



Perkütan uygulanan kilitli proksimal humerus plağı ve aksiller sinir arasındaki ilişki: Kadavra çalışması

Cem Zeki ESENYEL¹, Semih DEDEOĞLU², Yunus İMREN³, Sinan KAHRAMAN⁴,
Murat ÇAKAR¹, Kahraman ÖZTÜRK⁵

¹Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul;

²Bezmialem Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul;

³Üsküdar Devlet Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul;

⁴Bilim Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul;

⁵MS Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Amaç: Bu çalışmamızda perkütan plak yerleşimi sırasında aksiller sinir hasarlanma riskini ve aksiller sinir ile plak delikleri arasındaki ilişkiyi araştırmayı amaçladık.

Çalışma planı: Yirmi beş taze donmuş kadavranın 50 omuzu çalışmaya dahil edildi. Akromionun anterolateral köşesinden kola inen 5 cm bir kesi yapıldı. Beş delikli 3,5 mm proksimal humerus plağı yerleştirildi. Sonrasında aksiller sinir diseke edildi. Aksiller sinire gelen plak delikleri not edildi. Aksiller sinir ile akromiyon lateral köşesi arası mesafe ve kol uzunluğu ölçüldü. Aralarındaki ilişki korelasyon testi ile değerlendirildi.

Bulgular: Ortalama kol uzunluğu 319 mm idi. Aksiller sinir ile akromion lateral köşesi arası mesafe ortalama 60 mm idi. Kol uzunluğu ile akromion-aksiller sinir mesafesi arasında belirgin korelasyon vardı ($p<0.05$). Bir omuz haricinde tüm omuzlarda plak deltoid fasya altına yerleştirildi. Aksiller sinir lezyonu tespit edilmedi. Bir vakada plağın alt ucu deltoid içine yerleşmişti. Plak delikleri ile aksiller sinir arasında sabit bir ilişki yoktu.

Çıkarımlar: Perkütan plak yerleştirme sırasında aksiller sinir yaralanma riski vardır. Cerrahi girişim sırasında plağın deltoidin fasyası altına yerleştirildiğinden emin olunmalıdır. Hangi deliklerin aksiller sinire karşılık geldiğinin bilinmesi imkansız olduğu için vidalama sırasında aksiller sinir görülmelidir.

Anahtar sözcükler: Aksiller sinir; aksiller sinir hasarı; kırık; kırık; perkütan; perkütan plak; plakla tespit; proksimal humerus; proksimal humerus kırığı.

Proksimal humerus kırıkları tüm kırıkların yaklaşık %4 ila 5'ini oluşturur ve bu kırıklar genellikle konservatif tedavi edilir.^[1,2]

Deplase ve stabil olmayan proksimal humerus kırıklarında redüksiyon sıklıkla cerrahi olarak yapılır ve tespit için değişik teknikler kullanılır.^[3-15] Plaklamada komp-

likasyon oranının yüksek ve sonuçların kötü olduğu bilinmektedir.^[16,17] Bununla birlikte, kilitli plak ve sabit açılı vidaların kullanıma girmesi, osteoporotik proksimal humerus kırıklarının tedavisinde yeni tedavi stratejilerinin gelişimine olanak sağlamıştır.^[9] Geleneksel olarak, proksimal humerus kırıklarının açık redüksiyonu ve

Yazışma adresi: Dr. Cem Zeki Esenyel, Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği Kaptanpaşa Mah., Darülaceze Cad. No: 27, 34384 Okmeydanı, İstanbul.

Tel: +90 212 – 453 17 00 e-posta: esenyel@yahoo.com

Başvuru tarihi: 18.09.2013 **Kabul tarihi:** 08.04.2014

©2014 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu

www.aott.org.tr adresinde

doi: 10.3944/AOTT.2014.13.00083

Karekod (Quick Response Code)



internal tespiti için standart bir deltopektoral yaklaşım kullanılır. Bu yaklaşım sırasında anterior sirkümfleks arterin assendan dalı risk altındadır. Bu durum, humerus başı avasküler nekrozuna yol açabilir.^[18]

Kilitli plak yerleştirme için perkütan yaklaşım, teorik olarak, humerus başı avasküler nekrozundan korumaya yönelik bir girişimdir.^[9,18] Minimal invaziv bu teknik, yumuşak doku hasarını azaltır, plağın damarsal yapılarından uzak bir şekilde humerus başının lateraline konmasına izin vererek bisipital olukta seyreden anterior sirkümfleks arterin korunmasına olanak verir.^[19] Ne var ki, avasküler nekroz gelişimini belirleyen en önemli faktör kırık konfigürasyonudur.

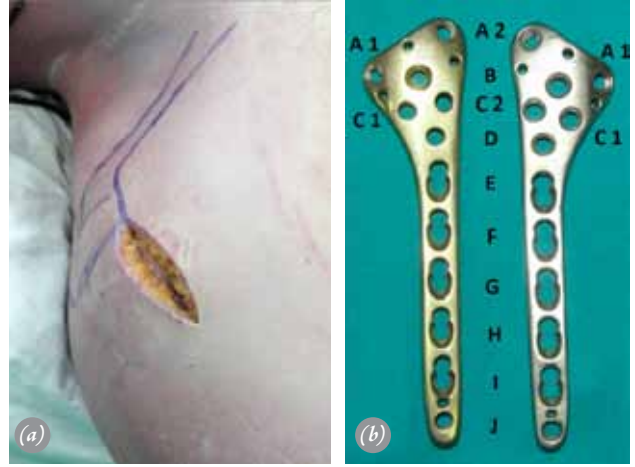
Yumuşak dokuyu ve humerus başının vasküler beslenmesini koruyarak anatomik redüksiyon ve kırığın stabil tespitinin yapılması önemlidir.

Bu yazının amacı, lateral deltoid-split yaklaşım ile kilitli bir plağın yerleşimi sırasında aksiller sinirin yaralanma riskinin ne olabileceğini belirlemektir. Plak ve vidaların cerrahi girişim yolları ve aksiller sinire olan yakınlıkları değerlendirilerek, vida delikleri ile aksiller sinir arasındaki ilişkiler belirlendi.

Hastalar ve yöntem

Çalışma öncesi Adli Tıp Bilimleri Enstitüsü'nden etik kurul onamı alındı.

Çalışma için 25 taze donmuş kadavranın 50 omuzu kullanıldı. Kadavra supin pozisyonunda ve kol iç rotasyonunda iken, akromiyonun anterolateral köşesinden aşağı uzanan 5 cm'lik longitudinal bir kesi yapıldı (Şekil 1a). Cilt, cilt altı, fasya ve deltoid keskin diseke edilerek humerus başı ve tuberositazlar parsiyel olarak ortaya kondu. Sonrasında plak yerleştirilirken aksiller sinir işaret parmağı ile palpe edildi. Beş delikli, düşük profil, 3.5 mm'lik proksimal humerus kilitli plağı (TST, İstanbul) bu kesiden, humerusla aynı doğrultuda yerleştirildi. Plak büyük tüberkülün alt kısmına dayanacak şekilde kabul edilir pozisyonunda konuldu. Plağın medial kenarı ise bisipital oluğun lateralinde olacak şekilde yerleştirildi. Kadavraların omuzlarında kırık yoktu ve anatomi sağlamdı. Floreskopi kullanılmazken, plağın pozisyonu palpasyon ve direkt gözlem ile sağlandı. Sağ omuz için sağ, sol omuz için sol taraf plağı kullanıldı. Plağın proksimal tespiti bir Kirschner teli ile sağlandı. Deltoid yapışma yerinde ikinci bir longitudinal cilt kesisi yapıp plak distali başka bir Kirschner teli ile tutturuldu. Plak üzerindeki delikler proksimalden distale isimlendirildi (A'dan J'ye). Bir sırada iki delik olanlarda öndeki delik 1, arkadaki delik 2 olarak tanımlandı (Şekil 1b). Plak yerleşiminden sonra cilt ve deltoid kası diseke edildi ve aksiller sinir gösterildi. Aksiller sinir ve plak arasındaki ilişki belirlendi. Ak-



Şekil 1. (a) Kesi. (b) TST firması tarafından üretilen proksimal humerus plağı. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

siller sinir ile akromiyon lateral kenarı arasındaki mesafe ölçüldü. İlave olarak, akromiyonun lateral kenarından lateral humerus kondiline olan kol uzunluğu ölçüldü.

Enstrümantasyon ve proksimal humerus disseksiyonu aynı yazar tarafından gerçekleştirildi.

Akromiyon-aksiller sinir mesafesi ile kol uzunluğu arasındaki korelasyon analizi SPSS for Windows v.17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak değerlendirildi. Tüm veriler korelasyon testi kullanılarak analiz edilirken, 0.05'ten küçük p değeri istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

Bulgular

Kol uzunluğu ortalama 319 (dağılım: 240-335) mm olarak kaydedildi. Akromiyon lateral kenarından aksiller sinire olan uzaklık ise ortalama 60 (dağılım: 50-68) mm idi. Akromiyon-aksiller sinir mesafesi ile kol uzunluğu arasında anlamlı bir korelasyon mevcuttu ($p < 0.05$).

Tüm kadavralarda aksiller sinir, deltoid altında proksimal kesinin alt ucunun 1 ila 3 cm distalinde palpe edildi. Yine tüm olgularda, aksiller sinir direkt olarak plağın üzerinden geçiyordu. Bir omuz hariç tüm omuzlarda plak deltoid fasyanın altına yerleştirilmişti. O olguda da, plağın alt ucu deltoid liflerinin içine yerleştirilmişti. Tüm kadavralarda aksiller sinir hasarsız ve sağlam olarak bulundu. Plak delikleri ile aksiller sinir arasında sabit bir ilişki yoktu. Aksiller sinir plağın proksimalindeki deliklerin hemen hepsi ile ilişkili bulundu. Üst iki delik (A ve B) aksiller sinirden uzak idi. Aksiller sinir C, D, E, F ve G olarak adlandırılan delikleri çaprazladı. Delik C, 8 hastada, Delik D 17 hastada, Delik E 20 hastada, Delik F 3 hastada ve Delik G ise 2 hastada aksiller sinir tarafından çaprazlanmaktaydı (Tablo 1) (Şekil 2a-c).

Tablo 1. Aksiller sinirin plak deliklerinin üzerinden geçtiği omuz sayıları.

Vida delikleri	Omuz sayısı	Yüzde (%)
C	8	16
D	17	34
E	20	40
F	3	6
G	2	4

Tartışma

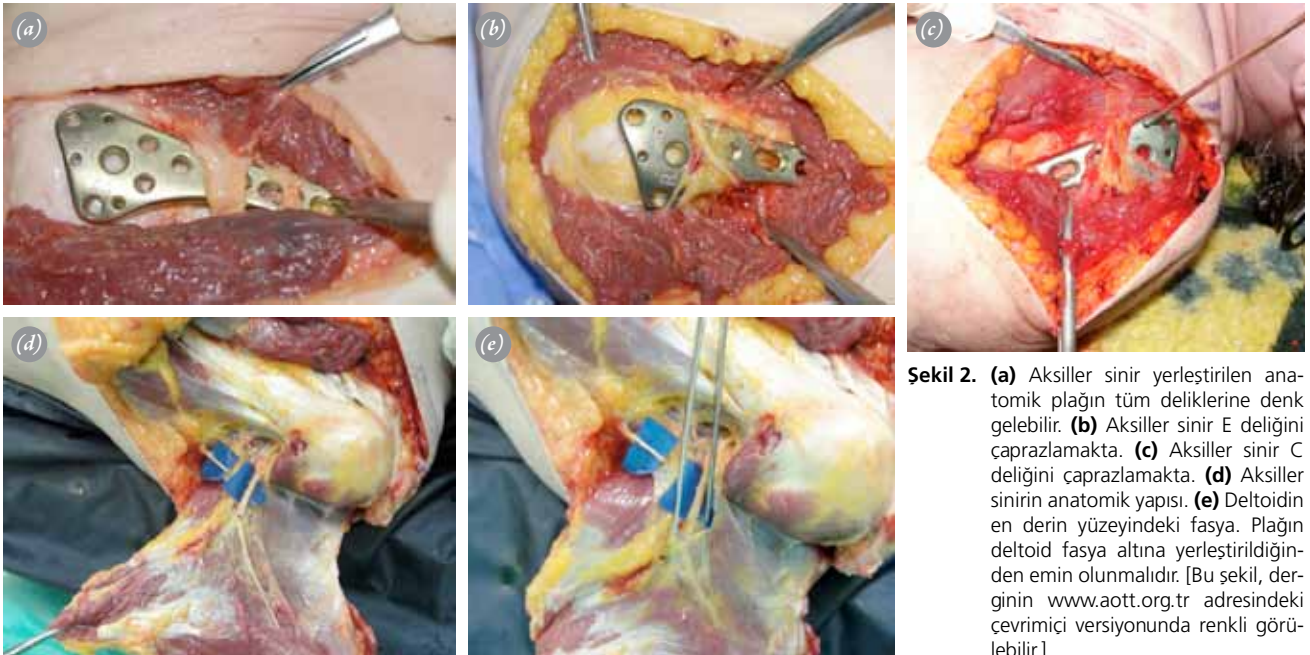
Proksimal humerus kırıklarının açık redüksiyonu ve internal tespitinde standart deltopektoral girişim kullanılmaktadır. Bu giriş sırasında anterior humeral sirkümfleks arterin assendan dalı yaralanma riski altındadır. Yumuşak dokunun aşırı sıyrılması ve periosteal kompresyondan dolayı, humerus başının avasküler nekroz riski artmıştır.^[9,18,20] Bu yüzden, plak uygulaması sırasında yumuşak dokuya daha az zarar veren minimal invaziv teknikler tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Anterior humeral sirkümfleks arter bisipital olukta seyrettiğinden, bu teknikte plak primer vasküler yapılardan uzakta humerus başının lateral kısmına konur.^[13,18]

Lateral deltoid-split yaklaşımla uygulanan minimal invaziv teknikte aksiller sinir hasarı oluşabilir. Lateralden yapılan cerrahide aksiller sinirin korunması önemlidir.^[20,21] Sinir dörtgen alana çıkışta kesinin posteriorunda lokalizedir. Daha sonra aksiller sinir humerus çevresinde deltoid alt yüzünde seyreder ve deltoid kasına motor lifler verir (Şekil 2d, e).^[22] Aksiller sinirin

konumu doğru bir şekilde belirlenmeden bu cerrahinin yapılması tehlikelidir.^[22] Çalışmamızda tüm olgularda sinir kolaylıkla bulunsa da, kırık olduğunda bulunması bu güç bir hal olabilir. Bu yüzden, deltoidi split açtıktan sonra aksiller siniri palpe etmek önemlidir. Laflamme ve ark. da, proksimal humerus kırıklarında plak yerleşimi sırasında aksiller siniri 34 hastanın tümünde kolaylıkla palpe ettiklerini belirtmişlerdir.^[9]

Perkütan yerleştirmede 3.5 mm proksimal humerus kilitli kompresyon plaklarının E ve F merkez deliklerinin güvenli olmadığı ve uzak durulması gerektiği literatürde daha önce gösterilmiştir.^[12] Saran ve ark.,^[20] C ve G deliklerinin sinirden minimum 13 mm uzak olduğunu ve F deliği hiçbir olguda aksiller sinir tarafından çaprazlanmasa da 2 örnekte aksiller sinir ile F deliği arasındaki mesafenin 2 mm olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, vidaları perkütan yerleştirirken merkez deliklerden (D, E ve F) kaçınılmasını da önermişlerdir. Bizim çalışmamızda C, D, E, F ve G deliklerinin sinirle çakışmıştı; bu deliklerden sakınılmalıdır. Bununla birlikte, proksimal humerus kırıklarında bu delikler kırık kemiğin tespitinde ve stabilizasyonunu sağlamada gereklidir. Bu yüzden, deltoid split girildiğinde aksiller sinirin eksplere edilmesi gerektiğini ve vidaların direkt gözlem altında yerleştirilmesini önermekteyiz. Ayrıca, Smith ve ark. da, boyu aksiller sinir sıkışmasına yol açtığından, kılavuz blok içinden de vidanın perkütan olarak güvenli yerleştirilemeyeceğini belirtmişlerdir.^[12]

Aksiller sinir ile plak yerleşimi arasındaki ilişki hakkında daha önceden yapılan anatomik çalışmalar lite-



Şekil 2. (a) Aksiller sinir yerleştirilen anatomik plağın tüm deliklerine denk gelebilir. (b) Aksiller sinir E deliğini çaprazlamakta. (c) Aksiller sinir C deliğini çaprazlamakta. (d) Aksiller sinirin anatomik yapısı. (e) Deltoidin en derin yüzeyindeki fasya. Plağın deltoid fasya altına yerleştirildiğinden emin olunmalıdır. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

ratürde yer almaktadır.^[12] Hoppenfeld ve ark., aksiller sinirin humerusu posteriorda akromiyonun 7 cm distalinden çaprazladığını ifade ederken,^[23] Bono ve ark. 50 taze insan kadavrasında üst ekstremitayı diske etmişler ve aksiller sinirin humerus başının en yüksek noktasından ortalama 6 cm uzakta yerleştiğini göstermişlerdir.^[21] Benzer şekilde, çalışmamızda aksiller sinir ile akromiyon lateral kenarı arasındaki ortalama mesafe 60 mm olarak saptanmıştır.

Aksiller sinir-akromiyon mesafesi ile deltoid uzunluğu arasında bir ilişki mevcuttur.^[24,25] Cerrahi sırasında deltoid uzunluğunu ölçmek ise zordur. Çetik ve ark., 24 kadavranın üst ekstremitasını diske ettikleri çalışmalarında ortalama kol uzunluğunu 30.4 cm bulmuş ve anterior mesafe (akromiyonun anterior köşesinden aksiller sinire) ile posterior mesafe (akromiyonun anterior köşesinden aksiller sinire) arasında korelasyon olduğunu belirtmiştir.^[22] Chen ve ark., akromiyon anterior-inferior sınırı ile aksiller sinir superior sınırı arasındaki mesafeyi ortalama 6.3 ± 0.5 (dağılım: 5.7-7.0) cm olarak ölçmüşlerdir.^[26] Bu mesafe, Vathana ve ark.'nın yaptığı çalışmada da, benzer şekilde 6.3 cm olarak bulunmuştur.^[27] Burkhead ve ark. ise bu mesafeyi 5.7 (dağılım: 4.1-7.1) cm olarak bildirmişlerdir.^[28] Bu farklılık sinirin oblik seyrine (Şekil 2a) veya bu mesafenin akromiyonun farklı noktalarından ölçümüne bağlanabilir.^[26] Çalışmamızda kol uzunluğu ortalama 31.9 cm olarak bulunmuştu ve aksiller sinir-akromiyon mesafesi ile kol uzunluğu arasında anlamlı derecede bir korelasyon mevcuttu ($p < 0.05$). Bu yüzden plak üzerinde aksiller sinirin pozisyonu değişmekte idi. Ayrıca Chen ve ark. da,^[26] akromiyonun anterior-inferior sınırından aksiller sinirin üst sınırına olan mesafe ile büyük tüberkülün çıkıntısından aksiller sinirin üst sınırına olan mesafenin her zaman sabit olmadığını bildirmişlerdir. Sinirin seyri düzensiz olduğundan, kanca gibi cerrahi aletler ve kilitli vidalar, sinire hasar vermemek için çok derine yerleştirilmemelidir. Liu ve ark., güvenli bölgede olsa da ve hatta çivi ve vida skopi eşliğinde usulüne uygun olarak yerleştirilse bile iyatrojenik aksiller sinir hasarı oluşabileceğini göstermiştir.^[29]

Son dönemlerdeki çalışmalar, kilitli vidaların superior ve inferior deliklerle kısıtlı kalması halinde, lateral transdeltoid yaklaşımla minimal invaziv kilitli proksimal humerus plağının yerleştirilmesinin güvenli olduğunu göstermektedir.^[12,18,20,30] Çalışmamızda plak delikleri ile aksiller sinir arasında sabit bir ilişki yoktu. Aksiller sinir plağın proksimalindeki tüm vida delikleri ile temas halindeydi.

Bu çalışmanın bazı kısıtlılıkları mevcuttur. Çalışmada osteotomi ile oluşan proksimal humerus kırıklarından ziyade sağlam humeruslar seçilmiştir. Kırığın kendi

özelliklerinden dolayı ya da kapalı redüksiyon sırasında aksiller sinirin değişik anatomik lokalizasyonu önyargıya neden olmuş olabilir. Bir diğer kısıtlama da, diseksiyonun ve plak uygulamasının rigor mortisteki taze kadavralarda uygulanmasıdır. Bu kadavradaki sinirler canlı insanlardan farklı olabilir. Son olarak, taze kadavradaki sağlam humerusta kolaylıkla belirlenebilen kemik belirteçler, kırık bir proksimal humerus cerrahisinde zor bulunabilir.

Sonuç olarak, aksiller sinir diske edilirse ve cerrahi sırasında görülürse, kilitli proksimal humerus plağını transdeltoid lateral girişle minimal invaziv yerleştirmek güvenli bir yaklaşımdır. Travmatik hastada humerus anatomisi ve deltoid fasyası bozulmuştur. Bu yüzden minimal invaziv cerrahi sırasında lateral transdeltoid yaklaşım ile aksiller sinir hasar görebilir. Hangi deliğin aksiller sinire karşılık geldiğini bilmek imkansız olduğundan cerrahi sırasında plağın deltoid fasya altına yerleştirildiğinden emin olunmalı ve vida uygulaması sırasında aksiller sinir diske edilmelidir.

Çıkar örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM. The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand* 2001;72:365-71.
2. Nho SJ, Brophy RH, Barker JU, Cornell CN, MacGillivray JD. Management of proximal humeral fractures based on current literature. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89 Suppl 3:44-58.
3. Helmy N, Hintermann B. New trends in the treatment of proximal humerus fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2006;442:100-8.
4. Resch H, Beck E, Bayley I. Reconstruction of the valgus-impacted humeral head fracture. *J Shoulder Elbow Surg* 1995;4:73-80.
5. Szyszkowitz R, Seggl W, Schleifer P, Cundy PJ. Proximal humeral fractures. Management techniques and expected results. *Clin Orthop Relat Res* 1993;(292):13-25.
6. Cuomo F, Flatow EL, Maday MG, Miller SR, McIlveen SJ, Bigliani LU. Open reduction and internal fixation of two- and three-part displaced surgical neck fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 1992;1:287-95.
7. Goldman RT, Koval KJ, Cuomo F, Gallagher MA, Zuckerman JD. Functional outcome after humeral head replacement for acute three- and four-part proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 1995;4(2):81-6.
8. Moeckel BH, Dines DM, Warren RF, Altchek DW. Modular hemiarthroplasty for fractures of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74:884-9.
9. Laflamme GY, Rouleau DM, Berry GK, Beaumont

- PH, Reindl R, Harvey EJ. Percutaneous humeral plating of fractures of the proximal humerus: results of a prospective multicenter clinical trial. *J Orthop Trauma* 2008;22(3):153-8.
10. Naidu SH, Bixler B, Capo JT, Moulton MJ, Radin A. Percutaneous pinning of proximal humerus fractures: a biomechanical study. *Orthopedics* 1997;20:1073-6.
 11. Gardner MJ, Griffith MH, Dines JS, Briggs SM, Weiland AJ, Lorich DG. The extended anterolateral acromial approach allows minimally invasive access to the proximal humerus. *Clin Orthop Relat Res* 2005;434:123-9.
 12. Smith J, Berry G, Laflamme Y, Blain-Pare E, Reindl R, Harvey E. Percutaneous insertion of a proximal humeral locking plate: an anatomic study. *Injury* 2007;38:206-11.
 13. Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP. Minimally invasive plate osteosynthesis in the treatment of proximal humeral fracture. *Int Orthop* 2007;31:657-64.
 14. Resch H, Hübner C, Schwaiger R. Minimally invasive reduction and osteosynthesis of articular fractures of the humeral head. *Injury* 2001;32 Suppl 1:SA25-32.
 15. Resch H, Povacz P, Fröhlich R, Wambacher M. Percutaneous fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br* 1997;79:295-300.
 16. Sturzenegger M, Fornaro E, Jakob RP. Results of surgical treatment of multifragmented fractures of the humeral head. *Arch Orthop Trauma Surg* 1982;100:249-59.
 17. Kristiansen B, Christensen SW. Plate fixation of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand*. 1986;57:320-3.
 18. Röderer G, Abouelsoud M, Gebhard F, Böckers TM, Kinzl L. Minimally invasive application of the non-contact-bridging (NCB) plate to the proximal humerus: an anatomical study. *J Orthop Trauma* 2007;21:621-7.
 19. Rouleau DM, Laflamme GY, Berry GK, Harvey EJ, Delisle J, Girard J. Proximal humerus fractures treated by percutaneous locking plate internal fixation. *Orthop Traumatol Surg Res* 2009;95:56-62.
 20. Saran N, Bergeron SG, Benoit B, Reindl R, Harvey EJ, Berry GK. Risk of axillary nerve injury during percutaneous proximal humerus locking plate insertion using an external aiming guide. *Injury* 2010;41:1037-40.
 21. Bono CM, Grossman MG, Hochwald N, Tornetta P 3rd. Radial and axillary nerves. Anatomic considerations for humeral fixation. *Clin Orthop Relat Res* 2000;373:259-64.
 22. Cetik O, Uslu M, Acar HI, Comert A, Tekdemir I, Cift H. Is there a safe area for the axillary nerve in the deltoid muscle? A cadaveric study. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:2395-9.
 23. Hoppenfeld S, deBoer P. Surgical exposures in orthopaedics: The anatomic approach. 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott; 1994. p. 32.
 24. Kontakis GM, Steriopoulos K, Damilakis J, Michalodimitrakis E. The position of the axillary nerve in the deltoid muscle. A cadaveric study. *Acta Orthop Scand* 1999;70:9-11.
 25. Kulkarni RR, Nandedkar AN, Mysorekar VR. Position of the axillary nerve in the deltoid muscle. *Anat Rec* 1992;232:316-7.
 26. Chen YF, Zhu NF, Zhang CQ, Wang L, Wei HF, Lu Y. The relevance of the anatomical basis of fracture for the subsequent treatment of the anterior humeral circumflex artery and the axillary nerve. *Int Orthop* 2012;36:783-7.
 27. Vathana P, Chiarapattanakom P, Ratanalaka R, Vorasatit P. The relationship of the axillary nerve and the acromion. *J Med Assoc Thai* 1998;81:953-7.
 28. Burkhead WZ Jr, Scheinberg RR, Box G. Surgical anatomy of the axillary nerve. *J Shoulder Elbow Surg* 1992;1:31-6.
 29. Liu KY, Chen TH, Shyu JF, Wang ST, Liu JY, Chou PH. Anatomic study of the axillary nerve in a Chinese cadaveric population: correlation of the course of the nerve with proximal humeral fixation with intramedullary nail or external skeletal fixation. *Arch Orthop Trauma Surg* 2011;131:669-74.
 30. Gallo RA, Hughes T, Altman G. Percutaneous plate fixation of two- and three-part proximal humerus fractures. *Orthopedics* 2008;31:237-42.