



## Çocuklarda suprakondiler humerus kırıklarının açık-kapalı redüksiyon ve internal tespitle tedavisinde radyasyon sürelerinin karşılaştırılması

### *Comparison of radiation exposure times in the treatment of pediatric supracondylar humeral fractures with open-closed reduction and internal fixation*

Erdinç ESEN, Yunus DOĞRAMACI,<sup>1</sup> Serap GÜLTEKİN,<sup>2</sup> Gökay GÖRMELİ,  
Ahmet YILDIRIM, Ulunay KANATLI, Selçuk BÖLÜKBAŞI

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, <sup>2</sup>Radyoloji Anabilim Dalı;  
<sup>1</sup>Mustafa Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

**Amaç:** Çocuklarda yer değiştirmiş suprakondiler humerus kırıklarında uyguladığımız K-teli ile yapılan iki tedavi yöntemi (Açık redüksiyon internal tespit-ARİF, Kapalı redüksiyon internal tespit, KRİF), ameliyat süresi ve radyasyona maruz kalma süresi açısından karşılaştırıldı.

**Çalışma planı:** Yer değiştirmiş suprakondiler humerus kırığı (Gartland tip 3) tanısıyla cerrahi tedavi uygulanan 124 hasta (76 erkek, 48 kız) geriye dönük olarak incelendi. Elli iki hastaya (ort. yaş 7.5±2.8) ARİF, 72 hastaya (ort. yaş 6.1±2.5) KRİF uygulandı. İki gruptaki ameliyat süresi ve floroskopi uygulama süresi kaydedildi. Hastalar son takiplerde, eklem hareket açıklığı, varus-valgus açılma derecesi, damar sinir muayenesi ve kozmetik görünüm açısından değerlendirildi. Fonksiyonel ve kozmetik sonuçların değerlendirilmesinde Flynn ve ark.nın ölçütleri kullanıldı. Ortalama takip süresi ARİF grubunda 49.3±18.6 ay, KRİF grubunda 50.4±17.9 ay idi.

**Sonuçlar:** Tüm olgularda altıncı hafta sonunda radyografik kaynama görüldü. Kozmetik ve fonksiyonel açıdan iki grup arasında anlamlı fark saptanmadı (p>0.05). Mükemmel ve iyi sonuç oranı KRİF grubunda %90.3, ARİF grubunda %86.6 bulundu. Ortalama ameliyat süresi, KRİF grubunda 44.2±12.6 dk, ARİF grubunda 28.3±8.2 dk bulundu. Ortalama floroskopi uygulama süresi, KRİF grubunda 36.0±15.3 sn, ARİF grubunda 11.7±4.5 sn idi. Ameliyat süresi ve floroskopi süresinin KRİF grubunda anlamlı derecede uzun olduğu görüldü (p=0.000).

**Çıkarımlar:** Uzamış skopi kullanımı radyasyona maruz kalmayı artırdığından, yer değiştirmiş suprakondiler humerus kırıklarında ARİF yönteminin tercih edilmesini öneriyoruz.

**Anahtar sözcükler:** Kemik teli; dirsek eklemi/cerrahi; floroskopi/yan etki; kırık tespiti, internal/yöntem; humerus kırığı/cerrahi; radyasyon dozu.

**Objectives:** We compared open reduction-internal fixation (ORIF) and closed reduction-internal fixation (CRIF) with respect to operation and radiation exposure times in the treatment of displaced supracondylar humeral fractures in children.

**Methods:** This retrospective study included 124 children (76 boys, 48 girls) who underwent surgical treatment for displaced supracondylar humeral fractures (Gartland type 3). Of these, 52 patients (mean age 7.5±2.8 years) underwent ORIF, and 72 patients (mean age 6.1±2.5 years) underwent CRIF. Operation and fluoroscopy times were recorded in both groups. Final assessments included range of motion, varus- valgus angulation, neurovascular findings, and cosmetic appearance. Functional and cosmetic results were assessed using the criteria of Flynn et al. after a mean follow-up period of 49.3±18.6 months and 50.4±17.9 months in the ORIF and CRIF groups, respectively.

**Results:** Radiographical union was obtained in all the patients within six weeks postoperatively. The two groups did not differ with respect to functional and cosmetic results (p>0.05), with excellent-good results accounting for 90.3% in the CRIF group, and 86.6% in the ORIF group. The mean operation times were 44.2±12.6 and 28.3±8.2 minutes, and the mean fluoroscopy times were 36.0±15.3 and 11.7±4.5 seconds, in the CRIF and ORIF groups, respectively, both being significantly longer in the former (p=0.000).

**Conclusion:** As extended fluoroscopy use increases radiation exposure, ORIF seems to be more convenient for the treatment of displaced supracondylar humeral fractures.

**Key words:** Bone wires; elbow joint/surgery; fluoroscopy/adverse effects; fracture fixation, internal/methods; humeral fractures/surgery; radiation dosage.

**Yazışma adresi / Correspondence:** Dr. Erdinç Esen, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, 06510 Beşevler, Ankara. Tel: 0312 - 202 55 28 e-posta: erdincesen@gmail.com

**Başvuru tarihi / Submitted:** 16.02.2009 **Kabul tarihi / Accepted:** 25.06.2009

© 2009 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği / © 2009 Turkish Association of Orthopaedics and Traumatology

Çocuklarda dirsek kırıklarının %50-60'ı suprakondiler kırıklardır.<sup>[1]</sup> Suprakondiler humerus kırıkları, çocuk kırıkları arasında ikinci en sıklıkta görülen kırıklardır (%16.6) ve 4-11 yaş arası çocuklarda görülen kırıkların %85'ini oluştururlar.<sup>[1,2]</sup>

Tip 3 kırıkların tedavisinde, kapalı ve açık redüksiyon yöntemiyle perkütan K-teli uygulaması iki temel yöntem olarak sayılmaktadır.<sup>[1-5]</sup>

Ek yaralanma olup olmaması, komplikasyon durumu, skopi kullanım imkanı, cerrahın deneyimi, ameliyata alınma süresi, vb, faktörlerin tedavi yönteminin seçiminde etkili olduğu bildirilmektedir.<sup>[1-13]</sup> Yapılan çalışmalarda, genellikle elastik stabil intramedüller çivi ile değişik kırık tiplerinde (önkol, femur, humerus) uygulanan osteosentez tedavilerinin sonuçları tartışılmıştır.<sup>[4,14-19]</sup> Ancak, özellikle çocuk kırıklarında en sık ve yaygın olarak kullanılan K-teli tespiti ile yapılan açık ve kapalı osteosentez yöntemlerinin hasta ve cerrahın radyasyona maruz kalma süresi ve ameliyat süresi açısından karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlamadık.

Bu çalışmada, K-teli ile yapılan iki tedavi yöntemi arasında (Açık redüksiyon internal tespit-ARİF, Kapalı redüksiyon internal tespit, KRİF) ameliyat süresi ve radyasyona maruz kalma süresi açısından fark olup olmadığı araştırıldı.

### Hastalar ve yöntem

Şubat 1995-Mart 2002 yılları arasında, yer değiştirmiş suprakondiler humerus kırığı (Gartland tip 3) ile acil servise başvuran ve cerrahi tedavi uygulanan 124 hasta (76 erkek, 48 kız) geriye dönük olarak incelendi. Elli iki hastaya (ort. yaş  $7.5 \pm 2.8$ ; dağılım 2-12) ARİF, 72 hastaya (ort. yaş  $6.1 \pm 2.5$ ; dağılım 2-12) KRİF uygulanmıştı.

Kırıkların 116'sı ekstansiyon (%93.6), sekizi fleksiyon (%6.5) tipi kırık idi. Hastanemize geç başvuran (travmadan 4-6 saat sonra), yumuşak doku hasarı olan (tip 1 açık kırığa kadar olan yaralanmalar), belirgin ödem ve/veya hematoma gelişen hastalara ARİF (Şekil 1); yumuşak doku hasarı fazla olmayan (abrazyon tarzında yaralanması olanlar), ilk 4 saat içinde başvuran ve kapalı redüksiyonu zorlaştıracak kadar ödem ve/veya hematoma gelişmeyen hastalara KRİF uygulanmıştı.

Tüm hastalar genel anestezi altında, sırtüstü pozisyonda ve skopi eşliğinde ameliyat edildi. Tüm olgulara ameliyat süresince pnömotik turnike uygulandı.

Kapalı redüksiyon daha önceden tarif edildiği şekilde uygulandı.<sup>[20]</sup> Redüksiyon öncesi ve sonrasında floroskopi yardımı ile redüksiyonun uygun olup olmadığı kontrol edildi. Redüksiyon sağlandığında medial ve lateralden birer adet K-teli ile çapraz olacak şekilde osteosentez uygulandı. Medialden K-teli uygulanırken, başparmakla epitroklea medialinde ulnar sinir trasesi palpe edilerek ve başparmak arkaya doğru bastırılarak sinir korumaya alındı.



**Şekil 1.** Açık redüksiyon internal fiksasyon uygulanan bir hastanın (a, b) ameliyat öncesi, (c, d) ameliyat sonrası ve (e, f) ameliyat sonrası ikinci yılda çekilmiş düz grafileri.

İki tedavi grubunda da ameliyat sırasında K-tellerinin yönelimi, uygun boyda olup olmadıkları ve karşı korteksi geçip geçmedikleri, kırık stabilitesi ve redüksiyon kontrolü ön-arka ve yandan floroskopi yardımıyla yapıldı. Açık redüksiyon uygulanan olgularda düz grafi ile kontrol yapılabilir ise de, hem film çekme aşamasında hem de filmlerin banyo edilip ameliyathaneye tekrar gelmesi aşamasındaki süre kayıplarını azaltmak için floroskopi kullanımını tercih edildi.

Ameliyat sonrasında tüm hastalara dördüncü haftaya kadar uzun kol atel tespiti yapıldı. Pasif eklem hareketlerine başlandı. Birinci ve altıncı haftada dirsek ön-arka ve yan grafleri çekildi. Dikişler ameliyat sonrası ikinci haftada alındı. Radyografik olarak kaynamanın sağlandığı görüldükten sonra altıncı haftada K-telleri alındı. Radyografik olarak üç veya dört kortekste iyileşme dokusu görülmesi kaynama için yeterli bulgu olarak değerlendirildi. K-telleri çekildikten sonra aktif eklem hareket açıklığı egzersizlerine başlandı.

Ortalama takip süresi ARİF grubunda 49.3±18.6 ay (dağılım 24-94 ay), KRİF grubunda 50.4±17.9 ay (dağılım 24-94 ay) idi. Ameliyat süresi anestezi kayıtlarından, skopi uygulama süresi radyoloji bölümü kayıtlarından elde edildi. Son takiplerde, taşıma açısı, Baumann açısı, eklem hareket açıklığı, varus-valgus açılma derecesi, damar sinir muayenesi ve kozmetik görünüm değerlendirildi. Fonksiyonel ve kozmetik sonuçların değerlendirilmesinde Flynn ve ark.nın<sup>[13]</sup> ölçütleri kullanıldı ve mükemmel ve iyi sonuçlar başarılı olarak kabul edildi.

İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 11.5 istatistik paket programı kullanılarak yapıldı. Kolmogorov-Smirnov testi gruplararası değişkenlerin dağılımının normal olduğunu gösterdi. Flynn ölçütlerine göre gruplararası farklılıklar Fisher kesin ki-kare testi, ameliyat ve floroskopi uygulama süreleri Student t-testi ile karşılaştırıldı. P değeri 0.05 olarak belirlendi.

## Sonuçlar

Tüm olgularda altıncı hafta sonunda radyografik ve klinik olarak kaynama görüldü.

Baumann açısı, taşıma açısı ve fonksiyonel sonuçlar açısından yapılan değerlendirmede iki grup arasında anlamlı fark bulunmadı (p>0.05).

Flynn ve ark.nın<sup>[13]</sup> ölçütlerine göre KRİF grubunda üç hastada (%4.2) kötü, dört hastada (%5.6)

orta, dokuz hastada (%12.5) iyi, 56 hastada (%77.8) mükemmel sonuç alındı. Bu dağılım ARİF grubunda üç hastada (%5.8) kötü, dört hastada (%7.7) orta, yedi hastada (%13.5) iyi, 38 hastada (%73.1) mükemmel sonuç şeklindeydi. Mükemmel ve iyi sonuç oranı KRİF grubunda %90.3, ARİF grubunda %86.6 bulundu (p>0.05).

Kapalı redüksiyon yönteminde daha yüksek oranda memnuniyet bildirilmesine rağmen, iki grup arasında anlamlı fark saptanmadı (p>0.05).

Ortalama ameliyat süresi, KRİF grubunda 44.2±12.6 dk (dağılım 18-64 dk) iken, ARİF grubunda 28.3±8.2 dk (dağılım 15-46 dk) bulundu. Ortalama floroskopi uygulama süresi, KRİF grubunda 36.0±15.3 sn (dağılım 10-64 sn) iken, ARİF grubunda 11.7±4.5 sn (dağılım 6-20 sn) idi. Ameliyat süresi ve floroskopi süresinin KRİF grubunda anlamlı derecede uzun olduğu görüldü (p=0.000).

Ameliyat öncesi değerlendirmede üç olguda nörolojik bozukluk saptandı. Fleksiyon tipi kırık olan olgulardan birinde median ve ulnar sinir motor paralizisi, ekstansiyon tipi kırığı olan bir olguda radial, bir olguda ise ulnar sinir paralizisi görüldü. Bu nörolojik sorunların ameliyat sonrası ikinci ayda tamamen düzeldiği gözlemlendi. Ameliyat sonrası erken dönemde hiçbir olguda yara yeri sorunu olmadı. Açık redüksiyon ile tedavi edilen iki hastada ameliyat sonrasında radial sinir motor hasarı gelişti. Bu hastalara dinamik radial splint uygulandı. El bileği rehabilitasyon programına alınan hastalarda ek girişime gerek kalmadan 6-12 hafta içinde kendiliğinden düzelme görüldü.

## Tartışma

Ortopedik cerrahide, minimal invaziv cerrahi tedavilerin ön plana çıkmasıyla birlikte floroskopi kullanımını giderek artmaktadır. Ameliyatlarda özellikle kırık tespitinde floroskopi kullanımını temel şartlar arasında bildirilmektedir.<sup>[4,14-19]</sup> Bununla birlikte, floroskopi kullanımının artışına bağlı olarak, hem cerrahın, hem hastanın hem de ameliyathane çalışanlarının radyasyona maruz kalma riskleri artmaktadır.<sup>[21-28]</sup>

Mastrangelo ve ark.<sup>[12]</sup> ortopedik cerrahların diğer cerrahlara göre dört kat, diğer sağlık çalışanlarına göre sekiz daha fazla radyasyona maruz kaldıklarını ve ortopedide çalışanlarda kanser sıklığının artmış olduğunu bildirmişlerdir. Radyasyona maruz kalma derecesi ve süresini, tercih edilen tedavi yöntemi yanı

sıra, güvenli korunma, aralıklı skopi kullanımı, ortopedi ekibinin özellikle cerrahın deneyimi ve radyasyon kaynağı ile hedef arasındaki mesafe etkilemektedir.<sup>[4,14,21-28]</sup> Mehlman ve DiPasquale<sup>[23]</sup> radyasyon kaynağından 91.44 cm (36 inch) uzak mesafede radyasyon dozunun belirgin olarak azaldığını göstermişlerdir. Giachino ve Cheng<sup>[25]</sup> de femur boyun kırığına çivileme sırasında, cerrahın büyük trokanterden 42 cm uzakta durduğunda, radyasyon maruziyetinin büyük oranda azaldığını belirtmişlerdir. Çocuk hastalarda, çalışılan ekstremitenin küçüklüğü nedeniyle redüksiyon sırasında cerrahın çalışma alanının, radyasyon kaynağına uzaklığının azalmış olduğu göz önüne alınır, uzamış floroskopi kullanımının radyasyon maruziyetini daha fazla artırabileceği söylenebilir.

Ameliyat sırasında radyasyona maruz kalma süreleri açısından yapılan çalışmaların çoğunun, kapalı redüksiyon ve intramedüller osteosentez uygulanan olguları içerdiği görülmektedir.<sup>[14-19,21-23]</sup> Bu çalışmalar genellikle yetişkinlerde, proksimal femur kırığı, femur cisim kırığı ve tibia cisim kırıklarında yapılmıştır. Açık cerrahi tedaviler ile karşılaştırıldığında (plak ile tespit), kapalı olarak intramedüller çivi ile osteosentez uygulanan olgularda floroskopi kullanım süresi belirgin şekilde artış göstermektedir.<sup>[14-19,21,23,24]</sup>

Çocuk kırıklarında radyasyona maruz kalma süresinin incelenmesi amacıyla yapılmış çok az çalışmaya rastlanmaktadır. Bu çalışmalar, genellikle elastik stabil intramedüller çivi ile değişik kırık tiplerinde (ökol, femur, humerus) uygulanan osteosentez tedavileriyle ilgilidir.<sup>[4]</sup> Kraus ve ark.<sup>[4]</sup> suprakondiler humerus kırıklarında, kapalı olarak uyguladıkları K-teli, radial eksternal fiksator ve elastik stabil intramedüller çivi uygulaması sırasındaki radyasyon yayılımını incelemişlerdir. Bu açıdan, radial eksternal fiksator ile elastik stabil intramedüller çivileme ve K-teli ile tespit arasında fark bulamamalarına rağmen, elastik stabil intramedüller çivileme ve K-teli ile osteosentez arasında anlamlı fark olduğunu bildirmişlerdir. Kendi deneyimlerine dayanarak, artmış floroskopi zamanı da göz önüne alınarak cerrahi tedavi yönteminin değiştirilebileceğini (kapalı tedaviden açık tedaviye) belirtmişlerdir. Ayrıca, modern ve güvenli teknik ekipman ve tecrübeli personel (radyoloji teknisyeni ve yardımcı ortopedi çalışanları gibi) ile radyasyon süresinin %50 oranında azaltılabileceğini bildirmişlerdir.<sup>[4]</sup>

Literatürde çocuk kırıklarında, aynı osteosentez materyallerinin kullanıldığı farklı cerrahi tedaviler arasında yapılmış bir çalışmaya rastlamadık. Çalışmamızda, literatür ile uyumlu olarak, KRİF grubunda, floroskopi kullanım ve ameliyat süresinin ARİF grubuna göre anlamlı derecede daha uzun olduğu görüldü ( $p=0.000$ ). Literatürde floroskopi uygulama süresi ökol için 0.1-2.6 dk, humerus için 0.2-13 dk, tibia için 0.2-7.4 dk, femur için de 0.2-7.3 dk arasında bildirilmiştir.<sup>[4,15-17,19,21-23,25]</sup> Çalışmamızda floroskopi sürelerinin literatür ile uyumlu olduğu görüldü (ARİF grubunda 0.1-0.3 dk, KRİF grubunda 0.1-1.6 dk).

İki tedavi grubu arasında kozmetik ve fonksiyonel sonuçlar açısından, literatür ile uyumlu şekilde, anlamlı fark saptanmadı ( $p>0.05$ ).<sup>[1-3,5-11]</sup> İyi ve mükemmel sonuç oranları KRİF grubunda %90.3, ARİF grubunda %86.6 idi. Kapalı redüksiyon yönteminde memnuniyet daha yüksek oranda olmasına rağmen, bu durum iki grup arasında anlamlı fark yaratmadı ( $p>0.05$ ).

Radyasyona maruz kalma sürelerini etkileyecek en önemli unsurlar, cerrahın deneyimi (hem cerrahi meslek hem de travma cerrahisi uygulama süresi), olgunun travma sonrası hastaneye başvurma süresi, yumuşak doku yaralanmasının şiddeti ve yaralanma sonrası redüksiyonun ne zaman uygulandığıdır. Çalışmamızda başvuru süresi ve yumuşak doku yaralanma şiddeti grupların belirlenmesi sırasında göz önüne alınmışsa da, cerrahların deneyimi açısından değerlendirme yapılmadı. Radyasyon süresinin KRİF grubunda belirgin derecede uzun olmasının ana nedenlerini, tedaviyi uygulayan cerrahların deneyimlerinin az olması ve tekrarlayan redüksiyon girişimleri olarak belirtebiliriz.

Çalışmamızın eksik yönleri olarak şu noktalar gösterilebilir: (i) Cerrahların deneyiminin göz önüne alınmaması; (ii) açık redüksiyon uygulanan hastaların ameliyat izlerinden ne derece memnun olup olmadıklarının değerlendirilmemesi; (iii) iki grup arasındaki değerlendirme sırasında sonucu etkileyecek faktörlerle (cerrahın deneyimi, olgunun travma sonrası hastaneye başvurma süresi, yumuşak doku yaralanmasının şiddeti ve yaralanma sonrası redüksiyonun zamanlaması gibi) ilgili olarak ayarlama yapılmaması; (iv) kapalı redüksiyondan açık tedaviye dönen grupların çalışmaya dahil edilmemesi.

Radyasyona maruz kalma süresini artıran en önemli faktörlerden biri, cerrahın tedavi yöntemin-



deki deneyimidir. Genç ve travmaya ilgisi olmayan cerrahlarda bu süre artarken, cerrahi deneyim arttıkça bu sürenin azaldığı bilinmektedir. Ayrıca, kapalı redüksiyonun sağlanamayıp tedavi yönteminin değiştirilmesi, radyasyona maruz kalma süresinin artmasına neden olan en önemli faktörlerdendir. Özellikle çocuk kırıklarının tedavisi sırasında hem hasta hem ortopedi ekibinin fazla radyasyona maruz kalmaması açısından, tedavi yöntemi, cerrahın deneyimi, güvenli teknik ekipman, deneyimli personel, radyasyondan koruyucu ekipmanların giyilmesinde hassasiyet gösterilmesi, floroskopi cihazının düzenli bakımının yapılması, kolimasyonun iyi ayarlanması gibi faktörler önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, uzamış skopi kullanımını, hem cerrah, hem hasta, hem de ameliyathane çalışanları açısından radyasyona maruz kalma riskini artırmaktadır. Düşük dozda radyasyona maruz kalmanın bile uzun dönemde ne gibi ve nasıl etki gösterip, hangi sonuçlara yol açabileceği tam olarak bilinmemektedir. Literatürle uyumlu olarak, çalışmamızda da kozmetik ve fonksiyonel sonuçlar açısından iki grup arasında belirgin farklılık bulunmadı. Bu nedenle, suprakondiler yer değiştirmiş humerus kırıklarında açık redüksiyon ve internal tespit yönteminin tercih edilmesi gerektiğini düşünüyoruz.

## Kaynaklar

1. Kumar R, Kiran EK, Malhotra R, Bhan S. Surgical management of the severely displaced supracondylar fracture of the humerus in children. *Injury* 2002;33:517-22.
2. Aktekin CN, Toprak A, Öztürk AM, Altay M, Özkurt B, Tabak AY. Open reduction via posterior triceps sparing approach in comparison with closed treatment of postero-medial displaced Gartland type III supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop B* 2008;17:171-8.
3. Kazımoğlu C, Çetin M, Şener M, Ağuş H, Kalanderer O. Operative management of type III extension supracondylar fractures in children. *Int Orthop* 2009;33:1089-94.
4. Kraus R, Joeris A, Castellani C, Weinberg A, Slongo T, Schnettler R. Intraoperative radiation exposure in displaced supracondylar humeral fractures: a comparison of surgical methods. *J Pediatr Orthop B* 2007;16:44-7.
5. Özkoç G, Gönç U, Kayaalp A, Teker K, Peker TT. Displaced supracondylar humeral fractures in children: open reduction vs. closed reduction and pinning. *Arch Orthop Trauma Surg* 2004;124:547-51.
6. Karapınar L, Öztürk H, Altay T, Köse B. Closed reduction and percutaneous pinning with three Kirschner wires in children with type III displaced supracondylar fractures of the humerus. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 2005;39:23-9.
7. Lee YH, Lee SK, Kim BS, Chung MS, Baek GH, Gong HS, et al. Three lateral divergent or parallel pin fixations for the treatment of displaced supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop* 2008;28:417-22.
8. Gürkan V, Orhun H, Akça O, Ercan T, Özel S. Treatment of pediatric displaced supracondylar humerus fractures by fixation with two cross K-wires following reduction achieved after cutting the triceps muscle in a reverse V-shape. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 2008; 42:154-60.
9. Reitman RD, Waters P, Millis M. Open reduction and internal fixation for supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop* 2001;21:157-61.
10. Mehlman CT, Strub WM, Roy DR, Wall EJ, Crawford AH. The effect of surgical timing on the perioperative complications of treatment of supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg [Am]* 2001;83:323-7.
11. Walmsley PJ, Kelly MB, Robb JE, Annan IH, Porter DE. Delay increases the need for open reduction of type-III supracondylar fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg [Br]* 2006;88:528-30.
12. Mastrangelo G, Fedeli U, Fadda E, Giovanazzi A, Scoizato L, Saia B. Increased cancer risk among surgeons in an orthopaedic hospital. *Occup Med* 2005;55:498-500.
13. Flynn JC, Matthews JG, Benoit RL. Blind pinning of displaced supracondylar fractures of the humerus in children. Sixteen years' experience with long-term follow-up. *J Bone Joint Surg [Am]* 1974;56:263-72.
14. Müller LP, Suffner J, Wenda K, Mohr W, Rommens PM. Radiation exposure to the hands and the thyroid of the surgeon during intramedullary nailing. *Injury* 1998;29:461-8.
15. Suhm N, Jacob AL, Zuna I, Roser HW, Regazzoni P, Messmer P. Radiation exposure of the patient by intraoperative imaging of intramedullary osteosyntheses. [Article in German] *Radiologe* 2001;41:91-4.
16. Kraus R, Schiefer U, Schäfer C, Meyer C, Schnettler R. Elastic stable intramedullary nailing in pediatric femur and lower leg shaft fractures: intraoperative radiation load. *J Pediatr Orthop* 2008;28:14-6.
17. Levin PE, Schoen RW Jr, Browner BD. Radiation exposure to the surgeon during closed interlocking intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg [Am]* 1987;69:761-6.
18. Sanders R, Koval KJ, DiPasquale T, Schmelling G, Stenzler S, Ross E. Exposure of the orthopaedic surgeon to radiation. *J Bone Joint Surg [Am]* 1993;75:326-30.
19. Madan S, Blakeway C. Radiation exposure to surgeon and patient in intramedullary nailing of the lower limb. *Injury* 2002;33:723-7.
20. Archibeck MJ, Scott SM, Peters CL. Brachialis muscle entrapment in displaced supracondylar humerus fractures: a technique of closed reduction and report of initial results. *J Pediatr Orthop* 1997;17:298-302.
21. Fuchs M, Schmid A, Eiteljörge T, Modler M, Stürmer KM.

- Exposure of the surgeon to radiation during surgery. *Int Orthop* 1998;22:153-6.
22. Miller ME, Davis ML, MacClean CR, Davis JG, Smith BL, Humphries JR. Radiation exposure and associated risks to operating-room personnel during use of fluoroscopic guidance for selected orthopaedic surgical procedures. *J Bone Joint Surg [Am]* 1983;65:1-4.
23. Mehlman CT, DiPasquale TG. Radiation exposure to the orthopaedic surgical team during fluoroscopy: "how far away is far enough?". *J Orthop Trauma* 1997;11:392-8.
24. Zadeh HG, Briggs TW. Ionising radiation: are orthopaedic surgeons' offspring at risk? *Ann R Coll Surg Engl* 1997; 79:214-20.
25. Giachino AA, Cheng M. Irradiation of the surgeon during pinning of femoral fractures. *J Bone Joint Surg [Br]* 1980;62:227-9.
26. Perisinakis K, Damilakis J, Theocharopoulos N, Papadokostakis G, Hadjipavlou A, Gourtsoyiannis N. Patient effective dose and radiogenic risks from fluoroscopically assisted surgical reconstruction of femoral fractures. *Radiat Prot Dosimetry* 2004;108:65-72.
27. Bahari S, Morris S, Broe D, Taylor C, Lenehan B, McElwain J. Radiation exposure of the hands and thyroid gland during percutaneous wiring of wrist and hand procedures. *Acta Orthop Belg* 2006;72:194-8.
28. Bone CM, Hsieh GH. The risk of carcinogenesis from radiographs to pediatric orthopaedic patients. *J Pediatr Orthop* 2000;20:251-4.