



## Humerus üst uç kırıklarında kilitli plak ile tespit ve minimal invaziv cerrahi uygulamalar

### Minimally invasive surgery and locking plate fixation in proximal humerus fractures

Mehmet Demirtaş, Murat Aydın

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara

Proksimal humerus kırıkları özellikle yaşlı ve osteoporotik nüfusun hastalığı olmakla birlikte, yüksek enerjili travmalar sonrası genç nüfusta da oluşabilir. Özellikle son otuz yılda yapılan çalışmalar ile proksimal humerus kırıklarının evrelendirilmesi ve kırığın morfolojisinin ve vaskülaritesinin anlaşılması ile bu kırıkların prognozu hakkındaki öngörülerimiz güçlenmiştir. AO kırık prensipleri çerçevesinde kilitli anatomik plakların geliştirilmesi ile proksimal humerus kırıklarının tedavisinde kırığın kaynaması ve erken harekete başlanması açısından önemli bir yol katedilmiştir. Kırığın tipine göre tedavide konservatif yöntemlerin yanı sıra vida tespiti, sütür tespiti, gergi bandı, intramedüller çivi uygulaması, plak osteosentez ve artroplasti gibi pek çok cerrahi yaklaşım ve tespit tekniği uygulanmaktadır. Minimal invaziv cerrahi yaklaşımlar, minimal invaziv osteosentez ve kullanılan biyolojik tespit yöntemleri ile tedavide, hem kırık hattındaki kanlanma bozulmadan hem de daha düşük morbidite ile yüksek oranda başarı sağlanmaktadır.

Anahtar sözcükler: Kilitli plakla tespit; minimal invaziv cerrahi; proksimal humerus kırıkları.

Although proximal humerus fractures are commonly seen in elderly and osteoporotic patients, they may present in young patients due to high-energy trauma. In particular, studies conducted in the last three decades have led to increased understanding of morphology and vascularity of proximal humerus fractures, thereby resulting in the development of staging system and eventually increased foresight for the prognosis of the disease. The introduction of anatomical locking plates based on AO principles of fracture management has resulted in early union of proximal humerus fractures and early mobilization. In addition to conventional methods, many surgical and fixation techniques including screw fixation, suture fixation, tension band, intramedullary screwing, plate osteosynthesis and arthroplasty can be used, depending on the type of the fracture. Minimally invasive surgical techniques and minimally invasive osteosynthesis, a biological fixation method, offer a high success rate with lower morbidity rate, avoiding interruption of the blood supply to the fracture zone.

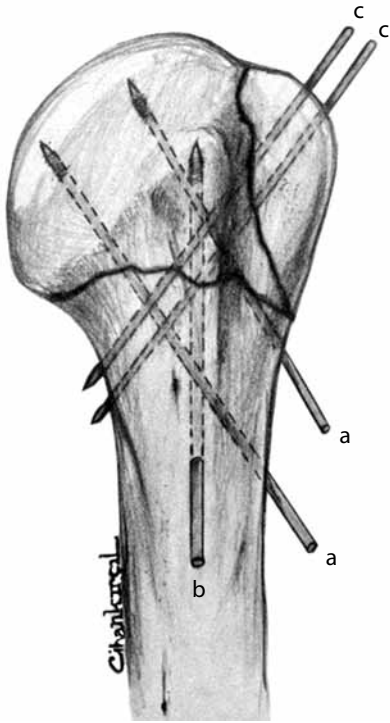
Key words: Locking plate fixation; minimally invasive surgery; proximal humerus fractures.

Humerusun proksimal kısmında humerus başı, büyük ve küçük tuberositler, bisipital oluk ve humerus kısmı yer alır. Anatomik boyun, baş ile tuberositas arasında yer alırken, cerrahi boyun ise büyük ve küçük tuberositaslar arasında yer alır.

Humerus proksimal uç kırıkları, humerus kırıklarının %45'ini oluşturmaktadır. Tüm kemik kırıklarının %5'ini ise humerus kırıkları oluşturmaktadır.<sup>[1]</sup> Bu kırıkların %20'si ayrılmış kırıklardır ve cerrahi tedavi gerektirmektedir.<sup>[2]</sup> Kadınlarda erkeklere göre üç kat

fazla görülür.<sup>[3]</sup> Genellikle 60 yaş üstünde sık görülür.<sup>[4]</sup> Yaşam süresinin uzamış olması ve osteoporotik kemiğe sahip yaşlı nüfusun travmalara daha fazla maruz kalması nedeniyle omuz çevresi çok parçalı kırıkları daha sık görülmeye başlamıştır.<sup>[5]</sup>

Anatomik boyun kırıklarının prognozu başın beslenmesinin bozulması nedeniyle kötüdür. Cerrahi boyun kırıkları ise, anatomik boyun kırıklarına göre daha sık olarak görülmesine karşın prognozu daha iyidir.



**Şekil 1.** Perkütan pinlemenin şematik görünümü. AO yivli K-teli kullanılmış, (a) iki adet tel deltoid insersiyosunun hemen altından şafttan başa doğru gönderiliyor, (b) üçüncü K-teli şafttan anteriyora doğru, (c) iki adet K-teli ise tuberositas majörden şafta doğru gönderiliyor.

Osteoporotik yaşlı hastalarda, ev içi kazalar sonrasında basit travmalarla bile parçalı kırıklar oluşmaktadır. Proksimal humerus kırıkları 40 yaş üzeri osteoporotik kemiği olanlarda %76 oranında humerus kırıklarının alt grubu olarak karşımıza çıkmaktadır. Proksimal humerus kırıklarının çoğunluğu ayrılmamış veya çok az yer değiştirmiş olduğundan herhangi bir cerrahi tedaviye gereksinim göstermezler ve konservatif tedavi yöntemleriyle tedavi edilirler.<sup>[6]</sup>

Ayrılmış proksimal humerus kırıklarının cerrahi tedavisinde kapalı redüksiyon ve perkütan çivileme, tansiyon bandı, intramedüller çivileme ile beraber

serkilaj teli, kemik dikişleri, T buttress plak, çift tübüler plak, sabit açılı plak ile tespit, primer artroplasti gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Ağrılı ve donmuş omuz, yanlış kaynama ve avasküler nekroz, humerus proksimal kırıklarının ciddi sonuçlarındandır.<sup>[7]</sup> Genç hastalarda, bu kırıklar genelde yüksek enerjili travmalarla meydana gelir. Daha yaşlı hastalarda, minimal travmalarda bile belirgin hasara yol açabilir. Eşlik eden brakial pleksus ve aksiller arter yaralanmaları nadirdir.

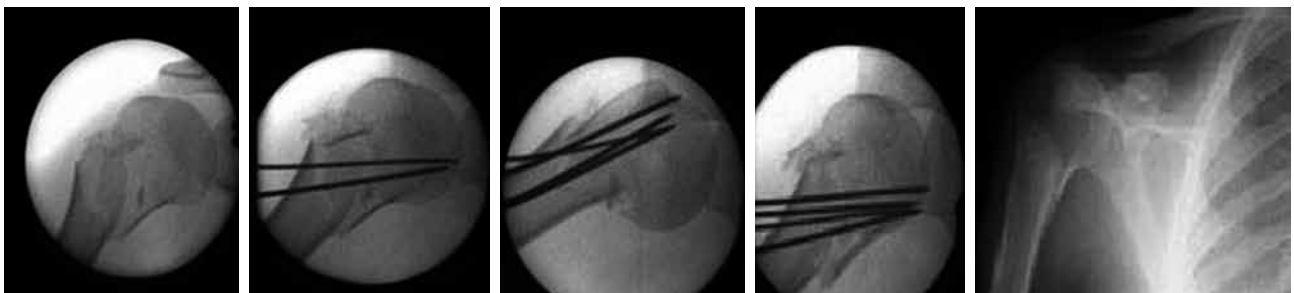
Humerus üst uç kırıkları sınıflama ve tedavisi Codman,<sup>[8]</sup> Jakob ve Ganz<sup>[9]</sup> tarafından oluşturulan AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) sınıflaması,<sup>[9-11]</sup> Hertel ve ark.nın<sup>[12]</sup> yaptıkları osteonekrozun prognozu için medial duvar devamlılığı çalışması ve Neer<sup>[13]</sup> tarafından oluşturulan sınıflamalara göre değerlendirilmektedir.

En son ortopedik travma konseptlerinin temel felsefesi mümkün olduğunca az yumuşak doku diseksiyonu ve kırık hematomunun korunmasıdır. Humerus üst uç kırığında kritik nokta yapılan cerrahinin, kırık tamirinde kanlanmayı koruması ve hastalığın gidişatı hakkında öngörü sağlamasıdır. Bu nedenle gün geçtikçe ortopedik cerrahide uygulanan tedavi prensipleri daha minimal invaziv yöntemlere doğru yönelmektedir.

### Kapalı Redüksiyon ve Perkütan Kirschner Teli (K-Teli) ile Tespit (Şekil 1, 2)

Perkütanöz pinlemenin cerrahi avantajları:

- Cerrahi kanama olmaz,
- Humerus başı ekspoze edilmediği için başın beslenmesi bozulmaz,
- Yumuşak doku dengesi bozulmaz, kırık hematomu kırık içinde kalır böylece kaynama için gerekli büyüme faktörleri kaybedilmez,
- Genel durumu kötü ve anestezi alamayan hastalarda ameliyat süresi kısa olduğu için ve kanama riski olmadığı için güvenle uygulanabilir.
- Maliyeti düşüktür,



**Şekil 2.** Yirmi dokuz yaşında kadın hastada kapalı redüksiyon ve perkütan K-teli ile tespit.

Ancak bu yöntem mental sorunları olan, cerrahi sonrası önerileri dikkate alamayacak hastalar için ve metafize uzanan kırıklar için uygun bir yöntem değildir. Dezavantajları redüksiyonun kaybı, pin dibi enfeksiyonlarıdır.<sup>[14]</sup>

### Kanüllü Vida ile Tespit

İki parçalı humerus cerrahi boyun kırıklarında, oblik kırık paterni olması ve 16-45 yaş grubunda kapalı redüksiyon ve perkütanöz kanüllü vida ile tespitte başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 3). Komünike baş kırıklarında, çok fazla ayrışması olan ve metafizyel uzanımı olan kırıklarda, üst uç kırığı ile beraber humeral shaft ekstansiyon yaralanmalarında kontrendikedir. Minimal invaziv cerrahi seçiminde perkütanöz K-teli ile tespit iyi bir alternatiftir.<sup>[15]</sup> Perkütan olarak az miktarda implant ile tespit yapılabilir. Kırığın mutlaka iki parçalı olması gereklidir. Kapalı teknik olduğu için glenoidal yaralanmalar K-teli veya vida ile gelişebilir. Ameliyat sonrası genellikle üç hafta bandaj uygulaması yeterli olmaktadır. Erken fonksiyonel sonuçlar ve rijit tespitte oldukça başarılıdır.<sup>[16]</sup>

### İntramedüller Çivileme

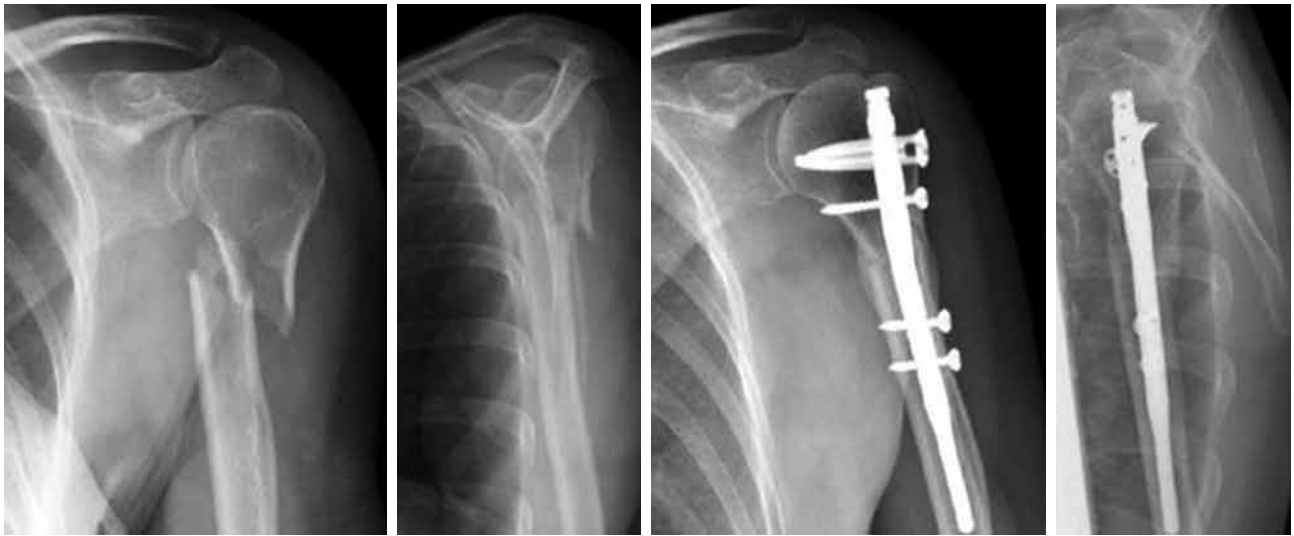
Intramedüller çiviler ilk olarak alt ekstremitelerde uzun kemik kırıkları için tasarlanmıştır. Gelişen implantasyon teknolojisi ile bu çivilerin kullanım alanları artmış ve üç boyutlu olarak gelen kuvvetlere de direnç gösterir hale getirilmiştir. Modern implantlar eğilme ve torsiyonel kuvvetlere karşı koyarken, stabil kilitleme de sağlamaktadır. Kilitleme aynı zamanda rotasyonel deformitelere de karşı koymaktadır.<sup>[17-19]</sup> Bu çiviler çoğunlukla proksimal humerusu multiplanar konfigürasyonda kilitleyecek şekilde tasarlanmıştır. Büyük ve küçük tüberkulumları kilitleyerek üç planda rotasyonel, longitudinal ve anguler stabilite sağlarlar (Şekil 4).

Radyografik olarak Hertel'in bahsettiği avasküler nekroz kriterleri mutlaka ameliyat öncesi değerlendirilmelidir.<sup>[20]</sup>

Proksimal çivilerle ilgili birkaç adet sınırlı sayıda küçük olgu çalışmaları olsa da halen prospektif randomize kontrollü çalışma yoktur.<sup>[20]</sup> Bu konuda yapılan yayınlar toparlandığında, yöntemin mükemmel sonuç olarak ifade eden %78 ile %89 arasında değişmektedir.<sup>[21-25]</sup>



Şekil 3. Kırk yedi yaşında erkek hastada cerrahi boyun kırığı ve kanüllü vida ile tedavi.



**Şekil 4.** Altmış dört yaşında erkek hastada proksimal humerus kırığı nedeni ile çivileme.

En sık görülen komplikasyonu proksimal vidalarda gevşemedir.<sup>[20]</sup> Bunun yanında vasküler nekroz %0-37, gecikmiş kaynama veya kaynamama %3, eklem sertliği ise %3 oranında görülebilir.<sup>[20]</sup> Aynı zamanda pek çok yazar proksimal kilitleme vidasında subkondral gevşeme, kondroliz ve eklemdede osteoartirit gelişebileceğini belirtmiştir.

Özetle kilitli intramedüller çivileme proksimal humerusun kompleks kırıklarında, baş, metafiz ve shaftı ilgilendiriyorsa tedavi yöntemi olarak kullanılabilir ancak yüksek komplikasyon oranları bulunmaktadır. Dolayısıyla çivileme yöntemi, "gold standart" olmaktan halen çok uzaktır.

#### Kilitli Plaklar

Açık redüksiyon ve internal tespitle uygulanır. Plak teknolojisi bulunduğumuz on yılda büyük bir gelişme göstermiştir. Yeni tasarlanmış olan kilitli, proksimal humerus anatomik plaklarla kaynama oranlarında artış sağlanmıştır. Özellikle proksimal humerusa gönderilebilen çok yönlü vidalama oldukça stabil tespit sağlamaktadır (Şekil 5). Kapalı redükte edilemeyen



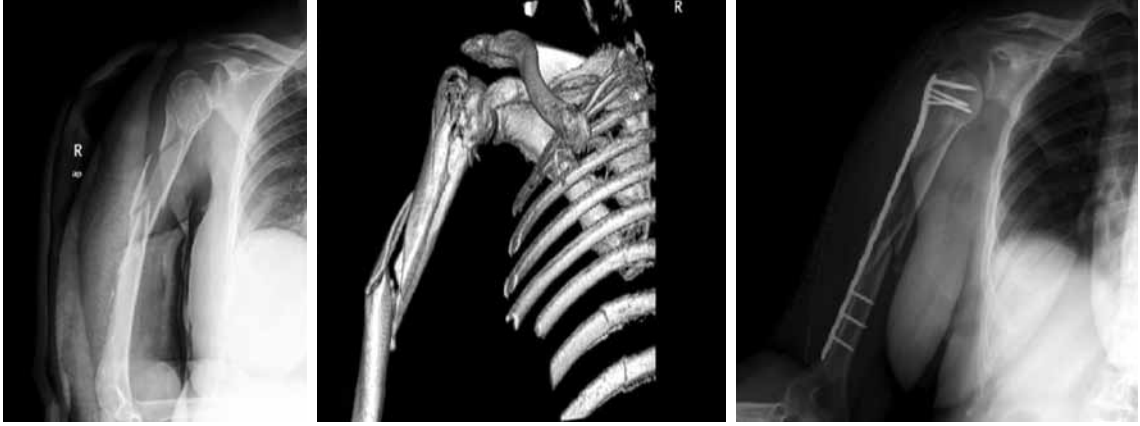
**Şekil 5.** PHİLOS plağı ile üç parçalı proksimal humerus kırığında tespit.

kırıklarda açık redüksiyon ve plak osteosentez endikedir. Eğer rijit bir tespit isteniyorsa başa doğru gönderilebilen çok yönlü vidalarla sağlanabilir.<sup>[26-30]</sup> Plağa kilitlenebilen çok yönlü vidalar özellikle çok parçalı osteoporotik kırıklarda, iyi bir stabil tespit yapmaktadır. Proksimal humerus osteotomilerinde ve psödoartrozlarında da kullanılabilir.

Ameliyat tekniği supin pozisyonda veya şezlong pozisyonunda yapılabilir. Deltopektoral veya split insizyon kullanılabilir. Açık anatomik redüksiyon sonrası kırık parçalar birbirlerine K-telleri ile geçici tespit yapılmalıdır. Eğer kemik aşırı osteoporotik veya kısa vidaların pull-out olabileceği düşünülüyorsa, kalın dikişler ile de kemik plak tespiti denenebilir. Açık anatomik redüksiyon sonrası plağın üzerine yine supraspinatus, infraspinatus ve subscapularis kaslarında kalın dikişler ile tespit edilebilir.



**Şekil 6.** Altmış iki yaşındaki hastanın proksimal humerus kırığına anterior akromiyal insizyon ile minimal invaziv plak osteosentezi uygulaması.



**Şekil 7.** Minimal invaziv plak osteosentez uygulanmış 38 yaşında kadın hastada humerus proksimal bölge kırığı (Dr. Mustafa Özkan'dan alınmıştır).

Plakın çok yukarı yerleştirilmesi subakromiyal sıkışma sendromuna yol açar. Subakromiyal sıkışmadan kaçınmak için plak büyük tüberkülün üst ucunun en az 8 mm distaline yerleştirilmelidir.<sup>[27,29,30]</sup>

Ameliyatın temel felsefesi erken harekete başlamak. Kimi yazarlar kendi olgularında anestezi blok altında ertesi gün pasif harekete 3. veya 4. haftalarda ise aktif yardımcı pasif egzersizlere başlamaktadır. Bizim kendi kliniğimizde ise bir hafta içerisinde el bileği ve dirsek hareketlerine başlayıp eğer ameliyat içerisinde kemik kalitesi iyi görülmüş ise yine aynı hafta içerisinde omuz için pasif hareketlere başlamak yönündedir.

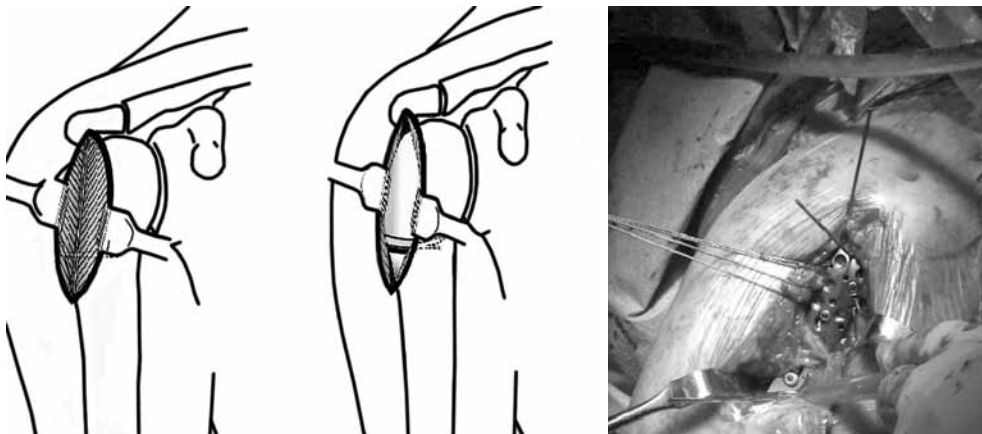
Son yıllarda proksimal humerus kırıklarında perkütanöz kilitli plak ile tespit yöntemi de fonksiyonel ve radyolojik olarak iyi sonuçlar veren bir yöntem olarak geliştirilmiştir (Şekil 6, 7).<sup>[31-33]</sup> Standart uygulamalarda yapılan geniş deltopektoral yaklaşımlar geniş yumuşak doku diseksiyonu ve kas hasarı yapmaktadır.<sup>[34]</sup> Deltoidin split insizyonlarında standart olarak uçtan (tip) 5 cm distale doğru uzatılabilirken,

anatomik çalışmalarda aksiller sinirin anterior deltoid manşetten geçtiği böylece lateral split insizyonun distale doğru uzatılabileceği gösterilmiştir (Şekil 8).<sup>[35]</sup>

Minimal invaziv tekniklerde daha az yumuşak doku yaralanması ve kırık hematomunun korunması nedeni ile avasküler nekroz ve kaynamama daha az görülmektedir.<sup>[36-38]</sup>

Röderer ve ark.<sup>[32]</sup> mini-invaziv plak uygulaması ile 54 olguluk çalışmalarında kaynamama ile hiç karşılaşmadıklarını belirtmiş ve avasküler nekroz riskini %5.5 olarak bildirmişlerdir.

Yöntemin en önemli dezavantajı aksiller sinir hasarıdır. Aktif öne doğru fleksiyon ve lateral elevasyon eklem hareket açıklıkları (EHA) kısıtlanmaktadır. Anterior deltoid yaklaşım ile aksiller sinir hasarı olabileceği muhtemeldir. Klinik çalışmalarda deltoid kasın anterior kısmından yaklaşım nedeni ile kuvvetsizlik olması beklenen klinik sonuçtur. Ancak literatür tarandığında aksiller sinir hasarı mı yoksa



**Şekil 8.** Genişletilmiş anterior akromiyal yaklaşım; insizyon akromiyonun anterolateral köşesinden başlayıp distale doğru gidiyor. Deltoidin anterior ve orta kısmı split ayrıştırılıyor.



**Şekil 9.** Elli dört yaşında erkek hastada Zifko çivisi ile tedavi.

yapılan yaklaşıma mı bağlı olduğu ile ilgili yeterli klinik çalışma yoktur. Tabiki EHA kısıtlılığına neden olan, redüksiyon kalitesi, implant pozisyonu vs. gibi pek çok etken vardır. Anterior minimal anterolateral yaklaşım ile aksiller sinir ilişkisinin açıklanması için geniş katımlı klinik çalışmalara gereksinim vardır.

### Diğer Yöntemler

Yukarda anlatılan popüler mini-invaziv yöntemlere ek olarak literatür tarandığında birkaç adet daha mini invaziv yöntem vardır.

### Zifko Çivisi

Hackethal çivileri gibi bir retrograd çivileme sistemidir (Şekil 9). Yeterli elastik stabiliteye ulaşması için en az üç adet intramedüller çivi konulmalıdır. İki parçalı kırıklarda Zifko çivileri plak osteosenteze göre

cost-efektif bir yöntemdir. Zifko intramedüller çivileme sistemi yine perkütanöz olarak uygulanmaktadır, ancak limitli stabiliteye sahiptir ve anguler stabilitesi yeterli değildir.<sup>[39]</sup>

### Button-Fix (Elastik Anguler Stabilizasyon Cihazı)

Button-fix yeni bir anguler stabilizasyon cihazıdır. Retrograd gönderilen Kirschner'ler bir cihaz üzerinden gönderilip cilt altında metafizer kemiğin üzerine oturtulan bir platformla desteklenir. Yazar tarafından yaşlılarda kullanılması önerilmekle beraber, yeni bir yöntem olması nedeni ile yeterli çalışma yoktur.<sup>[40]</sup>

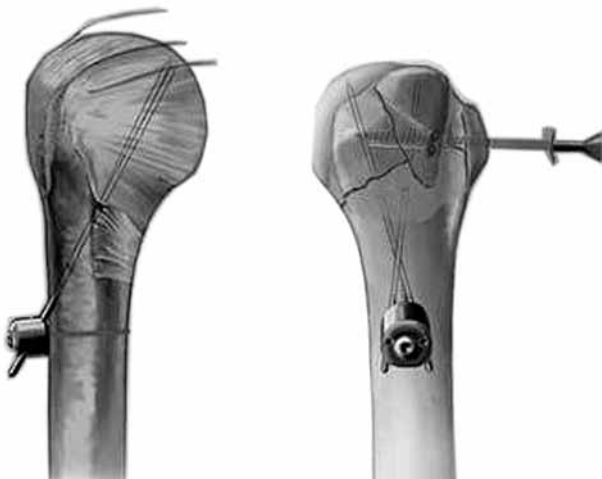
Humerus block tespit yöntemi, yukarda anlatılan Button-fix benzeri bir yöntemdir (Şekil 10). Metafize oturan platform şafta giden vidadan oluşmaktadır.<sup>[41]</sup>

## HUMERUS ÜST UÇ KIRIKLARI KOMPLİKASYONLARI

En önemli komplikasyonlar eklem hareket açıklığı kaybı ve eklem sertliğidir. Erken rehabilitasyon başlansa bile pek çok hastada yine de eklem hareket kısıtlılığı görülebilir. Bu sorunlar kilitli mini kontak plaklar ile büyük oranda aşılmıştır. Bir diğer önemli istenmeyen durum osteonekrozdur, humerus başının osteonekrozu ayrılmamış iki ve üç parçalı kırıklarda sık görülmez. Osteonekrozdan kaçınmanın en iyi yolu medial kortikal temasın ve desteğin sağlandığı anatomik redüksiyon ve stabilizasyondur.

### KAYNAKLAR

1. Lind T, Krøner K, Jensen J. The epidemiology of fractures of the proximal humerus. Arch Orthop Trauma Surg 1989;108:285-7.
2. Iannotti JP, Ramsey ML, Williams GR Jr, Warner JJ. Nonprosthetic management of proximal humeral fractures.



**Şekil 10.** Humerus block tespit yönteminin şematik gösterimi.

- Instr Course Lect 2004;53:403-16.
3. Flatow EL. Fractures of the proximal humerus. In: Bucholz RW, Heckman JD, editors. Fractures in adults. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p. 997-104.
  4. Gorschewsky O, Puetz A, Klakow A, Pitzl M, Neumann W. The treatment of proximal humeral fractures with intramedullary titanium helix wire by 97 patients. Arch Orthop Trauma Surg 2005;125:670-5.
  5. Kannus P, Palvanen M, Niemi S, Parkkari J, Järvinen M, Vuori I. Osteoporotic fractures of the proximal humerus in elderly Finnish persons: sharp increase in 1970-1998 and alarming projections for the new millennium. Acta Orthop Scand 2000;71:465-70.
  6. Esen E, Bölükbaşı S, Kanatlı U, Öztürk AM. Humerus Proksimal Uç Kırıklarında Hemiartroplasti. Türkiye klinikleri Ortopedi Travmatoloji Dergisi 2007;3:76-84.
  7. Kiliç B, Uysal M, Cinar BM, Ozkoç G, Demirörs H, Akpınar S. Early results of treatment of proximal humerus fractures with the PHILOS locking plate. [Article in Turkish] Acta Orthop Traumatol Turc 2008;42:149-53.
  8. Codman EA. The shoulder: rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial Bursa. Boston: Thomas Todd Co.; 1934.
  9. Jakob RP, Ganz R. Proximal humerus fractures. Helv Chir Acta 1982;48:595-610. [Abstract]
  10. Jakob RP, Kristiansen T, Mayo K, Ganz R, Muller ME. Classification and aspects of treatment of fractures of the proximal humerus In: Bateman JE, Weish RP, editors. Surgery of the shoulder. Philadelphia: BC Decker Inc; 1984. p. 330-43.
  11. Bigliani LV, Flatow EL, Pollock RG. Fracture classification systems: do they work and are they useful? J Bone Joint Surg [Am] 1994;76:790-2.
  12. Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. J Shoulder Elbow Surg 2004;13:427-33.
  13. Neer CS 2nd. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. J Bone Joint Surg Am 1970;52:1077-89.
  14. Jaberg H, Warner JJ, Jakob RP. Percutaneous stabilization of unstable fractures of the humerus. J Bone Joint Surg [Am] 1992;74:508-15.
  15. Watford KE, Jazrawi LM, Eglseider WA Jr. Percutaneous fixation of unstable proximal humeral fractures with cannulated screws. Orthopedics 2009;32:166.
  16. Chen CY, Chao EK, Tu YK, Ueng SW, Shih CH. Closed management and percutaneous fixation of unstable proximal humerus fractures. J Trauma 1998;45:1039-45.
  17. Hessmann MH, Hansen WS, Krummenauer F, Pol TF, Rommens PM. Locked plate fixation and intramedullary nailing for proximal humerus fractures: a biomechanical evaluation. J Trauma 2005;58:1194-201.
  18. Kitson J, Booth G, Day R. A biomechanical comparison of locking plate and locking nail implants used for fractures of the proximal humerus. J Shoulder Elbow Surg 2007;16:362-6.
  19. Füchtmeier B, May R, Hente R, Maghsudi M, Völk M, Hammer J, et al. Proximal humerus fractures: a comparative biomechanical analysis of intra and extramedullary implants. Arch Orthop Trauma Surg 2007;127:441-7.
  20. Young AA, Hughes JS. Locked intramedullary nailing for treatment of displaced proximal humerus fractures. Orthop Clin North Am 2008;39:417-28.
  21. Kazakos K, Lyras DN, Galanis V, Verettas D, Psillakis I, Chatzippapas Ch, et al. Internal fixation of proximal humerus fractures using the Polarus intramedullary nail. Arch Orthop Trauma Surg 2007;127:503-8.
  22. Lin J, Hou SM, Hang YS. Locked nailing for displaced surgical neck fractures of the humerus. J Trauma 1998;45:1051-7.
  23. Park JY, An JW, Oh JH. Open intramedullary nailing with tension band and locking sutures for proximal humeral fracture: hot air balloon technique. J Shoulder Elbow Surg 2006;15:594-601.
  24. Rajasekhar C, Ray PS, Bhamra MS. Fixation of proximal humeral fractures with the Polarus nail. J Shoulder Elbow Surg 2001;10:7-10.
  25. Sosef N, Stobbe I, Hogervorst M, Mommers L, Verbruggen J, van der Elst M, et al. The Polarus intramedullary nail for proximal humeral fractures: outcome in 28 patients followed for 1 year. Acta Orthop 2007;78:436-41.
  26. Fankhauser F, Boldin C, Schippinger G, Haunschmid C, Szyszkowitz R. A new locking plate for unstable fractures of the proximal humerus. Clin Orthop Relat Res 2005;176-81.
  27. Gaheer RS, Hawkins A. Fixation of 3- and 4-part proximal humerus fractures using the PHILOS plate: mid-term results. Orthopedics 2010;33:671.
  28. Parmaksizoğlu AS, Sökücü S, Ozkaya U, Kabukçuoğlu Y, Gül M. Locking plate fixation of three- and four-part proximal humeral fractures. Acta Orthop Traumatol Turc 2010;44:97-104.
  29. Thyagarajan DS, Haridas SJ, Jones D, Dent C, Evans R, Williams R. Functional outcome following proximal humeral interlocking system plating for displaced proximal humeral fractures. Int J Shoulder Surg 2009;3:57-62.
  30. Leonard M, Mokotedi L, Alao U, Glynn A, Dolan M, Fleming P. The use of locking plates in proximal humeral fractures: Comparison of outcome by patient age and fracture pattern. Int J Shoulder Surg 2009;3:85-9.
  31. 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.
  32. Röderer G, Erhardt J, Graf M, Kinzl L, Gebhard F. Clinical results for minimally invasive locked plating of proximal humerus fractures. J Orthop Trauma 2010;24:400-6.
  33. Li SM, Yang KJ, Huang J. Percutaneous plate fixation of three and four-part proximal humerus fractures in elderly patients. Zhongguo Gu Shang 2010;23:298-301. [Abstract]
  34. Gardner MJ, Griffith MH, Dines JS, Lorch DG. A minimally invasive approach for plate fixation of the proximal humerus. Bull Hosp Jt Dis 2004;62:18-23.
  35. Gardner MJ, Griffith MH, Dines JS, Briggs SM, Weiland AJ, Lorch DG. The extended anterolateral acromial approach allows minimally invasive access to the proximal humerus. Clin Orthop Relat Res 2005;123-9.
  36. Helmy N, Hintermann B. New trends in the treatment of proximal humerus fractures. Clin Orthop Relat Res 2006;442:100-8.
  37. Vallier HA. Treatment of proximal humerus fractures. J Orthop Trauma 2007;21:469-76.
  38. Gardner MJ, Weil Y, Barker JU, Kelly BT, Helfet DL, Lorch DG. The importance of medial support in locked

- plating of proximal humerus fractures. J Orthop Trauma 2007;21:185-91.
39. Matziolis D, Kaeae M, Zandi SS, Perka C, Greiner S. Surgical treatment of two-part fractures of the proximal humerus: comparison of fixed-angle plate osteosynthesis and Zifko nails. Injury 2010;41:1041-46.
40. Jöckel JA, Brunner A, Thormann S, Babst R. Elastic stabilisation of proximal humeral fractures with a new percutaneous angular stable fixation device (ButtonFix®): a preliminary report. Arch Orthop Trauma Surg 2010;130:1397-403.
41. Aschauer E, Resch H, Hübner C. Percutaneous osteosynthesis of humeral head fractures. Oper Orthop Traumatol 2007;19:276-93. [Abstract]