feb 1;13(3):538.
27. Escott BG, Kelley SP. Management of traumatic physeal growth arrest. *Orthop Trauma.* 2012 Jun;26(3):200–11.

28. Kuo FH, Baumann HM, d'Empaire PP, Deng Y. Role of Point-of-Care Ultrasound in the Early Stages of Trauma Care. *Curr Anesthesiol Rep*. 2020 Mar 17;10(1):69–79.
29. Mayr JohannesM, Grechenig W, Höllwarth MichaelE. Musculoskeletal Ultrasound in Pediatric Trauma. *European Journal of Trauma*. 2004 Jun;30(3).
30. Wang CC, Linden KL, Otero HJ. Sonographic Evaluation of Fractures in Children. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*. 2017 May 19;33(3):200–7.
31. Wang DC, Deeney V, Roach JW, Shah AJ. Imaging of physeal bars in children. *Pediatr Radiol*. 2015 Aug 19;45(9):1403–12.
32. Jawetz ST, Shah PH, Potter HG. Imaging of Physeal Injury. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. 2015 Mar 17;7(2):142–53.
33. Mallick A, Prem H. Physeal injuries in children. *Surgery (Oxford)*. 2017 Jan;35(1):10–7.
34. Xiao H, Li M, Zhu G, Tan Q, Ye W, Wu J, et al. The effectiveness of physeal bar resection with or without Hemi-Epiphysiodesis to treat partial growth arrest. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023 Jan 30;24(1):77.
35. Meyers AB. Physeal bridges: causes, diagnosis, characterization and post-treatment imaging. *Pediatr Radiol*. 2019 Nov 4;49(12):1595–609.
36. Johnson KJ, Bache E, editors. *Imaging in Pediatric Skeletal Trauma*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2008.
37. Fleiss JL, Levin B, Paik MC. *Statistical Methods for Rates and Proportions*. Wiley; 2003.
38. Cooper C, Dennison EM, Leufkens HG, Bishop N, van Staa TP. Epidemiology of Childhood Fractures in Britain: A Study Using the General Practice Research Database. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2004 Dec 1;19(12):1976–81.
39. Tsou PY, Ma YK, Wang YH, Gillon JT, Rafael J, Deanehan JK. Diagnostic accuracy of ultrasound for upper extremity fractures in children: A systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med*. 2021 Jun;44:383–94.
40. Wang CC, Linden KL, Otero HJ. Sonographic Evaluation of Fractures in Children. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*. 2017 May 19;33(3):200–7.
41. Li X, Liu X, Shi M, Zhang M, Wang P, Zhang X. The emerging application of ultrasound technology in pediatric bone fractures: Clinical application, related issues and development prospect. *Pediatric Discovery*. 2024 Jun 28;2(2).
42. Davidson RS, Markowitz RI, Dormans J, Drummond DS. Ultrasonographic evaluation of the elbow in infants and young children after suspected trauma. *J Bone Joint Surg*. 1994 Dec;76(12):1804–13.

43. Baessler AM, Wessel RP, Caltoun CB, Wanner MR. Ultrasound diagnosis of medial clavicular epiphysis avulsion fracture in a neonate. *Pediatr Radiol*. 2020 Apr 3;50(4):587–90.
44. Patel DD, Blumberg SM, Crain EF. The Utility of Bedside Ultrasonography in Identifying Fractures and Guiding Fracture Reduction in Children. *Pediatr Emerg Care*. 2009 Apr;25(4):221–5.
45. Lin JSSJB. Pediatric acute compartment syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Pediatric Orthopaedics* . 2020 Jan;90–6.
46. Özkazanlı G. Fiziyel yaralanmalara genel yaklaşım. *TOTBID Dergisi*. 2019;18.
47. Wu X, Meng X, Wang S, Shen X. Ultrasound-guided closed reduction of distal radius Salter-Harris I and II fracture in children. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2025 Dec 28;51(1):220.
48. Gottlieb M, Patel D, Marks A, Peksa GD. Ultrasound for the diagnosis of shoulder dislocation and reduction: A systematic review and <scp>meta-analysis</scp>. *Academic Emergency Medicine*. 2022 Aug 27;29(8):999–1007.

EKLER

Ek 1: Özgeçmiş

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Onur GÜRKAN

Uyruğu: T.C

Eğitim Bilgileri

Lise: Alanya Hüseyin Girenes Fen Lisesi

Lisans: Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi

İş Deneyimi:

Dr. Halil İbrahim Özsoy Bolvadin Devlet Hastanesi

Alanya Eğitim Araştırma Hastanesi

Yabancı Dilleri: İngilizce

Yayınlar ve Bildiriler:

Gurkan O, Kozaci N. Diagnostic POCUS of a dead fetus in utero due to diabetic ketoacidosis in pregnancy in the emergency department

Colak, S, Gurkan O, Aydın IE. Ethylene Glycol Toxicity Due to Drinking Antifreeze for Suicide

Ek 2: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Çocuğunuzun geçirdiği travmadan dolayı kemiğinde kırık olabilir. Bu kırık büyüme çizgisini etkileyebilir. Büyüme çizgisi kırıklarının erken tanı ve tedavisi yapılmalıdır. Aksi takdirde ileriki dönemde uzuvlarında kısalığa ve sakatlığa neden olabilir.

Çocuğunuzun diğer sistem muayeneleri ve vital bulguları (Tansiyon, nabız, solunum sayısı ve vücut ısısı) normaldir. Hayati tehdit eden bir sistem yaralanmanız bulunmamaktadır. Çocuğunuzu, ‘‘Büyüme Çizgisi Kırıklarının Tanısında Nokta Bakım Ultrasonografinin Doğruluğunun Değerlendirilmesi’’ adlı çalışmamıza dahil etmek istiyoruz.

Bu çalışmada, çocuğunuz 2 hekim tarafından muayene edilecektir. Muayenenin ardından 1. hekim ultrasonografi ile kırık şüpheli alanı değerlendirilecektir. Ultrasonografi ile kemiğinizde kırık olup olmadığına bakılacak ayrıca yumuşak dokuda ve eklem aralığında kanama olup olmadığı değerlendirilecektir. Ultrason ile değerlendirme tamamlandıktan sonra 2. hekim direk grafilerinizi değerlendirecektir. Tedavi kararı, direk grafi sonuçlarınıza göre verilecektir. Bu çalışmada amaç büyüme çizgisi kırıklarını tespit etmede ultrasonografinin etkinliğini direk grafi ile karşılaştırmaktır.

Bu çalışma sizin hastalığınızın tanı ve tedavi aşamalarını değiştirmeyecektir. Bu çalışma ile ilgili hastanın kimlik bilgileri gizli tutulacaktır. Hastanın tanı ve tedavisi ile ilgili tüm bilgiler gizli tutulacaktır. Yayın aşamasında dahi gönüllünün kimliği gizli kalacaktır. Bu sorumluluk sorumlu araştırmacıya aittir.

Bilgilendirilmiş gönüllü olur formundaki tüm bilgileri okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma hakkında bilgi aşağıda ismi verilen araştırmacı tarafından sözlü ve yazılı olarak verildi. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli ve gerekçesiz olarak çalışmadan ayrılacağımı biliyorum. Söz konusu araştırmaya hiçbir baskı altında kalmadan kendi rızam ile katılmayı kabul ediyorum. Çalışma hakkında bilgi alabileceğiniz araştırmacı

Prof. Dr. Nalan Kozacı

Hastanın

Adı-soyadı

Araştırmacının Adı-Soyadı

Velisinin

Adı soyadı

Tarih /imza

Ek 3: Çalışma Formu

Barkod

**Büyüme Çizgisi Kırıklarının Tanısında Nokta Bakım Ultrasonografinin
Doğruluğunun Değerlendirilmesi**

Kazanın oluş şekli	
Düşme, çarpma	
Araç içi Trafik kazası:	
Araç dışı trafik kazası:	
Motorsiklet kazası:	

Fizik muayene bulguları	
Açık kırık	
Deformite	
Krepitasyon	
Basamaklanma	
Ekimoz	
Hareketlerde kısıtlılık	
Eklem aralığında şişlik	
Dokuda ödem	
Ağrı /Hassasiyet	

US: (acil tıp hekimi tarafından yapılacak)		
Kemik Lokalizasyon		
Kırık	Var ☐	Yok ☐
Ekleme uzanan kırık		
Açılanma		
Steplenme :		
Komşu kemik kırığı		
Eklem çıkığı		
Yumuşak dokuda / eklem aralığında hematoma		
Kırık tipi	Fissur: ☐ Lineer kırık: ☐ Parçalı: ☐ Avulziyon: ☐ Sirküler ☐ Diğer ☐	
POCUS muayenesi sırasında ağrı		

Ön tanı:

Barkod

**Büyüme Çizgisi Kırıklarının Tanısında Nokta Bakım Ultrasonografinin
Doğruluğunun Değerlendirilmesi**

Radyografi		
Kemik Lokalizasyon		
Kırık	Var ☐	Yok ☐
Ekleme uzanan kırık		
Açılanma		
Steplenme		
Komşu kemik kırığı		
Eklem çıkığı		
Kırık tipi	Fissur: ☐ Lineer kırık: ☐ Parçalı: ☐ Avulziyon: ☐ Sirküler ☐ Diğer ☐	

Tanı:

Ortopedi konsültasyonu:

Tedavi: atel

redüksiyon+atel

cerrahi girişim

Hastanın sonlanması: yatış

taburcu