



Çocuk kırıklarının genel özellikleri

Characteristics of pediatric fractures

Mahmut Kalem, Orhun Eray Bozkurt

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, Ankara

Çocuklarda görülen kırıklar pediatrik travmaların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Cinsiyet ve yaş gruplarına göre kırık insidansı değişiklik göstermektedir. Kırık iyileşmesi erişkinlere benzer enflamasyon, onarım ve remodelizasyon gibi aşamalara sahip olsa da erişkinden bazı farklılıklar içerir. Daha hızlı kallus dokusu oluşumu, angülasyon ve translasyon kusurlarını daha iyi tolere edebilmesi gibi avantajları mevcutken, büyüme plağı (fizis) yaralanmaları çocuk kırıklarında önemli bir yere sahiptir. Salter-Harris tip II kırığı bunlar içinde en sık görülen tiptir. Büyüme plağı (fizis) yaralanmaları dışında, torus kırıkları, plastik deformasyon, yeşil ağaç kırıkları da çocuklara özgü kırık çeşitleridir. Ayrıca özellikle bir yaş altında görülen bazı kırıklarda istismar açısından dikkatli olmak gerekir. Cilt travması ve morarmadan sonra istismarın en sık belirtisi kırıklardır. Komplikasyonlar ise erişkinlere benzerken fizyel duraksama dikkat edilmesi gereken noktalardan biridir. Duraksamanın derecesine göre prognoz değişmektedir. Tekrarlayan kırıklarda ise en sık sebep olarak immobilizasyonun erken sonlandırılması olarak gösterilmiştir ve genellikle açık redüksiyon önerilir. Refleks semptomatik distrofi ise erişkinlerden farklı olarak alt ekstremitelerde daha sık görülmektedir.

Anahtar sözcükler: çocuk kırıkları; remodelizasyon; Salter-Harris kırıkları

Fractures in children constitute a significant portion of pediatric traumas. The incidence of fractures varies according to gender and age groups. Although fracture healing has similar stages to adults, such as inflammation, repair and remodeling, it has some differences from adults. While it has advantages such as faster callus tissue formation and better tolerance of angulation and translation defects, growth plate (physis) injuries have an important place in pediatric fractures. Salter-Harris type II fracture is the most common type. Apart from growth plate (physis) injuries, torus fractures, plastic deformation, and greenstick fractures are also types of fractures specific to children. In addition, it is necessary to be careful in terms of abuse, especially in some fractures seen under one year of age. After skin trauma and bruising, the most common sign of abuse is fractures. While complications are similar to adults, physical hesitation is one of the points that should be taken into consideration. The prognosis varies depending on the degree of pause. In recurrent fractures, the most common cause has been shown to be early termination of immobilization, and open reduction is generally recommended. Reflex sympathetic dystrophy is more common in the lower extremities, unlike adults.

Key words: pediatric fractures; remodeling; Salter-Harris fractures

EPİDEMİYOLOJİ

Pediyatrik travma, çocuklarda ölüm ve yaralanmalara sebep olan başlıca sebeplerden biridir. Her yıl yaklaşık 11 milyon hastane yatışının ve 15 bin çocuk ölümünün pediatrik travmalardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.^[1] Bu travmaların %10-25'inin kırık vakaları olduğu düşünülmektedir.^[2] İskandinav ülkelerinden İsveç'te yapılan bir çalışmaya göre 0-16 yaş arası en az bir kez kırık geçirenlerin insidansı 10.000'de 201 bulunmuş ve erkek/kız oranı 1,5 olarak saptanmıştır. Kızlarda en yüksek insidans 11-12 yaşlarda, erkeklerde ise 13-14 yaşlarda olduğu görülmüştür. Yapılan birçok

çalışmada çocuk kırıklarının en sık görüldüğü bölge, distal ön kol olarak rapor edilmiştir.^[3]

ÇOCUK İLE YETİŞKİN KIRIKLARI ARASINDAKİ ANATOMİK FARKLILIKLAR

Anatomik farklılıklar çocukları yetişkinlerden farklı yaralanmalara yatkın hâle getirmektedir. En büyük farklılıklar büyüme plağının (fizis) ve kalın periosteumun varlığıdır. Büyüme plağı yaralanmaları, önemli oranda büyüme bozukluklarına yol açabilir. Bu tip durumlarda yetişkinlerdeki eklem içi yaralanmaları gibi anatomik redüksiyon amaçlanmalıdır. Çocuklardaki periosteum

İletişim / Contact: Dr. Orhun Eray Bozkurt • E-posta / E-mail: borhuneray1803@gmail.com

ORCID ID: Mahmut Kalem, 0000-0002-8598-0938 • Orhun Eray Bozkurt, 0000-0003-1164-3098

Geliş / Received: 23 Eylül 2023 • **Revizyon / Revised:** 31 Ocak 2024, 22 Mart 2024 • **Kabul / Accepted:** 24 Mart 2024

ise daha kalın olmasının yanı sıra daha aktiftir, daha az yırtılır ve daha kolay kemikten ayrılır. Bu da periostun, kırığın hızlı iyileşmesine ve redüksiyonuna yardımcı olmasını sağlar. Buna bağlı olarak da çocuklardaki kırıklar daha stabildir. Ayrıca erişkinlere göre daha osteojenik potansiyele sahiptir. Kallus dokusu çok daha hızlı oluşur ve hızlı damarlanmadan dolayı da hızlı iyileşir.^[4]

BİYOLOJİK YÖNLERİ

Çocuklarda osseöz kırık iyileşmesi temelde erişkinlere benzer. İkisi de enflamasyon, onarım ve remodelizasyon aşamasına sahiptir. Enflamasyon evresinde fibrinden zengin bir hematoma oluşur. Oluşan damar hasarından sonra kollajen iskeleti oluşur. Vasküler yanıt sonrası salınan *Transforming Growth Factor B* (TGF-B), osteoblast ve osteoklastları içeren mezenkimal hücreleri kontrol eder. Subperiosteal kemik oluşumu ve endosteal alanlardaki endokondral kemik oluşumuyla kırık köprüleşmesi meydana gelir.^[5] Onarım aşaması yeni kan damarlarının ve kırıkta formasyonunun oluşumuyla karakterizedir.^[6] Onarım aşamasında fibrovasküler dokuyla çevrelenmiş hematoma endokondral ve intramembranöz ossifikasyon başlar ve geçici kallus dokusu oluşur.^[7] Remodelizasyon ise bazı kırıklarda yıllarca sürebilir. Bu aşamada yeni kemik oluşumu tamamlanır.

YENİDEN ŞEKİLLENME (REMODELİZASYON)

Yeniden şekillenme (remodelizasyon) kapasitesini etkileyen ana faktörler yaş, deformitenin fizise yakınlığı ve fizisin kalan büyüme kapasitesidir.^[8] Bununla birlikte, çocuklardaki (pediyatrik) kemiğin iyileşmesindeki farklılıkları etkileyen faktör, pediyatrik ve yetişkin kemiği arasındaki farklardır. Pediyatrik kemik kompresyonda başarısız olabileceğinden, klinik olarak stabil veya iyileşmiş bir kırık elde etmek için daha az başlangıç stabilitesi ve daha az kallus oluşumu gerekir. Daha büyük subperiosteal hematoma ve daha güçlü periosteum, kırığın yetişkinlerden daha hızlı iyileşmesi ve daha hızlı bir kallus oluşumuna katkıda bulunur. İskeletin ilk oluşumu için gerekli olan genler ve hormonlar aynıdır veya en azından çoğu durumda kırıkların iyileşmesi için gerekli olanlara benzerdir. Pediyatrik kemiğin osteojenik ortamı, kırık iyileşme süreçlerinin çocukta kırık anında zaten devam ettiği anlamına gelir. Yetişkinlerde bu faktörlerin yeniden uyandırılması gerekir, bu da yetişkinde iyileşme sürecinin daha yavaş olmasına neden olur. Kırık iyileşirken, çocuklarda büyümekte olan kemik, kırık translasyon, angülasyon kusurlarını olabildiğince telafi ederek düzeltir ve kemikte kırığa ait bir kusuru minimize eder.^[9] Ama yine de hedef mümkün olduğunca anatomik redüksiyon olmalıdır. Çocuk daha küçük yaşta ise kırık bölgesi fizise daha yakınsa ve eklem hareket aralığında kısmi bir

remodelizasyon varsa spontan tam düzelme potansiyeli daha yüksektir. Bu, özellikle eğer açılma normal hareket düzleminde ise remodelizasyonun göreceli olarak daha yüksek olduğu diz, dirsek, el ve ayak bileği gibi menteşe tipi eklemleri içeren kırıklarda belirgindir. Wolff yasasına göre kemik, kendisine uygulanan strese göre yeniden şekillenir ve deformite hareket planının aynı eksenindeyse yeniden şekillenme kapasitesi çok daha fazla olur. Ancak, açılma deformitelerinin diğer yönlerde olduğu suprakondiler humerus kırıkları sonrası görülen kubitus varus gibi durumlarda spontan düzelme muhtemel değildir.^[10,11]

Çocukluk çağı kırıklarının yeniden şekillenme aşamasında aşırı uzama genellikle uzun kemiklerin diyafizinde, en sık da femur diyafizinde görülür ve sorun yaratabilir. Ancak aşırı uzama sonucu oluşan 2 cm'ye varan fark genellikle telafi edilir.^[12]

Translasyon deformite remodelizasyonu, hastanın yaşına bağlı olmakla birlikte periosteal bir düzenlemeyle olmaktadır. Genellikle 10-12 yaşına kadar olan çocuklarda tamamen uç uca transle olmuş bir kemik remodele edilebilir.^[13]

Aksiyel deformite remodelizasyonu için bilinmesi gereken birkaç kural vardır. Mekanik olarak yük taşıyan yerde kemik üretimi olduğu, taşımayan yerde ise kemik rezorbsiyonunun gözlemlendiği belirlenmiştir. Buna göre kırık açılmasında içbükey olan tarafta yeni kemik oluşumu gözlenirken, dışbükey tarafta kemik rezorbsiyonu gözlenmektedir. Bu da yeniden dizilimin düzenlenmesine yardımcı olur ve dizilimin sağlanmasındaki etkisinin %25 olduğu gösterilmiştir.^[14] Ayrıca Hueter-Volkman yasasına göre, kötü kaynamış bir kırıktan sonra, komşu fizisler, kendilerine etki eden kuvvetlere dik olarak yeniden hizalanma eğilimindedir. Bu, kırığın kemik eksenine yönelimini değiştirir.^[15,16] Murray'e göre, fizis plağının asimmetrik büyümesi, kırık açılmasında yaklaşık %75'lik bir iyileşmeye neden olur.^[14] Wallace, femur kırığı sonrası yeniden şekillenme üzerine yaptığı klinik bir çalışmada, fizislerde %74 ve gövdede yalnızca %26'lık bir düzeltme kaydetmiştir.^[17] Freiberg ayrıca distal radius kırıklarının yeniden şekillenmesinde epifizyal yeniden yönlendirmenin daha büyük rolüne dikkat çekmiştir.^[18]

Remodelizasyonu Etkileyen Faktörler

1) Ekstremitede; alt ekstremitede remodelizasyon daha fazladır. Muhtemel mekanik yüklenmenin daha fazla olmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

2) Yaş; küçük çocuklarda (<8 yaş) remodelizasyon daha belirgindir.

3) Kırığın fizis hattına yakınlığı; yakın olması olumlu bir faktördür.

4) Deformitenin derecesi ve yönelimi; eğer açılma komşu eklem hareket düzleminde yer alıyorsa, yeniden şekillenme o kadar önemli olacaktır. Tibia ve femurda sagittal düzlemdeki (prokurvatum-rekurvatum) yanlış kaynama, koronal düzleme göre daha iyi bir yeniden şekillenme gösterir.^[6]

ÇOCUKLARDAKİ KIRIKLARIN SINIFLANDIRILMASI

Çocuklarda kırıklar beş gruba ayrılır. Fizyel yaralanmalar, komplet kırıklar, torus kırıkları, plastik deformasyon ve yeşil ağaç kırıklarıdır.

Fizyel Yaralanmalar

Kısaca fizis anatomisinden bahsetmek gerekirse, fizis hücreleri katmanlar hâindedir. Bu katmanlar rezerv, proliferatif ve hipertrofik bölgeleri içerir. Rezerv bölgesi, daha sonra büyüme ve matris üretimi için lipitler, proteoglikanlar ve glikojen için depolama alanı görevi görür. Proliferatif bölge, en yüksek hücre dışı matris üretimi oranına sahiptir ve en fazla uzunlamasına büyümeyi sağlar. Hipertrofik bölgenin üç aşaması vardır; olgunlaşma bölgesi kalsifikasyon için hazırlanmaya izin verir, dejeneratif bölge ayrıca matrisi hazırlar ve geçici kalsifikasyon bölgesi, kalsiyum salınımına izin veren kondrosit ölümünün meydana geldiği yerdir. Fizyel kırıklar en sık olarak geçici kalsifikasyon bölgesinde meydana gelir, çünkü bu bölge makaslama kuvvetine yanıtın en zayıf olduğu bölgedir.^[19,20] Fizisi çevreleyen iki önemli yapı daha vardır: Büyüme plakasının diyafiz tarafında bulunan Ranvier oluşu, osteoblastlar, fibroblastlar ve kondroblastlardan oluşan büyüme plağının periferik büyümesini destekler. LaCroix halkası, fizisi daha stabil, fibröz hâle getirir, metafizi ve epifiz periostunu birbirine bağlar.^[21]

Fizis kırıkları Salter-Harris sınıflamasına göre beş gruba ayrılırlar.^[21] Salter-Harris tip I kırıkları, transfizyel planda olur. Metafiz ve epifize uzanım yoktur. Genellikle fizisin hipertrofik bölgesinde görülür. Bu yaralanmalar sonrasında izleyen büyüme bozukluğu nadir görülür.^[22] Salter-Harris tip II kırıklarında metafizyel komponent de eklenir. Metafizyel parçanın adı Thurston-Holland fragmanı olarak adlandırılır. En sık görülen tiptir. Salter-Harris tip III kırıklar fizis düzleminden girer ancak epifizden çıkar ve eklem içi kırıkla sonuçlanır. Tip III kırıklar, tip II kırıklara göre çok daha az görülür, ancak potansiyel sekel, büyüme durmasının yanı sıra travma sonrası artiriti de içerir. Salter-Harris tip IV kırıkları fizisten geçerek epifiz ve metafiz boyunca uzanır. Bu kırıklar, fizisi ve eklem yüzeyini bozar ve longitudinal bir instabiliteye neden olur. Fizis durması riskine ek olarak, longitudinal hatalı redüksiyona uğramış tip IV kırık, transfizyel kemik

bar oluşumu ve bunun ardından asimetrik büyüme veya büyüme deformitesi ile sonuçlanabilir.^[23] Salter-Harris tip V kırıkları, kompresyon kuvvetlerinin sonucu olarak fizisteki ezilme yaralanmalarıdır. Bu kırıklar nadirdir. Fizise yönelik bu tip kompresyon hasarı aynı zamanda stres yaralanması olarak da ortaya çıkabilir ve bilek üzerinde tekrarlayan yüklenme yapan jimnastikçilerde görülebilir.^[23]

Komplet Kırıklar

Tüm kemik boyunca ilerleyen kırıklardır. Spiral, oblik ve transvers olabilir. Spiral kırıklar genellikle rotasyonel kuvvetler sonucunda oluşur. Bu tip kırıklar bazen de çocuk istismarı ile ilgili olabilmektedir. Sağlam periost menteşe görevi görerek cerraha redüksiyon sırasında kolaylık sağlamaktadır. Oblik kırıklar genellikle diyafizer bölgede 30°'lik açı ile oluşur. Bu kırıklar instabil olduklarından dolayı anatomik redüksiyon zorludur ve dizilim önem kazanmaktadır. Transvers kırıklar ise üç nokta kullanılarak yapılan bükülme prensibiyle oluşur. Kuvvetin apeksindeki periost yırtılmıştır.

Torus Kırıkları

Torus kırığı, periosteumun sağlam olduğu ve tek korteks kırığının olduğu metafiz-diyafiz bileşkesinde yer alır. Hafif bir deformiteden korteksin tam kırığına kadar değişen geniş bir spektrumdur.^[24] Genelde düşme sonrası kompresif kuvvetlerle oluşmaktadır. Bu kompresyon trabeküller tarafından sağlanıp kemiğin uzun aksına paraleldir.^[25] Bu kırıklar genelde stabildir ve 2-3 haftalık immobilizasyon yeterli olmaktadır.^[26]

Plastik Deformasyon

Vücuda uygulanan yüklerin etkisiyle kemiğin boyutu ve şekli değişebilir. Deformasyon süreçlerinin iki türü vardır; geri dönüşümlü (elastik) ve rezidüel (plastik) deformasyon. Elastik deformasyonda, kemiğe binen yük kaldırıldığında kemik orijinal şekline geri döner. Öte yandan plastik deformasyon kalıcıdır ve kemiğe gelen yük kaldırılrsa dahi orijinal şekline dönemez. Olgunlaşmamış kemik, bükülme kuvvetlerine karşı dayanıklı değildir ancak kemik kırılmadan önce çok fazla enerji emerek plastik deformasyona yol açar.^[27] Pedyatrik kortikal kemik, kısmen farklı materyal özelliklerinden dolayı yetişkin kemiğe göre daha düşük kemik içeriğine sahiptir. Plastik deformasyon, çocukların uzun kemiklerinin kırılmadan önce daha fazla enerji absorbe etmesine izin verse de yaralanma sonrasında ciddi bir deformasyon devam edebilir.^[28] Plastik deformasyon genellikle ön kol kemiklerinde görülür. Plastik deformasyon vakalarında

majör yeniden şekillenme kapasitesi yüksek olmasına rağmen, bazı yazarlar dört yaşından büyük çocuklarda ve 20'nden fazla açılanma olan deformitelerde yeniden şekillenme kapasitesinin azaldığını söylemektedirler.^[29]

Yeşil Ağaç Kırıkları

Yeşil ağaç kırığında, kompresif taraftaki kortekste periosteumun sağlam olduğu plastik bir deformasyon, traksiyon olan taraftaki kortekste ise tam bir kırık vardır. Yeşil ağaç kırığının gelişiminin ana belirleyicisi kalın periosteumdur. Çocukluk dönemine özgüdür. Yeşil ağaç kırıklarının tedavisinde genellikle deformitenin düzeltilmesi önerilmektedir, ancak bu konu literatürde tartışmalıdır.^[7]

İstismar Kırıkları

İstismar açısından en büyük risk altındaki çocuklar; ilk doğan, planlanmamış, prematüre bebekler, üvey çocuklar ve engelli çocuklardır. İstismar yaralanmaları her yaşta ortaya çıkabilir, ancak çocuklarda fiziksel istismarın en sık görüldüğü yaş bir yaşın altındadır. Failler çoğunlukla erkek ve %45'i biyolojik babalardır.^[30] İstismarın en sık görülen belirtisi cilt travması veya morarmadır, ikinci en sık görüleni ise kırıklardır.^[31] Bazı kırıklar diğerlerinden daha fazla şüphelendirse de fiziksel istismara özgü bir kırık türü veya yeri yoktur. Bir yaşından küçük istismara uğrayan çocukların %70'inde farklı iyileşme aşamalarında birden fazla kırık mevcuttur. Kaburga kırıkları en yüksek istismar olasılığına sahiptir. Metafiz yaralanmaları daha az yaygındır ancak istismar açısından yüksek bir özgüllüğe sahiptir. Uzun kemik kırıkları ise daha yaygındır ancak istismar açısından daha az spesifiktir. Üç yaşından küçük çocuklarda femur kırıklarının yalnızca %12 ile %13'ü istismara ikincildir. İstismar vakalarında osteogenezis imperfekta gibi diğer hastalıkların dışlanması gerekir. Bu hastalarda iyi bir anamnez ve detaylı bir fizik muayene önemlidir. Ortopedi ve travmatoloji doktorları multidisipliner ekibin bir parçası olarak hareket etmelidir.^[32]

ÇOCUKLARDA KIRIK KOMPLİKASYONLARI

Çocuklarda ve erişkinlerde görülen komplikasyonlar hemen hemen benzerdir. Ancak çocuklarda dizilim bozukluğu, büyümeyle oluşan doğal düzeltilmeler, fizyel duraksama ya da aşırı büyüme veya hızlı büyümeye bağlı oluşan tekrarlayan kırıklar görülebilir.

Dizilim bozukluğu olarak küçük çocuklarda görülen proksimal tibial metafiz kırıklarında görülen geç angülasyon sık olarak karşımıza çıkmaktadır. Birçoğu spontan olarak iyileşmekle birlikte bunun için en az 1,5-2 yıl beklenmesi önerilmektedir. Aksi takdirde deformite düzeltilmesi için yapılan osteotomiler sonucunda ilerleyici valgus deformitesi görülebilir.^[4,33]

Fiziz yaralanmasına bağlı fizyel duraksamada, duraksamanın derecesine göre sorunun büyüklüğü değişir. Tipik olarak bunda metafizden epifize kadar olan kemik bar adı verilen kemik köprü oluşur. Bar rezeksiyonu da fizisteki kalan büyüme düşünülerek verilir. Genel kani eğer büyüme plağının %50'sinden azı tutulmuşsa ve çocuğun büyümesine iki yıl kadar kalmışsa rezeksiyonun düşünülebileceği yönündedir.^[4]

Tekrarlayan kırıklar ise genellikle genç erkekler çocuklarda sık görülür. Çocuklarda iyileşme hızlı olduğu için immobilizasyona erken son verilir ve buna bağlı görülebilmektedir. Tekrarlayan kırık sonrası deformitede ciddi artış olur ve kapalı olarak redükte etmek zor olabilir. Bu durumda çoğu yazar açık redüksiyon önermektedir.

Refleks sempatik distrofiden de bahsetmek gerekirse erişkinlerde el ve omuzda daha sık görülürken çocuklarda daha sık alt ekstremitede gözüktür. Çocuklarda durum yetişkinlere göre daha iyi seyirlidir. Yetişkinlerde görülen kronik atrofik değişiklikler çocuklarda nadiren gelişir. Takipte çok az sayıda çocuğun uzun vadeli sorunları vardır.^[4]

KAYNAKLAR

1. Abidi NA, Dhawan S, Gruen GS, Vogt MT, Conti SF. Wound-healing risk factors after open reduction and internal fixation of calcaneal fractures. *Foot Ankle Int* 1998;19(12):856-61. **Crossref**
2. McCrory P, Bladin C. Fractures of the lateral process of the talus: A clinical review. *Snowboarder's ankle. Clin J Sport Med* 1996;6(2):124-8. **Crossref**
3. Hedström EM, Svensson O, Bergström U, Michno P. Epidemiology of fractures in children and adolescents. *Acta Orthop* 2010;81(1):148-53. **Crossref**
4. Rodríguez-Merchán EC. Pediatric skeletal trauma: A review and historical perspective. *Clin Orthop Relat Res* 2005;(432):8-13. **Crossref**
5. Jones ET. Skeletal growth and development as related to trauma. In: Green NE, editor. *Skeletal Trauma in Children*. 3. Philadelphia: Saunders; 2003. p. 1-18.
6. Naik P. Remodelling in children's fractures and limits of acceptability. *Indian J Orthop* 2021;55(3):549-59. **Crossref**
7. Kaymaz B, Kaymaz N. Epidemiological and characteristic features of childhood fractures. *Trends in Pediatrics* 2023;4(1):1-5. **Crossref**
8. Pritchett JW. Growth plate activity in the upper extremity. *Clin Orthop Relat Res* 1991(268):235-42.
9. Lindaman LM. Bone healing in children. *Clin Podiatr Med Surg* 2001;18(1):97-108. **Crossref**
10. Haliburton RA, Sullivan CR, Kelly PJ, Peterson LF. The extra-osseous and intra-osseous blood supply of the talus. *J Bone Joint Surg Am* 1958;40-A(5):1115-20. **Crossref**
11. Sammarco GJ. The Jones fracture. *Instr Course Lect* 1993;42:201-5. **Crossref**

12. Greiff J, Bergmann F. Growth disturbance following fracture of the tibia in children. *Acta Orthop Scand* 1980;51(2):315-20. **Crossref**
13. von Laer L. Corrective mechanisms in the growing skeleton, in *Pediatric Fractures and Dislocations*. Thieme: Stuttgart, New York. 2004. p. 11-16.
14. Murray DW, Wilson-MacDonald J, Morscher E, Rahn BA, Käslin M. Bone growth and remodelling after fracture. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78(1):42-50. **Crossref**
15. Gascó J, de Pablos J. Bone remodeling in malunited fractures in children. Is it reliable? *J Pediatr Orthop B* 1997;6(2):126-32. **Crossref**
16. Abraham E. Remodeling potential of long bones following angular osteotomies. *J Pediatr Orthop* 1989;9(1):37-43. **Crossref**
17. Wallace ME, Hoffman EB. Remodelling of angular deformity after femoral shaft fractures in children. *J Bone Joint Surg Br* 1992;74(5):765-9. **Crossref**
18. Friberg KS. Remodelling after distal forearm fractures in children. III. Correction of residual angulation in fractures of the radius. *Acta Orthop Scand* 1979;50(6 Pt 2):741-9. **Crossref**
19. Shaw N, Erickson C, Bryant SJ, Ferguson VL, Krebs MD, Hadley-Miller N, et al. Regenerative medicine approaches for the treatment of pediatric physeal injuries. *Tissue Eng Part B Rev* 2018;24(2):85-97. **Crossref**
20. Salter RB. Injuries of the epiphyseal plate. *Instr Course Lect* 1992;41:351-9.
21. Meyers AL, Marquart MJ. Pediatric Physeal Injuries Overview. 2022 Jul 25. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
22. Canale ST, Kelly FB Jr. Fractures of the neck of the talus. Long-term evaluation of seventy-one cases. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60(2):143-56. **Crossref**
23. Cepela DJ, Tartaglione JP, Dooley TP, Patel PN. Classifications in brief: Salter-Harris classification of pediatric physeal fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2016;474(11):2531-7. **Crossref**
24. Davidson JS, Brown DJ, Barnes SN, Bruce CE. Simple treatment for torus fractures of the distal radius. *J Bone Joint Surg Br* 2001;83(8):1173-5. **Crossref**
25. Sharp JW, Edwards RM. Core curriculum illustration: Pediatric buckle fracture of the distal radius. *Emerg Radiol* 2019;26(4):483-4. **Crossref**
26. Asokan A, Kheir N. Pediatric Torus Buckle Fracture. 2023 Jul 31. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
27. Vinz H. Change in the resistance properties of compact bone tissue in the course of aging. *Gegenbaurs Morphol Jahrb* 1970;115(2):257-72.
28. Mabrey JD, Fitch RD. Plastic deformation in pediatric fractures: Mechanism and treatment. *J Pediatr Orthop* 1989;9(3):310-4. **Crossref**
29. 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. **Crossref**
30. Starling SP, Holden JR, Jenny C. Abusive head trauma: The relationship of perpetrators to their victims. *Pediatrics* 1995;95(2):259-62. **Crossref**
31. Kleinman PK, Marks SC, Jr, Nimkin K, Rayder SM, Kessler SC. Rib fractures in 31 abused infants: Postmortem radiologic-histopathologic study. *Radiology* 1996;200(3):807-10. **Crossref**
32. Sink EL, Hyman JE, Matheny T, Georgopoulos G, Kleinman P. Child abuse: The role of the orthopaedic surgeon in nonaccidental trauma. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(3):790-7. **Crossref**
33. Balthazar DA, Pappas AM. Acquired valgus deformity of the tibia in children. *J Pediatr Orthop* 1984;4(5):538-41.