

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ALANINDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Editör
Dr. Öğr. Üyesi Ali Ateş

Ortopedi ve Travmatoloji Alanında Güncel Yaklaşımlar

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Ali Ateş

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Dr. Öğr. Üyesi Ali Ateş
Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Mart, 2025

Yayımcı Sertifika No
45813

Matbaa Sertifika No
47381

ISBN
978-625-6634-91-6

©copyright
Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin
alınmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Adres:Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B,
06480, Mamak, Ankara, Türkiye.
Telefon: +90 312 390 1 118
web: www.platanuskitap.com
e-mail: platanuskitap@gmail.com



PLATANUS PUBLISHING®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1.....	5
Halluks Valgusta Proksimal Metatarsal Osteotomiler	
Muhammet Zeki Gültekin	
BÖLÜM 2.....	15
Scheuermann Kifoza	
Gökhan Önce	
BÖLÜM 3.....	33
Lower Extremity Fractures in Childhood: Clinical and Surgical Perspective	
Ömer Esmez	

BÖLÜM 1

Halluks Valgusta Proksimal Metatarsal Osteotomiler

Muhammet Zeki Gültekin¹

¹ Doç. Dr., Konya Şehir Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği

TANIM:

Yaygın olarak bunyonun eşlik ettiği halluks valgus, medial ayak başparmağı ağrısına ve ayakkabı giymede zorluğa neden olabilen, birinci metatarsal sıranın kompleks bir deformitesidir (1).

Çoğu durumda halluks valgus çok faktörlü bir kökene sahiptir: genetik yatkınlık, ileri yaş, kadın cinsiyet, obezite, meslek, ayakkabı tipi ve pes planus halluks valgusun yatkınlık yaratan nedenleri olarak tanımlanmıştır. Tanı klinik olarak valgus ve pronasyon pozisyonunda duran halluks varlığı ile konur. Ayağın röntgeni hastalığın ciddiyetini belirlemek ve cerrahi seçeneğini planlama için alınır.

KLİNİK BULGU VE SEMPTOMLAR:

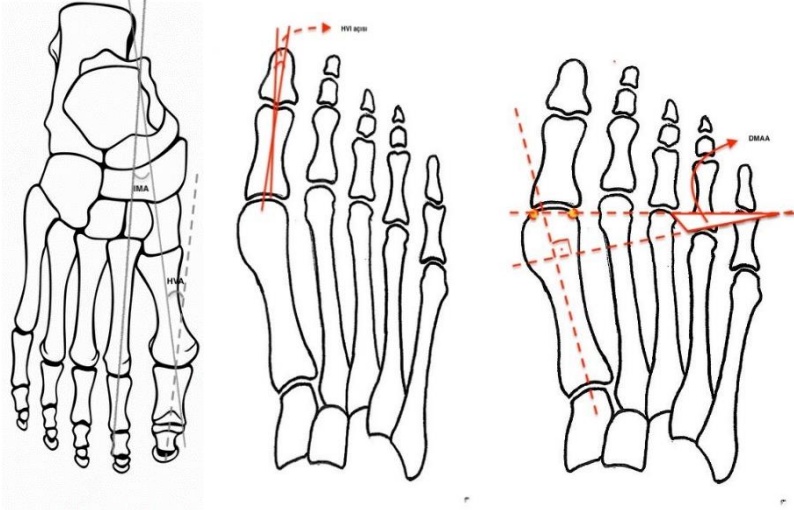
Halluks valgusun değerlendirilmesi dikkatli öykü alma ile başlar. Tipik şikayetler medial tepe üzerinde ağrı, lokal deri veya bursa tahrişi, birinci ışının medial deviasyonu, lateral deviasyon ve başparmağın pronasyonudur. Fizik muayene genellikle hastanın yürüyüşünün gözlenmesiyle başlar. Ayakta halluks deformitesinin derecesi ve pes planus varlığı değerlendirilir.

Ayak bileği, subtalar, transvers tarsal ve metatarsofalangeal (MTP) eklemlerinin hareket açıklığı ve ilk tarsometatarsal (TMT) eklem hareketliliği hasta otururken değerlendirilebilir (2). İlk MTP eklemindeki sınırlı hareket açıklığı dejeneratif değişiklikleri gösterir. Birinci TMT ekleminin hareketliliği, bir başparmağın ucu ikinci metatarsal başın altında ve diğer başparmağın ucu da birincinin plantar yüzünün altında olacak şekilde değerlendirilir. Birinci metatars başına dorsal olarak yönlendirilen kuvvet daha sonra birinci metatarsalın ikinciye göre instabilite derecesinin değerlendirilmesine izin verir (3). Klaue hipermobilitayı, 8 ila 10 mm'yi aşan bir hareket olarak tanımladı (4).

RADYOLOJİK DEĞERLENDİRMELER:

Teşhis için ayağın yük taşıyan ön-arka (AP) ve yan radyografilerinde ölçülen bazı açısal ölçümler gerekmektedir. Ayağın diğer eklemlerindeki instabiliteler, eklem dejenerasyonları ve dizilim bozukluğu gibi diğer durumlar da aynı grafilere değerlendirilir.

Bu açısal ölçümler; a) İntermetatarsal Açısı (IMA) (5); b) Halluks Valgus Açısı (HVA) (6); c) Halluks Valgus İnterfalangeus Açısı (HVI) (6); d) Medial sesamoidin metatarsal başın eksenine göre konumu (7); e) Distal Metatarsal Eklem Açısı (DMAA) (8).



Şekil 1: Halluks valgus açısı (HVA), İntermetatarsal açısı (İMA), Halluks valgus interfalangius açısı (HVI) ve Distal metatarsal ekleme açısı (DMAA) ölçümleri

TEDAVİ:

Halluks valgusun düzeltilmesi için 100'den fazla farklı ameliyat tekniği tanımlanmıştır. Hastanın öyküsünün alınması ve kapsamlı bir fizik muayene önemli adımlardır. Halluks valgus tedavisinde yeterli değerlendirme için tüm ayağın yük taşıyan ön-arka ve yan grafleri çok önemlidir. Tedavi, hafif ve minimal semptomatik vakalar için ayakkabı modifikasyonları ile ameliyatsız olabilir. Cerrahi tedavi, ilerleyici deformite ve ayakkabı giyme zorluğu için endikedir.

IMA > 10° ve HVA > 20° olan semptomatik hastalarda cerrahi endikedir.

Cerrahi tedavi için seçenekler aşağıdaki gibidir;

- Modifiye McBride prosedür (IMA < 15° ve HVA < 25°),
- Distal metatarsal osteotomiler (HVA 15-25°, IMA < 13°),
- Metatarsal şaft osteotomileri,
- Akin osteotomileri (DMAA < 10°)
- Proksimal metatarsal osteotomiler (HVA > 40°, IMA > 13°),
- Çift metatarsal osteotomiler (HVA 41-50°, IMA 16-20°, DMAA > 15°),

- Modifiye Lapidus Prosedürü,
- 1.Metatarsofalangeal artrodez.

Biz bu bölümde Proksimal Metatarsal Osteotomileri anlatmaya çalışacağız.

PROKSİMAL METATARSAL OSTEOTOMİLER:

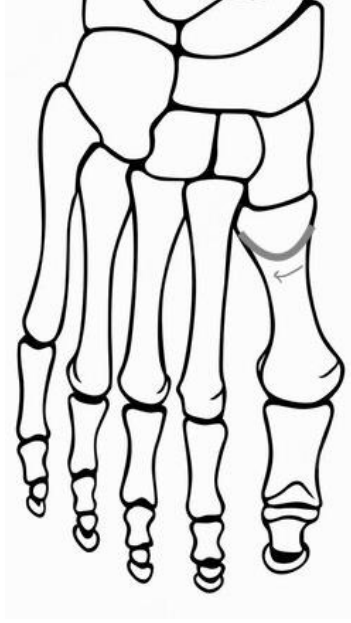
HVA $>40^\circ$, IMA $>13^\circ$ olduğu durumlarda proksimal metatarsal osteotomiler tercih edilir. Distal yumuşak doku prosedürü ile proksimal metatarsal osteotomi, orta ila şiddetli halluks valgus için yaygın bir tedavidir. Metatarsal osteotominin güvenli stabilizasyonu, kaynama gecikmesi, kaynamama veya yanlış kaynama ve düzeltme kaybı gibi komplikasyonları önlemek için gereklidir. Bu osteotomilerde cerrahın tercihinə göre k teli, vida veya plak uygulanarak osteosentez uygulanabilir.

Proksimal metatarsal osteotomiler şunlardır;

- Proksimal kreşentrik osteotomi,
- Proksimal kapalı kama osteotomi,
- Proksimal açık kama osteotomi,
- Proksimal Chevron osteotomisi,
- Lapidus prosedürü.

1-Proksimal Kreşentrik Osteotomi:

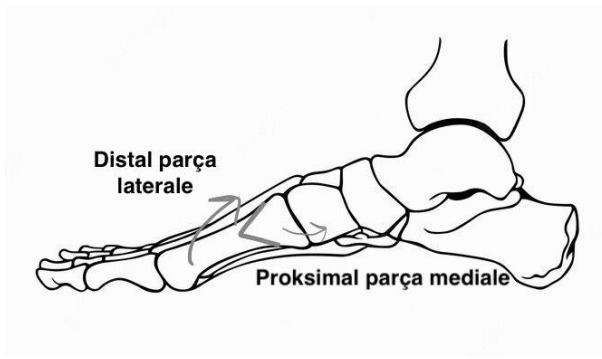
Bu yöntem Mann tarafından tarif edilmiştir (9). Uygulamada hilal şeklinde bir testere gerekmektedir. En sık komplikasyonu ise dorsale yanlış kaynamasıdır. Medial küneiforma dorsalden konulan dik bir K-teli osteotominin koronal planda oryantasyonu için kullanılabilir. Orta ila uzun vadeli takipli birkaç vaka serisi tatminkâr radyografik düzelme, hasta memnuniyeti ve fonksiyonel sonuçlarda iyileşme bildirmiştir.



Şekil 2: Proksimal kreşentrik osteotomi hattı

2-Proksimal Chevron Osteotomisi:

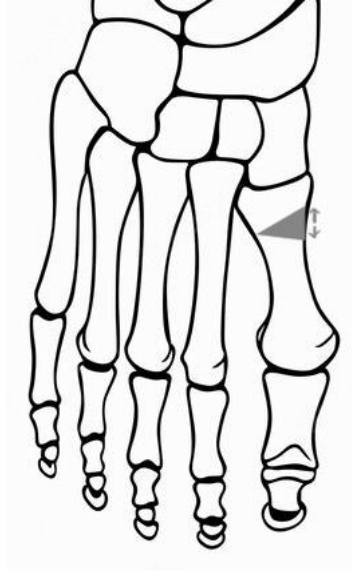
Burada Distal chevrandan farklı olarak lateral translasyon ve açık kamanın birlikte uygulanmasıdır (10). Osteotominin apeksi distale doğru yönlendirilir. Geniş temas alanı nispeten stabildir ve önerilen tespit yöntemleri bir vida ve bir Kirschner teli (K-teli), iki vida veya bir plaktır. Distal fragman proksimal fragmana göre hafifçe plantar fleksiyona getirilir.



Şekil 3: Proksimal Chevron osteotomisi hattı

3-Proksimal Açık Kama Osteotomisi:

1920 yılında tanımlanan bu osteotomi daha sonra stabilite ve kaynamama endişeleri nedeniyle büyük ölçüde terk edilmiş, zamanla endüstride sabit açılı plak tasarımları gibi yeni ürünlerin geliştirilmesi ile tekrar kullanılmaya başlanılmıştır (11). Kaynama sorunları başlıca problemdir. Bu durumdan korunmak için periostu minimal sıyırma, sağlam lateral korteks bırakma ve bazen kemik grefti kullanımı gibi önlemler uygulanabilir.



Şekil 4: Proksimal açık kama osteotomi hattı



Resim 1: Proksimal açık kama osteotomi, ameliyat görüntüleri

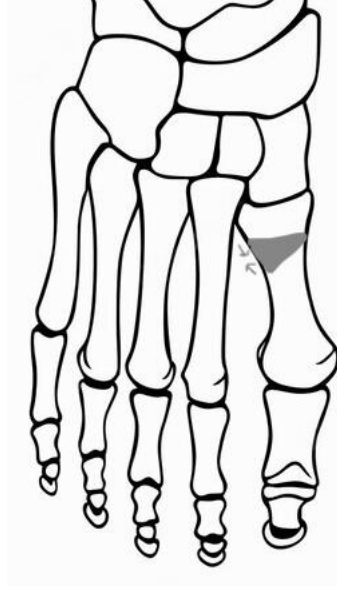


Resim 2: Proksimal açık kama osteotomi, ameliyat öncesi-sonrası ön-arka grafileri

4-Proksimal Kapalı Kama Osteotomisi:

Bu osteotomi metatarsal kısalma ve dorsifleksiyonda yanlış kaynama gibi komplikasyonlar nedeni ile pek tercih edilmemektedir. Osteotominin oblik yapıldığı versiyonları ile bu riskler azaltılabilir. Bu osteotomi dorsal insizyonla lateral tabanlı bir kama çıkarılarak yapılır (12). Medial menteşenin korunmasına

rağmen yayınlanmış serilerin çoğunda dorsifleksiyonda yanlış kaynama bildirilmiştir.



Şekil 5: Proksimal açık kama osteotomi hattı

CERRAHİ PROSEDÜR:

İşlemler genel anestezi, spinal anestezi veya sinir bloğu ile yapılmaktadır. Kansız bir alan elde etmek için Esmarch bandajı uygulanılarak turnike kullanılır. Adduktor hallucis kasının tenotomisi, derin intermetatarsal ligamanın kesilmesi ve birinci metatarsofalangeal eklemin lateral kapsül kesisini içeren birinci ağ boşluğundaki yumuşak doku prosedürleri dorsal insizyon yoluyla yapılmaktadır.

Daha sonrasında 1. metatarsofalangeal eklemin medial yönü üzerinde ikinci bir orta hat kesisi yapıp ve şaft boyunca proksimal olarak tarsometatarsal ekleme kadar uzanılır. Alternatif olarak, medial eminensi ve proksimal metatarsal şaftı açığa çıkarmak için iki ayrı insizyon kullanılabilir. Kapsülün "Ters L" şeklinde bir kesi ile açılmasının ardından medial çıkıntı eksize edilip ve proksimal osteotomi kesici motor ile yapılır. Burada kesici motor, dirilizasyon ve osteotom kullanılabilir. Burada uygulanacak osteotomilere göre; proksimal açık kama osteotomi'de medial, proksimal açık kama osteotomi'de dorsal, proksimal Chevron osteotomisi'nde medial ve proksimal kreşentrik osteotomi'de ise dorsal insizyonlar kullanılmaktadır.

KOMPLİKASYONLAR:

- Kaynamama (Yetersiz tespit, kötü osteotomi vs buna yol açar),
- Transvers metatarsalji,
- Osteotomi hattında dorsale kayma,
- Malunion (kısa birinci metatars veya ön ayakta pronasyon deformitesi olan hastalar bu komplikasyon açısından daha yüksek risk altındadır),
- Enfeksiyon,
- Yara yeri sorunları.

POSTOPERATİF REHABİLİTASYON:

Postoperatif tedaviyle ilgili olarak, çoğu yazar ameliyattan sonraki ilk iki hafta boyunca sert tabanlı ayakkabı veya alçıyla tam ağırlık verilmesine izin verirken, bazıları 4-6 hafta süresince sadece topuk ağırlığının verilmesine izin vermektedir (13,14,15,16). Tam ağırlık vererek erken ambulasyon, derin ven trombozu riskini azaltır ve kas atrofisini önler.

REFERANSLAR:

1. Durman DC. Metatarsus primus varus and hallux valgus. *AMA Arch Surg* 1957; 74:128-35.
2. Grebing BR, Coughlin MJ. The effect of ankle position on the exam for first ray mobility. *Foot Ankle Int* 2004; 25:467-75
3. Voellmicke KV, Deland JT. Manual examination technique to assess dorsal instability of the first ray. *Foot Ankle Int* 2002; 23:1040-1
4. Klaue K. Hallux valgus and hypermobility of the first ray—causal treatment using tarso-metatarsal reorientation arthrodesis. *Ther Umsch* 1991; 48:817-23.
5. Mann RA. Bunion surgery: decision making. *Orthopedics* 1990; 13:951-7
6. Saltzman CL, Brandser EA, Berbaum KS, et al. Reliability of standard foot radiographic measurements. *Foot Ankle Int.* 1994; 15:661-5.
7. Hardy RH, Clapham JCR. Observations on hallux valgus. *J Bone Joint Surg* 1951;33-B:376-
8. Coughlin M, Freund E, Roger A. Mann Award: The reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int* 2001; 22:369-79.
9. Mann R, Rudicel S, Graves S. Repair of hallux valgus with a distal soft-tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74-A:124–129.
10. Sammarco GJ, Brainard BJ, Sammarco VJ. Bunion correction using proximal chevron osteotomy. *Foot Ankle.* 1983; 14:8–14. doi: 10.1177/107110079301400102.
11. Trethowan J. *A system of surgery*. New York: PB Hoeber; 1923. pp. 1046–1049.
12. Nigro JS, Geger GM, Catanzariti AR. Closing base wedge osteotomy. *J Foot Surg.* 1991;30(5):494–505.
13. Hardy RH, Clapham JC. Observations on hallux valgus: based on a controlled series. *J Bone Joint Surg Br.* 1951;33-B:376–391.
14. Jahss MH, Troy AI, Kummer F. Roentgenographic and mathematical analysis of first metatarsal osteotomies for metatarsus primus varus: a comparative study. *Foot Ankle.* 1985;5(6):280–321.
15. Lee WC, Kim YM. Correction of hallux valgus using lateral soft-tissue release and proximal Chevron osteotomy through a medial incision. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89-A:82–89.
16. Moon JY, Lee KB, Seon JK, Moon ES, Jung ST. Outcomes of proximal chevron osteotomy for moderate versus severe hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int.* 2012;33(8):637–643.

BÖLÜM 2

Scheuermann Kifoza

Gökhan Önce¹

¹ Op.Dr., Elazığ Özel Medikal Hospital, ORCID: 0000-0002-9220-5729

Giriş

Scheuermann kifozu (SK), omurga gelişim aşamasındaki bazı problemlerden köken alan ve omurganın aşırı dercede öne doğru eğrilmesine sebep olan bir hastalıktır. Bu hastalık ilk olarak 1921 yılında Scheuermann tarafından tanımlanmıştır. Tipik olarak görülme zamanı ergenlik dönemidir ve giderek kötüleşebilir (1). Kesin oluşum mekanizması ve sebebi henüz net olmasa da, genetik ve çevresel faktörlerin önemli bir rol oynadığı kabul edilmektedir (2).

Bu bölüm, SK'nin etiyolojisi, tanı yöntemleri ve tedavi stratejileri hakkında kapsamlı bir inceleme sunmaktadır. Bu hastalığa ilişkin doyurucu bilgiler içermekle beraber, bu bölümde klinik çıkarımlar yapılarak, hastalığın teşhis ve tedavi aşamaları ayrıntılı bir şekilde vurgulanacaktır. Bunların hastaya, hastalığa ve topluma olan etkisine değinilecektir. Mevcut literatür ışığında, SK ile ilişkili biyomekanik değişiklikler, duruş değişiklikleri ve uzun vadeli sağlık sonuçları ele alınacaktır (3,4).

Tarihsel Arka Plan

Tarihsel olarak kifotik bozukluklarının değerlendirilmesi, tıbbi bilgilerdeki ilerlemelerle beraber giderek gelişmiştir. 20. yüzyılın başlarındaki tıbbi literatür sayesinde , raşitizme ve tüberküloz spondilitine (Pott hastalığı) bağlı gelişen kifozlar ve diğer patolojik omurga eğrilikleri belgelenmiştir. Yetersiz imkanlarla sınırlı olsa da, bu erken dönemlerde yapılmış olan çalışmalar sayesinde , SK gibi yapısal kifotik durumlar ile postüral kifoz birbirlerinden ayrılabilmiştir. Postüral kifoz, isteğe bağlı olarak düzeltilebilirken, Scheuermann kifozu tıbbi müdahale gerektiren oldukça sert bir deformitedir.

Kifozun sınıflandırılması mevzusunda ilk büyük katkıyı, 1921 yılında, Danimarkalı bir radyolog olan Holger Werfel Scheuermann sağlamıştır. Scheuermann, ergenlik döneminde görülen ve omurların öne doğru kamalaşmasıyla kendisini belli eden Scheuermann kifozunu tanımlamıştır (5). Daha sonra, 1978 yılında Winter ve Hall kifoz deformitesinin daha ayrıntılı bir sınıflandırmasını geliştirmiştir (6). Bu sınıflandırma halen kullanılmakta olup, konjenital kifoz, postural kifoz, Scheuermann kifozu, paralitik kifoz, miyelomeningosel kifozu, posttravmatik kifoz, enflamatuvar kifoz, cerrahi girişimler sonrası gelişen kifoz, metabolik kifoz, gelişimsel kifoz gibi başlıklar içermektedir:

3. Epidemiyoloji ve Etiyoloji

SK, tahmini görülme sıklığı %0,4 ile %8.3 arasında değişen yaygın bir omurga deformitesidir. Durum öncelikle ergenleri etkiler. Tipik olarak 10-12 yaşlarında başlar ve en sık görüldüğü yaş aralığı 13- 18 arasındır. Ancak, bazı çalışmalar SK'nın yetişkin başlangıçlı, nispeten daha az görülen bir formu olduğunu düşündürmektedir (7). Erkeklerde daha sık görülen bu hastalığın etkilediği bireylerin, sağlıklı olanlara kıyasla daha ağır ve uzun olduğu bildirilmiştir (8).

SK'nın giderek artan sıklığında çeşitli yaşam tarzı faktörlerinin rol oynadığı bilinmektedir. Özellikle, kötü bir ergonomik duruş ve oturma süresindeki artış gibi bedeni alışkanlıklar, genel omurga sağlığını olumsuz etkileyerek kifoz gelişimine katkıda bulunabilir (9). Ağırlık kaldırma, bisiklet sürme ve bazı sporların (futbol, tenis, golf v.b. aktiviteler) kifozdaki artışla ilişkili olabileceği de rapor edilmiştir (10).

Genetik yatkınlık SK'nın oluşum sebepleri içerisinde önemli bir yere sahiptir. CYTOKERATIN 8 (KRT8) ve N-myc downstream-regulated gen 1 (NDRG1) gibi genlerde spesifik polimorfizmler görülebilir (11) . Bu polimorfizmler idiyopatik skolyozla ve spinal deformitelerle ilişkilendirilmiştir.

Kesin patogenez belirsizliğini muhafaza etmekle beraber, çevresel sebepler, virüs enfeksiyonları, sigara, mesleki zorluklar ve sosyoekonomik durum gibi faktörler de potansiyel risk faktörleri olarak öne sürülmüştür.

4. Klinik Sunum

SK, omurganın yapısal bir deformitesidir ve esas olarak torakal omurgayı etkiler; burada omurgada öne doğru 45 dereceyi aşan C veya U şeklinde bir eğrilik gelişmiştir (7). Gelişen bu durum, kendisine has sert bir torasik kifoza sebep olur. Hastanın duruşundaki normal dizilimi değişir ve dik bir şekilde doğal bir ayakta durma pozisyonunu korumasını zorlaştırır. Klinik olarak SK, genellikle sırtta kamburluk olarak adlandırılan üst sırtın abartılı bir öne eğilmesi ile ortaya çıkar.

Çalışmalar, SK'lı hastaların iş hayatlarında sağlıklı meslektaşlarına nazaran daha fazla ağrı yaşadığını ve fonksiyonel olarak daha fazla kısıtlandığını göstermiştir (3). SK'nın klinik seyri farklı bireyler arasında önemli ölçüde farklılık gösterir çünkü bu bozukluğun hastalardaki gelişim hızları ve dereceleri farklıdır. Fiziksel şikayetlere ek olarak, psikososyal faktörler hastanın yaşantısında önemli bir rol oynar. Sırtta farkedilebilir bir kamburluk, kişinin

kendisine olan özgüveninin azalmasına ve sosyal bazı kaygılar gibi psikolojik sıkıntılara yol açabilir. Bunun doğal bir sonucu olarak da yaşam kalitesi etkilenir.

Hastaların şikayetlerindeki değişkenlik nedeniyle, SK'nın erken teşhisi birinci basamak hekimleri için zordur. Çünkü bazı hastaların hiçbir şikayeti yokken, diğerleri giderek artan ağrı, esnekliğin yitilmesi ve halsizlik gibi değişik şikayetler bildirebilir. Görüntüleme teknikleri ile birlikte klinik bulguların detaylı bir değerlendirmesi, doğru tanı ve tedavi planlaması için oldukça önemlidir.

5. Tanı Kriterleri ve Görüntüleme Modaliteleri

SK'nda, diğer tüm hastalıklarda olduğu gibi uygun tedavi yaklaşımlarını belirleyebilmek için doğru tanı vazgeçilmezdir. Teşhis koymada, omurga deformitelerini değerlendirirken uyguladığımız genel prensipleri takip ederiz. Scheuermann kifoza, omurlarda kamalaşma, endplateelerde düzensizlik, duruş bozukluğu ve ilerleyici kifozla katkıda bulunan yapısal anormalliklerle karakterizedir.

Hastanın Geliş Şekli

SK'lı hastaların çoğunun başlangıçtaki geliş şikayeti, ilerleyici deformite, kozmetik nedenler veya ağrıdır (12). Hastalar çok nadiren nörolojik bir şikayetle başvururlar. Sıklıkla ergenlik çağında, torakal veya torakolomber kifozla gelirler; ancak bazı hastalar yetişkindönemde başvurabilir. Ayırıcı tanıda vertebral çökme kırıkları, enfeksiyon veya tümörler ekarte edilmelidir.

Muayene

Fizik muayene inspeksiyonla başlar. Hastalarda tipik olarak artmış torakal kifoz, bunu kompanse etmeye çalışan artmış lomber ve servikal lordoz, başın ve boynun öne doğru uzanması (kaz boynu deformitesi), deformitenin apeksinde sırt bölgesi cildinde spinöz çıkıntıların sebep olduğu tahrişe bağlı pigmentasyon, iliopsoasta, hamstringlerde, pectoralste ve ön omuzda gerginlik görülür (13). Omurganın esnekliği fizik muayeneyle ve zorlamalı fleksiyon-ekstansiyon hareketleriyle değerlendirilebilir. Bu şekilde rijit kifozla postüral kifoz ayırımı yapılabilir. SK rijit bir kifozdur ve ekstansiyonla pasif olarak düzelmez. Fizik muayene refleks muayenesi de dahil ayrıntılı bir nörovasküler değerlendirme gerektirir.

Görüntüleme

Kapsamlı bir fizik muayeneden sonra olmazsa olmazımız görüntüleme tetkikleridir. Gelişmiş tanı görüntüleme modaliteleri, tanıyı doğrulamada ve şiddeti değerlendirmede önemli bir rol oynar.

Radyografik Değerlendirme (X-ışını): SK'lı hastaları değerlendirmek için standart omurga radyografileri gereklidir (Şekil 1). Bu grafler ayakta çekilmiş olan posterior-anterior ve lateral görünümlere sahip radyografilerdir. Ek olarak, rijit ve esnek kifotik deformiteleri birbirlerinden ayırt etmek için zorlu hiperekstansiyon lateral radyografisi çektirilebilir. Bu grafi, deformitenin en tepe noktasının altına havlu rulosu gibi bir destek yerleştirilerek çekilen sırtüstü bir radyografi ile elde edilir. Yapısal bir kifozda genellikle hiç düzelme olmaz veya minimal bir değişiklik olur. Standart lateral radyografiler, SK' nun değerlendirilmesinde omurga eğriliği, omurga kamalanması ve genel dizilim hakkında temel bilgiler sağlayan birincil görüntüleme modalitesidir (14). Uygun şartlarda çekilmiş bir yan grafide 45 dereceyi aşan Cobb açısı ve üç ardışık omurda en az 5 derecelik kamalaşma, teşhis için kullandığımız temel radyografik kriterlerdir (15).

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG): Hastalar şiddetli ağrı veya nörolojik kayıp şikayetleri ile başvurduğunda önerilir. Özellikle nörolojik tutulumu, yumuşak dokularda görülebilecek anormallikleri, disklerini durumunu, endplate düzensizliklerini, Schmorl nodüllerini ve muhtemel omurilik sıkışmasını değerlendirmede faydalıdır (Şekil 2).

Bilgisayarlı Tomografi (BT): BT taramaları, kemik yapıların ayrıntılı görüntülenmesini sağlar ve özellikle cerrahi planlama gerektiren vakalarda vertebral malformasyonların hassas bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır (16).

Kemik Sintigrafisi ve Laboratuvar Testleri: Bazı özel durumlarda, kemik taramaları ve metabolik testlerayırıcı tanıda kullanılabilir. Bu yöntemler SK'nu konjenital kifoz veya bulaşıcı omurga hastalıkları gibi diğer durumlardan ayırt etmek için kullanılabilir (3).

6. Hastalığın Yönetimi ve Tedavisi

6.1. Genel Hususlar

SK tedavisi büyük ölçüde deformitenin ve hasta şikayetlerinin ciddiyetine dayanır. Tedavi edilmemiş daha hafif derecedeki deformitelerin hastayı ne kadar

etkilediği tam bilinmese de daha şiddetli deformiteler ağrıyla ve eğriliğin artmasıyla ilişkili bulunmuştur (17). Tedavi yöntemi ne olursa olsun, amaç mekanik dizilimin yeniden restorasyonu ve stabilizasyonu, ağrının hafifletilmesi, nörolojik bozukluğun çözülmesi ve kozmetik iyileşmedir. Şu anda, hem cerrahi olmayan hem de cerrahi tedaviler tatmin edici sonuçlarla benimsenmiştir (18).

6.2. Cerrahi Olmayan Tedavi Seçenekleri

İdiaopatik skolyozda konservatif tedavi ile cerrahi tedavi arasındaki çizgi daha net ve belirgin olmasına rağmen bu ayrım SK'nda bu kadar keskin ve net değildir. Genel uygulamada , çoğu klinisyen 50 ila 80 derece arasındaki torakal eğrilikleri ameliyatsız şekilde tedavi etmiştir (19,20,21). Literatürde cerrahi müdahale için kesin endikasyonlar hala araştırılmaktadır (19). SK'nin konservatif tedavisini destekleyen veri yetersizliği vardır ve bu tedavinin hastalığın doğal seyri ve ilerlemesi üzerindeki etkisi bilinmemektedir(22,23). Konservatif tedavi daha esnek ve daha hafif eğriliklerde ön plana çıkar. Kanıtlar, büyüme potansiyeli olan hastalarda, özellikle lomber tutulum mevcut olduğunda, korse tedavisinin sagittal dengeyi, omuz hizalanmasını ve omurga dizilimini azaltmak için faydalı olduğunu desteklemektedir (24,25). Apikal kama düzeltilene kadar günde 16 ila 23 saat boyunca korse takılması önerilir. Riddle ve arkadaşları (26), ilk korse tedavisinin birçok hastanın kifoza neredeyse yarı yarıya azalma sağlayabileceğini, ancak korse tedavisinin sonlandırılmasından sonra elde edilen düzelmede bir miktar kayıp olabileceğini bildirdi. Korse tedavisi haricinde , torakodorsal bölgedeki ekstansör kasları güçlendirici ve dayanıklılığını artırıcı bir egzersiz programı faydalı olabilir. Weiss ve arkadaşları, 351 hastadan oluşan bir grup için fizik tedavi, osteopati, manuel terapi, egzersiz ve psikoterapinin uzun vadeli sonuçlarını duyurdu. Bu çalışmaya göre ağrıda anlamlı azalma meydana geldi (27). Etkili bir konservatif tedavide , aktif hasta katılımı mutlaka sağlanmalı ve çeşitli terapötik müdahaleleri içeren multidisipliner bir yaklaşım sergilenmelidir. Aktif hasta katılımı, tedavi sonuçlarını en üst seviyeye çıkarmak, eğriliğin ilerlemesi olasılığını azaltmak ve bu hastalıkla ilişkili olan fiziksel ve estetik endişeleri hafifletmek için esastır (28).

6.3. Cerrahi Tedavi

Hastalar korse kullanmasına rağmen kifozları ilerliyorsa, nörolojik bir defisit varsa, ağrı kalıcı hale gelmişse, erişkin hastada deformite iyice belirginleşmişse cerrahi müdahale seçeneği ön plana çıkar.

50 ila 80 derecelik kifoz ölçümleri cerrahi ve konservatif müdahale için sıklıkla bir eşik olarak kullanılmıştır; ancak literatürde şu anda kesin sınırlarla çizilmiş bir eğrilik derecesi tanımlanmamıştır. Polly ve ark. ile Spinal Deformite Çalışma Grubu yakın zamanda cerrahi yolla ve konservatif şekilde tedavi edilen çeşitli merkezlerden 150 kişilik SK'li hastanın sonuçlarını inceledi . Bu çalışmanın sonucunda farklı cerrahlar arasındaki ameliyat endikasyonları arasındaki değişkenlik görülmüş oldu. Cerrahi yapılan hastaların kifoz açıları 73 dereceyken ameliyatsız tedavi edilen grupta eğriliğin ortalaması 70 dereceydi. Bundan ötürü maksimum Cobb açısının cerrahi müdahale kararında veya hastaların şikayetlerinin şiddetinde herşey demek olmadığı bulunmuş oldu. Yazarlar ameliyatla tedavi edilen hastaların daha yaşlı olduğunu, daha fazla ağrı çektiğini ve ameliyatsız yöntemle tedavi edilenlere göre daha yüksek vücut kitle indeksine sahip olduklarını belirttiler. Genel olarak yazarlar ne zaman cerrahi müdahale yapılacağı kararını verirken, en önemli rolün hastanın ağrısı ve şikayetleri olduğu sonucuna vardılar (19,20).

Yaklaşım ve Teknik:

Cerrahi yöntemde ana hedef tüm omurganın ve omurga-pelvis bütünlüğünün dengesini yeniden sağlamak olmalıdır. Bu restorasyonun dikkatlice yapılması, akut bir nörolojik hasarın veya daha sonra görülebilecek bir kavşak bölgesi patolojisinin oluşma riskini azaltacaktır (29,30). Bir yandan yeterli düzeltmeyi sağlamak, bir yandan da kavşak kifozundan kaçınmak için 40 ila 50° lik bir düzeltme, ya da ameliyat öncesi kifozun %50'sine kadar bir düzeltme önerilir.

Cerrahi başarının uzun ömürlü olması için füzyon seviyesinin seçimi itina ile yapılmalıdır. Cobb açısını ölçtüğümüz en üst ve en alt omurların füzyona dahil edilmesi asgari şarttır (31). Proksimal kavşak bölgesi genellikle distaldeki birleşme bölgesine göre daha fazla risk altındadır(29). Bu nedenle, üst kısımda enstrümente edilecek olan omurların uygun şekilde seçilmesi için azami ihtimam gösterilir. Çalışmalar, ameliyat öncesi eğri derecesindeki büyüklüğün ve pelvik insidansın proksimal kavşak kifozu ile direk ilişkili olduğunu göstermiştir (20,32). Bu bulguların varlığı durumunda, cerrah planladığı füzyonu, eğriliğin en üst omurunun daha bir üst seviyesindeki nötr omuru da kapsayacak şekilde genişletebilir. Füzyon distal olarak, sagittal plandaki stabil vertebrayı (SSV) da içerecek şekilde yapılır. SSV eğriliğin altında kalan omurlar içerisinde posterior sakral vertikal çizginin (PSVL) temas ettiği en proksimaldeki vertebra olarak tanımlanır ve genellikle distal kavşak kifozu riskini en aza indirmek için istenen seviye olarak kabul edilir (32,33,34). Ayrıca, en altta enstrümente edilmiş

vertebrada kifoz olmamalıdır. Bundan emin olmak için genellikle lordoza dönen ilk diski değerlendiririz.

Posterior Yaklaşımlar

Posterior spinal füzyonun yapıldığı tekniklerde, torakolomber kifozu düzeltmek için pedikül vidaları ve segmental enstrümantasyon kullanılır. Bu yöntemler, vertebraya erişim kolaylığı ve eğriliği güçlü düzeltme imkanı tanınması nedeniyle şiddetli eğriliği ve katı bir deformitesi olan hastalar için tercih edilir. Cerrahi teknik ve enstrümantasyondaki ilerlemeler, operatif yaklaşımda bir değişime yol açmıştır. İlk başlarda SK tedavisi için kombine bir anterior-posterior (AP) yaklaşım tercih edilmekteydi, ancak daha yakın zamanda, torasik segmental pedikül vidalarının ve enstrümantasyonunun geliştirilmesi, bunun yanında da çok seviyeli düzeltici osteotomilerin yaygın olarak benimsenmesi neticesinde, artık cerrahların sadece posterior yaklaşımla ciddi sagittal düzeltme elde ettikleri görüldü (18, 35, 31) (Şekil 3). Sonuç olarak, kombine olmayan ve posteriordan yapılacak bir yaklaşımın avantajları, önden yapılacak olan bir apikal serbestleştirilmenin faydalarını sorgulayabilecek hale gelmiştir. Gerçekten de, çoğu modern çalışma yalnızca posterior yaklaşımın önemli ölçüde daha az morbidite ile yeterli düzeltmeyi sağladığını göstermektedir (36,37,42). Cerrahi tekniklerin bir özeti Tablo 1'de verilmiştir. Ne var ki bu yöntemin dezavantajları da yok değildir. Mekanik açıdan aşırı yük binmesinden ötürü sistemin mekanik olarak yetmezliği ve kavşak kifozu gibi problemler ciddi birer sorun olarak karşımızda durmaktadır. Vidalama esnasında nöromonitör kullanımı, bu tekniğe ait nörolojik hasarlanma riskini önemli ölçüde azaltır. (38,39).

Anterior Yaklaşımlar

Genellikle arka füzyonla birleştirilebilen anterior yaklaşımlar, ön omurga yapılarını serbest bırakarak güçlü bir düzeltmeye olanak sağlar. İzole anterior yaklaşım, daha az şiddetli torasik eğrilikler için tercih edilir. Eğriliğin torakal apeksine daha kolay ulaşabilme, daha kısa yatış süresi ve posterior yaklaşımlara kıyasla daha hızlı bir iyileşme sağlar. Ameliyattan önce yapılacak olan görüntüleme (BT anjiyografi, MRI) ve nöromonitörizasyon ile ameliyat öncesi değerlendirme, büyük damarlara verilebilecek hasar dahil olmak üzere riskleri en aza indirmek için oldukça önemlidir. Minimal invaziv girişimlerle yapılan torakoskopik teknikler ve dikkatli cerrahi teknik, güvenliği daha da artıracaktır (40,41)

Kombine Anterior-Posterior Yaklaşımlar

Kombine anterior-posterior cerrahi yöntemleri, ileri dereceli, rijit kifotik deformiteleri düzeltmek için kullanılır ve genellikle maksimum düzeltmeyi bu yöntem sağlar. Ancak bu avantajların yanında, kombine tekniklerin daha uzun ameliyat süresi ve ölümcül damar-sinir komplikasyonları gibi riskleri ihtiva etmesi gibi olumsuz yanları vardır. Ameliyatta etkili bir şekilde kullanılacak nöromonitörizasyon, sinirlerde meydana gelebilecek ciddi hasar riskini önemli ölçüde azaltacaktır. Yine en yüksek iyileşme sonuçlarının elde edilmesi, ameliyat sonrası dönemin güzel bir şekilde yönetilmesine ve dikkatli bir multidisipliner koordinasyona bağlıdır (41).

7. Olası Komplikasyonlar

SK, ister konservatif yöntemle ister cerrahi yolla tedavi edilsin, bünyesinde bu tedavilerle ilişkili riskleri barındırır. Korseleme, fizik tedavi ve egzersizler dahil olmak üzere konservatif tedavi, genellikle daha az komplikasyon taşır. Bununla birlikte, bazı çalışmalar mevcut kifozun ilerlediğini, ağırlı bel kaymasının görülebildiğini ve agresif egzersizlere bağlı instabilite gelişebileceğini göstermiştir.

Cerrahi tedavi ise seçilen cerrahi yaklaşım ve teknikle ilgili riskler taşır. Komplikasyonlar arasında enstrümantasyon başarısızlığı, kavşak kifoza, vertebral kırıklar ve özellikle osteoporotik hastalarda nörolojik hasarlar görülebilir. Anterior yaklaşımlar, özellikle uygun ameliyat öncesi görüntülemenin yapılmadığı ve ameliyat içerisinde nöromonitörizasyonun etkili bir şekilde kullanılmadığı durumlarda damar-sinir yaralanması gibi riskler taşır. Eğriliği düzeltebilme gücü posterior yaklaşımda yüksektir, ancak proksimal kavşak kifoza ve pedikül vidalarının yanlış yerleştirilmesi gibi riskler taşır. Yine kombine anterior-posterior prosedürler, ciddi deformiteler için etkili olsa da, daha uzun ameliyat süreleri ve teknikteki girift karmaşa nedeniyle daha büyük cerrahi riskler içerir.

Dikkatli şekilde yapılacak olan multidisipliner bir planlama, gelişmiş görüntüleme ve nöromonitörleme teknikleri, komplikasyon risklerini önemli ölçüde azaltır. Bu durum detaylı hasta değerlendirmesinin ve kişiye özel cerrahi stratejiler geliştirilmesinin ne denli önemli olduğunu bize gösterir (38,39,40,41).

8. Sonuçlar ve Prognoz

SK'nın tedavisinin olası neticelerini ve bu hastalığın gidişatını anlamak hastalar, aileler ve sağlıkçılar açısından çok önemlidir. Tedaviden sonra ortaya

çıkacak sonuçlar, düzeltilmiş bir dış görünüm ve dinmiş bir ağırdan tutun da kalıcı deformiteler ve geçmeyen kronik ağrılara kadar geniş bir yelpazede değişkenlik gösterebilir. Tedavi etkinliğini doğru bir şekilde değerlendirmek için uzun vadeli takip önemlidir, çünkü tedavinin erken dönem sonuçları genel hasta iyileşmesini tam olarak temsil etmeyebilir.

Yaş, cinsiyet, tedavi başlangıcındaki kemik gelişimi, korse ve destek tedavisine uyum ve başlangıçtaki eğrinin şiddeti gibi faktörler hasta sonuçlarını önemli ölçüde etkiler. Tedaviye dair başarılı müdahalelere rağmen sırt ağrısı veya düzelmeyen deformiteler gibi kronik sorunlar ortaya çıkabilir. Ek olarak, proksimal kavşak kifozu, daha ciddi bir tedavi gerektirebileceğini bildiğimiz bir ameliyat sonrası komplikasyon olmaya devam etmektedir. Tedavi sonuçlarını en başarılı düzeye çıkarmak ve olası komplikasyonları en aza indirmek için düzenli, uzun vadeli izlem ve kapsamlı multidisipliner bir yaklaşım esastır (38,39,40,41).

9. Özet

SK, yapısal veya sert kifozun önemli bir nedenidir. Kızlardan daha çok erkeklerde görülür. Birçok yönüyle iyi bilinen bir iskelet bozukluğu olsa da , SK'nın kesin nedeni hala belirsizliğini korumaktadır. Mekanik, hormonal, metabolik ve genetik faktörler de dahil olmak üzere birçok teori öne sürülmüştür. Çoğu araştırmacıya göre SK, saydığımız bu faktörlerin birkaçının kombinasyonundan kaynaklanmaktadır. Hastalar ve aileleri genellikle deformiteyle ilgili olumsuz bir dış görünüş, ağrı, kısıtlanmış, daralmış akciğer hastalığı ve sosyal etkilerle mücadele ederler. Bu nedenle etkili tedavi hem fiziksel hem de psikolojik sonuçları dikkate almalıdır.

Hastalık ele alınırken doğru radyolojik değerlendirme, özellikle omurga görüntüleme protokollerinin standardizasyonu, doğru bir tanı ve tedavi için oldukça önemlidir. Çünkü tedavi, deformitenin ve semptomların büyüklüğüne dayanır. Eğriliğin çok ilerlememiş olduğu semptomatik hastalarda ameliyatsız yöntemler uygulanır. Bu yöntem fizik tedavi ve korse kullanımından oluşur. 70° ila 75°den büyük deformitesi olan, tedavisi zor, ağrısı, nörolojik defisiti, kardiyopulmoner bozukluğu veya kötü kozmetik görünümü olan hastalarda ise cerrahi tedavi endikedir. Scheuermann kifozunda Posterior spinal enstrümantasyondaki gelişmeler sayesinde cerrahi artık tipik olarak sadece posterior yaklaşımla gerçekleştirilebilmektedir, ancak bu yöntemde kavşak kifozu zorlu bir problem olmaya devam etmektedir. Bu yüzden düzeltme miktarının orijinal eğriliğin %50'si veya daha azıyla sınırlandırılması önerilir.

Erken teşhis ve tedavi, sonuçları ve hasta uyumunu önemli ölçüde düzeltecektir. Sağlık profesyonelleri arasında kapsamlı bir anlayışın gelişmesi ve tedavi yöntemleri için net kılavuzların oluşturulması, hasta uyumunu ve genel sonuçları iyileştirecektir.

Kaynakça

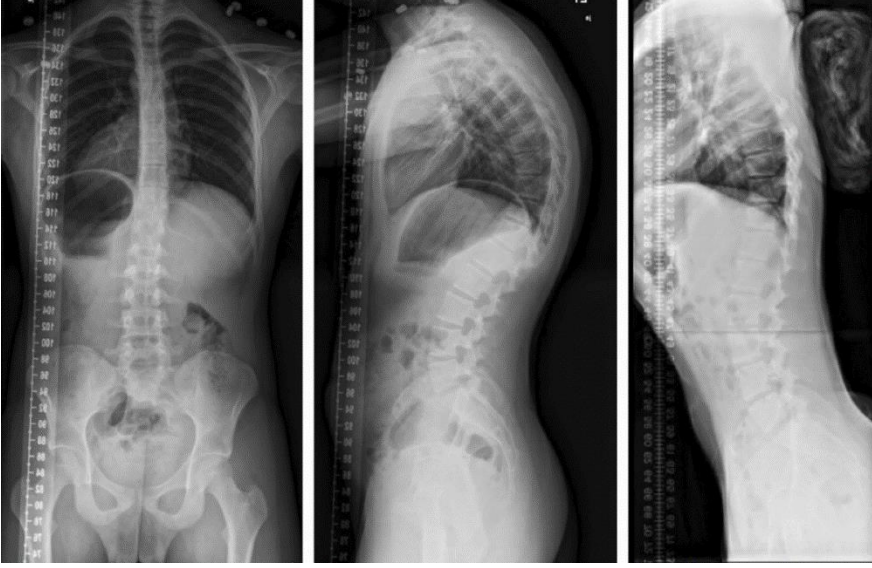
- 1- Scheuermann, H. W. (1921). The classic description of juvenile kyphosis. *Acta Orthopaedica Scandinavica.*
- 2- Jain, A. & Saoji, A. (2022). Scheuermann's Disease in Young Adults: A Case Report. *NCBI.*
- 3- Bezalel, T., Carmeli, E., & Kalichman, L. (2019). Scheuermann's Disease: Radiographic Pathomorphology and Association with Clinical Features. *NCBI.*
- 4- Rajasekaran, S., Reddy Rajoli, S., Kanna, R., & Prasad Shetty, A. (2018). A Classification for Kyphosis Based on Column Deficiency, Curve Magnitude, and Osteotomy Requirement. *NCBI.*
- 5- Scheuermann, H. W. (1921). Kyphosis dorsalis juvenilis. Zeitschrift für orthopädische Chirurgie einschließlich der Heilgymnastik und Massage, 41, 305–317.
- 6- Winter, R. B., & Hall, J. E. (1978). Kyphosis: Current concepts and a new classification. Orthopedic Clinics of North America, 9, 953–965.
- 7- Jain, A. & Saoji, A. (2022). Genç Yetişkinlerde Scheuermann Hastalığı: Bir Vaka Raporu. NCBI.
- 8- Lowe, T. G. (1999). Scheuermann's disease. Orthopedic Clinics of North America, 30(3), 475–485. [https://doi.org/10.1016/S0030-5898\(05\)70100-0](https://doi.org/10.1016/S0030-5898(05)70100-0)
- 9- Murray, J., Campbell Burton, C. A., Holmes, J., Astin, F., Greenwood, D., & Knapp, P. (2013). Frequency of anxiety after stroke: A systematic review and meta-analysis of observational studies. International Journal of Stroke, 8(7), 545–559. <https://doi.org/10.1111/ijss.12135>
- 10- Virk, S., Wright-Chisem, J., Sandhu, M., & et al. (2019). A novel magnetic resonance imaging-based lumbar muscle grade to predict health-related quality of life scores among patients requiring surgery. Spine, 46(3), 259–267. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003756>
- 11- Li, Z., Zhang, Y., Liu, P., Wang, J., Yang, L., & Chen, W. (2023). Keratin 8 regulates nucleus pulposus cell response to mechanical stress and intervertebral disc degeneration. Journal of Orthopaedic Research, 41(4), 859-869. <https://doi.org/10.1002/jor.25546>
- 12- Tribus, C. B. (1998). Scheuermann's kyphosis in adolescents and adults: Diagnosis and management. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 6(1), 36–43. <https://doi.org/10.5435/00124635-199801000-00004>

- 13- Wood, K. B., Melikian, R., & Villamil, F. (2012). Adult Scheuermann kyphosis: Evaluation, management, and new developments. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 20(2), 113–121. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-20-02-113>
- 14- Lonner, B. S., et al. (2018). The role of surgery in Scheuermann's disease. *Neurosurgical Focus*.
- 15- Sorensen, K. H. (1977). Scheuermann's Juvenile Kyphosis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*.
- 16- Schwab, F. J., et al. (2012). Classification of osteotomies for spinal deformity correction. *Spine*.
- 17- Lowe, T. G., & Kasten, M. D. (1994). An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease: A review of 32 patients. *Spine*, 19(15), 1680-1685. <https://doi.org/10.1097/00007632-199408000-00005>
- 18- Huq, S., Ehresman, J., Cottrill, E., et al. (2020). Treatment approaches for Scheuermann kyphosis: A systematic review of historic and current management. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 32(2), 235–247. <https://doi.org/10.3171/2019.8.SPINE19500>
- 19- Polly, D. W., Jr., Ledonio, C. G., Diamond, B., et al. (2019). What are the indications for spinal fusion surgery in Scheuermann kyphosis? *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 39(3), 217-221
- 20- Lonner, B. S., Newton, P., Betz, R., et al. (2007). Operative management of Scheuermann's kyphosis in 78 patients: Radiographic outcomes, complications, and technique. *Spine*, 32(24), 2644–2652. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31815a5238>
- 21- Bradford, D. S., Ahmed, K. B., Moe, J. H., Winter, R. B., & Lonstein, J. E. (1980). The surgical management of patients with Scheuermann's disease: A review of twenty-four cases managed by combined anterior and posterior spine fusion. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American Volume)*, 62, 705-712.
- 22- Wenger, D. R., & Frick, S. L. (1999). Scheuermann kyphosis. *Spine*, 24, 2630-2639.
- 23- Lowe, T. G., & Line, B. G. (2007). Evidence-based medicine: Analysis of Scheuermann kyphosis. *Spine*, 32(19 Suppl), S115-S119.
- 24- Weiss, H. R., Dieckmann, J., Gerner, H. J., & Spinal Orthosis SOSORT. (2009). Effect of intensive rehabilitation on pain in patients with Scheuermann's disease. *Studies in Health Technology and Informatics*, 145, 254-259.

- 25- Palazzo, C., Sailhan, F., Revel, M., & Scheiber-Nogueira, M. C. (2014). Scheuermann's disease: an update. *Joint Bone Spine*, 81(3), 209-214.
- 26- Riddle, E. C., Bowen, J. R., Shah, S. A., Moran, E. F., & Lawall, H. Jr. (2003). The duPont kyphosis brace for the treatment of adolescent Scheuermann kyphosis. *Journal of the Southern Orthopaedic Association*, 12, 135-140.
- 27- Weiss, H. R., Dieckmann, J., & Gerner, H. J. (2002). Effect of intensive rehabilitation on pain in patients with Scheuermann's disease. *Studies in Health Technology and Informatics*, 88, 254-257.
- 28- Weiss, H. R., & Turnbull, D. (2014). Nonoperative treatment of Scheuermann's kyphosis: a review. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 472(5), 1743-1752.
- 29- Cho, S. K., Kim, Y. J., & Lenke, L. G. (2015). Proximal junctional kyphosis following spinal deformity surgery in the pediatric patient. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 23(7), 408–414. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-14-00143>
- 30- Yanik, H. S., Ketenci, I. E., Polat, A., et al. (2015). Prevention of proximal junctional kyphosis after posterior surgery of Scheuermann kyphosis: An operative technique. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 28(2), E101–E105. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000000157>
- 31- Sardar, Z. M., Ames, R. J., & Lenke, L. (2019). Scheuermann's kyphosis: Diagnosis, management, and selecting fusion levels. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 27(10), e462–e472. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-17-00748>
- 32- Koller, H., Juliane, Z., Umstaetter, M., Meier, O., Schmidt, R., & Hitzl, W. (2014). Surgical treatment of Scheuermann's kyphosis using a combined antero-posterior strategy and pedicle screw constructs: Efficacy, radiographic and clinical outcomes in 111 cases. *European Spine Journal*, 23(1), 180–191. <https://doi.org/10.1007/s00586-013-2894-2>
- 33- Zhu, W., Sun, X., Pan, W., et al. (2019). Curve patterns deserve attention when determining the optimal distal fusion level in correction surgery for Scheuermann kyphosis. *Spine Journal*, 19(9), 1529–1539. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2019.04.007>
- 34- Kim, H. J., Nemani, V., Boachie-Adjei, O., et al. (2017). Distal fusion level selection in Scheuermann's kyphosis: A comparison of lordotic disc segment versus the sagittal stable vertebrae. *Global Spine Journal*, 7(3), 254–259. <https://doi.org/10.1177/2192568217699183>

- 35- Bradford, D. S., Moe, J. H., Montalvo, F. J., & Winter, R. B. (1974). Scheuermann's kyphosis and roundback deformity: Results of Milwaukee brace treatment. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American Volume)*, 56(4), 740–758.
- 36- Lee, S. S., Lenke, L. G., Kuklo, T. R., et al. (2006). Comparison of Scheuermann kyphosis correction by posterior-only thoracic pedicle screw fixation versus combined anterior/posterior fusion. *Spine*, 31(20), 2316–2321. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000238977.36165.b8>
- 37- Bradford, D. S., Moe, J. H., Montalvo, F. J., & Winter, R. B. (1975). Scheuermann's kyphosis: Results of surgical treatment by posterior spine arthrodesis in twenty-two patients. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American Volume)*, 57(4), 439.
- 38- Fernando, C. F. P. S., Camargo, O. P., & de Moraes Barros Fucs, P. M. (2015). Surgical treatment of Scheuermann's kyphosis: Posterior-only versus combined approaches. *Clinics*, 70(10), 714-720.
- 39- Cetik, M., Erken, H. Y., & Atici, T. (2023). Surgical strategies for thoracolumbar spinal deformities. *European Spine Journal*, 32(3), 534-544.
- 40- Horn, R., Watkins, R. G., & Watkins, R. G. (2019). Anterior approaches to the thoracic spine. In *Spine Surgery Basics* (pp. 115-120).
- 41- Cho, K. J., Lenke, L. G., Bridwell, K. H., Kamiya, M., Sides, B., & Baldus, C. (2007). Selection of the lowest instrumented vertebra and relative outcomes in posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, 32(9), 1004-1010.
- 42- O'Donnell, J. M., Wu, W., Youn, A., Mann, A., & Swarup, I. (2023). Scheuermann kyphosis: Current concepts and management. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 16(5), 521–530. <https://doi.org/10.1007/s12178-023-09861-z>

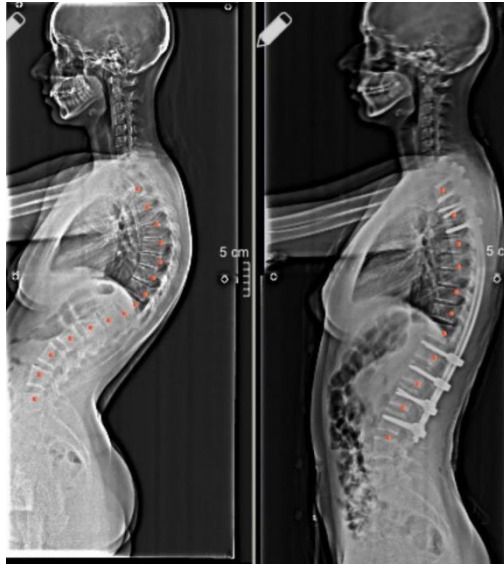
Şekil-1: Ayakta çekilmiş olan posterior-anterior, lateral grafiler ve sırtüstü çekilen zorlu hiperekstansiyon lateral radyografisi



Şekil 2: Scheuermann kifoza MR görüntüsü. Öne doğru kamalaşma, endplate düzensizliği ve alt torasik omurga kifoza



Şekil-3: Sadece posteriordan yapılan enstrumantasyonla elde edilen düzelme

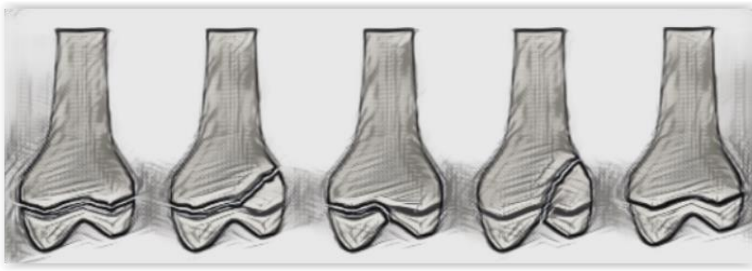


BÖLÜM 3

Lower Extremity Fractures in Childhood: Clinical and Surgical Perspective

Ömer Esmez¹

¹ M.D., Fethi Sekin City Hospital, Department of Orthopedics and Traumatology, Elazig, Turkey,
ORCID: 0000-0002-4475-3501



1. INTRODUCTION

Secondary fractures due to childhood trauma account for a significant portion of pediatric morbidity and mortality (Abidi et al., 1998). Pediatric fractures differ from adult fractures in several ways. Children's bones are more prone to fractures, and the primary differences compared to adult bones are the presence of the growth plate (physis) and the thick periosteum. It should be understood that injuries to the growth plate can result in length discrepancies in the extremities. The thick periosteum in children aids in rapid healing and fracture remodeling. This helps in the quick recovery and reduction of fractures, making pediatric fractures more stable (Rodríguez-Merchán, 2005).

The rate of bone remodeling in children is high. This process is influenced by several factors, including age, fracture location, and the remaining growth capacity of the physis, and it can sometimes take several years (Pritchett, 1991). The osteogenic structure of children's bone tissue is structurally suitable for fracture healing. Unlike in adults, no external stimulation is required for healing. Thus, the healing process is generally faster (Lindaman, 2001). The goal in pediatric fractures is complete reduction; however, in cases of angulated or step-off fractures, treatment should consider the extent of possible remodeling based on the child's age (Haliburton et al., 1958; Sammarco, 1993). In femoral diaphysis fractures, excessive lengthening may occur during the remodeling phase. This can result in a leg length discrepancy in the child (Greiff & Bergmann, 1980). Remodeling is more pronounced in the lower extremity, and it tends to be more significant in younger children. As the physis matures, remodeling yields more positive results (Naik, 2021).

The physis, an essential anatomical and physiological structure for growth, plays a significant role in pediatric fractures (Shaw et al., 2018; Brown & DeLuca, 1992). Fractures of the physis are classified into five types by Salter-Harris (Meyers & Marquart, 2022; Brown & DeLuca, 1992). Type I Salter-Harris

fractures are transverse and do not extend into the epiphysis or metaphysis (Canale & Kelly, 1978). Type II Salter-Harris fractures are the most common and involve the metaphysis. Type III Salter-Harris fractures begin at the physis and extend into the epiphysis. Type III fractures have more serious morbidities compared to type II fractures. Type IV Salter-Harris fractures extend through both the epiphysis and metaphysis. These fractures disrupt the physis and the joint surface, leading to longitudinal instability, and the risk of physis arrest is higher than in the first three types. Type V Salter-Harris fractures are rare and involve compressive injuries to the physis (Cepela et al., 2016).

Spiral, oblique, or transverse complete fractures that extend through the entire bone can occur in children. Spiral fractures are typically secondary to rotational forces, while oblique fractures generally result from angular falls onto the bone in the diaphyseal region. These are more difficult to reduce than spiral fractures. Transverse fractures occur perpendicular to the long axis of the bone (Kalem & Bozkurt, 2024).

In children, fractures without disruption of the periosteum, known as torus fractures, can occur. Torus fractures are usually stable and are located at the meta-diaphyseal junction (Davidson et al., 2001; Sharp & Edwards, 2019; Asokan & Kheir, 2023). A key distinction between children and adults is that children's bones are elastic and can bend under force. Once the force is removed, the bone returns to its original shape (Vinz, 1970). Plastic deformation typically occurs in the forearm bones (Sanders & Heckman, 1984). The "greenstick fracture" is commonly observed in children under the age of 10, often in the forearm and humerus. The thick periosteum protects one cortex of the bone, while the other cortex becomes irregular. Reduction is controversial, but immobilization for three weeks is recommended (Kaymaz & Kaymaz, 2023).

All healthcare professionals should be cautious of abuse-related fractures. Newborns, stepchildren, and disabled children are at higher risk for abuse fractures. These fractures most commonly occur in children under the age of one (Starling et al., 1995). During the physical examination of these patients, attention should be paid to multiple skin injuries or bruising of different colors (Kleinman et al., 1996). Rib fractures should raise suspicion for abuse. A thorough history and physical examination are necessary to avoid missing abuse fractures (Sink et al., 2011).

2. PEDIATRIC LOWER EXTREMITY FRACTURES

Pelvic fractures are rare in children. The elasticity and cartilage-rich structure of the pelvic region make fractures in this area more stable in children (Amorosa et al., 2014; Hauschild et al., 2008). When a child presents with a pelvic fracture, it is important to consider the high-energy nature of the injury and approach the situation with a multidisciplinary strategy (Garvin et al., 1990; Bond et al., 1991; Saglam et al., 2015). In children with pelvic fractures, concomitant head, thoracic, and abdominal injuries should be considered (Ismail et al., 1996). The mechanism of injury for pediatric pelvic fractures is often lateral compression resulting from a motor vehicle collision (Bond et al., 1991; Dalal et al., 1989). The classification described by Torode and Zieg is commonly used for pediatric pelvic fractures (Torode & Zieg, 1985). Type I is more stable, while morbidity and mortality rates increase as the classification progresses toward Type IV. If an acetabular fracture accompanies a pelvic fracture, it is considered an unstable injury [20]. Stable pediatric pelvic fractures can be followed with conservative treatment, including bed rest (Museumche et al., 1987).

Fractures around the hip are infrequent in children but occur due to high-energy trauma (Ratliff, 1962). Pain on weight-bearing in the affected lower extremity is the most prominent complaint (Pinto & Aroojis, 2021). The Delbet classification is commonly used. According to this classification, Type I is transphyseal, Type II is transcervical, Type III is basocervical, and Type IV includes intertrochanteric fractures (Patterson, 2018). For diagnosis, both an anteroposterior hip radiograph and frog-leg radiograph should be obtained (Dial & Lark, 2018; Pinto & Aroojis, 2021). Non-displaced, age-appropriate hip fractures can be treated with closed reduction or pelvic-pedal casting (Togrul et al., 2005; Yeranorian et al., 2013). Displaced fractures should undergo anatomical reduction under fluoroscopy, using open or closed methods (Pinto & Aroojis, 2021). The most important and frequent complication of pediatric hip fractures is avascular necrosis, which can lead to severe complications (Ratliff, 1962; Pinto & Aroojis, 2021; Dai et al., 2020; İnan et al., 2009).

The degree of fracture displacement, older age, delayed reduction, and non-anatomical reduction all increase the likelihood of avascular necrosis (Pinto & Aroojis, 2021; Togrul et al., 2005; Yeranorian et al., 2013; Bombacı et al., 2006; Dai et al., 2020). Another common complication is hip varus deformity (Dai et al., 2020; Lam, 1971; Yeranorian et al., 2013; Dai et al., 2020). The most common long bone fracture after forearm fractures in pediatric patients is femoral shaft fractures (Brousil & Hunter, 2013). Diagnosis is made through direct

radiographs. In the evaluation of femoral shaft fractures, the femoral neck fracture and knee fractures should be checked to ensure they are not missed. Transverse and short oblique fractures are stable, while spiral oblique and comminuted fractures are considered unstable. The treatment plan depends on the child's age, the type of fracture, and several other factors (Flynn & Skaggs, 2014).

In children under six months of age, femoral shaft fractures show significant bone remodeling, and treatments such as Pavlik harness, pelvic-supportive splints, or pelvic-pedal casts (PPA) can be used (Stannard et al., 1995; Ramo & Ellis, 2022). For children between six months and five years, closed reduction followed by PPA is preferred (Flynn & Skaggs, 2014). For children between five and eleven years, flexible intramedullary nails or bridge plating may be preferred (Flynn & Skaggs, 2014; Ramo & Ellis, 2022). For children older than eleven years, trochanteric-entry nails are preferred in femoral shaft fractures. In patients with narrow medullary cavities, bridge plating may be used to avoid nail-related fractures (Flynn & Skaggs, 2014; Ramo & Ellis, 2022).

The knee joint is the fastest-growing part of the body in children, and injuries in this region are significant (Buess Watson et al., 1994; Pritchett, 1991). The distal femoral epiphysis is the largest and fastest-growing epiphysis in the body, and injuries to the epiphysis can lead to leg length discrepancies (Anderson et al., 1963). In pediatric distal femoral fractures, the Salter-Harris classification is commonly used (Lal et al., 2011). Conservative treatment and close radiological monitoring can be applied for Type I and Type II fractures. Displaced Type I and Type II fractures, as well as all Type III and Type IV fractures, should be treated with closed reduction followed by percutaneous fixation (using Kirschner wires or cannulated spongy screws, depending on the child's age). If closed reduction cannot be achieved, or if anatomical reduction is not possible for Type I and Type II fractures, or for Type III and Type IV fractures, open fixation should be considered (Herring, 2008).

Tibia fractures are the third most common long bone fractures in children after forearm and femoral fractures. The majority of tibial fractures occur in the shaft and distal regions (Mooney, 2014). In children with multiple trauma, tibial fractures are the third most common after femoral and humeral fractures (Bienkowski et al., 2004). Approximately one-third of pediatric tibial shaft fractures are low-energy, simple spiral fractures (Larsen et al., 2015). Transverse or comminuted fractures can occur secondary to high-energy trauma (Mooney, 2014; Sarmiento et al., 1989).

Stable pediatric tibia fractures can be treated conservatively with a long-leg splint during the swelling phase and circular casting after the swelling subsides (Camurdan et al., 2019). Low-energy, non-displaced spiral oblique tibial fractures, known as Todler fractures, can be treated conservatively (Seguin et al., 2018). Displaced tibial shaft fractures are often treated with elastic intramedullary nails (Goodbody et al., 2016). In displaced fractures close to the joint line, and in fractures that do not adhere to the three-point principle of elastic nails, plating may be used (Radhakrishna & Madhuri, 2018). In older children with nearly closed growth plates, intramedullary nails may be preferred (Bakhsh et al., 2016).

Pediatric ankle fractures account for half of pediatric tibia fractures and 15% of growth plate fractures, making them an important part of extremity anatomy (Dias, 1978; Peterson et al., 1977). Distal tibia fractures are significant for the maintenance of lower extremity length, and anatomical reduction is crucial in these fractures (Peterson et al., 1977). Repetitive reduction attempts in ankle physeal fractures should be avoided to prevent physis damage. In children under 10 years old, angulations of less than 15° are tolerable, while remodeling potential decreases after 10 years of age (Cancino et al., 2021).

Talus fractures are rare in children, with most occurring at the neck (Eberl et al., 2010). Non-displaced talus neck fractures are treated with immobilization, while fractures with a step-off of more than 5 mm may require open or closed reduction (Eberl et al., 2010). The majority of metatarsal fractures in children heal without surgical intervention and rarely require surgical treatment (Singer et al., 2008).

3. CONCLUSION

Pediatric fractures differ significantly from adult fractures in many respects. In this population, the child's age, fracture location, and degree of displacement play key roles in treatment decisions. It should be remembered that physeal injuries can lead to physeal arrest. When evaluating fractures, radiographs of the upper and lower extremities should also be taken in addition to the affected area. In cases of uncertainty, comparative radiographs should be obtained. A multidisciplinary approach should be adopted when dealing with pediatric trauma.

REFERENCES

- Abidi, N. A., Dhawan, S., Gruen, G. S., Vogt, M. T., & Conti, S. F. (1998). Wound healing risk factors after open reduction and internal fixation of calcaneal fractures. *Foot & Ankle International*, 19(12), 856-861.
- Anderson, M., Green, W. T., & Messner, M. B. (1963). Growth and prediction of growth in the lower extremities. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 45, 1-14.
- Amorosa, L. F., Kloen, P., & Helfet, D. L. (2014). High-energy pediatric pelvic and acetabular fractures. *Orthopedic Clinics of North America*, 45, 483-500.
- Asokan, A., & Kheir, N. (2023, July 31). Pediatric Torus Buckle Fracture. In StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Retrieved from <https://www.statpearls.com>
- Bakhsh, W. R., Cherney, S. M., McAndrew, C. M., Ricci, W. M., & Gardner, M. J. (2016). Surgical approaches to intramedullary nailing of the tibia: Comparative analysis of knee pain and functional outcomes. *Injury*, 47(5), 958-961.
- Bienkowski, P., Harvey, E. J., Reindl, R., Berry, G. K., Benaroch, T. E., & Ouellet, J. A. (2004). The locked flexible intramedullary humerus nail in pediatric femur and tibia shaft fractures: A feasibility study. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 24(6), 634-637.
- Bombacı H, Centel T, Babay A, Turkmen IM. Evaluation of complications of femoral neck fractures in children operated on at least 24 hours after intial trauma. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2006;40(1):6-14.
- Bond, S. J., Gotschall, C. S., & Eichelberger, M. R. (1991). Predictors of abdominal injury in children with pelvic fracture. *Journal of Trauma*, 31, 1169-1173.
- Brousil, J., & Hunter, J. B. (2013). Femoral fractures in children. *Current Opinion in Pediatrics*, 25(1), 52-57.
- Brown, J. H., & DeLuca, S. A. (1992). Growth plate injuries: Salter-Harris classification. *American Family Physician*, 46(4), 1180-1184.
- Buess Watson E, Exner GU, Illi OE. Fractures about the knee: Growth disturbances and problems of stability at long term follow up. *Eur J Pediatr Surg* 1994;4:218-24.
- Camurdan, B., Korkmaz, T., & Şeker, A. (2019). Proximal Tibia ve tibia diyafiz kırıkları. *TOTBID Dergisi*, 18, 443-449.
- Canale ST, Kelly FB Jr. Fractures of the neck of the talus. Longterm evaluation of seventy-one cases. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60(2):143-56.

- Cancino, B., Sepúlveda, M., & Birrer, E. (2021). Ankle fractures in children. *EFORT Open Reviews*, 6, 593-606. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200042>
- Cepela, D. J., Tartaglione, J. P., Dooley, T. P., & Patel, P. N. (2016). Classifications in brief: Salter-Harris classification of pediatric physeal fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 474(11), 2531-2537.
- Dai ZZ, Zhang ZQ, Ding J, Wu ZK, Yang X, Zhang ZM, et al. Analysis of risk factors for complications after femoral neck fracture in pediatric patients. *J Orthop Surg Res* 2020;15:58.
- Dalal, S. A., Burgess, A. R., Siegel, J. H., Young, J. W., Brumback, R. J., Poka, A., et al. (1989). Pelvic fracture in multiple trauma: Classification by mechanism is key to pattern of organ injury, resuscitative requirements, and outcome. *Journal of Trauma*, 29(7), 981-1000.
- Davidson, J. S., Brown, D. J., Barnes, S. N., & Bruce, C. E. (2001). Simple treatment for torus fractures of the distal radius. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 83(8), 1173-1175.
- Dial, B. L., & Lark, R. K. (2018). Pediatric proximal femur fractures. *Journal of Orthopaedics*, 15, 529-535.
- Dias, L. S., & Tachdjian, M. O. (1978). Physeal injuries of the ankle in children: Classification. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 230, 230-233.
- Eberl, R., Singer, G., Schalamon, J., Hausbrandt, P., & Hoellwarth, M. E. (2010). Fractures of the talus—differences between children and adolescents. *Journal of Trauma*, 68(1), 126-130.
- Flynn, M. J., & Skaggs, D. L. (2014). Femoral shaft fractures. In M. J. Flynn, D. L. Skaggs, & P. M. Waters (Eds.), *Rockwood and Wilkins' fractures in children* (8th ed., pp. 987-1026). Philadelphia: Wolters Kluwer Health.
- Garvin, K. L., McCarthy, R. E., Barnes, C. L., & Dodge, B. M. (1990). Pediatric pelvic ring fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 10, 577-582.
- Greiff, J., & Bergmann, F. (1980). Growth disturbance following fracture of the tibia in children. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 51(2), 315-320.
- Goodbody CM, Lee RJ, Flynn JM, Sankar WN. Titanium elastic nailing for pediatric tibia fractures: Do older, heavier kids do worse? *J Pediatr Orthop* 2016;36:472-7.
- Haliburton, R. A., Sullivan, C. R., Kelly, P. J., & Peterson, L. F. (1958). The extraosseous and intra-osseous blood supply of the talus. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 40-A(5), 1115-1120.

- Hauschild, O., Strohm, P. C., & Culemann, U. (2008). Mortality in patients with pelvic fractures: Results from the German pelvic injury register. *Journal of Trauma*, 64, 449-455.
- Herring, J. A. (Ed.). (2008). Tachdjian's pediatric orthopaedics (4th ed., pp. 2653-2693). New York: Saunders Co.
- Haliburton, R. A., Sullivan, C. R., Kelly, P. J., & Peterson, L. F. (1958). The extraosseous and intra-osseous blood supply of the talus. *Journal of Bone Joint Surg Am*, 40-A(5), 1115-1120.
- Inan, U., Köse, N., & Ömeroğlu, H. (2009). Pediatric femur neck fractures: A retrospective analysis of 39 hips. *Journal of Child Orthopaedics*, 3, 259-264.
- Ismail, N., Bellemare, J. F., Mollitt, D. L., DiScala, C., Koepfel, B., Tepas, J. J. 3rd. (1996). Death from pelvic fracture: Children are different. *Journal of Pediatric Surgery*, 31, 82-85.
- Kalem, M., & Bozkurt, O. E. Çocuk kırıklarının genel özellikleri.
- Kaymaz, B., & Kaymaz, N. (2023). Epidemiological and characteristic features of childhood fractures. *Trends in Pediatrics*, 4(1), 1-5.
- Kleinman, P. K., Marks, S. C. Jr., Nimkin, K., Rayder, S. M., & Kessler, S. C. (1996). Rib fractures in 31 abused infants: Postmortem radiologic-histopathologic study. *Radiology*, 200(3), 807-810.
- Lindaman, L. M. (2001). Bone healing in children. *Clinical Podiatric Medicine & Surgery*, 18(1), 97-108.
- Lam, S. F. (1971). Fractures of the neck of the femur in children. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 53(6), 1165-1179.
- Larsen P, Elsoe R, Hansen SH, Graven-Nielsen T, Laessoe U, Rasmussen S. Incidence and epidemiology of tibial shaft fractures. *Injury* 2015;46(4):746-50.
- Meier, R., Krettek, C., Griensven, M., Chawda, M., Thermann, H. (2005). Fractures of the talus in the pediatric patient. *Journal of Foot and Ankle Surgery*, 11(1), 5-10.
- Mooney, J., & H.W. (2014). Fractures of the Shaft of the Tibia and Fibula. In M. J. Flynn, D. L. Skaggs, & P. M. Waters (Eds.), *Rockwood and Wilkins' fractures in children* (pp. 1874-1932). Philadelphia: Wolters Kluwer Health.
- Musemeche CA, Fischer RP, Cotler HB, Andrassy RJ. Selective management of pediatric pelvic fractures: A conservative approach. *J Pediatr Surg* 1987;22(6):538-40.

- Naik, P. (2021). Remodelling in children's fractures and limits of acceptability. *Indian Journal of Orthopaedics*, 55(3), 549-559.
- Pritchett, J. W. (1991). Growth plate activity in the upper extremity. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 268, 235-242.
- Peterson HA, Brewster RC, Johnson KA. Epiphyseal growth plate injuries of the distal tibia. *Minn Med* 1977;60:44-50.
- Patterson, J. T., Tangtiphaiboon, J., & Pandya, N. K. (2018). Management of pediatric femoral neck fracture. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 26(12), 411-419.
- Pinto DA, Aroojis A. Fractures of the proximal femur in childhood: A review. *Indian J Orthop* 2021;55:23-34.
- Pritchett, J. W. (1992). Longitudinal growth and growth plate activity in the lower extremity. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 275, 274-279.
- Radhakrishna VN, Madhuri V. management of pediatric open tibia fractures with supracutaneous locked plates. *J Pediatr Orthop B* 2018;27:13-6.
- Ramo B, Ellis HB. Lower extremity injuries In: John E Herring Ed. *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics* sixth edition, Elsevier 2022. p:1274-416.
- Ratliff, A. H. (1962). Fractures of the neck of the femur in children. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 44(3), 528-542.
- Rodríguez-Merchán, E. C. (2005). Pediatric skeletal trauma: A review and historical perspective. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 432, 8-13.
- Sanders, W. E., & Heckman, J. D. (1984). Traumatic plastic deformation of the radius and ulna. A closed method of correction of deformity. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 188, 58-67.
- Saglam Y, Dikmen G, Bademler S, Aksoy M, Dikici F. Analysis of the cause, classification, treatment, outcome and associated injuries of pediatric pelvic ring fractures. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2015;21(5):392-6.
- Sarmiento A, Gersten LM, Sobol PA, Shankwiler JA, Vangsness CT. Tibial shaft fractures treated with functional braces: Experience with 780 fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1989;71:602-9.
- Seguin J, Brody D, Li P. Nationwide survey on current management strategies of toddler's fractures. *CJEM* 2018;20:739-45
- Shaw, N., Erickson, C., Bryant, S. J., Ferguson, V. L., Krebs, M. D., Hadley-Miller, N., et al. (2018). Regenerative medicine approaches for the treatment of pediatric physeal injuries. *Tissue Engineering Part B: Reviews*, 24(2), 85-97.

- Sharp, J. W., & Edwards, R. M. (2019). Core curriculum illustration: Pediatric buckle fracture of the distal radius. *Emergency Radiology*, 26(4), 483-484.
- Sink, E. L., Hyman, J. E., Matheny, T., Georgopoulos, G., & Kleinman, P. (2011). Child abuse: The role of the orthopaedic surgeon in nonaccidental trauma. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 469(3), 790-797.
- Sammarco, G. J. (1993). The Jones fracture. *Instructional Course Lectures*, 42, 201-205.
- Singer, G., Cichocki, M., Schalamon, J., Eberl, R., & Höllwarth, M. E. (2008). A study of metatarsal fractures in children. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 90(4), 772-776.
- Stannard JP, Christensen KP, Wilkins KE. Femur fractures in infants: A new therapeutic approach. *J Pediatr Orthop* 1995;15(4):461-46
- Starling SP, Holden JR, Jenny C. Abusive head trauma: The relationship of perpetrators to their victims. *Pediatrics* 1995;95(2):259-62.
- Togrul E, Bayram H, Gulsen M, Kalaci A, Ozbarlas S. Fractures of the femoral neck in children: Long-term follow-up in 62 hip fractures. *Injury* 2005;36(1):123-30.
- Torode I, Zieg D. Pelvic fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1985;5:76-84.
- Vinz H. Change in the resistance properties of compact bone tissue in the course of aging. *Gegenbaurs Morphol Jahrb* 1970;115(2):257-72.
- Yeranosian M, Horneff JG, Baldwin K, Hosalkar HS. Factors affecting the outcome of fractures of the femoral neck in children and adolescents: A systematic review. *Bone Joint J* 2013;95-B(1):135-42