



Humerus yüzey anatomisi ve perkütan plak uygulaması: Kadavra çalışması

Gazi HURİ¹, Ömer Sunkar BIÇER², Akif MİRİOĞLU², Hakan ÖZTÜRK³, Mehmet Ali DEVECİ², İsmet TAN²

¹Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara;

²Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Adana;

³Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Mersin

Amaç: Humerus kırıklarının minimal invaziv plak osteosentezi sırasında mekanik engel oluşturabilecek kasların yerleşim yerlerinin belirlenmesi amaçlandı.

Çalışma planı: Çalışma, 6 erkek kadavranın 12 üst ekstremitesi üzerinde yapıldı. Kadavraların ortalama yaşı 61.8 (45-72)'di. Tüm piyeslerde büyük tuberkül ile lateral epikondil arasındaki mesafe olarak tanımlanan humerus uzunluğu ölçüldü. 4.5 mm'lik bir plak subbrakiyel olarak açılan bir tünelden yerleştirilirken karşılaşılan mekanik engeller değerlendirildi ve anatomik engellerin lateral epikondile olan mesafeleri ölçüldü.

Bulgular: Kadavraların ortalama humerus uzunluğu 271.8 mm olarak ölçüldü. Uygulamalarda, başta deltoid kasının anterior insersiyosu ile brakialis kasının proksimal kısmı olmak üzere çeşitli anatomik engeller tanımlandı. Lateral epikondil ile deltoid insersiyosunun en proksimal ve distali arasındaki mesafe sırasıyla 188.9 mm ve 138.7 mm; lateral epikondil ile brakialis kasının origosu arasındaki mesafe ise 147.4 mm olarak ölçüldü. Lateral epikondil ile anterior deltoid insersiyosunun proksimali, lateral epikondil ile anterior deltoid insersiyosunun distali ve lateral epikondil ile brakialis kasının origosunun proksimali arasındaki mesafelerin, humerus uzunluğuna oranları ise sırasıyla %69.4, %51 ve %54.2 olarak bulundu. Ölçümler yüksek gözlemciler arası güvenilirlik göstermekteydi ($p < 0.001$).

Çıkarımlar: Humerus anterior yüzüne minimal invaziv plak osteosentez tekniği ile plak yerleştirilebilmesi sırasında deltoid insersiyosu ve brakialis kası origosunun proksimal kısmı gibi mekanik engellerin göz önünde bulundurulması gereklidir.

Anahtar sözcükler: Humerus; Minimal invaziv plak osteosentezi; kadavra; kırık.

Humerus cisim kırıkları tüm kırıkların yaklaşık %1-7'sini oluşturur. Cisim kırıkları, büyük çoğunlukla yaşlı hasta grubunda görülür ve düşük enerjili travma sonucu oluşur.^[1] Bu kırıkların tedavisinde konservatif yöntemler ilk sırada yer alsa da, çoklu travma hastalarında, açık kırıklarda, damar yaralanması olanlarda, yüzen dirsek olgularında ve cerrahi dışı tedavi yöntemlerinin başarısız olduğu durumlarda cerrahi tedavi endikedir.^[1-3] Diğer

yandan erken fonksiyonel kazanım ve işe dönüş süresinde belirgin ölçüde kısılma cerrahi tedavinin popülaritesini belirgin olarak artırmıştır.^[4]

Humerus cisim kırıklarının cerrahi tedavi seçenekleri arasında konvansiyonel plak uygulaması, intrameduller çivileme ve eksternal tespit uygulaması tanımlanmıştır. Yakın zamanda, özellikle parçalı humerus cisim kırıkları için bazı yazarlar minimal invaziv plak osteosentez

Yazışma adresi: Dr. Gazi Huri, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, 06100 Ankara.

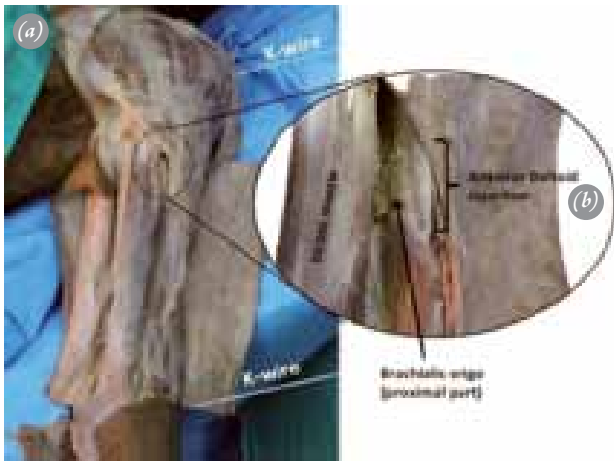
Tel: +90 312 – 305 12 09 e-posta: gazihuri@hacettepe.edu.tr

Başvuru tarihi: 12.11.2012 **Kabul tarihi:** 06.01.2014

©2014 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu
www.aott.org.tr adresinde
doi: 10.3944/AOTT.2014.3110
Karekod (Quick Response Code)





Şekil 1. Kolum ön tarafı (a) büyük tuberkülün proksimal kısmı ve lateral epikondil çıkıntısı K-telleri ile işaretlendi ve aralarındaki mesafe humerus uzunluğu olarak ölçüldü. (b) ön humerus yüzeyinde anatomik engellere yakından bir bakış; deltoid yapışma yerinin ön bölümü ve brakialis yapışma yerinin proksimal bölümü. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

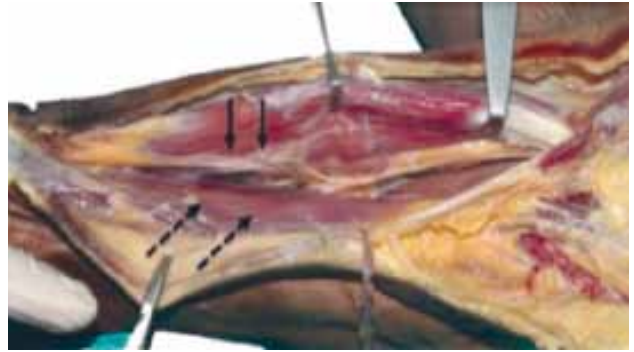
(MIPO) tekniğini önermektedir.^[5-11] MIPO tekniği, kırık biyolojisini en az düzeyde bozduğu, kısıtlı diseksiyon sağladığı ve kırık iyileşmesini hızlandırdığı için günümüzde yaygınlaşan bir tedavi yöntemidir. Posterior yerleşimli radial siniri koruyan bu teknik anterior yaklaşımla humerus ön yüzünde oluşturulan submuskuler bir tünel ile uygulanmaktadır.^[10]

MIPO tekniğinin erken hareket sağlama ve %90-%100 arası kaynama oranları gibi avantajları yanında ciddi komplikasyon riskleri de vardır. Yetersiz nörovasküler monitorizasyon, uzun skopi kullanımı, redüksiyonun sağlanmasındaki güçlükler ve uygulama sırasında karşılaşılan mekanik engeller bu yöntemi zorlaştıran faktörler arasında sayılabilir.

MIPO tekniği ile humerus anterior yüzüne plak yerleştirme işlemi sırasında humerus anteriorundaki nörovasküler yapıların yaralanma riskini değerlendiren birçok çalışma yapılmıştır.^[12-14] Bununla birlikte plak uygulaması sırasında karşılaşılabilecek mekanik engeller incelenmemiştir. Çalışmamızda humerus ön yüzüne yapışan kasların MIPO işlemi sırasında mekanik engel oluşturacağı hipotezi kuruldu ve bu engellerin anatomik yerleşimlerinin tanımlanması amaçlandı.

Gereç ve yöntem

Çalışma, Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Bölümünde 6 erkek kadavranın 12 üst ekstremitesi üzerinde yapıldı. Kadavraların ortalama yaşı 61.8 (45-72)'di. Örneklerin hiçbirinde bilinen belirgin bir üst ekstremitte travması bulunmamaktaydı. Disseksiyonlar,



Şekil 2. Biceps braki kasının muskulokütaneal siniri (tam oklar) gösterecek şekilde mediale ekartasyonu sonrası brakialis kasının anterolateral görünümü (kesik oklar). [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]



Şekil 3. Subbrakiyal tünel boyunca 4.5 mm'lik dar kilitleme plağı yukarı doğru ilerletildi. Brankialisin proksimal kısmı (beyaz yıldız) ve ön deltoid insersiyonu (siyah yıldız) başlıca engeller olarak gözlemlendi. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

kolum ön yüzünün rahatlıkla analiz edilebilmesi için 60 derece abduksiyon ve tam supinasyon pozisyonunda yapıldı. Kasların bütün anatomisinin ve fasikül yöneliminin incelenebilmesi için kol cilt ve cilt altı dokusu omuz anteriorundan distalde dirsek seviyesine kadar dissekte edildi. Büyük tuberkül ve lateral epikondil K telleri ile işaretlenerek bu yapılar arasındaki humerus uzunluğu ölçüldü (Şekil 1a). Brakialis kası ve muskulokütaneöz sinirin görülebilmesi için, biceps braki ve brakialis arasındaki interval belirlenerek biceps braki kası mediale ekarte edildi (Şekil 2). Deltoid ve brakialis kaslarını korumak için bu kaslar origolarından insersiyolarına kadar ortaya kondu. Humerusun anterior korteksine ait periosta ulaşabilmek için brakialis kasının distal kısmı orta hattından ikiye ayrıldı. Sonrasında, brakialis kası ile humerus arasındaki periost kaldırıcı yardımıyla ekstraperiosteal bir tünel açıldı. 4.5 mm'lik dar bir plak MIPO işlemiyle karşılaşılabilecek mekanik engellerin belirlenmesi



Şekil 4. (a) Ön deltoid inseriyonunun proksimal (kırık ok) ve distal (tam ok) noktası ve brakial kasın proksimal tarafı K-telleri ile işaretlendi. (b) Dijital kaliper tarafından yapılan morfometrik ölçümler. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

için retrograd olarak yerleştirildi (Şekil 3).

Tüm anatomik engeller humerus cismindeki seviyelerinin belirlenebilmesi için K telleriyle işaretlendi (Şekil 4a). İşlemin sonunda, anatomik engeller ve lateral epikondil arasındaki mesafeler ölçüldü ve kaydedildi. Tüm ölçümlerde dijital kumpas kullanıldı (Şekil 4b). Tüm ölçümler 3 farklı araştırmacı tarafından yapıldı (2 ortopedi cerrahı, 1 anatomist). Lateral epikondil ve anatomik engeller arasındaki mesafenin humerus uzunluğuna oranı hesaplandı. IBM SPSS 20 yazılımı kullanılarak gözlemciler arası güvenilirlik katsayısı (kapa değeri) hesaplandı.

Bulgular

Ortalama humerus uzunluğu 271.8 mm (253.3-287.9) olarak ölçüldü (Tablo 1). Retrograd plak uygulaması sırasında, humerusun proksimal yarısında belirlenen anatomik engeller, deltoid kasının inseriyosunun ön bölümü (Şekil 1b) ve brakialis kasının en proksimal bölümü (Şekil 3) olarak tespit edildi. Deltoid inseriyosunun ön kısmının uzunluğu ortalama 38.6 mm

(35.7-41.8) idi. Lateral epikondil ile anterior deltoid inseriyosunun ön yüzünün proksimali arasındaki mesafe ortalama 188.9 mm (178.8-208.6) ve lateral epikondil ile anterior deltoid inseriyosunun ön yüzünün distali arasındaki mesafe 138.7 mm (133.2-151.2) idi. Lateral epikondil ile brakialis kasının origosunun en proksimali arasındaki mesafe ortalama 147.4 mm (141.2-154.4) idi. Lateral epikondil ile anterior deltoid inseriyosunun proksimali arasındaki mesafenin, lateral epikondil ile anterior deltoid inseriyosunun distali arasındaki mesafenin ve lateral epikondil ile brakialis kasının origosunun en proksimali arasındaki mesafenin humerus uzunluğuna oranı sırasıyla %69.4, %51 ve %54.2 idi (Şekil 5). Oranların tutarlılığının gösterilmesi için gözlemciler arası kapa değeri hesaplandı. Lateral epikondil ile distal anterior deltoid inseriyosu (LE-DADİ) arası, lateral epikondil ile proksimal anterior deltoid inseriyosu (LE-PADİ) arası, lateral epikondil ile brakialis origosu (proksimal) (LE-BO) (p) ve distal anterior deltoid inseriyosu (LADI) uzunluğu gözlemciler arası güvenilirliği (kapa

Tablo 1. Piyeslerdeki morfometrik ölçümler.

Kadavra no	1		2		3		4		5		6	
	Sağ kol	Sol kol	Sağ kol	Sol kol	Sağ kol	Sol kol	Sağ kol	Sol kol	Sağ kol	Sol kol	Sağ kol	Sol kol
THU	271.4	273.36	253.3	253.9	287.87	275.8	279.4	287.34	275.3	271.85	267.38	264.2
LE-ÖDİD	137.81	136.61	137.12	133.16	134.75	136.9	148.2	151.15	138.7	138.98	136.56	134.23
LE-ÖDİP	186.53	208.56	183.9	181.9	190.1	191.34	193.52	198.62	181.58	188.82	182.22	178.81
LE-BO (p)	145.71	141.83	148.8	145.33	148.66	151.47	149.62	154.48	145.33	149.98	145.22	142.46
ÖDİU	41.82	39.73	35.7	36.57	41.44	39.57	37.8	39.4	36.25	38.84	38.56	37.27

THU: Toplam humerus uzunluğu; LE-ÖDİD: lateral epikondil-ön deltoid inseriyonun distali; LE-ÖDİP: lateral epikondil-ön deltoid inseriyonun proksimali; LE-BO (p): lateral epikondil-brankiyal (proksimal); ÖDİU: ön deltoid inseriyonun uzunluğu.

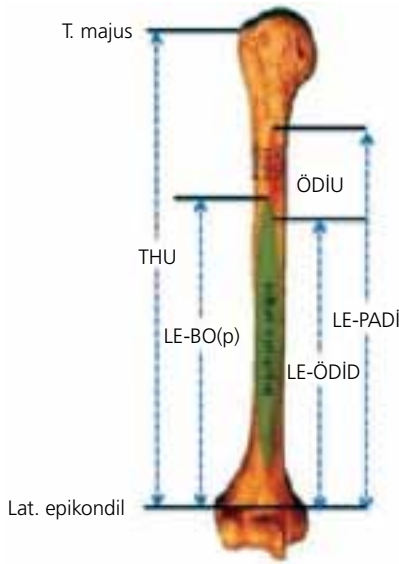


Fig. 5. Humerusun önden görünümü. Siyah çizgi: K teli, THU: Toplam humerus uzunluğu, LE-ÖDİD: lateral epikondil-ön deltoid insersiyonun distali, LE-PADI: lateral epikondil-ön deltoid insersiyonun proksimali, LE-BO (p): lateral epikondil-brankiyal (proksimal), ÖDIU: ön deltoid insersiyonun uzunluğu. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

değeri sırasıyla 0.81 ($p<0.001$), 0.67 ($p<0.001$), 0.71 ($p<0.001$) ve 0.74 ($p<0.001$) olarak bulundu. Bu değerler gözlemciler arası güvenilirliğin yüksek olduğunu göstermiştir.

Tartışma

Humerus cisim kırıkları konservatif yöntemlerle başarıyla tedavi edilebilmesine rağmen, bazı durumlarda cerrahi girişim gerekmektedir.^[3] Son zamanlarda MIPO tekniğinin humerus cisim kırıklarının tedavisinde kullanımını yaygınlaştırmaktadır, ancak humerusun nörovasküler yapılarla yakın komşuluğu bu teknik açısından önemli bir risk oluşturabilir.^[10,12,14,15] Şu ana kadar humerus cisim kırıklarında vida yerleşimi için riskli bölgeleri tanımlayan hem klinik, hem de anatomik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar anterior kompartmandan MIPO uygulaması sırasında, uygun olmayan vida yerleştirilmesinin muskulokutanöz sinir ve radial sinir hasarına yol açabileceğine dikkat çekmiş fakat bu bölgedeki mekanik engeller doğrudan incelenmemiştir.^[13,15] Bu çalışmada minimal invaziv teknikle humerus anterioruna retrograd plak uygulamasında deltoid kasının anterior insersiyosunun ve brakialis kasının proksimal origosunun mekanik engel oluşturabileceği görüldü. Bu çalışma humerusun anterior yüzüne MIPO uygulaması sırasında mekanik engelleri inceleyen ilk çalışmadır.

Humerus cisim kırıklarındaki tespit yöntemleri son



Fig. 6. Humerusun 1/3 distal bölümünde radyal sinirin yakın komşuluğu. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

20 yılda belirgin olarak değişmiştir.^[16] Tibia ve femurun parçalı kırıkları yanında humerus kırıklarının tedavisinde de minimal invaziv teknikler önem kazanmıştır.^[11,17-21] Humerus cisim kırıklarının tedavisinde MIPO tekniğiyle köprü plak uygulamasının güvenli ve etkili olduğuna dair çok sayıda yayın bulunmaktadır.^[19] Livani ve ark. humerus cisim kırıkları için MIPO uygulamasının biyolojik avantajlarından ve tatminkar klinik sonuçlarından bahsetmiştir.^[19] Apivatthakakul ve ark. kadavra çalışmalarında humerus kırıklarında anterior yaklaşımla minimal invaziv tekniğin avantajlarını bildirmişlerdir.^[12] Zhiquan ve ark.'da MIPO uygulamasının humerus cisim kırıklarının tedavisinde kısıtlı yumuşak doku disseksiyonu, daha az kaynamama oranları, daha az iatrojenik kırık ve sinir hasarı riski gibi nedenlerle güvenli bir alternatif tedavi metodu olduğunu bildirmişlerdir.^[11] Aynı zamanda bu teknik erken fonksiyonel tedavi ve ameliyat sonrasında komşu eklemlerde de iyi hareket açıklığı sağlamaktadır.^[4] Tüm bu avantajlar MIPO tekniğinin diğer tespit yöntemlerine olan üstünlüğünü göstermektedir.

Plak yerleştirilirken daha güvenli bir cerrahi yaklaşım için ön yüzdeki mekanik engellerin iyi tanımlanması gerekmektedir. Çalışmamızda, humerus ön yüzünde MIPO yaklaşımını engelleyen iki anatomik yapı gözlenmiştir. Deltoid insersiyosu ile pektoralis major kaslarının fasyalarının yaklaştığı kısım ilk engeldi ve brakialis kasının en proksimal kısmı ise ikinci engeldi. Deltoid kası humerus cisminin orta noktasının ön, lateral ve arka kısmında sonlanır.^[22] Sonlandığı yerde bu kas kolun derin fasyasına doğru genişler ve pektoralis major kasının fasyasıyla birleşir. Tüm bu faysal yapılar deltoid insersiyosunun alt sınırındaki birleşme yerinde, plak malpozisyonuna neden olabilecek ve retrograd yönde plak yerleştirilmesinin uygun şekilde olması için anterior

deltooid insersiyosunun kaldırılmasını gerektirecek kalın ve güçlü bir bariyer oluşturur.

Brakialis kası humerus alt yarısının anteriorundan, deltooid insersiyosunun başladığı yerden orijini alır.^[23] Lateralde, brakialis kasının fasyası güçlü bir intermuskuler septum oluşturur. Lateral intermuskuler septum, büyük tuberkülün alt kenarından çıkar, lateral suprakondiler kenar boyunca uzanarak lateral epikondile ulaşır, deltooid kasının tendonuyla birleşir ve ön tarafta brakialis kasına tutunur. Bu nedenle MIPO uygulaması sırasında brakialis kası ile humerus arasında ekstraperiosteal tünelin periost kaldırıcı ile oluşturulması humerus ön yüzündeki brakialis kasının geniş origosuna zarar verebilir.

Araştırmamızda humerus anteriorundaki deltooid insersiyosunun kalın olması nedeniyle, humerus ön yüzü boyunca plağın kaydırılabilmesi için deltooid insersiyosunun serbestleştirilmesinin gerektiği gözlenmiştir. Fakat deltooid insersiyosunun ön kısmının kaldırılmasının, ciddi bir sorun oluşturabileceği bildirilmiştir. Kadavra çalışmasında, Klepps ve ark., anterior deltooid insersiyosunun 1/5'inden fazlasının serbestleştirilmesinin, fonksiyonel güçsüzlüklere ve avulsiyonlara neden olabileceğini belirtmişlerdir.^[22] Bu nedenle anterograd yaklaşımın, bu mekanik engellerin aşılabilmesi ve deltooid insersiyosunun korunabilmesi adına, uygun bir alternatif olabileceği düşünülmüştür. Bu çalışmada, humerusun distal yarısının, radial sinir risk altında olmasına rağmen, MIPO uygulaması için engel içermediği gözlendi (Şekil 6). Humerus cisim kırıklarında uygulama yönünden bağımsız olarak MIPO sırasında nörovasküler yapıların korunmasına özen gösterilmelidir.

Çalışmamızda bir takım kısıtlılıklar mevcuttu. Öncelikle, canlı dokuların özellikleri kadvralarinkinden farklıdır ki bu durum çalışma verilerinin doğrudan klinik uygulamaya geçirilmesini kısıtlamaktadır. Bu çalışma kadavra örnekleri üzerinde yapıldığı için cerrahi olgularda belirgin risk olan ve girişimi güçleştiren kanama sorunu olmamıştır. Ayrıca anatomik varyasyonlar göz önünde bulundurulduğunda sonuçların genellenebilmesi açısından daha geniş seriler gerekmektedir ki bunun için örneklem sayısının artırılması gereklidir.

Bu çalışma humerus anterior yüzündeki submuskuler bir tünel aracılığıyla retrograd plak uygulaması sırasında hem deltooid hem de brakialis kaslarının humerus yapışma yerlerinin mekanik engeller olduğunu göstermiştir. İdeal submuskuler bir tünel oluşturulabilmesi için deltooid insersiyosunun anteriorunun serbestleştirilmesinin gerektiği gösterilmiştir. Çalışmamızda minimal invaziv plak uygulaması ve pozisyonu hakkında daha önceki çalışmalarda yer almayan veriler edinilmiştir. Antegrad plak uygulaması her ne kadar mekanik engelleri

aşmak için mantıklı bir alternatif çözüm olarak görülse de, bu görüş bu çalışmada kanıtlanmamıştır. Mekanik engeller göz önünde bulundurulduğunda humerus kırıklarında MIPO tekniğini kolaylaştırmak için özel plak tasarımları ve yeni cerrahi teknikler geliştirilebilir.

Çıkar örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Ekholm R, Adami J, Tidermark J, Hansson K, Törnkvist H, Ponzer S. Fractures of the shaft of the humerus. An epidemiological study of 401 fractures. *J Bone Joint Surg Br* 2006;88:1469-73.
2. Toivanen JA, Nieminen J, Laine HJ, Honkonen SE, Järvinen MJ. Functional treatment of closed humeral shaft fractures. *Int Orthop* 2005;29:10-3.
3. Sarmiento A, Zagorski JB, Zych GA, Latta LL, Capps CA. Functional bracing for the treatment of fractures of the humeral diaphysis. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82:478-86.
4. Kobayashi M, Watanabe Y, Matsushita T. Early full range of shoulder and elbow motion is possible after minimally invasive plate osteosynthesis for humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2010;24:212-6.
5. Marsh JL, Mahoney CR, Steinbronn D. External fixation of open humerus fractures. *Iowa Orthop J* 1999;19:35-42.
6. Lin J, Hou SM. Antegrade locked nailing for humeral shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1999;365:201-10.
7. Ajmal M, O'Sullivan M, McCabe J, Curtin W. Antegrade locked intramedullary nailing in humeral shaft fractures. *Injury* 2001;32:692-4.
8. Meekers FS, Broos PL. Operative treatment of humeral shaft fractures. The Leuven experience. *Acta Orthop Belg* 2002;68:462-70.
9. Aksu N, Karaca S, Kara AN, Işıklar ZU. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in diaphyseal humerus and proximal humerus fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2012;46:154-60.
10. Jiang R, Luo CF, Zeng BF, Mei GH. Minimally invasive plating for complex humeral shaft fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007;127:531-5.
11. Zhiquan A, Bingfang Z, Yeming W, Chi Z, Peiyang H. Minimally invasive plating osteosynthesis (MIPO) of middle and distal third humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2007;21:628-33.
12. Apivatthakakul T, Arpornchayanon O, Bavornratanavech S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of the humeral shaft fracture. Is it possible? A cadaveric study and preliminary report. *Injury* 2005;36:530-8.
13. Apivatthakakul T, Patiyasikan S, Luevitoonvechkit S. Danger zone for locking screw placement in minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of humeral shaft fractures: a cadaveric study. *Injury* 2010;41:169-72.

14. Livani B, Belangero WD, Castro de Medeiros R. Fractures of the distal third of the humerus with palsy of the radial nerve: management using minimally-invasive percutaneous plate osteosynthesis. *J Bone Joint Surg Br* 2006;88:1625-8.
15. López-Arévalo R, de Llano-Temboury AQ, Serrano-Montilla J, de Llano-Giménez EQ, Fernández-Medina JM. Treatment of diaphyseal humeral fractures with the minimally invasive percutaneous plate (MIPPO) technique: a cadaveric study and clinical results. *J Orthop Trauma* 2011;25:294-9.
16. 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.
17. Ricci AR, Yue JJ, Taffet R, Catalano JB, DeFalco RA, Wilkens KJ. Less Invasive Stabilization System for treatment of distal femur fractures. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 2004;33:250-5.
18. Naik MA, Arora G, Tripathy SK, Sujir P, Rao SK. Clinical and radiological outcome of percutaneous plating in extra-articular proximal tibia fractures: a prospective study. *Injury* 2013;44:1081-6.
19. Livani B, Belangero WD. Bridging plate osteosynthesis of humeral shaft fractures. *Injury* 2004;35:587-95.
20. Wagner M. General principles for the clinical use of the LCP. *Injury* 2003;34 Suppl 2:B31-42.
21. Ji F, Tong D, Tang H, Cai X, Zhang Q, Li J, et al. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) technique applied in the treatment of humeral shaft distal fractures through a lateral approach. *Int Orthop* 2009;33:543-7.
22. Klepps S, Auerbach J, Calhon O, Lin J, Cleeman E, Flatow E. A cadaveric study on the anatomy of the deltoid insertion and its relationship to the deltopectoral approach to the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2004;13:322-7.
23. Leonello DT, Galley IJ, Bain GI, Carter CD. Brachialis muscle anatomy. A study in cadavers. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:1293-7.