

ÇOCUKLUK ÇAĞI FEMUR KIRIKLARININ TEDAVİSİNDE DOLAYLI REDÜKSİYON VE KİLİTLİ PLAK UYGULAMA SONUÇLARIMIZ

Turgut Akgül, İzzet Korkmaz, Güzelali Özdemir, Ferit Yücel, Özgür Çiçekli

Şanlıurfa Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği

Geliş Tarihi / Received: 11.10.2011, Kabul Tarihi / Accepted: 20.11.2011

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada çocukluk çağı femur kırıklarında dolaylı redüksiyon ve kilitli plak uygulamalarının sonuçlarını değerlendirmek.

Materyal ve Metod: Bu prospektif çalışmaya izole femur kırığı olan 17 (7 kız 10 erkek) hasta dahil edildi. Çalışmaya alınan femur kırıkları, uzun spiral, oblik ve uzunluk instabil olan femur diafiz kırıkları idi. Çalışmaya alınan hastaların yaş ortalaması 6,2 (5-12) yıl idi. Hastaların hepsine dolaylı redüksiyon ve kilitli plak uygulandı. Hastaların radyolojik sonuçları standart olarak çekilen ön arka ve yan grafiler ile değerlendirildi. Hastalarda kaynama sonrası çekilen grafide 10 dereceden fazla olan angulasyonlar deformite olarak belirlendi.

Bulgular: Hastaların ortalama takip süreleri 10 (3-17) ay ve hastanede kalma süreleri ortalama 4,3 (2-6) gün idi. Hastaların tamamına az yüzey temaslı kilitli titanyum plaklar kullanıldı. Hastalara kullanılan ortalama plak uzunluğu 10 (8-12) delikli idi. Plak ile beraber kullanılan vida sayısı 6,7 (6-9) adet idi. Vidaların kırık hattının proksimal ve distal olarak dağılımları, proksimal ortalama 3,2 (3-4) ve distal ortalama 3,4 (3-5) adet olarak belirlendi. Hastaların kaynama zamanı ortalama 5,4 (4-7) hafta idi. Hastaların hepsinde tam kaynama gerçekleşti ve komplikasyon görülmedi. Hastaların dört tanesinden implant çıkarımı yapıldı.

Sonuç: Çalışmamızın sonucunda 5 yaş ile iskelet olgunlaşmasına kadarki süreçte oluşan uzunluk instabil femur kırıklarında dolaylı redüksiyon ile kilitli plak uygulaması ile başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Düşük komplikasyon oranı ve yüksek kaynama başarısı ile titanyum elastik çivisi yerine kullanılabilecek alternatif bir yöntemdir. Erken mobilizasyon ve kısa süreli hastane yatışı ile yüksek oranda aile uyumu sağlanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Femur kırığı, kilitli plak.

SUMMARY

Surgical Treatment Results of Pediatric Femoral Fractures by Indirect Reduction and Locking plates

Purpose: The aim of this study is evaluation of surgical treatment results by using locking plates and indirect reduction in femoral fractures of childhood.

Materyal and Methods: This prospective study include 17(7 females and 10 males) patients. All patients had isolated femoral fractures. Type of femoral fractures in this study classified as long spiral, oblique and shaft fractures of unstable in long axis. Mean age of patients in this study was 6.2(range 5-12) years. All patients in this study treated by indirect reduction and surgically minimal invasive approach with locking plates. Standard anterior-posterior and lateral radiographs used for radiographic evaluation. Angulations more than 10 degrees in radiographs accepted as deformity after fracture union.

Results: Mean follow-up time was 10(range3-17) months and mean hospital stay was 4.3(range 2-6) days. We used minimal contact titanium locking plates in all patients. The average length of plates include 10 holes(range 8-12). The average of screws using with plates was 6,7(6-9). Distribution of screws classified as distal and proksimal according to fracture line. Mean number of proksimal screws were 3,2(3-4) and distal screws were 3,4(3-5). Mean of fracture union time was 5,4(range 5-7) weeks. There are not any complication and all fractures healed. Implants removed in 4 patients.

Conclusion: Unstable long axis femoral fractures of childhood , from 5 years to skeletal maturation, treated succesful by indirect reduction and locking plates in this study. This surgical modality have a less complication and high fracture union rates and may alternatively used instead of titanium elastic nail. Early mobilization and less hospitalization make excellent family adaptation.

Key Words: Femur Fracture, Locking plates.

Giriş

Çocukluk çağında ortopedik cerrahlar tarafından tedavi edilen en sık major çocukluk çağı yaralanması femur kırıklarıdır. Femur kırıklarının %70'i femur diafiz kırığı olarak karşımıza çıkmaktadır (1). Femur diafiz kırıklarının tedavisinde pelvipedal alçı, traksiyon, intramedüller çivileme, eksternal fiksator ve plak vida uygulamaları tarif edilmiştir (1-7). Çocukluk çağı femur kırıklarının tedavisinde, tedavi seçeneklerindeki altın standartlar yaşa bağlı olarak değişmektedir. Bunun sebebi yaşa bağlı femur remodelasyon yetenekleridir. Femur remodelasyon yeteneği 6 yaş altında çok iyi iken yaş ilerledikçe azalma görülmektedir (2-4). Pelvipedal alçılama 5 yaş altında karşılaşılan femur kırıklarında altın standart olarak bildirilmekle beraber iskelet gelişimini tamamlamış hastalarda femur kırıklarının tedavisinde intramedüller çivileme altın standart olarak bildirilmektedir (2-7).

6 yaş ile iskelet olgunlaşmasına kadar geçen yaş aralıklarında karşılaşılan femur kırıklarında ise tedavi seçenekleri halen tartışmalıdır (2-14). Tedavide traksiyon ve pelvipedal alçılama, intramedüller elastik çiviler, ender çivileri, eksternal fiksator ve plak vida uygulamaları ile beraber başarılı sonuçlar bildirilmiştir (3-7). Geleneksel olarak kabul edilen tedavi yöntemi traksiyon sonrası uygulanan pelvipedal alçılamadır (11-14). Bu tedavi yöntemi konservatif bir yöntem olmakla beraber kallus formasyonu tespit edilene kadar traksiyon uygulamasına bağlı olarak artan immobilizasyon süresi ve diğer komplikasyonları nedeniyle günümüzde çok tercih edilmemektedir. Günümüzde erken hareket, erken sosyal hayata dönüş ve minimal deformite ile iyileşme tedavinin ana amacı olarak belirlenmiştir (8,13,14). Bu yaş çocukluk çağı femur kırıklarında elastik intramedüller çivileme yaygın olarak kullanılmakta ve başarılı sonuçlar bildirilmektedir. Titanyum elastik çivinin alçılamaya göre erken kaynama, daha az malunion ve daha iyi fonksiyonel sonuç elde edildiği literatürde bildirilmiştir (3,8,9,13-15). Titanyum elastik çivi ile femur kırıklarında iyi sonuçlar bildirilmiş olmakla beraber uzunluk instabil olarak uzun spiral ve obliq kırıklarda malunion, angulasyon ve kısalık gibi yüksek komplikasyon oranı bildirilmiştir (8,9,16-18). Uzunluk instabil olan femur kırıklarının tedavisinde dolaylı redüksiyon ile beraber kilitli plak uygulamaları başarılı sonuçlar vermektedir (15,18-21). Submuskuler plak uygulamaları, klasik kompresyon plaklara göre daha relatif stabilite ve kırık hattında minimal yumuşak doku hasarı yaratmakta ve erken mobilizasyona izin vermektedir (15,18-21).

Çalışmamızın amacı çocukluk çağı uzunluk instabil olan femur kırıklarında dolaylı redüksiyon ile beraber uygulanan kilitli plak vida sonuçlarını bildirmektir.

Materyal ve Metod

Şanlıurfa Eğitim ve Araştırma Hastanesi acil servisine 2011-2012 tarihleri arasında acil birimine femur kırığı ile başvuran çocuk hastalar prospektif olarak incelendi. Kliniğimizde 5 yaş altındaki çocuk femur kırıkları pelvipedal alçı ile tedavi edildi. 5 yaş ile iskelet olgunlaşmasının tamamlanana kadar olan kapalı ve Gustillo Andersen tip 1 açık femur kırıklarının tedavisinde titanyum elastik çivi ve kilitli plak kullanıldı. Transvers, kısa obliq ve uzunluk stabil femur kırıklarının tedavisinde titanyum elastik çivi kullanıldı. Uzunluk instabil spiral ve obliq kırıklarda dolaylı redüksiyon ve kilitli plak ile osteosentez sağlandı. Kilitli plak uygulanan 17 çocuk hasta çalışmaya dahil edildi.

Çalışmaya alınan hastalara yaşına bağlı olarak 3,5mm veya 4,5mm titanyum az temaslı titanyum kilitli plak ile osteosentez sağlandı. Kilitli plak uygulanan hastalara operasyon sonrası herhangi koruyucu breysleme yapılmadı. Hastalara operasyon sonrası erken dönemde diz ve kalça hareketleri ile beraber quadriceps egzersizleri başlandı. Operasyon sonrası 48 saatte hastalar iki adet koltuk değneği ile mobilize edildi. Röntgen incelemesinde kallus görülünce hastalarda tam yüke geçildi.

Hasta bilgileri yaş, cinsiyet, kırık tipi ve yerleşim yeri, kullanılan plak uzunluğu, kaynama zamanı, hastanede yatış zamanı ve komplikasyonlar olarak kaydedildi. Transvers ve uzunluk stabil obliq femur kırıkları, takipler esnasında ulaşılamayan hastalar, grade 2 ve üzeri açık femur kırıkları, diafiz yerleşimli olmayan femur kırıkları, 5 yaştan küçük ve iskelet olgunlaşması tamamlanmış hastalar çalışmaya dahil edilmedi.

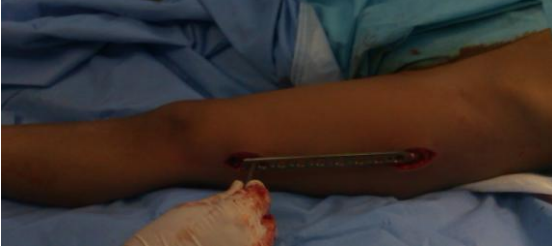
Kaynama ve malunion değerlendirmeleri standart ön arka ve yan femur grafileri ile yapıldı. Kontrol grafileri operasyon sonrası ikinci günde ve kaynama tam olarak gerçekleşene kadar iki hafta aralıklarla yapıldı. Kaynama kontrol grafilerinde en az üç kortekste kallus görülmesi ile belirlendi. Kaynamama operasyondan altı ay geçmesine rağmen herhangi kallus formasyonunun görülmemesi olarak belirlendi.

Cerrahi teknik

Hastalar supin pozisyonda skopi kullanımına izin veren masada operasyona hazırlandı. Hastaların hepsinde düşük profilli az kontakt sağlayan titanyum kilitli plak kullanıldı. Kırık olan femura traksiyon uygulanırken skopi eşliğinde kullanılacak plak boyu belirlendi. Plak boyu hesaplanırken proksimal ve distalde en az altı korteks tespit sağlanmasına dikkat edildi. Plak belirlendikten sonra plak femurun anatomik yapısına uygun olarak eğildi. Skopi

kontrolünde plağın kemiğe yerleşen proksimal ve distal bölümleri belirlendi ve bu bölgelere longitudinal cilt insizyonu yapıldı (Şekil 1). İliotibial bant longitudinal olarak geçildi ve vastus lateralis anteriora elevatör yardımı ile ekarte edildi.

Skopi kontrolünde femura traksiyon uygulanırken anatomik olarak eğilmiş plak distalden proksimale doğru ilerletildi (Şekil 2a,b). Plak yerleştirildikten sonra proksimal ve distalden K teli ile tespit edildi. Skopi ile ön-arka ve yan görüntüler alındıktan sonra plak distalden ve proksimalden kilitlendi. Gerekli olduğunda ise redüksiyona yardımcı olması açısından çekirtme vidaları kullanıldı. Skopi kontrolünde dizilim muayenesi yapıldı. Dizilim sonrasında stabilite kontrolünü takiben iliotal bant kapatılmasının ardından cilt sütüre edildi (Şekil 3a,b).



Şekil 1: Skopi kontrolü ile traksiyon sonrası uygun plak uzunluğunun belirlenmesi ve cilt insizyonu.



a)



b)

Şekil 2a,b: Skopi kontrolünde femura traksiyon uygulanırken anatomik olarak eğilmiş plağın distalden proksimale doğru ilerletilmesi



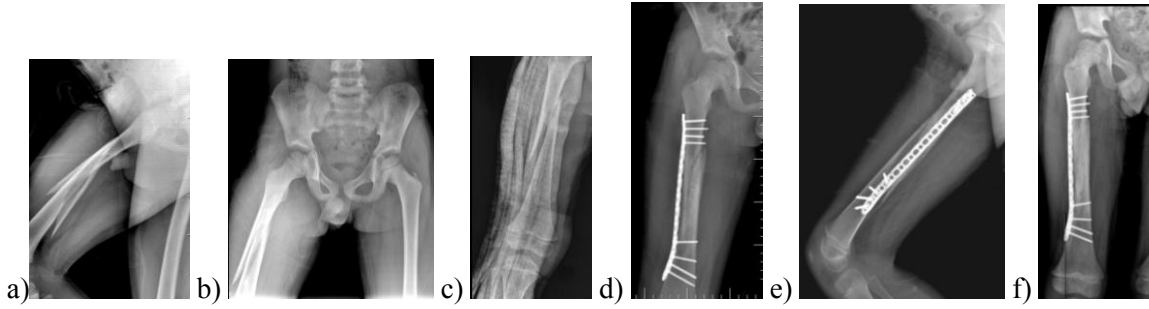
Şekil 3: Operasyon sonrası klinik görünüm

Bulgular

Çalışmaya alınan 17 hastanın yaş ortalaması 6,2 (5-12 yıl) idi. Çalışmaya alınan hastaların demografik dağılımları ise 7 kız 10 erkek şeklinde idi. Uzunluk instabil femur kırıkları çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya alınan hastaların hiçbirinde açık kırık yoktu. İzole femur kırığı dışında ek travması olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Hastaların hepsinde kırık gelişme mekanizması basit düşme şeklinde idi. Çalışmaya dahil edilen femur kırığı olan hastalardan çıkıkçıya başvuru sonrası 4.günde başvuran hasta hariç hepsi travma sonrası ilk olarak hastanemize başvurdu.

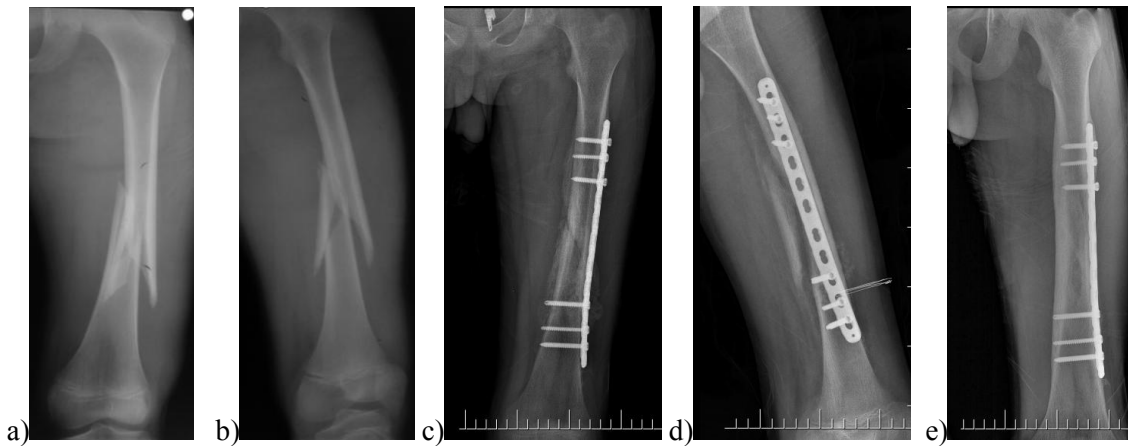
Hastaların hastanede kalma süreleri ortalama 4,3 (2-6 gün) idi. Hastaların hepsine titanyum az temaslı kilitli titanyum plaklar kullanıldı. Hastalara kullanılan ortalama plak uzunluğu 10 (8-12) delikli plak şeklinde idi. Plak ile beraber ortalama kullanılan vida sayısı 6,7 (6-9) adet idi. Vidaların kırık hattının proksimal ve distal olarak dağılımları, proksimal ortalama 3,2 (3-4) ve distal ortalama 3,4 (3-5) adet olarak belirlendi. Hastaların operasyon sonrası ve takipleri esnasında çekilen ön-arka ve yan grafilerinde herhangi bir planda 10 dereeden daha fazla dizilim bozukluğuna rastlanmadı (Şekil 4,5).

Hastaların kaynama zamanı ortalama 5,4 (4-7) hafta sonra ön-arka ve yan grafilerde kaynama dokusu tespit edildi. Kaynama dokusu tespit edilen hastalarda tam yüke geçildi. Kaynama gerçekleşikten sonra 4 hastadan plak vida çıkarma operasyonu yapıldı. Plakların ortalama çıkma zamanı 9 (6-10 ay) idi. Plak çıkarma yapılan bir hastada bir ay sonra tekrar kırık gelişti. Çalışmaya alınan hastaların hepsinde tam kaynama gerçekleşti ve hastaların ortalama takip süreleri ise ortalama 10 (3-17) ay idi. Klinik olarak hastaların klinik ve yürüme ile ilgili ek sorunları olmadı.



ŞEKİL 4: 6 yaşında erkek hasta basit düşme sonrası gelişen femur kırığı nedeniyle tedavi edildi.

- a) Travma sonrası çekilen femur lateral grafisi
- b,c) Travma sonrası çekilen femur ön arka grafisi
- d) Operasyon sonrası 4. hafta kontrolünde çekilen femur ön arka grafisi
- e) Operasyon sonrası 4. hafta kontrolünde çekilen femur yan grafisi
- f) Operasyon sonrası 8. hafta kontrolünde çekilen femur ön arka grafisi



ŞEKİL 5: 12 yaşında erkek hasta basit düşme sonrası gelişen femur kırığı nedeniyle tedavi edildi.

- a) Travma sonrası çekilen femur ön arka grafisinde parçalı instabil femur kırığı görülmekte
- b) Travma sonrası çekilen femur lateral grafisi
- c) Operasyon sonrası 5. hafta kontrolünde çekilen femur ön arka grafisi
- d) Operasyon sonrası 5. hafta kontrolünde çekilen femur yan grafisi
- e) Operasyon sonrası 6. ay kontrolünde çekilen femur ön arka grafisi

Tartışma

Çocukluk çağı femur kırıklarının tedavisinde, tedavi seçeneklerindeki altın standartlar yaşa bağlı olarak değişmektedir (22). İlk 5 yaşta femur kırıklarının tedavisinde uygulanan pelvipedal açılama ve iskelet olgunlaşması sonrası intramedüller çivi uygulaması üzerinde fikir birliği sağlanmıştır (1-4,15). Bununla beraber 5 ile 11 yaş arasında karşılaşılan femur kırıklarının tedavisinde fikir birliği bulunmamaktadır. Bu yaş grubunda traksiyon ile beraber

alçı uygulaması, titanyum elastik çivileri, eksternal fiksator ve plak vida kullanımları bildirilmiştir (2-14). Traksiyon ve pelvipedal alçı uygulamaları ile açılı kaynama, alçı sorunları, kısalık, hasta ve yakınlarının uyumsuzluğu ve uzun süreli hastanede kalış sorunları bulunmaktadır (3,4,11-14). Cerrahi tedavi ve pelvipedal alçılama sonuçlarını karşılaştıran yayınlarda cerrahi tedavi ile daha düşük komplikasyon oranı ile beraber daha kısa kaynama süreleri ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (3,11,13,14). Literatürdeki çalışmalar 5 ile 11 yaş arasındaki femur kırıklarının tedavisinde cerrahi tedaviyi önermektedir. Cerrahi olarak kullanılacak malzemenin ise, erken harekete izin veren, kaynama oluşana kadar dizilimi koruyan, kan akımı üzerine olumsuz etkisi olmayan yük paylaşımı sağlayan internal uygulanabilir olmasını önermektedir (14). Öngörülen implant öncelikli olarak titanyum elastik çivileme yöntemi olarak bildirilmiş ve birçok çalışmada başarılı sonuçlar bildirilmiştir (3,8,9,13-15).

Titanyum elastik çivi ile femur kırıklarında iyi sonuçlar bildirilmiş olmakla beraber uzunluk instabil olan uzun spiral ve obliq kırıklarda malunion, angulasyon ve kısalık gibi yüksek komplikasyon oranı bildirilmiştir (8,9,16-18,23). Bu kırıklarda uygulanan dolaylı redüksiyon ve kilitli plak uygulamaları ile beraber göreceli denge ile beraber başarılı sonuçlar alındığı bildirilmiştir (10,15,19-21).

Çocukluk çağı kompleks femur kırıklarında submuskuler plak uygulamaları sonuçlarını ilk olarak Kanlıç ve ark. Bildirmişlerdir (19). Kanlıç ve ark. 51 olguluk, 10 yaş ortalamasına sahip serilerinde herhangi komplikasyon olmadan yüksek başarılı sonuç bildirmişlerdir. Kanlıç ve ark çalışmalarının sonucu olarak submuskuler plak uygulamasının spiral ve parçalı femur kırıklarında proksimal ve distal 1/3 kırıklarda başarı ile kullanılabilen bir yöntem olduğunu bildirmektedirler (19). Ağus ve ark yaptıkları 14 olguluk ve 11,3 yaş ortalamasına sahip çalışmalarında bir hasta hariç hepsinde başarılı sonuçlar bildirmiştir. Ortalama kaynama süresini ise 12,4 hafta olarak vermişlerdir. Sadece bir hastada 10 derecenin üzerinde deformite tespit etmişler (10).

Sink ve ark uzun obliq femur kırık tedavisinde submuskuler plak uygulanan 27 hastalık, 9 yaş ortalaması olan serilerinde başarılı sonuçlar bildirmiştir. Serilerinde bir hastada ek tedaviye gerek kalmayan sagittal planda 10 dereceden fazla angulasyon tespit edilmiştir. Kallus görülme süresini ortalama 5,4 hafta olarak belirtmiştir tam kaynama olarak ise 11,7 hafta olarak bildirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda uzunluk instabil femur kırıklarının tedavisinde intrameduller çivilemeye alternatif tedavi yöntemi olduğunu belirtmektedirler (20).

Ying ve ark yaptıkları çalışmalarının sonrasında submuskuler plak uygulamasının 5-11 yaş aralıklarında karşılaşılan uzunluk instabil femur kırıklarının ve ileri yaşlarda rigid intrameduller çivileme yapılacak kadar dar femur kanalı olan olgularda iyi bir seçenek olarak bildirmektedirler (21).

Çalışmamıza alınan 17 hastanın yaş ortalaması 6,3 yıl olup, daha önce yapılan çalışmalara göre yaş ortalaması daha küçük olarak belirlendi. Kallus görülme zamanı ortalama 5,3 haftaydı, Sink ve ark.'nın bildirdikleri sonuçlar ile paralellik taşıyordu. Çalışmaya alınan olguların hiçbirinde komplikasyon veya açılı kaynama ile karşılaşılmadı. Hastaların hepsinde tam kaynama belirlendi. Hastalarının klinik sonuçları daha önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Çalışmamızın sonucunda 5 yaş ile iskelet olgunlaşmasına kadarki süreçte oluşan uzunluk instabil femur kırıklarında dolaylı redüksiyon ile kilitli plak uygulaması ile başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Düşük komplikasyon oranı ve yüksek kaynama başarısı ile titanyum elastik çivisi yerine kullanılabilecek alternatif bir yöntemdir. Erken mobilizasyon ve kısa süreli hastane yatışı ile yüksek oranda aile uyumu sağlanabilmektedir.

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; 81:500-509.
2. Ferguson J, Nicol RO: Early spica treatment of pediatric femoral shaft fractures. J Pediatr Orthop 2000;20:189-19
3. Çelebi L, Biçimoğlu A. Çocuk femur cisim kırıkları Totbid dregisi 2006;5:34-43.
4. Flynn JM, Schwend MR Management of Pediatric Femoral Shaft Fractures J Am Acad Orthop Surg 2004;12:347-359
5. Fyodorov I, Sturm PF, Robertson WW Jr: Compression-plate fixation of femoral shaft fractures in children aged 8 to 12 years. J Pediatr Orthop 1999;19:578-581
6. Caird MS, Mueller Ka, Puryear A, et al. Copmression plating of pediatric femoral shaft fractures J Pediatr orthop2003;23:448-52.
7. Blasier RD, Aronson J, Tursky EA: External fixation of pediatric femur fractures J Pediatr Orthop 1997;17:342-6.

8. 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(1):4-8.
9. Flynn JM, Luedtke L, Ganley TJ, Pill SG: Titanium elastic nails for pediatric femur fractures: Lessons from the learning curve. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 2002;31(2):71-74.
10. Agus H, Kalenderer O, Eryanılmaz G, Ömeroğlu H Biologic internal fixation of comminuted femur shaft fracture by bridge plating in children *J Pediatr Orthop* 2003;23:184-9.
11. Thompson JD, Buehler KC, Sponseller PD, Gray DW, Black BE, Buckley SL, Griffin PP Shortening in femoral shaft fracture in children treated with spina cast *Clin Orthop Relat Res* 1997;338:74-8.
12. Pollak AN, Cooperman DR, Thompson GH Spina cast treatment of femoral shaft fractures in children-the prognostic value of mechanism of injury *J trauma* 1994;37:223-229
13. Flynn JM, Luedtke LM, Ganley TJ, Dawson J, Davidson RS, Dormans JP, Ecker ML, Gregg JR, Horn BD, Drummond DS Comparison of titanium elastic nails with traction and a spica cast to treat femoral fractures in children *J bone Joint Surgery Am* 2004;86:770-77.
14. Saseendar S, Menon J, Patro K Treatment of femoral fractures in children :is titanium elastic nailing an improvement over hip spica casting? *J Child Orthop* 2010;4:245-251
15. Kelly Vander Have, MD, et al *J Am Acad Orthop Surg* 2008;16:436- 441
16. Narayanan UG, Hyman JE, Wainwright AM, Rang M, Alman BA: Complications of elastic stable intramedullary nail fixation of pediatric femoral fractures, and how to avoid them. *J PediatrOrthop* 2004;24(4):363-369.
17. Sink EL, Gralla J, Repine M: Complications of pediatric femur fractures treated with titanium elastic nails: A comparison of fracture types. *J Pediatr Orthop* 2005;25(5):577-580.
18. Sink EL, Faro F, Polousky J, Flynn K, Gralla J: Decreased complications of pediatric femur fractures with a change in management. *J Pediatr Orthop* 2010; 30(7):633-637.
19. Kanlic EM, Anglen JO, Smith DG, Morgan SJ, Pesántez RF: Advantages of submuscular bridge plating for complex pediatric femur fractures. *Clin OrthopRelat Res* 2004;(426):244-251.
20. 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):177-181.
21. Ying Li, Daniel J. Hedequist, *J Am Acad Orthop Surg* 2012;20: 596-603

22. Wallace ME, Hoffman EB: Remodelling of angular deformity after femoral shaft fractures in children. J Bone Joint Surg Br 1992;74:765-769.
23. Ellis HB, Ho CA, Podeszwa DA, Wilson PL: A comparison of locked versus nonlocked Enders rods for length unstable pediatric femoral shaft fractures. J Pediatr Orthop 2011;31(8): 825-833.