

Çocuk Femur Cisim Kırıkları

Levent Çelebi*, Ali Biçimoğlu*

Femur cisim kırıkları, pediatrik ortopedi hasta grubunda en sık görülen travmatik yaralanmalar arasındadır. Yurtdışında yapılan bir çalışmada bu yaralanmanın her 100.000 çocuktan 20 sinde görüldüğü bildirilmiştir. Çocuklardaki tüm kemik yaralanmalarının yaklaşık %1.6'sını oluşturmaktadır ve erkek çocuklarında kız çocuklarından yaklaşık 2.5 kat sık görülmektedir. Erken çocukluk ve orta adölesan dönemler olmak üzere iki dönemde sıklık göstermektedir^(1,2). Ülkemizde de pediatrik travma sonucu hastaneye yatış nedenleri arasında önemli yer tutmaktadır.

Yetişkinlerden farklı olarak ailenin tamamını psikolojik, sosyal ve mali olarak etkilemesi de bu kırıkları özel kılmaktadır. Genellikle düşme ya da motorlu taşıt kazaları ile ortaya çıkan yüksek enerjili travmalar ile oluşurlar⁽¹⁾. Ancak özellikle 1 yaş ve öncesinde çocuk suistimali de nedenler arasında oldukça yüksek bir insidansa sahiptir^(3,4). İnfant ya da küçük çocuklarda düşük enerjili travmalar ile oluşan kırıklar söz konusu olduğunda nörolojik hastalıklar, neoplazmlar ve osteogenezis imperfekta ekarte edilmelidir^(5,6). Tanı çoğu zaman fizik muayene ile kolaylıkla konabilir. Şişlik, deformite, ağrı ve instabilite hemen her olguda görülür. Tüm olgularda çocuğun tam bir fizik muayenesi yapılmalı, femur kırığına abdomen ya da toraks yaralanması ile kafa yaralanmasının eşlik ettiği 'Waddell'in üçlüsü' olarak bilinen çoklu yaralanma açısından dikkatli olunmalıdır. Direkt radyografi genellikle tanı için yeterli olmaktadır. Tüm femur ile beraber kalça ve diz eklemi de mutlaka görüntülenmelidir^(7,8). Çocuk femur kırıkları, transvers, spiral veya oblik, basit veya parçalı ve açık veya kapalı olarak sınıflandırılırlar.

Hızlı kırık iyileşmesi ve yeniden şekillenme potansiyeline rağmen, çocuk femur kırıkları ortopedistler için ciddi sorunlar içerebilmektedir. En uygun tedavinin seçimini çocuğun yaşı, yaralanma mekanizması, kırık tipi, eşlik eden yaralanmalar, ailenin sosyal durumu ve tedavi maliyetleri gibi bir

çok etmen etkilemektedir. Son iki dekadaki yoğun cerrahi yönelime rağmen, yetişkin femur kırıklarından farklı olarak, konservatif tedavi çocuk kırıklarında oldukça sık kullanılmaktadır. Konservatif ya da cerrahi tedavi seçimine karar verilirken en belirleyici faktörün çocuğun yaşı olduğu görülmektedir. Kuzey Amerika Pediatrik Ortopedi Topluluğunun, aralarında Türkiye'den cerrahların da bulunduğu üyeleri arasında 1998 yılında yapılan araştırmada, cerrahların çoğunluğunun 6 yaş öncesi konservatif yöntemleri, 6 yaş sonrası ise cerrahi yöntemleri seçtikleri ortaya çıkmıştır⁽⁹⁾

Çocuk femur kırıklarının güncel tedavisinde konservatif yöntemler arasında atelleme, Pavlik bandajı, traksiyonu takiben pelvipedal alçı ve anında pelvipedal alçı, cerrahi yöntemler arasında da konservatif ya da biyolojik plak tespiti, rijit ya da elastik intramedüller tespit ve eksternal tespit sayılabilir.

Konservatif Tedavi

Çocuk femur kırıkları eskiden beri konservatif olarak tedavi edilmektedir. Her türlü kırık konservatif olarak tedavi edilebildiği gibi, yine her yaşta çocukta konservatif olarak tedavi edilebilmektedir⁽⁹⁾. Özellikle okul öncesi çocuklarda konservatif tedavi oldukça başarılı sonuçlanmakta ve iyi tolere edilebilmektedir. En önemli handikapı uzun hastanede kalış ve evde bakım sürelerine sebep olmasıdır. Okul çağı çocuklarında ve adölesanlarda bu uzamış kısıtlılık döneminin, çocuk ve ailesi üzerinde olumsuz psikososyal etkileri söz konusudur^(10,11). Yine özellikle adölesanlarda, artakalan büyüme süresinin azlığı nedeniyle, konservatif tedavi ile ortaya çıkabilecek açılanma ve kısalık gibi problemlerin yeniden şekillenme potansiyeli düşüktür.

Pavlik Bandaj

Pavlik bandaj 0-18 ay arası çocuklarda femur kırıklarının tedavisinde başarı ile kullanılmıştır⁽¹²⁻¹⁴⁾. Stannard ve arkadaşları 14 çocuğun 16 femur

* Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 3. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği

kırığını Pavlik bandaj ile tedavi etmişler ve tüm hastalarda 5 haftada iyi dizilimle kaynama elde etmişlerdir. Hiçbir hastada Pavlik bandaj kullanımına bağlı komplikasyon gelişmemiştir. Yazarlar bu tedaviyi genel anesteziye ihtiyaç olmaksızın uygulama kolaylığı, kısa hastane yatışı, redüksiyon ve gerektiğinde redüksiyon tekrarının kolaylığı, ucuzluk ve çocuğun hijyenik bakımının kolaylığı gibi nedenlerle önermektedirler⁽¹²⁾. Başka bir çalışmada 1 yaştan küçük çocuklarda Pavlik bandaj ile anında pelvipedal alçılama retrospektif olarak karşılaştırılmıştır⁽¹³⁾. Kırık kaynaması açısından her iki tedavinin radyolojik ve klinik sonuçları benzer olarak iyi iken, anında pelvipedal alçı uygulanan çocukların yaklaşık üçte birinde cilt komplikasyonları gelişmiştir. Pavlik bandaj uygulamasında cilt komplikasyonlarına hiç rastlanmamıştır.

İskelet Traksiyonunu Takiben Pelvipedal Alçı

Bir çok cerrahın, özellikle 1-9 yaş arası çocuklarda yoğun olarak tercih ettiği bir tedavi yöntemidir^(9,15). Başlangıçta, 90-90 lık (kalça ve dizler 90° fleksiyonda) bir cilt veya iskelet traksiyonu uygulanır. Bu pozisyon hasta bakımını ve kemik diziliminin sağlanmasını kolaylaştırdığı gibi, çocuklarda kalıcı eklem kontraktürlerine de yol açmaz⁽¹⁶⁾. İskelet traksiyonu femur distalinden uygulanır. Ancak suprakondiler kırıklar söz konusu olduğunda ya da intramedüller çivilemenin planlandığı durumlarda proksimal tibiadan traksiyon da seçilebilir. Bu yöntemin çıkış noktası, alçı yapımına olanak sağlayacak yeterli kırık iyileşmesi oluşana dek kırık parçalarının diziliminin traksiyon aracılığı ile kontrol edilebilmesidir. Bu süre içinde sık grafi kontrolleri uygulanır ve gerektiğinde traksiyonda ayarlamalar yapılarak istenen dizilim sağlanır. Traksiyon altında geçen süre genellikle 10 ila 21 gün arasındadır ve bu süreye kırık bölgesindeki hassasiyet ve hareket kontrol edilerek karar verilir. Kırık bölgesinde hassasiyet ve hareket ortadan kalktığında hasta pelvipedal alçıya alınır.

Aronson ve arkadaşları 54 çocuk femur cisim kırığını iskelet traksiyonunu takiben pelvipedal alçı ile tedavi etmişler ve ortalama 4.3 yıl takip etmişlerdir. Yazarlar 11 yaş altındaki çocukların %8'inde 13 mm üzerinde ekstremite eşitsizliği ile karşılaşırken, bu oran 11 yaş üzerindeki çocuklarda %53'e çıkmıştır⁽¹⁷⁾. Casas ve arkadaşları ortalama yaşları 6.5 olan 41 çocuğu cilt traksiyonunu takiben

pelvipedal alçı ile tedavi etmişler ve hiçbir olguda ekstremite eşitsizliği, açılmal deformite ve tekrar eden kırık gibi komplikasyonlar ile karşılaşmamışlardır⁽¹⁸⁾. Bu tekniğin en önemli dezavantajı uzun hastanede kalış süreleri gerektirmesidir. Uzun hastanede kalış süreleri çocuk ve aileler üzerinde olumsuz psikososyal etki yapmakla beraber tedavi maliyetlerini de arttırmaktadır. Yapılan tüm çalışmalarda, traksiyonu takibeden pelvipedal alçı uygulamasının diğer tüm alternatif tedavi yöntemlerine göre daha yüksek maliyetli olduğu gösterilmiştir⁽¹⁹⁻²¹⁾. Boman ve arkadaşları hastanede kalış süresini kısaltmak amacıyla, dizayn ettikleri bir sedye aracılığı ile iskelet traksiyonunu evde uygulamış ve takiben pelvipedal alçı uygulamışlardır⁽²²⁾. Bu yöntemle hastanede kalış süresi ortalama 7 güne düşmüş ve tedavi sonucunda 24 hastanın hiçbirinde 1cm den fazla kısalık saptanmamıştır. Bu seride bir hastada yüzeysel çivi dibi enfeksiyonu, bir hastada da 15° valgus açılanması tespit edilmiştir.

Traksiyonu takibeden pelvipedal alçı uygulaması sık kullanılmış olmasına rağmen, literatür gözden geçirildiğinde bu yöntemin adölozan femur cisim kırıkları için uygun bir yöntem olmadığı görülmektedir^(11,17,20,23). Aronson ve arkadaşlarının çalışmasında adölozan yaş grubunda tedavi sonuçları belirgin olarak daha kötüdür⁽¹⁷⁾. Yine Humberger ve Eyring de 10 yaş veya 45 kg üzerindeki çocuklarda bu tedavi yöntemiyle yüksek oranda kısalık ve açılmal kötü kaynama bildirmişlerdir⁽²³⁾.

Anında Pelvipedal Alçı

1959 yılında Dameron ve Thompson çocuk femur kırıklarında anında pelvipedal alçı uygulamasını bildirmişler ve bunu takiben bu yöntem yaygın bir kullanım bulmuştur⁽²⁴⁾. Yöntem klinik olarak oldukça başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamanın yanında, özellikle hastanede yatış sürelerini kısaltarak tedavi maliyetlerini de büyük ölçüde düşürmektedir^(19,25,26). Günümüzde çoğu cerrahın özellikle 6 yaşa kadar olan hastalarda oldukça sık kullandığı bir tedavi yöntemidir⁽⁹⁾. Yaygın kullanım bulmasının en önemli nedenlerinden biri tedavi maliyetini düşürmesidir. Newton ve Mubarak'ın yaptığı çalışmada, traksiyonu takiben pelvi pedal alçı ve intramedüller çivileme ile karşılaştırıldığında, tedavi maliyetinin belirgin olarak düşük olduğu gösterilmiştir⁽¹⁹⁾. Bu yöntemin en önemli sorun ekstremite eşitsizliği ve açılmal dizilim

bozuklukları gelişimi riski taşımaktadır⁽²⁷⁾. Bu komplikasyonların takibi açısından, tedavinin ilk 3 haftasında haftalık radyografi kontrolleri gerekir. Alçı tedavisi 6 ila 8 hafta arasında sürmektedir.

Shapiro'nun yaptığı çalışmada femur cisim kırıklı 74 çocuk maturiteye değin takip edilmiş ve bu çocuklarda maturiteye dek femurda ortalama 0.92 cm lik, tibiada ise ortalama 0.29 cm lik fazladan bir büyüme gözlenmiştir⁽²⁸⁾. Bu fazladan büyümeler cins, yaş, kırık seviyesi ve kırık pozisyonundan ilişkisiz olarak ortaya çıkmıştır. 15 mm üzerindeki ekstremite eşitsizliklerinin fonksiyonel kısıtlılık yapma potansiyelleri göz önünde bulundurulduğunda, anında pelvipedal alçı tedavisi sırasında ideal olarak 10-15 mm, en fazla 25 mm kısalmaya izin verilmektedir. Çoğu otör tedavi sırasında 20-25 mm yi geçen kısalıklar ile karşılaştıklarında tedavi yöntemini değiştirmektedir.

Tedavi sırasında ortaya çıkabilecek kısalığı önlemek için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bunlar arasında diz ve kalçalara 90° fleksiyonda alçı uygulaması, suprakondiler femur bölgesinde alçının şekillendirilmesi ve Miller ve arkadaşlarının tarif ettiği 'Pontoon' tekniği ile alçı uygulaması sayılabilir⁽²⁹⁾. Bu teknikte 90-90 alçı uygulanır, bir traksiyon çivisi alçıya inkorpore edilir ve erken diz hareketine izin verilir. Yazarlar bu teknik ile 23 olguyu tedavi etmişler sonuçlarını ve konvansiyonel tedavi uyguladıkları 38 olgunun sonuçları ile karşılaştırmışlardır. 'Pontoon' tekniği ile elde ettikleri sonuçların, dizilimin kontrolü ve ekstremite eşitsizliği açısından daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Buehler ve arkadaşları, anında pelvipedal alçı tedavisi ile aşırı femoral kısalma oluşmadan güvenle tedavi edilebilecek hastaları prospektif olarak tanımlayabilmek için bir yöntem tarif etmişlerdir⁽³⁰⁾. Yazarlara göre tedavi sırasında ortaya çıkan kabul edilebilir sınırların üzerinde kısalma yumuşak doku hasarı ve kırık bölgesindeki periostal sıyrıma yoğunluğuna bağlıdır. Yazarlar mevcut yumuşak doku hasarı ve periostal sıyrıma yoğunluğunu ölçmek için 'teleskop testi' adını verdikleri bir klinik test tanımlamıştır. Bu testte kırık femurun distal ucundan proksimale doğru yönlendirilen nazik bir kompresyon uygulanır. Bu pozisyonda tüp-kaset mesafesi 110 cm olacak şekilde röntgen çekilir. Çekilen röntgende kırık fragmanların üstüste binme miktarı ölçülür. Yazarların çalışmasında teleskop testinin 30 mm üzerinde olduğu olgularda göreceli tedavi başarısızlığı riski

(25 mm üzerinde kısalık), teleskop testinin 30 mm altında olanlara göre 20.4 kat fazla bulunmuştur. Ayrıca teleskop testinin negatif (30 mm altında üstüste binme) olduğu durumlarda başarılı tedavi şansı %95 olarak hesaplanmıştır.

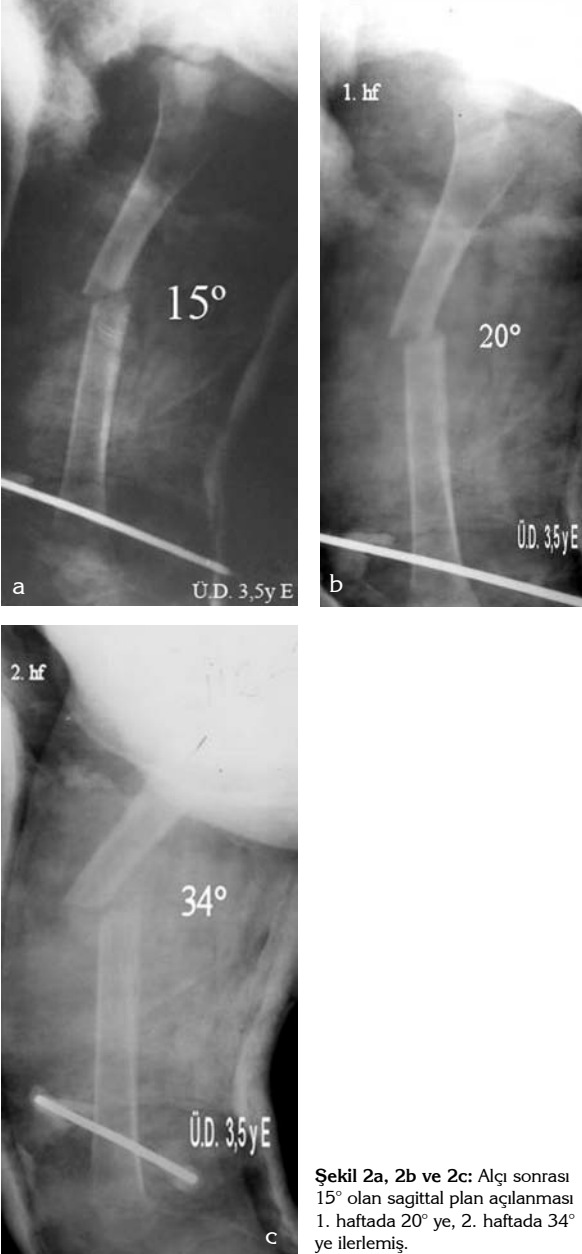
Bu yazının yazarlarının kliniğinde 18 ay-6 yaş arası ve 45 kilo altındaki çocuklardaki izole femur cisim kırıkları olağan olarak anında pelvipedal alçı yöntemi ile tedavi edilmektedir. Tedavi sırasında kısalığı önlemek amacı ile suprakondiler femurdan iskelet traksiyonu uygulanmakta ve traksiyon çivisi alçı içine alınmaktadır (Şekil 1). Bu tekniğin uygulandığı olguların hiçbirinde tedavi sırasında kabul edilebilir sınır (25 mm) üzerinde kısalma gözlenmemiştir.



Şekil 1. Suprakondiler femurdan geçilen iskelet traksiyonunu içine alan 'inkorpore' pelvipedal alçı.

Anında pelvipedal alçı tedavisi ile ilgili başka bir sorun da tedavi sırasında ortaya çıkan açısız dizilim bozukluklarıdır. Kabul edilebilir açısız dizilim bozuklukları yaşa göre değişmekle beraber genel olarak koronal planda 20° dereceye kadar sagittal planda da 30° ye kadar olan açılanmalara müdahale edilmemektedir^(30,31). Wallace ve Hoffman'ın çalışmasında 10° ile 26° arasındaki açısız dizilim bozukluklarında 3 yılda %75 yeniden şekillenme bildirilmiştir⁽³¹⁾. Olguların %90'ında 5 yıl içinde tam düzelme, hatta % 10 olguda %5 lik bir fazla düzelme rapor edilmiştir. Yeniden şekillenme hem koronal hem de sagittal planda benzer olarak iyidir. Bu yazının yazarlarının uyguladıkları anında pelvipedal alçılama yöntemi ile ilgili deneyimleri, alçı içine katılan traksiyon çivisinin özellikle sagittal plandaki açısız dizilim bozukluklarını önlemekte, kısalığı önlemekte olduğu kadar etkin olmadığı yönündedir.

(Şekil 2a, 2b ve 2c) Tedavi sırasında ortaya çıkan kabul edilen sınırlar dışındaki açılanmalar ile ilgili olarak, alçı değişimi ve redüksiyon tekrarı ya da kamalama gibi yöntemler denenebilir. Ancak özellikle 90-90 alçı uygulamalarında genel anestezi altında kamalama ile ortaya çıkabilen peroneal sinir arazi konusunda dikkatli olunmalıdır⁽³²⁾.



Şekil 2a, 2b ve 2c: Alçı sonrası 15° olan sagittal plan açılanması 1. haftada 20° ye, 2. haftada 34° ye ilerlemiş.

Cerrahi Tedavi

Son yıllarda çocuk femur cisim kırıklarının tedavisinde cerrahi yöntemlere ilgi artmıştır. Yüksek enerji ile oluşmuş çoklu kırıklar, açık kırıklar, damar-

sinir yaralanmasının eşlik ettiği kırıklar, yanıklarla beraber olan kırıklar ve adölesan yaş grubunda ortaya çıkan kırıklar cerrahi tedavinin endikasyonları arasında sayılır. Cerrahi tedavinin avantajı hastanede kalış süresini kısaltmasıdır. Bu yaklaşımın psikososyal, eğitime geri dönüş ve ekonomik avantajları söz konusudur⁽²⁰⁾.

Esnek İntramedüller Çivileme:

Günümüzde 6 yaş üzeri çocuk femur cisim kırıklarında hemen en sık kullanılan yöntem esnek çiviler ile intramedüller çivileme yöntemidir. Avantajları ve diğer cerrahi yöntemlere göre daha düşük olan komplikasyonları fark edildikçe daha yaygın kullanım bulmuş bir tedavi yöntemidir. Esnek çiviler ile yapılan tespit, kırık hattı açılmadığından, daha az yumuşak doku hasarına yol açan biyolojik bir tespittir ve erken kallus oluşumu ve kırık kaynamasına olanak sağlar. Diğer taraftan çivilerin esnekliği de strese korunmayı azaltarak yine kallus oluşumuna katkı yapmaktadır⁽³³⁾. Çivilerin elastikliği metafizyel bölgeden yerleştirmeye olanak sağlar. Metafizyel yerleştirme şekli, sert çiviler ile ortaya çıkabilen, retrograd uygulamada diz eklemi problemleri ve antegrad uygulamada kalça avasküler nekrozu gibi potansiyel riskleri azaltır. Aynı zamanda elastik intramedüller çivi uygulaması diğer cerrahi alternatifler ile karşılaştırıldığında kozmetik kabulü daha yüksek bir yöntemdir.

Günümüzde kullanılan iki çeşit esnek intramedüller çivi bulunur. Eskiden beri kullanılan Ender çivileri paslanmaz çelikten yapılmıştır. Bu çiviler trokanter major veya proksimal metafizden antegrad yolla ya da distal femoral metafizden retrograd yolla yerleştirilir. Genellikle 3.5 veya 4 mm lik çivilerden iki veya daha fazlası intramedüller kanala yerleştirilir. Çocuk femur cisim kırıklarının Ender çivileri ile tedavisindeki en geniş çalışmalardan biri olan Heinrich ve arkadaşlarının serisinde⁽³⁴⁾ 77 çocuğun 78 femur kırığı tedavi edilmiştir. Ortalama yaşın 9⁽²⁻¹⁸⁾ olduğu seride tüm kırıklar kaynamış ve açısal dizilim bozukluğu ile karşılaşmamıştır. Takiplerde 3 çocukta 1 cm üzerinde fazla büyüme, 2 çocukta da 1 cm den fazla kısalık gözlenmiştir. Bir hastada da implant çıkarımı sonrası tekrar kırık oluşmuştur⁽³⁵⁾.

Diğer çeşit çiviler ise özellikle son iki dekattır daha sık kullanım bulmaya başlanan elastik stabil intramedüller çivi (ESIN), titanyum elastik çivi (TEN)

ya da Nancy çivileri olarak adlandırılan, titanyumdan yapılan ve Ender çivileri ile karşılaştırıldığında daha esnek olan 2-4 mm kalınlığında çivilerdir. Distal femoral metafizden uygulanırlar. Önerilen uygulama şekli, giriş yerleri aynı seviyede olan, eşit kalınlıkta, birbirine benzer C şekli verilen çivilerin intramedüller kanala yerleştirilmesidir (Şekil 3). Bu uygulama şekli ile iki implantın kuvvetlerinin kırık hattında denge-lenmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 3: C şekli verilmiş, suprakondiler femurdan yerleştirilmiş ve konveksiteleri kırık hattında karşılaştıran intramedüller çiviler.

Ligier ve arkadaşları⁽³⁶⁾ elastik satbil intramedüller çiviler ile tedavi ettikleri 123 çocukta mükemmel sonuçlar rapor etmişlerdir. Bu seride anlamlı açısız ve rotasyonel deformitelerle karşılaşmamış ve yalnızca 2 çocukta ekstremite eşitsizliği gelişmiştir. Flynn ve arkadaşları⁽³⁷⁾ titanyum elastik çivilerle tedavi ettikleri 58 hastanın 57'sinde mükemmel ya da tatminkar sonuç elde etmiştir. Yazarlara göre teknik erken harekete izin vermektedir. Bu seride ameliyat sonrası dönemde hiçbir hastada rotasyonel dizilim bozukluğu gözlenmemiş ancak bir hastada çivi çıkarımını takiben tekrar kırık oluşmuştur. Bu yazının yazarlarının⁽³⁸⁾ 35 olguluk serisinde, titanyum elastik çiviler ile %97 hastada mükemmel ya da iyi sonuç elde edilmiştir. Ancak takiplerde bilgisayarlı tomografi ile yapılan ölçümlerde, ameliyat edilen edilen taraflarda, sağlam tarafla karşılaştırıldığında, belirgin retroversiyon saptan-

mıştır. Esnek intramedüller çivilemeyi alternatif tedavi yöntemleri ile karşılaştıran çalışmalarda da esnek çivileme lehine sonuçlar elde edilmiştir. Baron ve arkadaşları⁽³⁹⁾ esnek çivilerle eksternal fiksatorü karşılaştırdıkları çalışmalarında, esnek çiviler ile fonksiyonel iyileşme, tam hareket aralığının kazanılması ve okula dönüşün daha erken olduğunu bildirmişlerdir. Diğer taraftan eksternal fiksator ile kırık tekrarı, rotasyonel dizilim bozukluğu ve çivi dibi enfeksiyonu gibi komplikasyonlar bildirmişlerdir. Song ve arkadaşlarının çalışmasında traksiyonu takiben pelvipedal alçı ile retrograd esnek çivi sonuçları karşılaştırılmış, konservatif grupta ortaya çıkan açısız dizilim bozukluğu ve ekstremite eşitsizliği problemlerine esnek çivi grubunda rastlanmadığı bildirilmiştir⁽⁴⁰⁾. Benzer bir çalışmada Buechsenschuetz ve arkadaşları esnek çivilemenin traksiyonu takiben alçı ile karşılaştırıldığında daha düşük maliyetli olduğunu bildirmişlerdir⁽⁴¹⁾. Yine Flynn ve arkadaşları da yaptıkları prospektif çalışmada esnek çiviler ile ortaya çıkan iyileşmenin, traksiyonu takibeden alçı ile karşılaştırıldığında belirgin olarak hızlı olduğunu bildirmişlerdir⁽⁴²⁾. Bu yazının yazarları zaman zaman bazı özellikli olgularda, esnek intramedüller çivilemeyi yapılacak cerrahi girişimi küçültmek amacıyla da tercih etmektedir (Şekil 4a ve 4b).

Esnek intramedüller çivileme bazı yazarlar tarafından biyomekanik olarak da incelenmiştir. Lee ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, hem rotasyonel hem de aksiyel stabilite açısından transvers ve parçalı kırıklar arasında fark saptanmamıştır⁽⁴³⁾. Gwyn ve arkadaşlarının çalışmasında ise, transvers ve parçalı kırıkların torsiyonel direncinin oblik, spiral



Şekil 4a ve 4b: Daha önce plak vida ile osteosentez uygulanmış hastada oluşan yeni kırık, göreceli olarak daha az girişim olan intramedüller çiviler ile kapalı olarak tedavi edilmiştir.

ve kelebek fragmanlı kırıklar ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu ortaya çıkmıştır⁽⁴⁴⁾. Bazı yazarlar, stabil olmayan kırıklarda yöntemin alçı ile desteklenmesini önermektedir⁽⁴⁵⁾. Özdemir ve arkadaşları 53 çocuğun femur cisim kırığı nedeni ile uyguladıkları intramedüller çivilemeyi, postopertaif dönemde fonksiyonel atelle desteklemişler ve belirgin komplikasyon ile karşılaşmamışlardır. Yazarlar tekniğin avantajını erken yük ve hareket verilmesine olanak sağlaması olarak bildirmektedir⁽⁴⁶⁾.

Esnek intramedüller çivileme ile ilgili diğer sorunlar giriş yerinde cilt irritasyonu ve ağrı ile çivi migrasyonudur. Ligier ve arkadaşlarının⁽³⁶⁾ serisinde %10, Flynn ve arkadaşlarının⁽⁴⁵⁾ serisinde %18 olguda çivi giriş yerlerinde irritasyon veya ülserasyon sorunu ile karşılaşmıştır. Çivi ilerlemesi ise özellikle stabil olmayan kırıklarda, kırık bölgesinde çökme ile ortaya çıkabilen bir sorundur (Şekil 5a ve 5b).



Şekil 5a ve 5b: Stabil olmayan bir kırık tipinde intramedüller çivi uygulamasının ardından kırığın çökerek kaynaması çivi ilerlemesine neden olmuştur.

Sert İntamedüller Çivileme

Sert kilitli intramedüller çivileme yetişkin femur kırıklarında standart tedavi yöntemi olmasına rağmen çocuk femur kırıklarında kullanımı ile ilgili önemli çekinceler söz konusudur. Başlangıçta 10-16 yaş arası çocuklarda, özellikle stabil olmayan femur cisim kırıklarında ideal tedavi yöntemi gibi değerlendirilmiş olmasına rağmen^(47,48) sonraları bu tedavi ile ortaya çıkan femur başı avasküler nekrozu gibi önemli bir komplikasyon^(9,47,49) yöntemin kul-

lanımını önemli ölçüde kısıtlamıştır. Adölesanlarda kilitli intramedüller çivileme tedavi yöntemi olarak seçildiğinde çivinin giriş yeri çok önemlidir. Yetişkinlerden farklı olarak avasküler nekroz riskini azaltabilmek için çivinin giriş yeri fossa priformis yerine trokanter major olmalıdır. Yine bu sırada medial femoral sirkümfleks arteri korumak amacı ile diseksiyonun femur boynuna uzatılmamasına dikkat edilmelidir. İntamedüller çivi uygulaması ile ilgili diğer bir sorun trokanter major apofizyodezine bağlı koksaya valga ve artikulotrokanterik mesafede artmadır. Raney ve arkadaşlarının⁽⁵⁰⁾ serisinde ortaya çıkan 5 trokanter major apofizyodez olgusunun tamamında koksaya valga gelişmiş, bunlardan birinde radyolojik subluksasyon ile karşılaşmıştır. Yazarlar trokanter major boyunca görülen subkondral sklerozla karakterize iskelet maturasyonunun son fazına erişmemiş immatür olgularda, cerrahi veya konservatif başka bir tedavinin seçilmesini önermektedir.

Giriş yerinin trokanter major olarak seçildiği serilerde femur başı avasküler nekrozu ile neredeyse hiç karşılaşmamış olmasına rağmen^(51,52) bu yazının yazarları, sert kilitli intramedüller çivilemeyi pediatrik femur cisim kırıklarında seçeneksiz olmadıkça tercih etmemektedirler.

Plak-Vida Tespiti

Geleneksel Plak Vida Tespiti

Geleneksel açık redüksiyon ve plak vida tespiti ile, çocuk femur kırıklarında anatomik açısal ve rotasyonel dizilim ve mükemmel stabilite elde edilebilmektedir. Ancak uygulanan büyük cerrahi girişim ve yumuşak dokuların kemikten sıyrılması bu yöntemin en önemli sorunu ve ortaya çıkan komplikasyonların büyük oranda sorumlusudur. Bu cerrahi yaklaşımın tetiklediği komplikasyonlar arasında kanama, enfeksiyon, kaynama gecikmesi ve bazen kaynama yokluğu ve implant yetmezliği sayılabilir^(53,54). Ayrıca ameliyat sonrası immobilizasyon gereksinimi, implant çıkarımı için yapılan cerrahinin büyüklüğü ve geride kalan uzun skar bu yöntemin diğer dezavantajlarıdır.

Plak vida tespitinin yukarıda sayılan dezavantajlarına rağmen literatürde bu yöntem ile oldukça başarılı sonuçlar bildiren çalışmalar da bulunmaktadır. Fyodorov ve arkadaşları⁽⁵⁵⁾, 8-12 yaş arası çocuklardaki 23 femur cisim kırığını plakla tedavi etmişler ve kötü kaynama, ekstremitte eşitsizliği ve

enfeksiyon ile karşılaşmamışlardır. Eren ve arkadaşları⁽⁵⁶⁾ da 4-10 yaş arası 40 çocuk femur kırığını açık redüksiyon ve plak tespiti ile tedavi etmişler ve ortalama 6.3 yıl takip sonunda tüm hastalarda kaynama elde etmişlerdir. Bu çalışmada 1 olguda osteomyelit, 1 olguda da yeniden kırık ile karşılaşmışlardır.

Açık redüksiyon ve plak tespiti çoklu travmaya eşlik eden pediatrik femur cisim kırıklarında başarı ile kullanılmıştır. Kregor ve arkadaşları⁽⁵⁷⁾ çoklu travmalı 12 çocuğun 15 femur kırığını kompresyon plağı ile tedavi etmişlerdir. Tüm hastalarda açısal deformite ve enfeksiyon olmaksızın kaynama elde etmişlerdir. Semptomatik ekstremitte eşitsizliği hiçbir hastada görülmemiştir. Ward ve arkadaşları⁽⁵⁸⁾ çoklu travma ya da kafa travmasına eşlik eden femur cisim kırıklarını 4.5mm lik geniş plaklar ile tedavi etmişler ve ortalama 11 haftada kaynama elde etmişlerdir. Açısal dizilim bozukluğu ya da klinik olarak semptomatik ekstremitte eşitsizliği ile karşılaşmamışlardır. Hemşire bakımı ve çoklu travma rehabilitasyonu tüm hastalarda kolaylaşmıştır. Mostafa ve arkadaşları⁽⁵⁹⁾ 36 çoklu travmalı hasta içeren serilerinde plak vida tespiti ile tüm hastalarda kaynama elde etmişler ve ortalama 5 yıl takipte 1 implant yetmezliği bildirmişlerdir.

Ciddi kafa travmalı hastalarda, erken dönemde ortaya çıkabilecek hipotansiyonun sonuçlar üzerine olumsuz etkisi gösterilmiştir⁽⁶⁰⁾. Mirdad'ın⁽⁶¹⁾ serisinde çocuk femur kırıklarının açık redüksiyon ve plak ile tespitinde en sıklıkla karşılaştığı sorun %43 olguda görülen kanamadır. Yine Ünal ve arkadaşlarının⁽⁶²⁾ yaptığı çalışmada çocuk femur cisim kırığına eşlik eden ek travmaların varlığında, hemoglobin konsantrasyonu ve hematokrit seviyelerinde belirgin bir düşüşün olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmalar gözönünde bulundurulduğunda, kafa travması ya da çoklu travmaya eşlik eden femur cisim kırıklarının tedavisinde açık redüksiyon ve plak tespiti seçilecekse kan kaybı ve hipotansiyon açısından dikkatli olunmalıdır.

Plak Vida ile Biyolojik Tespit

Biyolojik internal tespit yöntemi gelişmekte olan bir kavramdır ve temel olarak kemik ve çevre yumuşak dokulara mümkün olan en az biyolojik zararı vermeyi hedefler. İndirekt redüksiyon tekniği kullanılır ve ara parçaların redüksiyonunu hedeflemez⁽⁶³⁾. İndirekt redüksiyonun amacı sadece ana

parçaların uygun dizilimini sağlamaktır. Böylece kırık tespitinin mutlak stabilitesi yerine, kırık iyileşmesi için uygun biyolojik ortam oluşturulmaya çalışılır.

Ağus ve arkadaşları⁽⁶⁴⁾ ortalama yaşları 11.3 olan 14 çocuktaki kapalı ancak parçalı femur cisim kırıklarını biyolojik internal tespit ile tedavi etmişlerdir. Ortalama 12.4 haftada tüm hastalarda kaynama elde edilmiştir. Frontal veya sagittal planda 10 derece üzerinde dizilim bozukluğu 1 hastada görülmüştür. Yazarlar yöntemin proksimal ve distal 1/3 kırıklar için etkin bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır. Kanlic ve arkadaşları⁽⁶⁵⁾ 51 hastayı aynı yöntemle tedavi etmişlerdir. Bu seride %67 kırık yüksek enerji ile oluşmuş ve % 55 kırık da stabil olmayan kırık tiplerinden oluşmaktadır. Yazarlara göre teknik erken işlevsel tedavi için gerekli olan yeterli stabiliteyi sağlamak ve tüm kırıklar için uygun uzunluk ve dizilimde kırık iyileşmesi oluşturabilmektedir. Sink ve arkadaşları⁽⁶⁶⁾ esnek intramedüller çivilemenin kontrendike olduğu 27 hastada yöntemi uygulamışlar, ameliyat sırasında ve sonrasında komplikasyon ile karşılaşmamışlardır. Erken kallus 6-8 haftada izlenmiş, tüm hastalarda ortalama 12 haftada stabil kemik kaynaması elde edilmiştir. Görüldüğü gibi biyolojik internal tespit, özellikle esnek intramedüller çivileme ile problemlerin sık görüldüğü, stabil olmayan veya çok proksimal ya da distal kırıklar için avantajlar sunan bir yöntemdir.

Eksternal Fiksator

Özellikle açık kırıklarda ve çoklu travmalı hastalarda kullanılan bir yöntemdir. Genellikle kırık proksimal ve distalinde iki adet çivi ile birlikte unilaterale bir fiksator kullanılır⁽⁶⁷⁾. Anestezi süresini kısaltması, kanamayı azaltması, yara bakımını kolaylaştırması ve ameliyat sonrası dönemde bazı redüksiyon ayarlamalarına izin vermesi gibi avantajları söz konusudur^(68,69). Krettek ve arkadaşları⁽⁷⁰⁾ ortalama yaşın 10.3 olduğu 16 çocuğu eksternal fiksator ile tedavi etmişler ve takip edebildikleri 15 olguda ortalama 28.2 ay sonunda klinik olarak belirgin dizilim bozukluğuna rastlamamışlardır. Ancak 6 olguda 2 santimetreye kadar ekstremitte eşitsizliği ile karşılaşmıştır. Yazarlar ekstremitte eşitsizliğini önlemek için iyi bir anatomik redüksiyon yapılmasını önermektedir. Blasier ve arkadaşları⁽⁷¹⁾ 139 femur cisim kırığını eksternal fiksatorler ile tedavi etmişler ve tüm hastalarda kaynama elde etmişlerdir. Hiçbir

hastada ekstremite eşitsizliği için ek tedavi gereksinimi ortaya çıkmamıştır. Bu çalışmada eksternal fiksatörler ortalama 11.7 hafta uygulanmıştır. Kapukaya ve arkadaşları⁽⁷²⁾ 57 kapalı femur kırığını eksternal fiksatör ile tedavi ettikleri serilerinde kaynamama, kötü kaynama ya da ekstremite eşitsizliği ile karşılaşmamışlardır. Hedin ve arkadaşları⁽⁷³⁾ 98 olgunun 1 yıl takibi sonunda %37 çivi dibi enfeksiyonu/enfeksiyonu gibi minör komplikasyonlar ve %6 yeniden kırık gibi major komplikasyonlar rapor etmişlerdir. Nork ve Hoffinger⁽²¹⁾ yüksek enerjili travma ile oluşmuş çocuk femur kırıklarında iskelet traksiyonu ile eksternal fiksatör tedavisini karşılaştırdıkları çalışmada, her iki grupta da benzer iyi sonuçlar elde ettiklerini ancak eksternal fiksatör grubunda hastanede yatış süresinin ve maliyetin belirgin olarak düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Çocuk femur kırıklarında eksternal fiksatör kullanımını ile ilgili en önemli dezavantajlar yeniden kırık oluşması ve çivi yolu enfeksiyonudur. Tedavide kullanılan unilateral cihazlar oldukça rijit cihazlardır ve çocuklarda bile streten korunmaya neden olabilirler. Bu durum oluşan kallusun olgunlaşmasını önleyerek yeniden kırıkların oluşmasına ortam hazırlayabilir⁽¹⁶⁾. Gregory ve arkadaşları⁽⁷⁴⁾ 27 olguda 4 yeniden kırık (2'si eski kırık bölgesinden, 2'si çivi yollarından) ve 15 çivi yolu enfeksiyonu bildirmişlerdir. Bu çalışmada 5 olgu ortaya çıkan skar görüntüsünden tatmin olmamıştır. Carmichael ve arkadaşları⁽⁷⁵⁾ 22 hastada %54.5 çivi yolu enfeksiyonu, %9.1 redüksiyon kaybı, 54.5 çivi yolu absesi ve %4.5 yeniden kırık bildirmişlerdir. Yeniden kırık oluşması ile ilgili faktörleri açık kırık, bilateral kırık ve fiksatör süresinin uzaması olarak saptamışlardır. Yeniden kırık oluşumu ile kesin olmasa da ilişkili olan etmenler ise kırık şekli, dinamizasyon, fiksatör tipi, pin çapı ve sayısı olarak gözlenmiştir.

Bazı yazarlar kallus oluşumunu hızlandırmak ve kallusu kuvvetlendirmek amacı ile uygulanacak aksiyel dinamizasyonun yeniden kırık riskini azaltacağını savunmuşlardır^(16,68). Ancak Domb ve arkadaşlarının⁽⁷⁶⁾ çalışmasında, pediatrik femur kırıklarında fiksatörün aksiyel dinamizasyonunun iyileşme zamanı ve komplikasyon sıklığı üzerine anlamlı etkisinin olmadığı ortaya komuştur. Sola ve arkadaşları⁽⁷⁷⁾ ise rutin fiksatör yapısına ek olarak, fiksatör cismine tel ve metilmetakrilat ile sabitlenen ilave yardımcı bir çivi uygulamasının fiksatör stabilitesini anlamlı şekilde arttırdığını gözlem-

lemişlerdir.

Sonuç:

Çocuk femur cisim kırıklarının tedavisinde hem konservatif hem de cerrahi yöntemler yüksek başarı ile kullanılabilir. Tedavi tercihi cerrahların alışkanlık ve deneyimleri paralelinde çeşitlilik gösterebilmektedir. Ancak özellikle 6 yaş altındaki çocuklarda, anında pelvipedal açılma mükemmelle yakın sonuçları ve düşük maliyeti nedeni ile öne çıkmaktadır. Altı yaş üstü çocuklarda cerrahi yöntemlere yönelik sözkonusudur ve bu yöntemler arasında da esnek intrameduller çivileme daha biyolojik bir yöntem olması, erken harekete izin vermesi ve daha kozmetik oluşu ile ön plana çıkmaktadır. Stabil olmayan kırık şekillerinde köprü plaklar ile uygulanan biyolojik tespit ise bu kırıklarda önemli avantajlar sunan, dikkat çekici bir yöntemdir. Ekstenal tespit ise daha çok açık kırıklar ve çoklu yaralanmalara eşlik eden kırıkların tedavisi için tercih edilmektedir.

Yazışma Adresi: *Levent Çelebi*

*Karakusunlar mah. 24. cad. No:4/20
06530, Yüzüncüyıl- Ankara
e-posta: celebilevent@gmail.com*

Kaynaklar

1. Hinton RY, Lincoln A, Crockett MM, Sponseller P, Smith G: Fractures of the femoral shaft in children; incidence, mechanisms and sociodemographic risk factors. *J Bone Joint Surg Am* 1999, 81:500-9.
2. Daly KE, Calvert PT: Accidental femoral fractures in infants. *Injury* 1991, 22:337-8.
3. Gross RH, Stranger M: Causative factors responsible for femoral fractures in infants and young children. *J Pediatr Orthop* 1983, 3:341-3.
4. Beals RK, Tufts E: Fractured femur in infancy: The role of child abuse. *J Pediatr Orthop*. 1983;3:583-6.
5. Katz JF: Spontaneous fractures in paraplegic children. *J Bone Joint Surg Am* 1953, 35:220-26.
6. Loder RT: Pediatric polytrauma: orthopaedic care and hospital course. *J Orthop Trauma* 1987, 1:48-54.
7. Bennett FS, Zinar DM, Kilgus DJ: Ipsilateral hip and femoral shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;296:168-77.
8. Meaney JE, Carty H: Femoral stress fractures in children. *Skeletal Radiol* 1992, 21:173-6.
9. Sanders JO, Browne RH, Mooney JF, et al: Treatment of femoral fractures in children by pediatric orthopaedists: results of a 1998 survey. *J Pediatr Orthop* 2001, 21:436-41.
10. Hughes BF, Sponseller PD, Thompson JD: Pediatric femur fractures: Effects of spica cast treatment on family and community. *J Pediatr Orthop* 1994, 15:457-60.

11. Kirby RM, Winquist RA, Hansen ST Jr: Femoral shaft fractures in adolescents: A comparison between traction plus cast treatment and closed intramedullary nailing. *J Pediatr Orthop* 1981, 1:193-7.
12. Stannard JP, Christensen KP, Wilkins KE: Femur fractures in infants: A new therapeutic approach. *J Pediatr Orthop* 1995, 15:461-6.
13. Podeszwa DA, Mooney JF, Cramer KE, Mendelow MJ: Comparison of Pavlik harness application and immediate spica casting for femur fractures in infants. *J Pediatr Orthop* 2004, 24:460-2.
14. Morris S, Cassidy N, Stephens M, McCormack D, McMannan F: Birth-associated femoral fractures: incidence and outcome. *J Pediatr Orthop* 2002, 22(1):27-30.
15. Buckley SL: Current trends in the treatment of femoral shaft fractures in children and adolescents. *Clin Orthop Relat Res* 1997, 338:60-73.
16. Greene WB: Displaced fractures of the femoral shaft in children; Unique features and therapeutic options. *Clin Orthop Relat Res* 1998, 353:86-96.
17. Aronson DD, Singer RM, Higgins RF: Skeletal traction for fractures of the femoral shaft in children. A long-term study. *J Bone Joint Surg Am* 1987, 69(9):1435-9.
18. Casas J, Gonzales-Moran G, Albinana J: Femoral fractures in children from 4 years to 10 years: conservative treatment. *J Pediatr Orthop B* 2001, 10(8):56-62.
19. Newton PO, Mubarak SJ: Financial aspects of femoral shaft fracture treatment in children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 1994, 14:508-12.
20. Reeves RB, Ballard RI, Hughes JL: Internal fixation versus traction and casting of adolescent femoral shaft fractures. *J Pediatr Orthop* 1990, 10:592-5.
21. Nork SE, Hoffinger SA: Skeletal traction versus external fixation for paediatric femoral shaft fractures. A comparison of hospital costs and charges. *J Orthop Trauma* 1998, 12(8):563-8.
22. Boman A, Gardell C, Janarv PM: Home traction of femoral shaft fractures in younger children. *J Pediatr Orthop* 1998, 18(4):478-80.
23. Humberger FW, Eyring EJ: Proximal tibial 90-90 traction in treatment of children with femoral-shaft fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1969, 51:499-504.
24. Dameron TB, Thompson HA: Femoral shaft fractures in children treated by closed reduction and double spica cast immobilization. *J Bone Joint Surg Am* 1959, 41:1201-12.
25. Irani RN, Nicholson JT, Chung MK: Long-term results in the treatment of femoral shaft fractures in young children by immediate spica immobilization. *J Bone Joint Surg Am* 1976, 58:945-51.
26. Infante AF Jr, Albert MC, Jennings WB, Lehner JT: Immediate hip spica casting for femur fractures in pediatric patients. A review of 175 patients. *Clin Orthop Relat Res* 2000, 376:106-12.
27. Yandow SM, Archibeck MJ, Stevens PM, Shultz R: Femoral shaft fractures in children: a comparison of immediate casting and traction. *J Pediatr Orthop* 1999, 19:55-9.
28. Shapiro F: Fractures of the femoral shaft in children. the overgrowth phenomenon *Acta Orthop Scand* 1981, 52:649-55
29. Miller ME, Bramlett KW, Kissell EU, Niemann KM: Improved treatment of femoral shaft fractures in children: the "Pontoon" 90-90 spica cast. *Clin Orthop Relat Res* 1987, 219:140-46.
30. Buehler KC, Thompson JD, Sponseller PD, Black BE, Buckley SL, Griffin PP: A prospective study of early spica casting outcomes in the treatment of femoral shaft fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1995, 15:30-35.
31. Wallace ME, Hoffman EB: Remodelling of angular deformity after femoral shaft fractures in children. *J Bone Joint Surg Br* 1992, 74(5):765-9.
32. Weiss AP, Schenck RC Jr, Sponseller PD, Thompson JD: Peroneal nerve palsy after early spica cast application for femoral fractures in children. *J pediatr Orthop* 1992, 12:25-8.
33. Fein LH, Pankovich AM, Spero CM, Baruch HM: Closed flexible intramedullary nailing of adolescent femoral fractures. *J Orthop Trauma* 1989, 3:133-41.
34. Heinrich SD, Drvaric DM, Darr K, MacEwen GD: The operative stabilization of pediatric diaphyseal femur fractures with flexible intramedullary nails: A prospective analysis. *J Pediatr Orthop* 1994, 14:501-7.
35. Karaoglu S, Baktir A, Tuncel M, Karakas ES, Sakir TM: Closed Ender nailing of adolescent femoral shaft fractures. *Injury* 1994 25(8):501-6.
36. Ligier JN, Metaizeau JP, Prevot J, Lascombes P: Elastic stable intramedullary nailing of femoral shaft fractures in children. *J Bone Joint Surg Br* 1988, 70:74-7.
37. Flynn JM, Hresko T, Reynolds RA, Blasier 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.
38. Heybeli M, Muratli H.H, Celebi L, Gulcek S, Bicimoglu A: The results of intramedullary fixation with titanium elastic nails in children with femoral fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2004, 38:178-87.
39. Bar-On E, Sagiv S, Porat S: External fixation or flexible intramedullary nailing for femoral shaft fractures in children. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Br* 1997, 79:975-8.
40. Song HR, Oh CW, Shin HD, et al: Treatment of femoral shaft fractures in young children: comparison between conservative treatment and retrograde flexible nailing. *J Pediatr Orthop B* 2004, 13(4):275-80.
41. Buechsenschuetz KE, Mehlman CT, Shaw KJ, Crawford AH, Immerman EB: Femoral shaft fractures in children: Traction and casting versus elastic stable intramedullary nailing. *J Trauma* 2002, 53(5):914-21.
42. Flynn JM, Luedtke LM, Ganley TJ, et al: Comparison of titanium elastic nails with traction and a spica cast to treat femoral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am* 2004, 86:770-7.
43. Lee SS, Mahar AT, Newton PO: Ender nail fixation of pediatric femur fractures: a biomechanical analysis. *J Pediatr Orthop* 2001, 21(4):442-5.
44. Gwyn DT, Olney BW, Dart Br, Czuwala PJ: Rotational control of various pediatric femur fractures stabilized with titanium elastic intramedullary nails. *J Pediatr Orthop* 2004, 24:172-7.
45. Flynn JM, Luedtke LM, Ganley TJ, et al: Titanium elastic nails for pediatric femur fractures: Lessons from the learning curve. *Am J Orthop* 2002, 31:71-4.
46. Ozdemir HM, Yensel U, Senaran H, Mutlu M, Kutlu A:

- Immediate percutaneous intramedullary fixation and functional bracing for the treatment of pediatric femoral shaft fracture. *J Pediatr Orthop* 2003, 23(4):453-7.
47. Beaty JH, Austin SM, Warner WC, Canale ST, Nichols L: Interlocking intramedullary nailing of femoral-shaft fractures in adolescents: preliminary results and complications. *J Pediatr Orthop* 1994, 14:178-83.
 48. Timmerman LA, Rab GT: Intramedullary nailing of femoral shaft fractures in adolescents. *J Orthop Trauma* 1993, 7:331-7.
 49. Astion DJ, Wilber JH, Scoles PV: Avascular necrosis of the capital femoral epiphysis after intramedullary nailing for a fracture of the femoral shaft. *J Bone Joint Surg Am* 1995, 77:1092-4.
 50. Raney EM, Ogden JA, Grogan DP: Premature greater trochanteric epiphysiodesis secondary to intramedullary femoral rodding. *J Pediatr Orthop* 1993, 13:516-20.
 51. Townsend DR, Hoffinger S: Intramedullary nailing of femoral shaft fractures in children via the trochanter tip. *Clin Orthop Relat Res* 2000, 376:113-8.
 52. Gordon JE, Swenning TA, Burd TA, Szymanski DA, Schoenecker PL: Proximal femoral radiographic changes after lateral transtrochanteric intramedullary nail placement in children. *J Bone Joint Surg Am* 2003, 85:1295-301.
 53. Caird MS, Mueller Ka, Puryear A, et al: Compression plating of pediatric femoral shaft fractures. *J Pediatr Orthop* 2003, 23:448-52.
 54. Hansen TB: Fractures of the femoral shaft in children treated with an AO-compression plate. *Acta Orthop Scand* 1992, 63:50-2.
 55. Fyodorov I, Sturm PR, Robertson WW: Compression-plate fixation of femoral shaft fractures in children aged 8-12 years. *J Pediatr Orthop* 1999, 19:578-81.
 56. Eren OT, Kucukkaya M, Kockesen C, Kabukcuoglu Y, Kuzgun U: Open reduction and plate fixation of femoral shaft fractures in children aged 4 to 10. *J Pediatr Orthop* 2003, 23:190-3.
 57. Kregor PJ, Song KM, Routt ML Jr, Sangeorzan BJ, Liddell RM, Hansen ST Jr: Plate fixation of femoral shaft fractures in multiply injured children. *J Bone Joint Surg Am* 1993, 75:1774-80.
 58. Ward WT, Levy J, Kaye A: Compression plating for child and adolescent femur fractures. *J Pediatr Orthop* 1992, 12:626-32.
 59. Mostafa MM, Hassan MG, Gaballa MA: Treatment of femoral shaft fractures in children and adolescents. *J Trauma* 2001, 51(6):1182-8.
 60. Vavilala MS, Bowen A, Lam AM, et al: Blood pressure and outcome after severe pediatric traumatic brain injury. *J Trauma* 2003, 55:1039-44.
 61. Mirdad T: Operative treatment of femoral shaft fractures in children: a 9-year experience in a Saudi Arabian population. *Injury* 2000, 31:769-71.
 62. Unal VS, Gulcek M, Ünveren Z, Karakuyu A, Ucaner A: Blood loss evaluation in children under the age of 11 with femoral shaft fractures patients with isolated versus multiple injuries. *J Trauma* 2006 Jan, 60(1):224-6
 63. Perren SM: Evolution of the internal fixation of long bone fractures: The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br* 2002, 84:1093-110.
 64. Agus H, Kalenderer O, Eryanilmaz G, Omeroglu H: Biologic internal fixation of comminuted femur shaft fractures by bridge plating in children. *J Pediatr Orthop* 2003, 23:184-9.
 65. Kanlic EM, Anglen JO, Smith DG, Morgan SJ, Pesantez RF: Submuscular bridge plating for the treatment of pediatric femur fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2004, 426:244-51.
 66. Sink EL, Hedequist D, Morgan SJ, Hresko T: Results and technique of unstable pediatric femoral fractures treated with submuscular bridge plating. *J Pediatr Orthop* 2006, 26(2):177-81.
 67. Hedin H, Larsson S: Technique and considerations when using external fixation as a standard treatment of femoral fractures in children. *Injury* 2004 35(12):1255-63.
 68. Aronson J, Tursky EA: External fixation of femur fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1992, 12:157-63.
 69. Tolo VT: external skeletal fixation in children's fractures. *J Pediatr Orthop* 1983, 3:435-42.
 70. Krettek C, Haas N, Walker J, Tschern H: Treatment of femoral shaft fractures in children by external fixation. *Injury* 1991, 22(4):263-6.
 71. Blasler RD, Aronson J, Tursky EA: External fixation of pediatric femur fractures. *J Pediatr Orthop* 1997, 17(3):342-6.
 72. Kapukaya A, Subasi M, Necmioglu S, Arslan H, Kesemenli C, Yildirim K: Treatment of closed femoral diaphyseal fractures with external fixators in children. *Arch Orthop Trauma Surg* 1998, 117(6-7):387-9.
 73. Hedin H, Hjorth K, Rehnberg L, Larsson S: External fixation of displaced femoral shaft fractures in children: a consecutive study of 98 fractures. *J Orthop Trauma* 2003, 17(4):250-6.
 74. Gregory P, Pevny T, Teague D: Early complications with external fixation of pediatric femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 1996, 10:191-8.
 75. Carmichael KD, Bynum J, Goucher N: Rates of refracture associated with external fixation in pediatric femur fractures. *Am J Orthop* 2005, 34(9):439-44.
 76. Domb BG, Sponseller PD, Ain M, Miller NH: Comparison of dynamic versus static external fixation for pediatric femur fractures. *J Pediatr Orthop* 2002, 22(4):428-30.
 77. Sola J, Schoenecker PL, Gordon JE: External fixation of femoral shaft fractures in children: enhanced stability with the use of an auxiliary pin. *J Pediatr Orthop* 1999, 19(5):587-91.