

Çocuklarda Tibia Kırıkları

Onur Bilge,* M. Cemalettin Aksoy**

Tibia kırıkları, çocuklar da sık görülen yaralanmalardan biridir¹. Kapalı kırıklar arasında, femur ve önkol kırıklarından sonra görülürken, açık kırıklar arasında ilk sırada yer almaktadır.² Çoklu travmalı çocuklarda en sık görülen üçüncü uzun kemik kırığıdır.³ Yaralanma mekanizması, küçük çocuklarda düşme ve torsiyonel yaralanmalar, daha büyük çocuklarda spor yaralanmaları ve trafik kazaları olarak sayılabilir. Erişkinlerden farklı olarak çoğunda kapalı redüksiyon (KR) ve alçı ile tespit yeterli olmaktadır.^{1, 4-6} Cerrahi tedavi seçenekleri arasında, eksternal fiksatör, plak ve elastik stabil intramedüller çivileme (ESİÇ) sayılabilir. Fakat cerrahi tedaviye bazı özel durumlar dışında gerek kalmamaktadır.⁷⁻⁹ Çocuk ayak bileği kırıkları ve diz eklemi ile ilgili olan proksimal tibia kırıklarının değerlendirilmesi ve tedavilerinin farklı olmasından dolayı bu yazının kapsamı dışında tutulmuştur.

Çocuk tibia kırıkları, genellikle ortalama 8 yaş dolayında ve kızlara göre erkeklerde daha sık görülür.² Hasta akut bir travma sonrasında genellikle acil servis kliniklerine baldırda ağrı, şişlik, şekil bozukluğu veya açık yara ile başvurur. Daha küçük çocuklar belirgin bir travma hikayesi tariflemeyen, aksayarak yürüme, ayaklarının üzerine basamama veya hareket kısıtlılıkları ile kliniğe gelebilirler. Bu durum özellikle Todler kırıklarında karşımıza çıkabilir. Todler kırığı, 9 aylık ile 6 yaş arasındaki çocuklarda, ayağın torsiyonuna bağlı fibulada kırık olmaksızın tibia'nın distal diafizinde görülen az deplase, spiral veya oblik kırığıdır⁴².

Ek olarak yüksek enerjili travmalarda yüzen diz, aşırı kullanıma bağlı olarak yetmezlik ve stres kırıkları da bu klinik tabloyu oluşturabilir. Aynı taraf femur kırığı ile birlikte görülen tibia kırığı olarak tanımlanan yüzen diz, çocuklarda nadir olarak görülür. Tibianın yetmezlik kırıkları, minör travmalar sonucunda

nöromusküler hastalığından dolayı yürüyemeyen hastalarda ve osteogenezis imperfekta hastalarında sıklıkla görülürler. Travma hikayesi olmadan, 10 yaşından büyük ve aktif çocuklarda, aktiviteyle artan ağrı ile karakterize, özellikle tibia'nın proksimal 1/3'ünü tutan stres kırıkları görülebilir. Ancak en sık olarak travmatik tibia kırıkları görülmektedir ve ayrıricı tanıda yukarıdaki klinik durumlar akılda tutulmalıdır.

Klinik Değerlendirme

Hasta acil servise ailesi tarafından getirildiğinde, öncelikle kendisinden veya yaşı küçük ise yakınlarından travma hikayesi ve diğer sistemlerin yaralanma durumuna ait detaylı bir anamnez alınmalıdır. Bilinen hastalıklar, kullanılan ilaçlar ve geçirilmiş cerrahiler de sorgulanmalıdır. Bu kırıklar çocuk istismarı durumlarında seyrek olarak görülse de, özellikle yürüyemeyen çocuklarda yaralanma ile ilişkisiz hikaye ve ek olarak fizik muayene bulguları varsa mutlaka akılda tutulmalıdır.

Çoklu sistem yaralanması durumunda, havayolunun açık, solunum ve dolaşımın öncelikli olarak sağlanması ve yaşamsal bulgularının stabilize olduğunun görülmesi esastır¹⁰. Hastanın açık kırığı varsa ise, yumuşak dokuların durumu değerlendirildikten sonra, acil serviste yara yeri SF ile yıkanmalı, antibiyotik ve tetanoz profilaksisi uygulanmalıdır. Alt ekstremitenin nörovasküler durumu ve özellikle distal nabızlar mutlaka kontrol edilmelidir. Kompartman sendromu açısından dikkatli olunmalı ve bu sendromun bulguları –özellikle yaralanmanın şiddeti ile orantısız dayanılmaz ağrı- ivedilikle sorgulanmalı ve tekrar muayeneler yapılmalıdır. Ayrıca kırığın açık olmasının kompartman sendromunu ekarte ettirmeyeceği unutulmamalıdır. Kemikte gözle görülebilen kırığı düşündürecek bir şekil bozukluğu veya fizik muayenede patolojik hareket varsa, uygun analjezik uygulaması sonrasında hafifçe traksiyon uygulanarak geçici bir uzun bacak atel

* Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Arş.Gör.

** Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Prof. Dr.

yapılmalıdır.¹⁰ Eğer aynı taraf femurda da kırığa bağlı deformite görülür ise (yüzen diz), transport atel tercih edilmelidir. Atel ile geçici tespit sağlandıktan sonra, özellikle bilinci kapalı veya koopere olamayan hastalarda kompartman sendromu açısından oldukça dikkatli olunmalı ve muayene tekrarları daha sık yapılmalıdır.

Radyolojik İnceleme

Diz ve ayak bileği eklemlerini de içeren ön-arka ve yan tibia grafileri kırığın şeklini, ayrışmasını, translasyonunu, kısıklığını ve açılışmasını değerlendirmek için mutlaka çektilmelidir. Radyografiler normal ve hastanın şikayeti var ise, gizli kırık veya stres reaksiyonlarının tanısı için Teknesyum 99m kemik sintigrafisi faydalı olabilir. Bilgisayarlı tomografi, kaynamama veya geç kaynama durumlarının tedavisinde kaynamanın izlenmesi amacıyla kullanılabilir. Grafide patolojik kırık ve eşlik eden neoplazi düşünülüyor ise, magnetik rezonans görüntüleme kemik ve özellikle çevre yumuşak dokuların değerlendirilmesi için gerekli olabilir.

Sınıflandırma

Çocuk tibia kırıkları kapalı veya açık olabilir. Kırığın şekline göre; transvers, oblik, spiral, kelebek parçalı veya çok parçalı olabilir. Yerine göre; proksimal, orta cisim, distal ve metafiz veya diafiz kırığı olarak sınıflanabilir. Çocuklarda çoğunlukla cisimin orta veya distal 1/3'ündeki kısa oblik veya transvers kırıklar görülmektedir. %30 oranında fibula kırığı eşlik eder.^{2, 23} Bu durum yüksek enerjili travmalarda görülmekle birlikte, anterior ve lateral kas gruplarının aşırı çekmesi sonucu distal parçanın valgus açılışması ile karakterizedir. Fibulanın sağlam olduğu izole tibia kırığı, torsiyonel kuvvetler sonucu oluşur ve başlangıçta şekil bozukluğu görülmezken, ilk haftalarda posterior kas gruplarının distal parçayı çekmesi nedeniyle varus açılışmasına eğilim oldukça fazladır. Bu durumu önlemek için, yapılacak alçının hafifçe valgusta yapılmasında fayda vardır.

Açık tibia kırıklarında Gustillo-Anderson sınıflaması ve yumuşak dokuların değerlendirilmesi için Tschernye veya AO sınıflamaları kullanılabilir.¹⁹⁻²² Bu sınıflamalar kırığın prognozu açısından önemlidir. Prognoz açısından en değerli bulunan sınıflama, Tschernye sistemidir.⁵⁰

Tedavi

Tablo 1. Çocuk tibia kırıklarında tedavi yöntemleri

- Kapalı redüksiyon + alçı (En sık)
- Cerrahi:
 - Eksternal fiksasyon
 - Esnek intramedüller çivileme
 - Transfiksasyon pinleri
 - Açık redüksiyon + plak
 - Kilitli intramedüller çivileme (büyüme plağı kapalı)

Çocuk tibia kırıklarında konservatif ve cerrahi tedavi yöntemleri bulunmaktadır (Tablo 1). Fakat çocuklarda tibia diafiz kırıklarının standart tedavi yöntemi, kapalı redüksiyon ve uzun bacak alçı ile tespit olarak kabul edilmektedir.^{1, 4-6, 11} Önemli yumuşak doku yaralanması ve şişliği olmayan, izole ayrılmamış kırıklara 4-6 haftalık uzun bacak alçı uygulanmalıdır. Eğer şişlik fazla veya kompartman sendromundan şüpheleniliyor ise, asıl tedavi öncesinde atel yapılması daha uygun bir tercih olacaktır. Klinik ve radyolojik olarak kaynama görüldükten sonra alçı çıkartılır –özellikle proksimal kırıklarda- ve ilerleyici yük verilmesine izin veren, ek 4 veya 6 haftalık PTB (patellar tendon bearing) alçısına geçilir.

Ayrılmış tibia diafiz kırıklarında, kapalı redüksiyon ve alçılamanın sedasyon veya genel anestezi altında yapılması gerekliliği vardır. Özellikle distal 1/3'e yakın kırıklarda genellikle, kırık redüksiyonunun kontrolü için ilk olarak kısa bacak alçı yapılır. Distal parçanın arkaya açılanmasını önlemek için ayak bileğine hafif plantar fleksiyon pozisyonunun verilmesinde fayda vardır. Daha sonra alçı diz 30-60° fleksiyonda olacak şekilde uzun bacağa uzatılır. Uyumlu olmayan, bilinci kapalı ve yumuşak doku şişliği olan çocuklarda alçının hemen açılması endikasyonu vardır. Alçı yapıldıktan sonra ekstremitenin nörolojik ve dolaşım takibi yapılarak, kompartman sendromu açısından da yakından izlenmesi gereklidir.

Redüksiyon sonrası yapılan alçı içinde kabul edilebilir redüksiyon kriterleri Tablo 2 de gösterilmiştir.¹¹ Redüksiyonun korunduğu ilk 3 hafta, haftalık grafilerle takip edilmelidir. İlk 3 hafta içerisinde redüksiyonda kayıp olduğu görülürse, alçıdan kama (kapalı veya açık) çıkartılarak veya alçı tekrar yapılarak düzeltme yapılmalıdır.

Tablo 2. Çocuk tibia kırıklarında kabul edilebilir radyolojik redüksiyon kriterleri

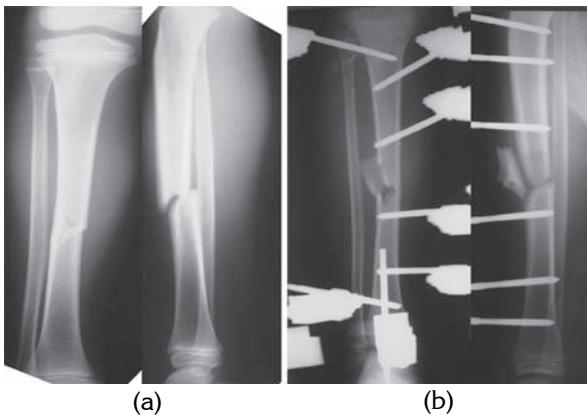
	≤ 8 yaş	> 8 yaş
Varus-valgus	< 10°	< 5°
Sagittal açılışma	< 10°	< 5°
Kısalık	< 1 cm	< 1 cm
Translasyon	Komplet	<% 50

Seyrek olarak ihtiyaç duyulan cerrahi tedavinin gereklilikleri tablodaki gibi sıralanabilir (Tablo 3).^{7, 8, 13-15}

Tablo 3. Çocuk tibia kırıklarında cerrahi tedavi gereklilikleri

- Kapalı redüksiyon sonrasında yetersizlik
- ≥ 10 yaş
- Açık kırıklar (Gustillo-Anderson II / III)
- Eşlik eden ciddi yumuşak doku yaralanması
- Eşlik eden kompartman sendromu
- Kafa travması veya serebral palsi'ye bağlı spastisite
- Çoklu kemik kırıkları
- Yüzen diz
- Çoklu sistem yaralanmaları

Kafa travması veya çoklu sistem yaralanmaları, çok parçalı ve stabil olmayan, yumuşak doku hasarı çok fazla olan tibia kırıklarında, kolay uygulanabilir, ayarlanabilir ve bakımının kolay olması nedeniyle eksternal fiksasyon ideal tercihtir.²⁴⁻³⁰ Genellikle anteromedial fiksator yapısı kullanılsa da, kırığın en az iki planda fikse edilmesi biyomekanik olarak daha stabil bir fiksator yapısı oluşturur (Şekil 1). İlk 4 hafta içinde ağırlık verilmeye başlanması ve eksternal fiksatorün dinamizasyonu kırığın iyileşmesini



Şekil 1. Araç dışı trafik kazası sonrasında acil servise getirilen kafa travması sonucunda yaygın aksonal hasarı gelişen 7 yaşında erkek hastanın (a) Ön-arka ve yan sağ tibia grafilerinde görülen cisim ortasının parçalı, Gustillo-Anderson Evre II açık kırığı. (b) Hastaya acil şartlarda iki planlı eksternal fiksator uygulanması sonrası iki yönlü grafileri

hızlandırır. Klinik ve radyolojik kaynama görüldükten sonra fiksator çıkartılabilir. Fiksatorü tolere edemeyen veya bakımın iyi yapılmadığı daha küçük çocuklarda erken çıkartılıp, alçıya geçilebilir. Fiksator çıkartıldıktan sonra görülen komplikasyonlar, çivi dibi enfeksiyonu ve yeniden kırılma olarak karşımıza çıkmaktadır.²⁸

Diğer bir tedavi yöntemi transfiksasyon çivileridir. Floroskopi altında redüksiyon uygulandıktan sonra çapraz çiviler ile kırık tespit edilir. Sonrasında alçı yapılır. Fakat kapalı bir yaralanmada enfeksiyon riskini beraberinde getirir. Bu teknik özellikle açık tibia kırıklarının debritlemesi ile birlikte uygulanabilir.⁴ Ancak günümüzde bu yöntem çok tercih edilmemektedir.

Açık redüksiyon ve plak ile tespit, geniş yumuşak doku sınırlanmasına neden olabileceğinden dolayı minimal invaziv plak tespiti dışında genellikle çocuklarda endike değildir.

Erişkin tibia diafiz kırıklarında ideal tedavi yöntemi olan kilitli intramedüller çivilemenin, çocuk yaş grubunda kullanımı, fizis ve anterior tibial tüberkülün yaralanma riskinden dolayı yok denecek kadar azdır.¹¹ 1995'lerden itibaren, alçı ile kontrol edilemeyen çocuk uzun kemik kırıklarının tedavisinde, fizise zarar vermeden proksimal veya distal tibial metafiz girişli elastik çiviler ile intramedüller tespit popülerite kazanmıştır.^{4,31-34,45} Sıklıkla elastik stabil intramedüller çivileme (ESİÇ) olarak adlandırılan bu teknikte, 2 esnek intramedüller çivi antegrad veya retrograd şekilde kırık hattını geçecek şekilde yerleştirilir. Tespit sonrasında hemen diz ve ayak bileği hareketlerine başlanabilir. Kısmi ağırlıkla basmaya cerrahi sonrası 2. veya 3. hafta içinde başlanabilir. Bu çiviler, hem uzunluğu ve dizilimi sağlamak için iç atel gibi fonksiyon görür, hem de kallus oluşumu için gerekli kırık hattı hareketine izin verir. Çiviler 4. veya 6. ayda çıkartılabilir. Komplikasyonları, çivinin migrasyonu, ciltte irritasyon, kısalık, kaynamama, geç kaynama ve enfeksiyondur. Kaynama oranlarının yüksek, dizilim bozukluğunun ve komplikasyonun çok az olduğu bildirilmiştir.^{35,36} Fakat özellikle yaş ilerledikçe kaynamanın gecikebileceği de unutulmamalıdır.³⁷

Açık tibia kırıklarında yaralanmadan sonra ilk sekiz saat içerisinde, enfeksiyon riskini azaltmak ve kaynamayı hızlandırmak için, kırığın acil fiksasyonu ve ölü, kirli kemik ve yumuşak dokuların ciddi debritlemesi yapılmalıdır. Antibiyotik ve tetanoz profilaksi şeması erişkinler ile aynıdır.^{4,24} Küçük ve temiz yaralar primer olarak kapatılabilir. Daha büyük

ve kirli yaraların kapatılması için gecikmeli primer ve vakum yardımcı kapatma tercih edilmelidir⁴¹. Cilt greftleri ve flepler daha geniş yumuşak doku hasarı olan durumlarda kullanılabilir.^{43,44} Damar hasarı nadir olup, erişkinlerden farklı olarak Gustillo-Anderson tip III olan kırıklar da bile amputasyon gerekliliği çok azdır. Özellikle proksimal tibia kırıklarında ve en sık olarak anterior tibial arter zedelenmesi görülür. Kompartman sendromu riskini azaltmak için cerrahinin sonunda dört kompartmanın fasyotomisi önerilmektedir.⁴⁶

Toddler kırıkları nadiren kayarlar ve bu kırıkların tedavisinde, alçı içinde 4 hafta tespit genellikle yeterli olmaktadır. Yüzen dizin tedavisinde her iki kırık ayrı ayrı veya birlikte cerrahi veya konservatif olarak tespit edilebilir. Cerrahi tespit erken harekete ve ağırlık verilmesine izin verir ve 7-8 yaşındaki çocuklarda iyileşmeyi artırır.⁴⁷ Yetmezlik kırıklarının tedavisinde, anatomik redüksiyon ve deformitenin önlenmesi sonrasında 4 haftalık alçı ile tespit ve sonrasında cihaz kullanımı yapılabilir. Osteogenezis imperfektali çocuklarda dizilim tekrar sağlayan osteotomiler ve uzayabilen intramedüller rod ile fiksasyon yapılabilir.⁴⁸ Stres kırıklarında genellikle kısa süreli tespit veya kısmi ağırlık verme yeterli tedavi olmaktadır. Kaynamama durumlarında eksternal fiksasyon ve iliyak kanattan greftleme uygulanabilir.⁴⁹

Komplikasyonlar

Tibia kırıklarından sonra sıklıkla görülebilen önemli komplikasyonlar şunlardır: Kompartman sendromu, kaynamama, geç veya yanlış kaynama ve büyüme bozuklukları.

Tibia diafiz kırıkları sonrasında akut kompartman sendromu çocuklarda, erişkinlerde olduğu kadar sık görülmemektedir. Eğer görülürse daha çok adolesan yaş grubunda görülmektedir.¹² Erken tanı koymak için tanının akla getirilmesi gerekir. Bunun için kompartman sendromu belirti ve bulgularının bilinmesinde fayda vardır. Belirtiler arasında, başta yaralanmanın şiddeti ile ilişkisiz ağrı olmak üzere, kompresif bandajların ve atellerin çıkartılmasından sonra süren ağrı ve paresteziler sayılabilir. Görülebilecek bulgular ise kompartmanda şişlik ve gerginlik, palpasyonda ağrı, etkilenen kompartmanların pasif gerilmesiyle oluşan ağrı, artmış kompartman içi basınç (>30 mm Hg) ve daha geç dönemde kapiller dolumun yavaşlaması ve palpe edilebilen nabızların kaybolması olarak

sayılabilir. Kompartman içi basınç artışı uzun dönem devam ederse, geri dönüşümü olmayan kas ve sinir hasarına neden olabilir. Bu durumun olmaması için erken tanı koymak şarttır. Erken tanı koymak içinse fizik muayene tekrarları yapılmalı, kompartman içi basınçları ölçülmeli ve en önemlisi kompartman sendromu akla getirilmelidir. Eğer tanı konulamaz ve gerekli tedavi yapılmaz ise, ekstremitede ciddi ve kalıcı işlev kaybı veya ekstremitenin amputasyonu ile sonuçlanabilir. Erken zamanda tanı konulması ve kompartmanların uygun zamanda fasyotomi ile gevşetilmesi sonucunda ekstremitenin işlevi uzun dönemde sekelsiz iyileşmektedir.¹²

Çocuk kapalı tibia kırıklarında kaynama, ortalama 10 hafta içinde gerçekleşir. Geç kaynama veya kaynamama % 2'sinde görülür.¹¹ Açık kırıklarda ise bu oran % 25'e kadar çıkabilmektedir.¹⁶ Yaşın ileri olması, eşlik eden yara yeri enfeksiyonu, kırık bölgesinde instabilite bulguları (kırığın ilerleyici açılması, minimal kallus oluşumu ve fiksator pini etrafında radyolüsen görünüm) kaynamanın gecikmesi riskini arttıran etmenlerdir.^{11, 17, 18} Artmış eritrosit sedimantasyon hızı ve C-reaktif protein düzeyi enfeksiyon ile uyumlu laboratuvar bulgularıdır. Kırık bölgesindeki kaynamanın izlemi için düz grafler kullanılabilir. Ekstremitenin üzerine tam yük verilmeden hastanın mobilizasyonu geç kaynamanın iyileşmesine yardımcı olur.

Kaynama sorunu bulunan hastalarda cerrahi tedaviler arasında; atrofik kallusun eksizyonu, otogreftleme, fibular osteotomi ve alçı ile immobilizasyon ve fiksatorün revizyonu sayılabilir. Özellikle segmenter defekti olan tibia kırıklarında, stabilite ve kaynamanın sağlanması, kemik defektlerinin distraksiyon osteogenezis tekniği ile kapatılıp oluşabilecek uzunluk farkının önlenmesi için İizarov eksternal fiksatorünün kullanımı başarılı bir seçenektir.¹⁷

Tibia diafiz kırıklarından sonra görülen 10⁰'lik sagittal ve koronal plan açılmaları 8 yaşından küçük çocuklarda yeniden şekillenmektedir.³⁸ Bu yeniden şekillenme en fazla yaralanmadan sonra ilk 2 yıl içinde olmaktadır. Genellikle tek plan deformiteleri, apeksi anteriorda olan açılmalar ve varus diziliminin yeniden şekillenme gücü daha fazladır.² Yanlış kaynama sonucunda oluşan ekstremitenin dizilim bozukluğu, ayak bileği ve dizde ağrı, erken artrit ve hareket kısıtlılıklarına yok açarak, klinik olarak anlamlı olabilir. Özellikle 10⁰'den fazla

rotasyonel yanlış kaynama büyüme ile yeniden şekillenmez ve sonuçta işlevsel olarak yürüme bozukluğuna ve kozmetik bozukluğa yol açar. Bu durumlarda tibia ve fibulanın düzeltici veya distal derotasyon osteotomilerinin endikasyonu vardır.

Femur kırıklarından sonra görülen hızlanmış uzama çocuk tibia kırıkları için geçerli değildir ve uzama olursa da yarım santimi geçmemektedir.² Bu durum en fazla 10 yaşından küçük çocuklarda ve çok parçalı kırığı olanlarda görülür. Büyüme uyarılması en fazla yaralanmadan 3 ay sonra görülür ve 40 ayda normale döner.³⁹ Proksimal tibia fizisinin etkilenmesiyle, tibia diafiz kırıklarından sonra, primer olarak veya çivi hasarına bağlı olarak proksimal rekurvatum deformitesi görülebilir.⁴⁰

Sonuç olarak; çocuk tibia kırıkları sık görülen kırıklardır. Tedaviyi hastanın yaşına ve kırığın durumuna göre planlamak gerekse de, genellikle çocuk tibia kırıklarının çoğu kapalı redüksiyon ve uzun bacak alçısı ile mükemmel bir şekilde tedavi edilirler. Fakat kompartman sendromu, kaynamama, geç kaynama, yanlış kaynama ve ileriye yönelik olarak uzunluk farkları gibi görülebilecek komplikasyonlar açısından dikkatli olunup, doğru zamanda erken tanı ve uygun tedavi yapılmalıdır. Sık olmasa da bu kırıkların çocuk istismarının da habercisi olabileceği unutulmamalıdır.

Yazışma Adresi: Prof. Dr. Cemalettin Aksoy
Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi,
caksoy@hacettepe.edu.tr

Kaynakça

- Briggs TW, Orr MM, Lightowler CD. Isolated tibial fractures in children. *Injury*. 1992;23:308-10.
- Shannak AO: Tibial fractures in children: Follow-up study. *J Pediatr Orthop* 1988;8:306-10
- Buckley SL, Gotschall C, Robertson W Jr, et al: The relationships of skeletal injuries with trauma score, injury severity score, length of hospital stay, hospital charges, and mortality in children admitted to a regional pediatric trauma center. *J Pediatr Orthop* 1994;14:449-53
- Cullen MC, Roy DR, Crawford AH, Assenmacher J, Levy MS, Wen D. Open fracture of the tibia in children. *J Bone Joint Surg Am*. 1996;78:1039-47.
- Song KM, Sangeorzan B, Benirschke S, Browne R. Open fractures of the tibia in children. *J Pediatr Orthop*. 1996;16:635-9.
- Robertson P, Karol LA, Rab GT. Open fractures of the tibia and femur in children. *J Pediatr Orthop*. 1996;16:621-6.
- Siegmet A, Wruhs O, Vecsei V. External fixation of lower limb fractures in children. *Eur J Pediatr Surg*. 1998;8:35-41.
- Havranek P, Pesl T. Use of the elastic stable intramedullary nailing technique in non-typical pediatric fractures. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2002;69:73-8.
- Kubiak EN, Egol KA, Scher D et al. Operative Treatment of Fractures in Children: Are Elastic Stable Intramedullary Nails An Improvement Over External Fixation? *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87:1761-1768.
- Moulton SL: Early management of the child with multiple injuries. *Clin Orthop* 2000;376:6-14.
- Mashru RP, Herman MJ, Pizzutillo PD. Tibia shaft fractures in children and adolescents *J Am Acad Orthop Surg*. 2005;13:345-352
- Bae DS, Kadiyala RK, Waters PM: Acute compartment syndrome in children : Contemporary diagnosis, treatment and outcome. *J Pediatr Orthop* 2001;21:680-688.
- Wessel L, Seyfriedt CS, Hock S, Waag KL. Pediatric tibial fractures: is conservative therapy still currently appropriate? *Unfallchirurg*. 1997;100:8- 12.
- Beatty JH, Kasser JR, editors. *Rockwood and Wilkins' fractures in children*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2001.
- Hansen BA, Greiff J, Bergmann F. Fractures of the tibia in children. *Acta Orthop Scand*. 1976;47:448-53.
- Hope PG, Cole WG: Open fractures of the tibia in children. *J Bone Joint Surg Br* 1992;74:546-553.
- Liow RY, Montgomery RJ: Treatment of established and anticipated nonunion of the tibia in childhood. *J Pediatr Orthop* 2002;22:754-760.
- Aslan H, Subasi M, Kesemenli C, Ersuz H: Occurrence and treatment of nonunion in long bone fractures in children. *Arch Orthop Trauma Surg* 2002;122:494-498.
- Gustillo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty fractures in long bones. *J Bone Joint Surg (Am)* 1976;58:453-458.
- Gustillo RB, Mendoza RM, Williams DM. Problems in management of type III open fractures. A new classification of type III open fractures. *J Trauma* 1984;24:742.
- Tscherne H. Management of open fractures. *Fractures with soft tissue injuries*, Berlin, Germany: Springer-Verlag New York, 1984:10-32.
- German G, Sherman R, Levin LS: Decision-making in reconstructive surgery upper-extremity, New York, 1999, Springer-Verlag.
- Yang JP, Letts RM: Isolated fractures of the tibia with intact fibula in children: A review of 95 patients. *J Pediatr Orthop* 1997;17:347-351.
- Grimard G, Naudie D, Laberge LC, Hamdy RC: Open fractures of the tibia in children. *Clin Orthop* 1996;332: 62-70.
- Cramer KE, Limbird TJ, Green NE: Open fractures of the diaphysis of the lower extremity in children: Treatment, results, and complications. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74:218-232.
- Kreder HJ, Armstrong P: A review of open tibia fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1995;15:482-488.
- Buckley SL, Smith G, Sponseller PD, Thompson JD, Griffin PP: Open fractures of the tibia in children. *J Bone Joint Surg (Am)* 1990;72:1462-1469.
- Norman D, Peskin B, Ehrenreich A, Rosenberg N, Bar-Joseph

- G, Bialik V: The use of external fixators in the immobilization of pediatric fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2002;122: 379-382.
29. Wood D, Hoffer MM: Tibial fractures in head-injured children. *J Trauma* 1987;27:65-68.
30. Reff, RB: The use of external fixation devices in the management of severe lower extremity trauma and pelvic injuries in children. *Clin. Orthop.* 1984; 188:21-3
31. Till H, Huttli B, Knorr P, et al. Elastic stable intramedullary nailing (ESIN) provides good long-term results in pediatric long-bone fractures. *Eur J Pediatr Surg.* 2000;10:319-322
32. Ligier JN, Metaizeau JP, Prevot J, Lascombes P. Elastic stable intramedullary pinning of long bone shaft fractures in children. *Z Kinderchir.* 1985;40:209-12.
33. Flynn JM, Hresko T, Reynolds RA, Blasler RD, Davidson R, Kasser J. Titanium elastic nails for pediatric femur fractures: a multicenter study of early results with analysis of complications. *J Pediatr Orthop.* 2001;21:4-8.
34. Ligier JN, Metaizeau JP, Prevot J, Lascombes P. Elastic stable intramedullary nailing of femoral shaft fractures in children. *J Bone Joint Surg Br.* 1988;70:74-77.
35. O'Brien T, Weisman DS, Ronchetti P, et al. Flexible titanium nailing for the treatment of the unstable pediatric tibial fracture. *J Pediatr Orthop.* 2004;24:601-609.
36. Kubiak EN, Egol KA, Scher D et al.: Operative treatment of tibial fractures in children: are elastic stable intramedullary nails an improvement over external fixation? *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:1761-1768.
37. Gordon JE, Gregush RV, Schoenecker PL, Dobbs MB, Luhmann SJ: Complications After Titanium Elastic Nailing of Pediatric Tibial Fractures. *J Pediatr Orthop* 2007;27:442-446
38. King J, Diefendorf D, Apthorp J, Negrete VF, Carlson M: Analysis of 429 fractures in 189 battered children. *J Pediatr Orthop* 1988;8:585-589.
39. Reynolds, D. A.: Growth changes in fractured long-bones. A study of 126 children. *J. Bone and Joint Surg.* 1981; 63-B:83-88.
40. Navascues JA, Gonzalez-Lopez JL, Lopez-Valverde S, Soletto J, Rodriguez-Duantez JA, Garcia-Trevijano JL: Premature physeal closure after tibial diaphyseal fractures in adolescents. *J Pediatr Orthop* 2000;20:193-196.
41. Webb LX: New techniques in wound management: Vacuum-assisted wound closure. *J Am Acad Orthop Surg* 2002;10:303-311.
42. Dunbar JS, Owen HF, Nogrady, McLesse R: Obscure tibial fracture in infants-the toddler's fracture. *J Can Assoc Radiol* 1964;25:136-144.
43. Weiland AJ, Moore JR, Hotchkiss RN: Soft tissue procedures for reconstruction of tibial shaft fractures. *Clin Orthop* 1983;178:42-53.
44. Koladi J, Gang RK, Hamza AA, George A, Bang RL, Rajacic N: Versatility of the distally based superficial sural flap for reconstruction of lower leg and foot in children. *J Pediatr Orthop* 2003;23:194-198.
45. Aksoy MC, Caglar O, Ayvaz M, Yazici M, Alpaslan AM: Treatment of complicated pediatric femoral fractures with titanium elastic nail. *J Pediatr Orthop B* 2008;17:7-10.
46. DeLee JC, Brumback RJ, Poka A, Burgess AR, Ebraheim NA: Compartment syndrome in open tibial fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68:1348-1353.
47. Yue JJ, Churchill RS, Cooperman DR, Yasko AW, Wilber JH, Thompson GH: The floating knee in the pediatric patient: Nonoperative versus operative stabilization. *Clin Orthop* 2000;376:124-136.
48. Stockley I, Bell MJ, Sharrard WI: The role of expanding intramedullary rods in osteogenesis imperfecta. *J Bone Joint Surg (Br)* 1989;71:422-427.
49. Walker RN, Gren NE, Spindler KP: Stres fractures in skeletally immature patients. *J Pediatr Orthop* 1996;16:578-584.
50. Gaston P, Will E, Elton RA, McQueen MM, Court-Brown CM. *J Bone Joint Surg Br.* 1999;81:71-6.