

T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
İZMİR ATATÜRK EĞİTİM ve ARAŞTIRMA HASTANESİ
1. ORTOPEDİ ve TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ

İNTRAMEDÜLLER ÇİVİLEME SONRASI GELİŞEN
HUMERUS ŞAFT NONUNIONLARINDA
İNTRAMEDÜLLER ÇİVİ ÇIKARTILMADAN
İLİZAROV EKSTERNAL FİKSATÖR TEDAVİSİ

UZMANLIK TEZİ
Dr. Ulaş AKGÜN

İZMİR
2009

T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
İZMİR ATATÜRK EĞİTİM ve ARAŞTIRMA HASTANESİ
1. ORTOPEDİ ve TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ

İNTRAMEDÜLLER ÇİVİLEME SONRASI GELİŞEN
HUMERUS ŞAFT NONUNIONLARINDA
İNTRAMEDÜLLER ÇİVİ ÇIKARTILMADAN
İLİZAROV EKSTERNAL FİKSATÖR TEDAVİSİ

UZMANLIK TEZİ
Dr. Ulaş AKGÜN

TEZ DANIŞMANLARI
Op. Dr. Hasan KARAPINAR
Prof. Dr. Muhittin ŞENER

İZMİR
2009

İÇİNDEKİLER

İçindekiler	i
Şekil ve Tablo Listesi	ii
Özet ve Anahtar Kelimeler	iii
Summary and Keywords	iv
I. Giriş	1
II. Genel Bilgiler	3
A- Anatomi	3
B- Humerus Şaft Kırıkları	6
C- Humerus Nonunionları	10
D- Humerus Nonunionlarının Tedavisi	14
III. Materyal ve Metot	16
IV. Bulgular	19
V. Olgulardan Örnekler	21
VI. Tartışma	23
VIII. Kaynaklar	33

ŞEKİL LİSTESİ:

Şekil 1 : Humerus'un önden ve arkadan görünüşü

Şekil 2 : Kolun üst, orta ve alt bölümünün enine kesitsel görünümü

Şekil 3 : Humerus diafizine etki eden kasların oluşturduğu kırık şekilleri

Şekil 4 : İntramedüller çivi uygulamasında dar distal humerus metafizinin yol açtığı distraksiyon

Şekil 5: Hipertrofik nonunion tipleri

Şekil 6: Atrofik nonunion tipleri

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Constant Omuz Fonksiyonel Skorlama Tablosu

Tablo 2: Hastaların klinik verileri

ÖZET

Femur ve tibiaya kıyasla humerus şaft kırıklarında intramedüller çivileme sonrası nonunion görülme oranı daha sıktır. Bu durumda tercih edilen tedavi yöntemi intramedüller çivinin çıkartılması, açık redüksiyon, plak fiksasyonu ve otolog greftlemedir, ancak kırık hattını açmadan intramedüller çivi üzerinden İlizarov eksternal fiksator tekniği ile mükemmel sonuçlar bildiren sınırlı çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmada intramedüller çivi tedavisi sonrası nonunion gelişen humerus şaft kırıklarında çivi çıkarılmadan yapılan İlizarov eksternal fiksator tekniğinin tedavi sonuçlarının klinik, radyolojik ve fonksiyonel olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Humerus şaft kırığı nedeniyle intramedüller çivileme yapılmış ve aseptik nonunion gelişen yedi hasta çivi çıkarılmadan İlizarov eksternal fiksator ile tedavi edildi. Ortalama takip süresi 22 aydı. Tüm hastalarda klinik ve radyolojik kaynama ortalama 112 günde gerçekleşti. Son kontrollerde ölçülen ortalama Constant skoru 78 idi. Hiçbir hastada derin enfeksiyon gelişmedi. 5 hastada yüzeysel tel dibi enfeksiyonu gelişti ancak oral antibiyoterapi ve lokal tel dibi bakımı ile iyileşti. Hiçbir hastada nörovasküler komplikasyonla karşılaşılmadı.

Intramedüller çivileme sonrası başarısız humerus şaft kaynamalarının tedavisinde çivi çıkarılmadan yapılacak olan İlizarov eksternal fiksator tekniği seçilmiş vakalarda uygulanabilecek alternatif ve etkin bir yöntemdir.

Anahtar Kelimeler : Humerus şaft nonunionu, intramedüller çivi, İlizarov eksternal fiksatorü

SUMMARY

The nonunion rate following intramedullary nailing of the humeral shaft fractures is higher than the tibial and femoral ones. Plate fixation and bone grafting with the nail removal is the preferred treatment method in this condition but excellent results of Ilizarov external fixation technique over intramedullary nail without opening the fracture site has been reported in limited studies. The aim of this study is to evaluate the clinical, radiologic and functional results of nail retention and Ilizarov external fixation technique in treating humerus shaft nonunions following previous intramedullary nailing.

Seven patients with aseptic humeral shaft nonunion after intramedullary nailing were treated with Ilizarov external fixation without nail removal. The average follow-up time is 22 months. All patients had a clinical and radiological union after 122 day mean time. The follow-up average Constant score was 78. None of the patients developed a deep infection. There was a superficial pin tract infection in five patients but it was managed by oral antibiotic therapy and local pin care. There was no neurovascular complication in any patient.

The augmentative Ilizarov external fixation after failure of humeral shaft union following intramedullary nailing may be an alternative and effective method in selected patients.

Keywords : Humerus shaft nonunion, intramedullar nailing, Ilizarov external fixator

I. GİRİŞ

Tüm kırıkların % 3-5 'ini humerus shaft kırıkları oluşturmaktadır.^[1] Bu kırıklarda genellikle fonksiyonel breys, hanging cast ve U ateli gibi konservatif tedavi yöntemleri ile % 90-95 oranında başarılı bir şekilde kaynama elde edilebilir.^[2]

Humerus shaft kırıklarının cerrahi tedavi seçenekleri arasında plak vida tespiti, fleksibl ve kilitli intramedüller çivi tespiti ve eksternal tespit yöntemleri yer alır.^[3]

Literatürde plak vida tespiti sonrası % 5-15 civarında, fleksibl intramedüller çivi tespiti sonrasında % 8-15 civarında, kilitli intramedüller çivi tespiti sonrasında % 29'a varan oranlarda kaynamama bildirilmiştir.^[4-6]

Uzun kemik kırıklarının tedavisi için geliştirilmiş olan kilitli intramedüller tespit yöntemi femur ve tibiaya kıyasla humerus shaft kırıklarında daha başarısızdır.^[5] Başarısızlığın mekanik nedenleri olarak en sık distal kilitleme vidalarının gevşemesine ikincil olarak rotasyonel stabilitenin bozulması, yerçekiminin distraktif etkisi ile kırık hattına yeterli kompresyon sağlanamaması ve kırık fragmanları arasında boşluk oluşması gösterilmektedir.^[6]

Kilitli intramedüller çivi sonrası gelişen humerus nonunionlarında intramedüller çivinin değiştirilmesi ameliyatı femur ve tibiada olduğu kadar başarılı sonuçlar vermemektedir. Çivi değiştirme sonrası kaynama sağlama oranı % 40-50 civarındadır.^[7-8]

Kilitli intramedüller çivi sonrası gelişen humerus nonunionlarının kabul gören tedavi şekli; kompresyon plağı ile tespit ve otojen kemik greftleme ile kırık hattının greftlenmesidir.^[9-10] Ancak bu yöntem geniş yumuşak doku açılımı gerektirmekte, enfeksiyon gelişme riski, potansiyel radial sinir hasarı riski taşımakta ve greft donör sahasında morbiditeye yol açmaktadır. Ayrıca intramedüller çivi sonrası gelişen kortikal incelme, önceki ameliyata ikincil gelişen skarlaşmalar ve kullanmamaya bağlı gelişen osteoporoz plak vida tespiti ile başarı şansını düşüren nedenlerdir.^[11-13]

Uzun kemiklerde intramedüller çivileme sonrası gelişen nonunionların tedavisinde alternatif bir yöntem olarak kırık hattını açmadan intramedüller çivi üzerinden İlizarov eksternal fiksator tekniği ile mükemmel sonuçlar bildiren sınırlı çalışmalar mevcuttur. Bu teknikte intramedüller çivinin medüller kanalda kalması

fragmanların aligmenti korumakta ve eksternal fiksatorün stabilitesine katkı sağlamaktadır. Nonunionun tipine göre İlizarov eksternal fiksatorü ile nonunion bölgesine yapılabilen kompresyon ya da dönüşümlü kompresyon - distraksiyon kırık iyileşmesini uyarmaktadır. Greft kullanılmaması, osteoporotik kemiklerde ve kemik defekti olan olgularda da kullanılabilmesi tekniğin diğer avantajlarıdır.^[11,14-15]

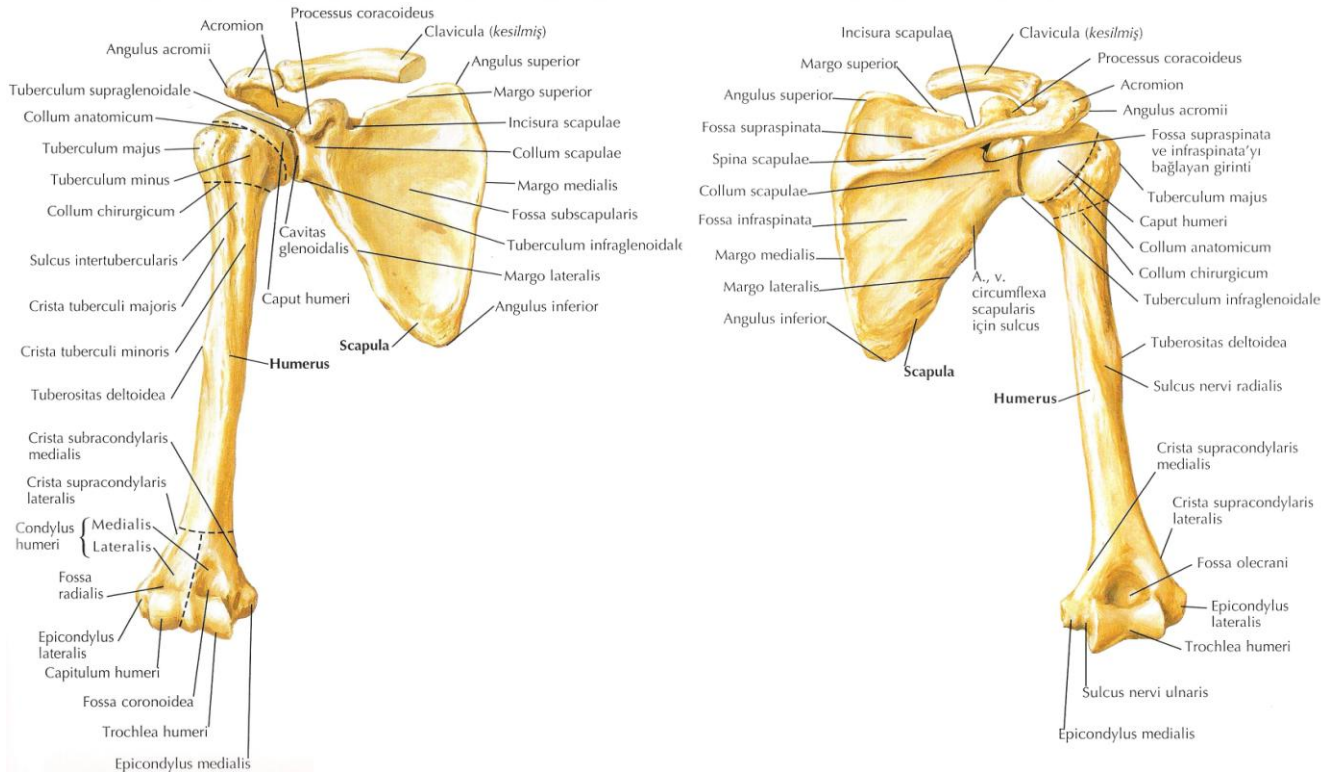
Bu çalışmada intramedüller çivi tedavisi sonrası nonunion gelişen humerus shaft kırıklarında çivi çıkarılmadan yapılan İlizarov eksternal fiksator tekniğinin tedavi sonuçlarının klinik, radyolojik ve fonksiyonel olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.



II. GENEL BİLGİLER

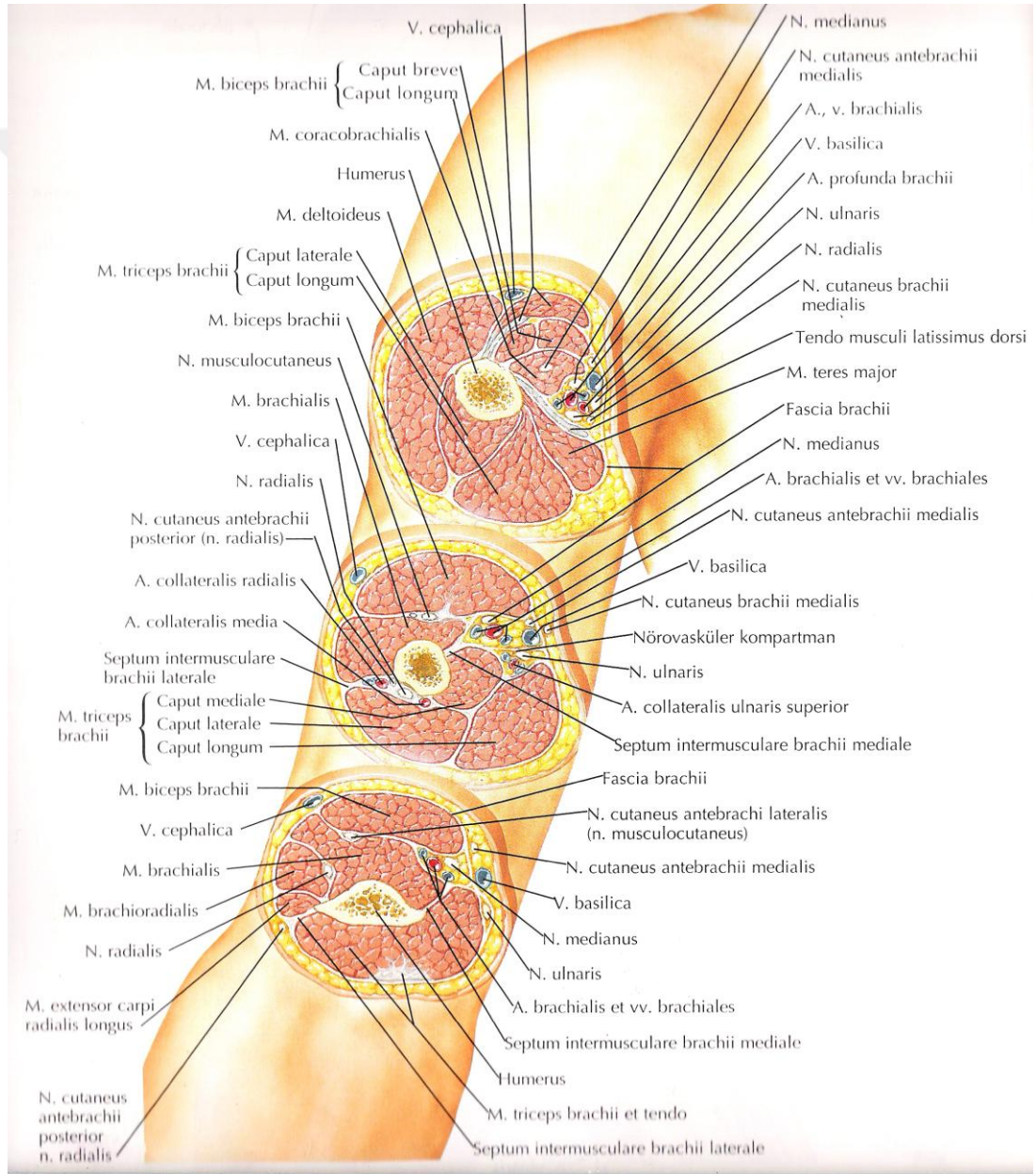
A. ANATOMİ

Humerus shaft nonunionlarının uygun tedavisi için kol anatomisinin bilinmesi önem taşımaktadır. Anatomik olarak humerus diafizi, proksimalde pektoralis major kasının insersiyosunun üst sınırı ile distalde suprakondiler sırt arasındaki humerus kısmıdır. Enine kesitte cismin üst yarısı silindirik olup, distale doğru ön-arka yüzde düzleşmeye başlar. Üç kenarı ve üç yüzü vardır. Ön kenarı yukarıda tuberkülüm majusun önünden başlayıp aşağıda fossa koronoideaya uzanır. Medial kenarı tuberkülüm minusun kristasından başlayıp medial suprakondiler sırtta sonlanır. Lateral kenar tuberkülüm majusun arkasından başlayıp lateral suprakondiler sırtta sonlanır. Humerus diafizi orta ve distal 1/3'ün birleşim yerinde bir isthmus oluşur. Fakat endosteal kanalın suprakondiler bölgede oblitere olduğu yere kadar hemen hemen sabit çap ile devam eder. Anterolateral yüzde deltoid kasının insersiyon yeri olan tuberositas deltoidea, bunun da distalinde radial sinir ve brakial arterin derin dalının geçtiği radial oluk vardır. Anteromedial yüzey intertübüküler oluğun tabanını oluşturur. Posterior yüzde triseps kasının orijini bulunmaktadır ve spiral oluğu içerir. (Şekil 1)



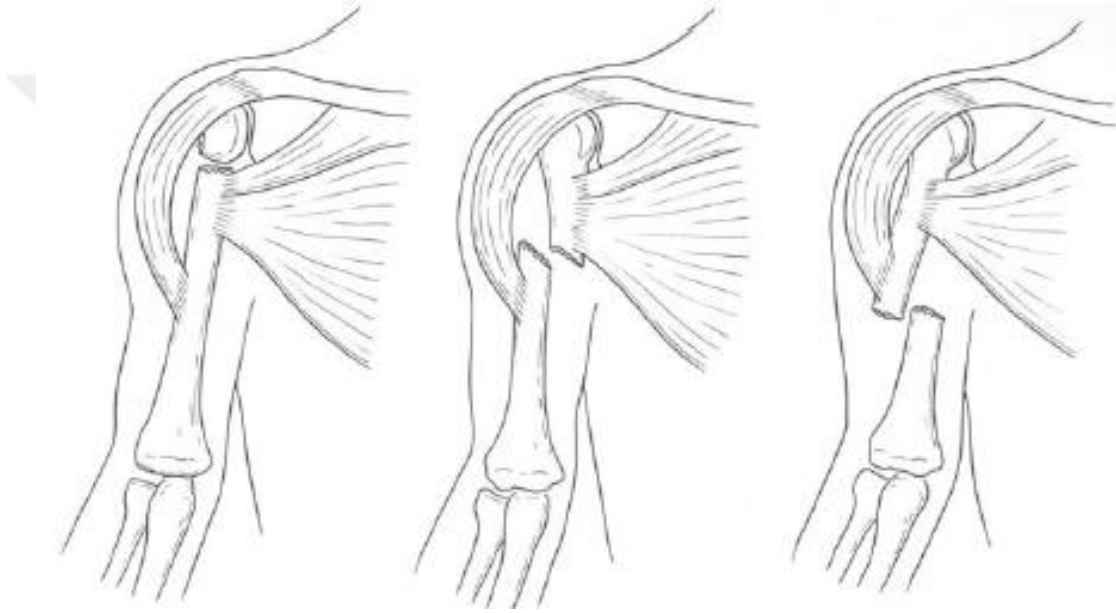
Şekil 1 : Humerus'un önden ve arkadan görünüşü ^[17]

Kolu anterior ve posterior kompartmanlara bölen medial ve lateral intermusküler septalar vardır. Biceps braki, korakobrakialis ve brakialis antikus kasları anterior kompartmanda yer alırlar. Damar-sinir yapıları biceps braki kasının medial kenarında seyrederek, bu yapıları brakial arter ve ven; median, ulnar ve muskulokutanöz sinirler oluşturur. Posterior kompartmanda triseps braki kası ve radial sinir bulunur. Radial sinir orta-distal 1/3 birleşim yerinde lateral intermusküler septayı delerek anterior kompartmana geçer. (Şekil 2)



Şekil 2 : Kolun üst, orta ve alt bölümünün enine kesitsel görünümü ^[17]

Humerus diafizine değişik seviyelerdeki kas kuvvetlerinin etkileri humerus diafız kırıklarından sonra farklı yer değiştirme paternleri oluşur. Pektoralis kasının üst seviyesindeki bir kırıkta rotator kafın etkisine bağlı olarak, proksimal fragman abduksiyon ve iç rotasyonda bulunur. Eğer kırık deltoid kası insersiyosunun üstünde ise distal fragman deltoid kasının, çekme gücü ile laterale çekilirken proksimal fragman pektoralis major, latissimus dorsi, teres major kaslarının çekme gücü ile mediale çekilir. Kırık hattı deltoid kasının altında ise, proksimal fragman dışa ve öne çekilecek, distal fragman ise yukarı doğru çekilecektir. (şekil 3)



şekil 3 : Humerus diafizine etki eden kasların oluştuduğu kırık şekilleri ^[18]

B. HUMERUS ŞAFT KIRIKLARI

Humerus şaft kırıkları tüm kırıkların %3-5 'ini oluşturur. Epidemiyolojik çalışmalar humerus kırıklarının bimodal yaş dağılımı gösterdiğini; 3. dekatta ve 7. dekatta iki kere pik yaptığını göstermiştir. Gençlerde görülen humerus şaft kırıkları yüksek enerjili travmalarla ve daha çok erkeklerde, yaşlılarda görülenler ise daha düşük travmalarla ve daha çok kadınlarda oluşmaktadır.^[16]

Humerus şaft kırıklarının karakterini belirleyen faktörler travmanın şiddeti ve şeklidir. Yaşlı insanlarda kırık daha düşük enerjili travmayla oluştuğundan, genellikle daha az parçalı kırık şeklinde görülürler. Saf kompresyon kuvvetleri humerusun her iki ucunu etkileyerek proksimal veya distal humerus kırıklarına yol açabilirler, fakat diafizi etkilemezler. Bununla beraber, bir bükme kuvveti diafizde transvers bir kırığa ve torsiyonel bir kuvvet de spiral bir kırığa neden olabilir. Bükme ve torsiyonel kuvvetlerin bir arada etki ettiği durumlarda ise, genellikle kelebek fragmanı da olan oblik bir kırığa sebep olur.

Humerus şaft kırıkları değişik faktörler esas alınarak sınıflandırılabilir. Dış çevre ile ilişkisine göre açık veya kapalı olarak, kırık lokalizasyonuna göre proksimal, orta, distal olarak, kırık hattının yönü ve şekline göre transvers, oblik, spiral, segmenter, parçalı olarak, kemiğin intrinsik durumuna göre normal veya patolojik olarak sınıflandırılabilir.

Humerus kırıklarının tedavisi konservatif veya cerrahi olarak yapılabilir. Konservatif tedavide Sarmiento'nun önerdiği omuz ve dirsek eklem hareketine izin veren fonksiyonel breys veya U-ateli benzeri splitler uygulanabilir. Omuz ve dirseğin geniş hareket açıklığı nedeniyle tam anatomik olmayan kaynama olsa dahi genellikle fonksiyonel ve kozmetik açıdan sorun oluşturmaz. Humerus iyi bir kas ve yumuşak doku örtüsüne sahip olduğundan genelde kanlanma problemi olmaz ve yük taşımayan bir kemik olduğundan splint içinde redüksiyon korunabilir. Konservatif tedavi ile % 90-95 oranlarında başarılı sonuçlar bildirilmiştir.^[19]

Birçok humerus kırığı konservatif yöntemlerle tedavi edilebilirse de bazı durumlarda cerrahi tedavi gerekir. Cerrahi tedavi endikasyonları kırığa bağlı durumlar, birlikte olan yaralanmalar ve hastaya bağlı durumlar olarak üç ana başlıkta incelenebilir.^[1]

Kırığa Bağlı Durumlar

- Uygun pozisyonunda kapalı redüksiyon elde edememek
 - > 3 cm kısalık
 - > 30° rotasyon
 - > 20° angulasyon
- Segmental kırıklar
- Patolojik kırıklar
- Eklem içi uzanan kırıklar

Birlikte olan Yaralanmalar

- Açık kırıklar
- Vasküler yaralanma
- Brakial pleksus yaralanması
- Kapalı redüksiyon sonrası gelişen sinir hasarı
- İpsilateral önkol, omuz, dirsek bölgesinde kırık
- Bilateral humerus kırığı
- Yanıklar
- Ateşli silah yaralanması ile oluşan kırıklar
- Komşu eklemlerde kronik eklem kontraktürü

Hastaya Bağlı Durumlar

- Politravma
- Kafa travması (Glasgow Koma Skalası < 8)
- Göğüs travması
- Konservatif tedaviye kötü hasta uyumu
- Morbid obezite

Cerrahi tedavi seçenekleri arasında plak vida tespiti, intramedüller çivi tespiti ve eksternal tespit yer alır.

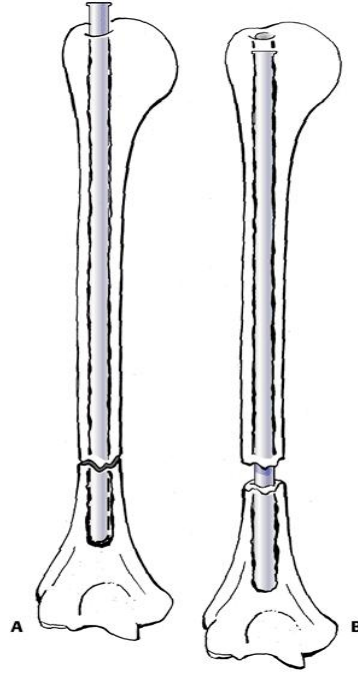
Plak vida tespiti ile rotator kaf hasarı oluşturmada kırığın anatomik redüksiyonu ve stabil fiksasyonu sağlanabilir. Avantajları radial sinirin eksplere etme olanağı bulunması, proksimale ve distale uzanan kırıklara da uygulanabilmesi, ortopedik cerrahlar tarafından bilindik bir yöntem olması ve erken harekete izin vererek komşu eklemlerde kontraktür riskinin az olmasıdır. Kırığın yerine göre

anterolateral veya posterior yaklaşımlar kullanılabilir Genellikle tercih edilen plak, geniş 4.5 mm dinamik kompresyon plağıdır.. Proksimal ve distal uçlara yakın kırıklarda rekonstrüksiyon plakları veya Y, T plakları tercih edilebilir. Geniş serilerde kaynama sağlama oranı % 92-98 olarak bildirilmektedir. Plak vida tespitinin dezavantajları geniş yumuşak doku açılımı gerektirmesi ve iatrojenik radial sinir hasarı riski olması ve yumuşak doku örtüsünün bozulduğu kırıklarda uygulandığında yüksek enfeksiyon riski taşımasıdır. Plak vida tespiti sonrası radial sinir hasarı % 2-5, kapalı kırıklarda % 1-2 ve açık kırıklarda % 2-5 oranında enfeksiyon ve % 1 refraktür bildirilmektedir.^[20-22]

İntramedüller çivi tespitinin mekanik olarak plaklar ve eksternal fiksatörlere çeşitli üstünlükleri vardır. İntramedüller kanal plağın uygulandığı dış yüzeye göre mekanik aksa daha yakın olduğundan, intramedüller çiviler daha az eğilme kuvvetlerine maruz kalırlar. Kortikal kontakt sayesinde yük dağılımında etkili olurlar. Diafiz kırıklarında spontan redüksiyon sağlarlar. Diğer cerrahi metotlara göre biyolojik avantajları da vardır. Plak uygulamasında olduğu gibi aşırı açılıma gerek yoktur. Skopi altında kapalı yöntemle konulabilir. Bu kapalı yöntemler ile enfeksiyon riski düşürülür, kaynama hızı artar ve yumuşak doku skarı minimaldir.

Ancak intramedüller çivilerin bu teorik avantajları humerusta bazı özel nedenlerden ötürü pratikte femur ve tibia da olduğu kadar başarıya ulaşamamaktadır. Humerus alt ekstremite gibi aksiyel yüklere maruz kalmamakta, aksine yerçekiminin etkisi ile distraktif güçlere maruz kalmaktadır. Humerusun distal metafizi femur ve tibia aksine dardır ve bu da distraksiyona ve fragmanlar arasında boşluk oluşmasına neden olabilir. (Şekil 4) Humerus meduller kanalı dar olan bireylerde intramedüller çivileme teknik olarak zordur ve aşırı rimerizasyon gerekebilir. Bu da ısı nekrozuna veya kırık hattında parçalanmaya yol açabilir.^[6]

Humerusta intramedüller çivi ile ilgili en önemli problem omuzda giriş yerinde postoperatif yaşanan morbiditedir. Humerus kırıklarında intramedüller çivi ile plak vida tespitini kıyaslayan çalışmalarda kaynama oranlarının benzer olduğu ancak intramedüller çivi ile tedavi edilenlerde omuzda ağrı, hareket kısıtlılığı gibi problemlerin çok daha sık görüldüğü bildirilmiştir. Radial sinir hasarı, dirsek eklem kontraktürü, enfeksiyon oranları arasında genellikle istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı bildirilmektedir.^[23-25]



Şekil 4 : İntramedüller çivi uygulamasında dar distal humerus metafizinin yol açtığı distraksiyon

Humerus şaft kırıklarında primer eksternal fiksasyon endikasyonlarının açık kırıklar, enfekte kırıklar, plak vida veya intramedüller çivi yapılamadığı durumlar ile sınırlandırılması önerilmektedir. Yapılan çalışmalarda eksternal fiksasyonun internal tespit yöntemlerine göre daha yüksek oranlarda çivi dibi enfeksiyonu, nonunion ve malunion bildirilmiştir. [26-27]

C. HUMERUS NONUNIONLARI

Nonunionlar ortopedik cerrahiyi en çok uğraştıran kırık komplikasyonlarından biridir. Kırığın yerleşimine ve tipine göre ortalama beklenen sürede kırıkta iyileşme belirtilerinin saptanamamasına kaynama gecikmesi, iyileşmenin hiç meydana gelmemesine kaynamama yani nonunion denir. Nonunionlar genel olarak kırık iyileşmesi için gerekli olan mekanik ve biyolojik faktörlerin yetersizliği sonucu meydana gelir.

Genel olarak kırık üzerinden 12-16 hafta geçmesine rağmen kaynama bulgusu olmaması gecikmiş kaynama, 24-32 hafta geçmesine rağmen kaynama olmaması nonunion olarak tanımlanır.^[28]

Humerus kırıklarından sonra konservatif yöntemlerle % 2-10 arasında, cerrahi yöntemlerle % 10 - 15 arasında nonunion oranları bildirilmektedir.^[9,28]

Humerus nonunionlarının en belirgin bulgusu fonksiyon kaybıdır. Humerus nonunionları alt ekstremitelerde oluşan nonunionlar kadar ağırlı olmayabilir ancak mekanik stabilitedeki yetersizliğe bağlı olarak tekrarlayıcı hareketlerde, direnç gerektiren hareketlerde ve ağır taşımada güçlük yaşanır. Özellikle internal stabilitesi olmayan nonunionlarda sallanan bir kol kişisel hijyenin ve giyinme, yüz yıkama gibi basit günlük aktivitelerin yapılmasını engeller.^[9]

Humerus kırıklarından sonra nonunion gelişinde rol oynayan faktörler şunlardır;^[29]

- Transvers kırık şekli.
- Fragmanlar arasında gap olması
 - Yumuşak doku interpozisyonu
 - Traksiyona ve implanta bağlı olarak fragmanların distrakte olması
 - Malpozisyon, fragmanların deplase olması
 - Fragmanlar arasında kemik kaybının olması
- Kırılan kemiğin dolaşımının bozulması
 - Açık kırıklar
 - Nutrisyen damarın travma veya tedaviye bağlı olarak yaralanması
 - Periost ve çevre yumuşak dokuların aşırı zarar görmesi
 - Cerrahi tedavi esnasında periostun aşırı zedelenmesi
 - Kırıkta serbest, avasküler fragman olması

- Kırığın çok parçalı olması
- Enfeksiyon varlığı
- Patolojik kırıklar
- Hastaya bağlı faktörler
 - Yaşın ileri olması
 - Beslenmenin yetersiz olması
 - Sigara kullanımı
 - Diabetes mellitus
 - Alkol kullanımı
 - Anti-inflamatuvar ilaç kullanımı
 - Radyasyona maruz kalma
 - Komşu eklemlerde kronik katılık varlığı

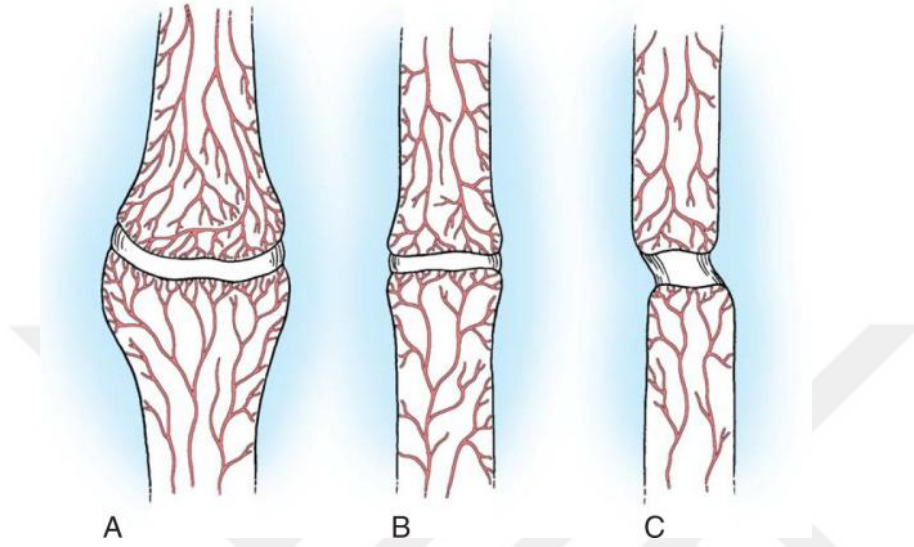
Kırık bölgesinde nonunion geliştikten sonra kırık iyileşme süreci tamamen durmuştur. Klinik ve patoanatomik olarak nonunion gelişen kırıklar eğer tedavi edilmezlerse bir bölümünde, kırık uçların yüzeylerinde fibrokartilajinöz bir doku, sinovyal bir zar ve arada müsinoz jelâtinimsi bir sıvı meydana gelebilir. Kırık uçlarında gelişen kırık doku sert fibröz bir doku ile çevrelenir. Bu doku, adeta bir kapsüle benzediğinden psödokapsül olarak adlandırılır. Buradaki psödokapsül eğer eksize edilirse içeride oluşan transüda karakterindeki eklem sıvısı drene olur. Kırık uçlarını da kaplayan bu doku zamanla remodele olur ve yalancı bir eklem oluşur. Genel olarak nonunionlarda kemik uçları sklerotik bir hal alır, uçlar yuvarlaklaşır. Kemik uçları remodele olarak birbirine adaptasyon gösterebilir. Kemik iliği fibröz doku ile doludur ve medulla tıkalıdır.^[30]

Klasik olarak nonunionlar Weber ve Cech'in yaptığı sınıflama ile kırık uçlarının viabilitesine ve röntgende kallus dokusunun varlığına göre hipertrofik ve atrofik olmak üzere iki ana gruba ayrılır.^[31]

Hipertrofik Nonunionlar

Hipertrofik nonunionlara vital nonunionlar da denir. Yapılan sintigrafik çalışmalarda fragmanların uçlarında kan akımının artmış olarak saptandığı, biyolojik reaksiyonun yeterli olduğu, fakat mekanik stabilitenin yetersizliğine bağlı olarak, bol kallus dokusunun görüldüğü nonunion tipidir. Hipertrofik nonunionda stabilite

artırılsa kaynama elde edilebilir. Hipertrofik nonunionda biyolojik olarak iyileşme potansiyeli mevcuttur. Sintigrafik olarak yapılan çalışmalarda fragmanların uçlarında tutulum artmış, fakat nonunion sahasında tutulum mevcut olmayıp, soğuk görüntü verir.^[32] Hipertrofik nonunionlar üç gruba ayrılır. (Şekil 5)



Şekil 5: Hipertrofik nonunion tipleri ^[33]

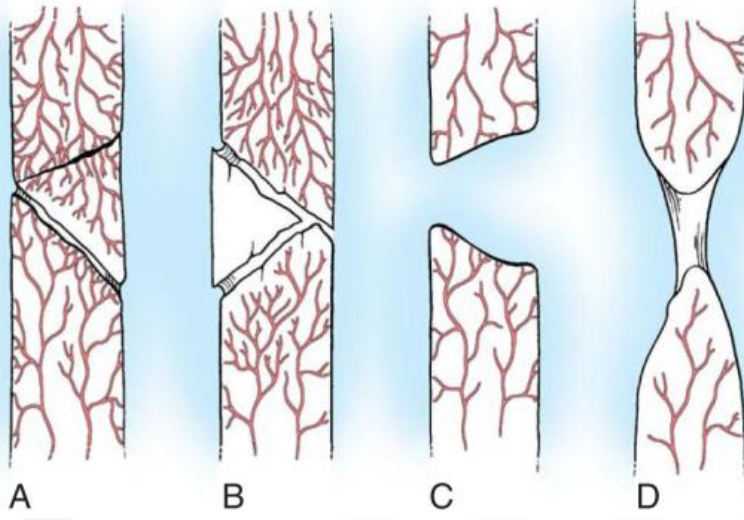
a) Fil ayağı nonunion: Yetersiz tespit ve erken yük vermeye bağlı olarak gelişen kırık uçlarının canlı ve kallus dokusundan zengin olduğu tiptir.

b) At ayağı nonunion: Kırık uçları arasında bir miktar kallus dokusu vardır. Bir miktarda skleroz mevcuttur. Burada oluşan kallus dokusu kırığın kaynaması için yetersizdir. Tipik olarak plak vida ile yapılan stabil olmayan osteosentezlerden sonra görülür.

c) Oligotrofik nonunion: Bu tip nonunionda fragmanların uçları hipertrofik değildir. Kallus dokusunda gözlenmez. Kırık uçlarının aşırı deplase olması, distrakte olması ve tam redüksiyon sağlanmadan yapılan internal fiksasyon sonucu meydana gelir.

Atrofik Nonunionlar

Atrofik nonunionlara non-vital nonunionlar da denir. Yapılan sintigrafik çalışmalarda kırık uçlarında tutulumun zayıf olduğu, röntgende kallus dokusunun görülmediği ve biyolojik reaksiyonun yetersiz olduğu nonunion tipidir. Atrofik nonunionlar dört gruba ayrılır. (Şekil 6)



Şekil 6: Atrofik nonunion tipleri ^[33]

a) Torsiyon kama tipi nonunion: Kan akımının azalmış veya hiç olmadığı ara fragmanın bulunduğu tipdir. Buradaki ara fragman, ana fragmanlardan birisi ile kaynamış, fakat diğeri ile kaynamamıştır. Kaynayan kısımda revaskülarizasyon vardır. Diğer tarafta ise arada fibröz bir doku vardır.

b) Parçalı nonunion: Nekrotik fragmanın bir veya daha fazla olduğu, röntgende kallus dokusunun görülmediği nonunion tipidir. Bu tip nonunion taze kırıkların stabilizasyonunda kullanılan plakların kırılması sonucu meydana gelir.

c) Defekt nonunion: Kemikte diafizinin bir kısmının olmadığı, fragmanlar arasında defektin olduğu nonunionudur. Burada kırık uçları canlıdır fakat defektin kallusla kapanması imkansızdır. Zamanla canlı olan kırık uçları atrofik hal alır. Bu tip nonunion açık kırık sonrası kemik kaybına bağlı, osteomyelit sekestrasyonu sonucu ve tümör rezeksiyonlarından sonra görülür.

d) Atrofik nonunion: Bu nonunion ara fragmanın kaybolduğu ve defektin osteojenik potansiyeli olmayan skar dokusuna dönüşümü ile karakterizedir. Burada kırık uçları osteoporotik ve atrofik bir hal alır.

D. HUMERUS NONUNIONLARININ TEDAVİSİ

Humerus nonunionlarının tedavisinde amaç kaynamanın elde edilmesidir. Tedaviye başlamadan önce ayrıntılı anamnez alınmalı ve dikkatli muayene yapılmalıdır. Kırık oluş mekanizması ve açık kırık olup olmadığı öğrenilmelidir. Enfeksiyon varlığı tedavi şeklini değiştireceğinden drene sinüs olup olmadığı, olağan dışı bir eritem ve endurasyon varlığı kontrol edilmeli, aksiler lenf nodu muayenesi yapılmalı ve yavaş seyirli enfeksiyon varlığını araştırmak için laboratuvar tetkikleri (beyaz küre sayısı, sedimentasyon ve C-reaktif protein düzeyi) istenmelidir. Tedavi başlamadan önce nutrisyonel yetersizlik varsa düzeltilmeli ve hasta sigara bağımlısı ise sigara bıraktırılmalıdır.^[9]

Komşu eklemleri içine alacak şekilde orthogonal X-Ray'ler çekilmeli ve mümkünse hastanın geçirmiş olduğu tedavi öncesi ve sonrası filmler değerlendirilmelidir. Kırık fragmanları arasında boşluk olan, kemik kaybı olan ve implant yetmezliği olan vakalarda tanı koymak kolaydır ancak bazı vakalarda tanıyı desteklemek için bilgisayarlı tomografi, kemik sintigrafisi tetkikleri gerekebilir. Enfeksiyon varlığından şüphelenilen olgularda beyaz küre işaretli sintigrafi ve MR tetkikleri yapılabilir.^[34]

Tedavi öncesi değerlendirme süreci sonunda nonunionun tipi, enfeksiyon olup olmadığı ve nonunionun oluşma nedeni anlaşılmalı ve problemi çözecek şekilde tedavi planlanmalıdır.

Humerus nonunionları çoğunlukla cerrahi tedavi edilirler. Ancak anestezi alamayacak derecede komorbid hastalıkları olan yaşlı hastalara veya ileri derecede osteoporozu bulunan hastalara Sarmiento tipi hafif bir breys kabul edilebilir derecede fonksiyon yapacak stabiliteyi sağlar.^[9]

Literatürde humerus nonunionlarının cerrahi tedavisi için birçok yöntem önerilmektedir. Ancak her hastaya ve her nonuniona uyan tek bir yöntem yoktur. Her yöntemin bazı avantajları ve dezavantajları olduğu bilinmeli ve problem odaklı bir cerrahi tedavi şekli belirlenmelidir.

Humerus nonunionlarının cerrahi tedavisine başvurulduğunda birçok olguda birden fazla girişim gerekebilmektedir. Ameliyat sayısının artması ile başarı şansı azalmakta ve komplikasyon oranı artmaktadır.^[2]

Hipertrofik nonunionlarda ana problem mekanik stabilite yetersizliğidir. Kallus oluşumu mevcuttur, çevre dokular sağlıklıdır ve kanlanma problemi yoktur ancak stabilite yetersizliği nedeniyle kallus dokusu maturasyonu ve kırık iyileşmesi sekteye uğramıştır.

Hipertrofik nonunionlarda cerrahi tedavi seçenekleri arasında açık redüksiyon ve dinamik kompresyon plağı ile tespit, rimerize intramedüller çivileme, unilateral veya sirküler eksternal tespit yer alır. Kırık hattına yeterli stabilite ve kompresyon sağlanırsa kemik greftine ihtiyaç yoktur.^[34]

Atrofik nonunionların sebebi ise daha çok biyolojiktir. Kırık hematomunun kallus dokusuna transformasyonu başarılamaz. İleri derecede instabilite, şiddetli yumuşak doku hasarı ve enfeksiyon atrofik nonuniona zemin hazırlar. Kemik defekti olan olgularda kompresyon her zaman sağlanamayabilir. 2-3 cm kadar defektler ek bir girişim gerektirmeden komprese edilebilir ancak daha büyük defektlerde vaskularize kemik grefti, trikortikal greft veya kemik transportu gibi girişimlere gerek vardır. Atrofik nonunionlarda kullanılacak implantın dayanıklılığı tedavi süreci uzun olabileceğinden dolayı önemlidir. Yeterli derece stabil olmayan bir fiksasyon başarısızlığa mahkumdur. Açık cerrahi yapılan olgularda kemik grefti kullanılması önerilmektedir.^[9]

Atrofik nonunionlarda cerrahi tedavi seçenekleri arasında dalga plağı ile tespit, rimerize intramedüller çivileme, dinamik kompresyon plağı ile tespit, unilateral ve sirküler eksternal tespit yer alır.

Enfekte humerus nonunionlarının tedavisi çok zahmetli ve zaman alıcıdır. Literatürde enfekte humerus nonunionları için standart bir tedavi için görüş birliği yoktur. Kemik debridmanı ve sonrasında plak veya intramedüller çivi ile tespit, sirküler fiksator ile akut kısaltma veya distraksiyon osteogenezisi, geçici monolateral eksternal fiksasyon ve aşamalı plak veya intramedüller çivi ile fiksasyon ve greftleme öneren yayınlar mevcuttur.^[12,35-36]

III. MATERİYAL ve METOT

İzmir Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde Ocak 2004 ile Mayıs 2008 tarihleri arasında humerus şaft kırığı nedeniyle başka merkezlerde intramedüller çivi tespiti ile ameliyat edilmiş ve nonunion gelişen 7 hasta çivi çıkartılmadan İlizarov eksternal fiksatorü ile tedavi edildi ve hastalar ile ilgili veriler retrospektif olarak incelendi.

Hastaların 4'ü (%57) kadın ve 3'ü (%43) erkekti. Hastaların yaş ortalaması 47.3 (32 - 62) idi.

Nonunion tanısı radyolojik olarak iyileşmeyi gösterir ilerleyici radyolojik bulgu olmaması ve kırık hattında ağrı varlığı ile konuldu. Hastaların kırık oluştuktan İlizarov eksternal fiksatorü uygulanması kadar geçen ortalama süre 12,2 ay (8 -21 ay) idi. Hastalar daha önce ortalama 2,2 (1 - 4) cerrahi müdahale geçirmişti.

Nonunionlar cerrahi öncesi radyolojik olarak Weber ve Cech'in tarif ettiği şekilde sınıflandırıldılar.^[31] Nonunionların 2'si (%28,5) hipertrofik, 3'ü (%43) oligotrofik ve 2'si (%28,5) atrofik idi.

Hiçbir hastada aktif veya geçirilmiş enfeksiyon mevcut değildi. Hiçbir hastada radial sinir arazı yoktu.

Cerrahi Teknik ve Takip :

Cerrahi öncesi hastalara profilaktik olarak 1 doz intravenöz birinci kuşak sefalosporin verildi.

Bütün hastalara uygulanan cerrahi yöntem İlizarov eksternal fiksatorü konusunda deneyimli tek bir cerrah tarafından uygulandı.

Cerrahi yöntem kırık hattı açılmadan uygulandı. Eksternal fiksator yerleştirilmeden önce ilk olarak distaldeki kilitleme vidaları ameliyat sonrası kırık fragmanlarını aksiyel yönde hareket ettirebilmek amacıyla çıkarıldı.

Intramedüller çivi medüller kanalda bırakıldığından koronal ve sagittal plandaki deforme edici güçlere karşı eksternal fiksatöre destek olacağı göz önüne alınarak proksimalde ve distalde birer adet tam halkadan oluşan çerçeve kullanıldı. Sadece atrofik nonunionu olan bir hastada stabiliteyi artırmak amacıyla ek olarak proksimale humerus başı seviyesine bir adet 1/4 halka ve 1 adet yarım-pin kullanıldı.

Tam halkaların olduğu seviyelerden güvenli anatomik koridorlar kullanılarak iki ya da üç adet tel geçirildi ve teller halkalara koopere edildi. Tellerin tamamı intra-kortikal bölgeden geçirildi ve bu sayede intramedüller çivi ile teması engellenmiş oldu.

Cerrahi sonrası 5 gün profilaktik olarak oral 2. kuşak sefalosporin tedavisi verildi.

Ameliyat sonrası hipertrofik nonunion olan olgularda nonunion sahasına 0,5 mm/gün kompresyon uygulandı. Kırık uçların temasından sonra kompresyona 5 gün devam edilip kompresyon sonlandırıldı. Oligotrofik ve atrofik nonunionu olan olgularda ise kırık iyileşmesini uyarmak için sıklık olarak 0,5 mm/gün hızda kompresyon ve distraksiyon uygulandı ve radyolojik olarak kaynama elde edilene kadar devam edildi.

Ameliyat sonrası hastalara aktif ve pasif olarak tolere edilebildiği kadar omuz ve dirsek hareketler egzersizleri başlandı. Hastaların günlük aktivitelerine hiçbir kısıtlama getirilmedi. Hastalara ek olarak taburculuk sonrası uygulamaları için aktif ve pasif eklem hareket açıklığı egzersizleri ve izometrik kuvvetlendirme egzersiz programı verildi.

İlk bir ay haftalık takiplerle sonrasında iki haftalık aralarla hastalar poliklinik kontrolleri ile değerlendirildi. Her kontrolde antero-posterior ve lateral X-Ray'ler çekilerek kemik teması ve kırık iyileşmesi değerlendirildi.

Kaynama olduğuna radyolojik ve klinik bulgularla karar verildi. Radyolojik olarak antero-posterior ve lateral grafilerde en az 3 kortekste kemik köprüsü oluşması kaynama olarak kabul edildi. Radyolojik olarak kaynamış olarak değerlendirilen hastaların çerçeve çıkartılmadan önce eksternal fiksatorlerin rotaları çıkartılarak stabiliteleri kontrol edildi. Muayene sırasında ağrısı ve patolojik hareketi olmayan hastalar klinik olarak kaynamış kabul edildi ve anestezi altında telleri çıkartıldı.

İlizarov eksternal fiksatorü çıkartılan hastalara cerrahi sonrası herhangi bir breys verilmedi. İçeride bırakılan intramedüller çivinin yeterli mekanik desteği sağlayacağı düşünüldü.

En son takiplerde hastaların omuz fonksiyonunu değerlendirmek için Constant omuz fonksiyon skorlaması^[37] kullanıldı. (Tablo 1)

Tablo 1 : Constant Omuz Fonksiyonel Skorlama Tablosu

			PUAN
Ağrı 15		Şiddetli	0
		Orta	5
		Hafif	10
		Yok	15
Günlük yaşam aktivitesi 20	Aktivite düzeyi 10	İş kısıtlaması yok	4
		Hobi/spor yapabilme	4
		Rahat uyku	2
	Pozisyon 10	Bel üzerine	2
		Ksifoid üzerine	4
		Boyun üzerine	6
		Baş tepesine	8
		Baş üzerine	10
Hareket açıklığı 40	Fleksiyon 10	0-30 °	0
		31-60 °	2
		61-90 °	4
		91-120 °	6
		121-150 °	8
		151-180 °	10
	Abduksiyon 10	0-30 °	0
		31-60 °	2
		61-90 °	4
		91-120 °	6
		121-150 °	8
		151-180 °	10
	Dış rotasyon 10	Dirsek öndeyken el başın gerisinde	2
		Dirsek gerideyken el başın gerisinde	4
		Dirsek öndeyken el başın tepesinde	6
		Dirsek gerideyken el başın tepesinde	8
		Başın üzerinde tam elevasyon	10
	İç rotasyon 10	El sırtı uyluk lateralinde	0
		El sırtı kalçada	2
		El sırtı lumbosakral bölgede	4
		El sırtı belde	6
		El sırtı T12 seviyesinde	8
		El sırtı skapulalar arasında	10
Kuvvet 25	90° abduksiyonda numerik kuvvet	25 pound = 25 puan (1 pound = 454 gram)	
TOPLAM PUAN			

IV. BULGULAR

Humerus nonunionlu yedi hastanın hepsinde kaynama sağlandı. İlizarov eksternal fiksatorü ile tedavi süresi ortalama 112 (98 - 126) gündü. Ortalama takip süresi 22 (11 - 64) aydı.

Cerrahi süresi ortalama 32 (25 - 40) dakika idi. Cerrahi sonrası ortalama 2. günde hastaların taburculukları yapıldı.

Tedavi sonrası hiçbir hastada aligment ve fark edilebilen rotasyon kusuru oluşmadı.

Hiçbir hastada tedavi süresince ve tedavi sonrasında derin enfeksiyon gelişmedi. Beş hastada yüzeysel tel dibi enfeksiyonu gelişti ancak tamamı oral antibiyoterapi ve lokal bakım ile iyileşti.

Hiçbir hastada nörovasküler komplikasyonla karşılaşılmadı. Hastaların hiçbirinde eksternal fiksator nedeniyle psikolojik problem yaşanmadı.

Hastaların takip sonrası ortalama Constant skoru 78 idi. Hastaların cerrahi öncesi yatış dosyalarında Constant skoru ile ilgili bilgi bulunmadığından bu konuda bir veri verilemedi.

Hastaların klinik verileri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Hastaların klinik verileri

Olgu No.	Yaş / Cinsiyet	Nonunion tipi	Önceki cerrahi sayısı	Önceki cerrahi teknikleri	Preop süre (Ay)	İlizarov kalış süresi (Gün)	Constant skoru
1	37/M	Atrofik	4	IM çivi Dinamizasyon IM çivi değiştirme Greftleme	21	126	88
2	57/F	Atrofik	3	IM çivi Dinamizasyon IM çivi değiştirme	16	123	72
3	32/M	Oligotrofik	2	IM çivi Dinamizasyon	10	115	84
4	44/F	Hipertrofik	2	IM çivi Dinamizasyon	9	100	76
5	62/F	Oligotrofik	2	IM çivi Dinamizasyon	13	118	70
6	48/M	Oligotrofik	1	IM çivi	8	105	80
7	51/F	Hipertrofik	2	IM çivi Dinamizasyon	9	98	76

V. OLGULARDAN ÖRNEKLER

Olgu No:1



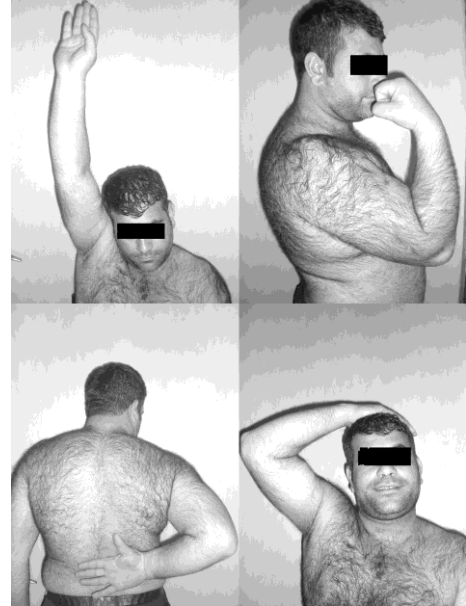
Preop Grafı



İlizarov Eksternal
Fiksatorü Sonrası Takip



Takip Sonundaki Grafisi

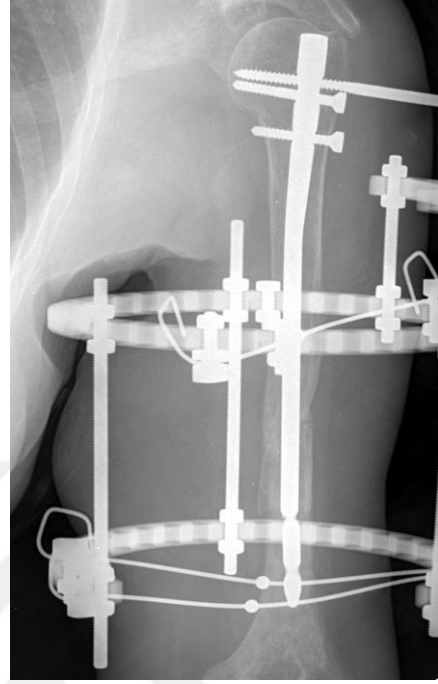


Takip Sonundaki
Hareket Açıklığı

Olgu No: 2



Preop Grafı



İlizarov Eksternal
Fiksatorü Sonrası Takip



Takip Sonundaki Grafisi



Takip Sonundaki
Hareket Açıklığı

VI. TARTIŞMA

Literatür incelendiğinde humerus şaft kırıkları nedeniyle yapılan antegrad kilitli intramedüller çivi tespiti sonrası % 0 - 29 arasında değişen oranlarda nonunion komplikasyonu bildiren yayınlar mevcuttur.^[5,23,38-39]

Intramedüller çivi tespiti sonrası gelişen humerus şaft nonunionlarının tedavisi ile ilgili prospektif bir çalışma yoktur. Bu durumda yapılan cerrahi yöntemler ve sonuçları ile ilgili sınırlı sayıda hasta ile yapılan retrospektif çalışmalar mevcuttur.^[5,7-8,11,13-14,40,42]

Literatürde kilitli intramedüller çivi sonrası gelişen humerus nonunionlarında intramedüller çivi çıkartılıp plak vida tespiti, intramedüller çivi çıkartılmadan plak vida tespiti, intramedüller çivi değişimi ve intramedüller çivi üzerinden İlizarov eksternal fiksatorü ile ilgili çalışmalar mevcuttur.^[5,7-8,11,13-14,40,42]

McKee ve ark. intramedüller çivi sonrası humerus nonunionu gelişen 19 hastanın 9'una plak vida tespiti ve 10'una intramedüller çivi değişimi uygulamışlar ve hastaların verilerini retrospektif olarak incelemişlerdir.^[7] İntramedüller çivisi çıkartılıp plak vida tespiti uygulanan 9 hastada %100 kaynama sağlamışlardır. Plak vida tespiti uygulanan bütün vakalarda anterolateral yaklaşım kullanılarak radial siniri explore etmişlerdir. 7'si atrofik, 2'si hipertrofik nonunionlu hastaların hepsine iliak kemikten alınan spongioz greft kullanmışlar, 6 cm.den büyük kemik defekti olan 3 olguya vaskularize fibula grefti uygulamışlardır. Bu çalışmada elde edilen kaynama oranı ile bizim çalışmamızda elde edilen kaynama oranı aynıdır ancak yazarlar kaynama elde edilme süresini bildirmemişlerdir.

McKee ve ark. komplikasyon olarak biri geçici, biri kalıcı olmak üzere 2 hastada radial sinir arazi ile karşılaşmışlar ve 3 hastada kalıcı omuz ağrısı bildirmişlerdir.^[7]

Biz intramedüller çivi tespiti sonrası gelişen humerus nonunionlarının tedavisinin hastaya mümkün olan en az zarar verilerek yapılması gerektiği kanaatindeyiz. İntramedüller çivi çıkartılıp plak vida tespiti ve kemik greftlemesi tekniğinin başarılı olduğunu ancak komplikasyon oranının yüksek olduğu düşüncesindeyiz. McKee ve ark. çalışmasındaki hastalarda radial sinirin

korunmasına rağmen gelişen % 22 oranındaki radial sinir arazi bizim çalışmamızdaki % 0 oranı ile karşılaştırıldığında yüksek olduğu görülmektedir.

McKee ve ark. yaptıkları çalışmada gelişen % 33 oranında kalıcı omuz ağrısını intramedüller çivinin çıkartılması için rotator manşet etrafında yapılan geniş disseksiyona bağlamışlardır. Bizim çalışmamızda intramedüller çivi medüller kanalda bırakıldığından omuz ağrısı gibi bir problemle karşılaşılmamıştır.

McKee ve ark. tarif ettikleri tekniğin bize göre dezavantajları kemik grefti kullanılması ve dolayısıyla donör saha morbiditesi, nonunion nedeniyle bozulmuş bir anatomide radial sinir disseksiyonu gerektirmesi ve potansiyel rotator manşet yaralanması riski taşımasıdır. Çalışmalarında cerrahi süresi ile ilgili bir bilgi verilmemiştir ancak intramedüller çivinin çıkartılması, radial sinir disseksiyonu, nonunion sahasının hazırlanması, plak vida tespiti, iliak kanattan greft alınması (3 olguda ek olarak vaskularize fibula grefti) ve nonunion sahasının greftlenmesinin uzun ve teknik olarak zor bir cerrahi işlem olduğunu düşünüyoruz.

Gerber ve ark. 3 antegrad, 3 retrograd intramedüller çivi tespiti sonrası humerus nonunionu gelişen 6 hastalık retrospektif çalışmasında intramedüller çivi çıkartmadan plak vida tespiti ve iliak kanattan alınan kemik grefti uygulamışlar ve % 100 kaynama elde etmişlerdir. Nonunion cerrahisinden önce geçen süreyi ortalama 19 ay, kaynama süresini ortalama 4 ay olarak bildirmişlerdir.^[40]

Bizim çalışmamızda da elde edilen % 100 kaynama ve ortalama 112 günlük kaynama süresi bu çalışma ile benzerdir.

Gerber ve ark. intramedüller çivi çıkartılmamasındaki amacın çivi çıkartılması esnasında oluşabilecek potansiyel iyatrojenik yaralanmaları engellemek ve cerrahi tekniği basitleştirmek olduğunu belirtmişler ancak olması gerektiği yerden yukarı seviyede olan ve omuzda fonksiyon bozukluğu yaratan antegrad intramedüller çivilerin çıkartılması yönünde görüş bildirmişlerdir.^[40] Bizim çalışmamızda yer alan hastalara uygulanmış olan intramedüller çivilerin proksimal seviyeleri yüksekte değildi. Biz intramedüller çivinin proksimal seviyesinin yüksek olmadığı durumlarda çivinin mutlak çıkartılması gerekmediğini, çivi çıkartmanın cerrahi süreyi uzatacağını ve bu işlemin rotator manşet yaralanması riski taşıdığını düşünüyoruz. Ancak intramedüller çivinin proksimal seviyesi yüksekte ise çivinin çıkartılarak başka bir cerrahi yöntem uygulanması gerektiği kanaatindeyiz.

Gerber ve ark. önerdikleri teknikte tüm hastalarda radial siniri eksplere edip korumalarına rağmen 1 (% 16) hastada kalıcı radial sinir arazı gelişmiştir. Bizim çalışmamızdaki hastalarda radial sinir arazı ile karşılaşılmamıştır.

Gerber ve ark. uyguladıkları tekniğin bize göre dezavantajları kemik grefti kullanılması ve dolayısıyla donör saha morbiditesi, nonunion nedeniyle bozulmuş bir anatomide radial sinir disseksiyonu gerektirmesidir.

Intramedüller çivi sonrası gelişen humerus nonunionlarının tedavisinde plak ile tespiti oranla daha az invaziv olan intramedüller çivi değiştirme ameliyatı da kullanılmıştır.^[5,7-8,42] Alt ekstremitede intramedüller çivi tespiti sonrası gelişen aseptik nonunionların tedavisinde çivi değiştirme ameliyatının % 72-100 arasında değişen oranlarda kanıtlanmış bir başarısı vardır.^[41] Bu yöntemin amacı rimerizasyon ile kırık iyileşmesi üzerine biyolojik etkide bulunmak ve daha büyük çapta çivi ile değişim sonrası mekanik stabilizeyi artırmaktır.^[41]

Robinson ve ark. humerus kırığı nedeniyle intramedüller çivi ile tedavi edilen ve nonunion gelişen 5 hastanın çivisini kırık hattını açmadan rimerize ederek daha büyük çapta çivi ile değiştirmiş ve 2 (% 40) hastada kaynama elde etmişlerdir.^[5]

Flinkkilä ve ark. yaptıkları retrospektif çalışmada intramedüller çivi tespiti sonrası humerus nonunionu gelişen 13 hastayı kırık hattını açmadan çivi çıkartıp rimerizasyon sonrası daha büyük çapta bir çivi ile tekrar tespit ederek tedavi etmişler ve 6 (% 46) hastada kaynama elde etmişlerdir. 3 hastada bir kez, 2 hastada iki kez çivi değiştirme uygulanmış ve tekrar çivi değiştirilen 1 hastada ek olarak kemik grefti kullanıldıktan sonra kaynama sağlanmıştır. Radial sinir arazı komplikasyonu ile karşılaşılmamıştır. Kaynama sağlanan hastaların Constant omuz skorları ortalama 58, kaynama sağlanamayanların Constant omuz skorları ortalama 39 olarak bildirilmiştir.^[8]

İlk çivi değiştirme ameliyatı sonrası sağlanan % 23 ve tekrar çivi değiştirme sonrası sağlanan toplam % 46 kaynama oranı bizim çalışmamızla kıyaslandığında düşüktür. Ayrıca kaynama sağlanan hastalarda elde edilen ortalama 58 puanlık fonksiyonel Constant omuz skoru bizim çalışmamızda elde edilen 78 puana göre düşüktür. Bu sonuçlara göre çivi değiştirme yöntemi ile kaynama sağlansa bile omuz fonksiyonlarının vasat kaldığı görülmektedir.

Flinkkilä ve ark. humerus nonunionları sonrası çivi değiştirme ameliyatını etkin olmayan bir yöntem olarak değerlendirmişlerdir. Başarısızlığın olası nedenlerinden biri olarak humerusun distalinde olekranon fossanın üzerinde medüller kanalın daralmasını ve buna bağlı olarak intramedüller çivinin kırık hattını distrakte edebileceğini belirtmişlerdir. Alt ekstremitte nonunionlarında intramedüller çivi değiştirme ve yapılan dinamizasyon sonrası yük verilmesi ile yaratılan kompresyon etkisinin, humerusun yük taşımaması nedeniyle humerus nonunionlarında uygulanamayacağını vurgulamışlardır.^[8]

Çalışmamızda yer alan 7 hastanın 6'sına (% 86) intramedüller çivinin kaynamaması üzerine başka merkezlerde dinamizasyon yapılmıştı. Humerus yük taşımayan bir kemik olduğundan ve alt ekstremiteden farklı olarak yer çekiminin distrakte edici etkisine maruz kaldığından, alt ekstremitede etkin bir yöntem olan dinamizasyonun humerusta stabiliteyi bozacağını ve kırık hattını daha da distrakte edeceğini düşünüyoruz. Literatürde de kilitli intramedüller çivi sonrası humerus nonunionlarının tedavisinde dinamizasyon öneren görüş bulunmamaktadır.

Flinkkilä ve ark. humerus nonunionlarında intramedüller çivi değiştirme ameliyatı sırasında distraksiyonun engellenmesi için 13 hastadan 4'ünde bir kompresyon cihazı kullanmışlar ancak sadece bir hastada kaynama elde etmişlerdir. Bu yüzden başarısızlığın sadece kırık hattında oluşan distraksiyona bağlanamayacağını belirtmişlerdir. Alt ekstremitte kemiklerinde rimerizasyon sonrası endosteal dolaşımın bozulduğunu ancak periostal dolaşımın arttığını ve kırık iyileşmesinin daha çok periostal yoldan olduğunu ancak humerusta iyileşen nonunionlarda tipik periostal kallus gözlenmediğini belirtmişlerdir. Literatürde humerusta rimerizasyonun kanlanma üzerine etkisi ile ilgili bir çalışma bulunmadığını ancak humerusta intramedüller çivinin periostal dolaşımı artırmadan endosteal dolaşımı bozabileceğini ve humerus kırıklarında ve nonunionlarında intramedüller çivi ameliyatının başarısızlığının nedenlerinden birinin bu durum olabileceğini düşünmüşlerdir.^[8]

McKee ve ark. intramedüller çivi sonrası humerus nonunionu gelişen 19 hastalık çalışmasında 10 hastanın 7'sine kapalı yöntemle, 3'üne ise kırık hattını açıp greftleme uygulayarak çivi değişimi ameliyatı yapmışlar ve kapalı yöntemle 2 hastada, açık yöntemle 2 hastada olmak üzere toplam 4 (% 40) hastada kaynama elde

etmişlerdir. Hiçbir hastada radial sinir arazı ile karşılaşmadıklarını belirtmişler ancak 4 (% 40) hastanın omuzunda ortalama 40° hareket kaybı saptamışlardır.^[7]

McKee ve ark. alt ekstremitelerde başarılı olan bu yöntemin humerustaki düşük başarının nedenlerinden biri olarak kilitlenme yöntemindeki farklılığı göstermişlerdir. Alt ekstremitenin kompresif yüklere maruz kaldığını ve burada gelişen nonunionlarda daha çok dinamik kitleme yapıldığını oysa humerusun rotasyonel ve distraktif güçlere maruz kalması nedeniyle statik kilitlenme yapılması gerektiğini ancak daha önceden yapılan intramedüller çivi nedeniyle kırık bölgesinde ve distal kitleme vidalarının etrafında gelişen kemik kaybının başarılı bir kilitlenmeyi güçleştirdiğini öne sürmüşlerdir.^[7]

Farragos ve ark. göre humerusta intramedüller çivileme sonrası gelişen nonunionların tedavisini güçleştiren sorunlardan birisi de yaşanan kortikal kemik kaybıdır.^[6] Farragos ve ark. bu kemik kaybının nedenlerinden birisini de gevşemiş olan intramedüller çivinin ve distal kitleme vidalarının “silecek” etkisi ile kortikal kemiği erode etmesi olarak göstermektedir.^[6]

Lin ve ark. intramedüller çivi sonrası humerus nonunionu gelişmiş 23 hastayı kırık hattını açıp intramedüller çivi değişiminden sonra kırık hattındaki stabilizeyi arttırmak için telle komprese etmişler ve 22 (% 95) hastada ortalama 121 günde kaynama sağlamışlardır. Tel spiral ve oblik kırıklarda dairesel yolla, transvers kırıklarda interfragmanter yolla kullanılmıştır. 4 hipertrofik, 19 oligotrofik nonunionu bulunan hastaların 10’una antegrad, 13’üne retrograd çivi değişimi uygulamışlardır. Tüm olgularda nonunion bölgesi greftlenmiş ve cerrahi süresi ortalama 95 dakika olarak belirtilmiştir. Kaynama sonrası ortalama omuz abduksiyonu 168° ve ortalama omuz fleksiyonu 165° olarak bildirilmiştir. Komplikasyon olarak birer hastada geçici radial sinir arazı, suprakondiler humerus kırığı, tel çıkarılması ve debridman sonrası geçen enfeksiyon, brakial arter yaralanması ile karşılaşmıştır.^[42]

Lin ve ark. intramedüller çivi sonrası gelişen humerus nonunionlarında oluşan kemik kaybı ve nonunion sahasında oluşan boşluk nedeniyle çivi değişiminin statik kilitlenmeye rağmen tek başına yeterli stabilize sağlamadığını ve tespitin stabilitesini artırmak için ek bir yöntem kullanılmasını gerektiğini öne sürmüşlerdir.^[42]

Bize göre intramedüller çivi sonrası gelişen humerus nonunionlarının tedavisinde amaç mümkün olan en az invaziv yöntem ve en az materyal kullanılarak maksimum stabiliteyi sağlayıp en az komplikasyonla kaynamayı sağlamaktır. Biz tek başına stabilite sağlayan bir yöntemin tercih edilmesi gerektiği kanaatindeyiz.

Lin ve ark. uyguladıkları yöntem sonrası fonksiyonel açıdan mükemmel sonuçlar bildirmişlerdir. Bunun için omuz bölgesinde dikkatli disseksiyon, intramedüller çiviye çıkarmak için skopi kontrolü ve yeni yerleştirilecek çivin humerus başında derin yerleşimli bırakılması gerektiğini öne sürmüşlerdir.^[42]

Lin ve ark. verdikleri yüksek oranda başarılı omuz fonksiyon sonuçları humerus kırıklarında intramedüller çivi ile ilgili literatür bilgisi ile ters düşmektedir. Chapman ve ark. humerus kırıklarında plak vida tespiti ile intramedüller çivi tespitini karşılaştıran randomize kontrollü çalışmalarında intramedüller çivi yapılan hastaların % 17'sinde omuz ağrısı ve hareket kısıtlılığı bildirmişlerdir.^[23] Changulani ve ark. humerus kırıklarında plak vida tespiti ile intramedüller çivi tespitini karşılaştıran randomize kontrollü çalışmalarında intramedüller çivi yapılan hastaların % 19'unda omuz abduksiyon kısıtlılığı bildirmişlerdir.^[24] McCormack ve ark. humerus kırıklarında plak vida tespiti ile intramedüller çivi tespitini karşılaştıran randomize kontrollü çalışmalarında intramedüller çivi yapılan hastaların % 15'inde omuz problemleri bildirmişlerdir.^[25] Gregory ve Sanders literatürde intramedüller çivi ile tedavi edilen humerus kırıkları ile ilgili yayınlardan elde edilen kümülatif verileri toplamış ve antegrad kilitli intramedüller çivi tespiti yapılan 145 hastanın 33'ünde (% 23) omuz fonksiyon bozukluğu komplikasyonu görüldüğünü belirtmişlerdir.^[43] Biz intramedüller çivi tespiti sonrası gelişen humerus nonunionlarında derin yerleşimli çiviye çıkartıp yeniden çivi tespiti ile de benzer ya da daha yüksek oranlarda omuz problemleri gelişeceğini düşünüyoruz.

Lin ve ark. çalışmalarındaki ortalama cerrahi süresi bizim uyguladığımız yöntemin ortalama süresinden 3 kat daha uzundur. Bu yöntemin kemik grefti kullanılması gerekmesi nedeniyle donör saha morbiditesi, açık cerrahi nedeniyle iyatrojenik nörovasküler yaralanma ve enfeksiyon riski, kortikal olarak zayıflamış bir kemikte rimerizasyon gerektirmesi ve dar intramedüller kanalı olanlarda ısı nekrozu riski gibi dezavantajları olduğunun göz önünde bulundurulması gerektiğini düşünüyoruz.

Literatürde intramedüller çivi tespiti sonrası humerus nonunionu gelişen hastalarda kırık hattını açmadan İlizarov eksternal fiksatorü ile tedavi sonuçları bildiren az sayıda çalışma mevcuttur.^[11,13-14]

Flinkkilä ve ark. intramedüller çivi sonrası kortikal incelmesi olan 7 hastayı kırık hattını açmadan intramedüller çiviye çıkartarak İlizarov eksternal fiksatorü ile tedavi etmişler ve 5 (% 71) hastada kaynama elde etmişlerdir. Bütün hastalarda yüzeysel çivi dibi enfeksiyonu gelişmiştir. Bir hastada ise çerçevenin çıkartılmasını gerektirecek osteomyelit gelişmiştir. Bir hastada gelişen radial sinir arazi 7 ay sonra düzelmiştir. İki hastada pin kırılması, bir hastada pin gevşemesi gelişmiş ve iki hastada çerçeve çıkartıldıktan sonra refraktür gelişmiştir. 7 hastanın kontrollerinde ortalama Constant skoru 53 olarak bildirilmiştir.^[13]

Flinkkilä ve ark. gevşemiş intramedüller çivinin “silecek” etkisi ile yarattığı kortikal incelmenin internal fiksasyonun başarısına engel olacağını düşündüklerini ve bu nedenle İlizarov eksternal fiksatorü kullandıklarını belirtmişlerdir.^[13] Ancak biz bu yöntemin komplikasyon oranının yüksek olduğu kanaatindeyiz.

Bu yöntemde Flinkkilä ve ark. 2 adet yarım halka ile sadece yarım pin kullanarak İlizarov çerçevesini oluşturmuşlardır. Biz bu tespit yönteminin İlizarov’un prensipleri ile çeliştiğini ve özellikle kortikal incelmesi olan hastalarda yeterli stabiliteyi sağlamayacağını düşünüyoruz. İlizarov eksternal fiksatoründe ince teller gergin olduğu zaman yarım pinlere göre daha fazla stabilite sağlarlar ve özellikle osteoporotik kemiklerde pin yerine tel kullanılması önerilmektedir.^[44] Sadece yarım halka kullanılması ile tam çerçevenin sirküler stabilitesi sağlamayacağını düşünüyoruz. Bu nedenle çalışmamızda 1 hastamız dışındaki tüm hastalarımıza teller ve iki adet tam halkadan oluşan çerçeve kullandık.

Biz Flinkkilä ve ark. sonuçta elde ettikleri ortalama 53 puanlık Constant omuz skorunun düşük olduğunu düşünüyoruz. Flinkkilä ve ark. kaynama elde edilemeyen hastalar çıkartıldığında da ortalama Constant omuz skorunun anlamlı bir şekilde değişmediğini belirtmişlerdir.^[13] Biz bu çalışmada bildirilen başarısız omuz fonksiyonun olası nedenlerinden biri olarak intramedüller çivi çıkartılırken verilen muhtemel rotator manşet yaralanması olduğunu düşünüyoruz.

Patel ve ark. daha önceden intramedüller çivi tespiti yapılmış 6'sı hipertrofik, 4'ü atrofik humerus nonunionlu 10 hastaya kırık hattını açmadan İlizarov eksternal fiksatorü uygulamışlar ve % 100 kaynama elde etmişlerdir. Hastaların daha önce geçirdiği ortalama cerrahi müdahale sayısı 2,4 ve müdahaleden önce geçen ortalama süre 24 ay olarak bildirilmiştir. Hastalarda ortalama 4 ayda kaynama elde edilmiştir. Komplikasyon olarak 1 (% 10) hastada geçici radial sinir arazı ve 1 (% 10) hastada geçici lateral kutanöz antebrakial sinir arazı ile karşılaşmış, 6 (% 60) hastada oral antibiyoterapi ile düzelen tel dibi enfeksiyonu gelişmiştir.^[11]

Patel ve ark. yöntem olarak ortada 2 adet tam halka, proksimal ve distalde yarım halkalardan oluşan çerçeve ve teller ile yarım pinlerin kullanıldığı hibrid bir sistem kullanmışlardır. İlizarov eksternal fiksatoründe teller gerdirildiği zaman yarım pinlere göre daha fazla stabilite sağlarlar.^[44] Hasta konforunu göz önüne alarak biz sadece teller kullanarak 1 hasta dışında tüm hastalarda iki tam halkadan oluşan çerçeve kullandık.

Patel ve ark. İlizarov eksternal fiksatorü ile osteoporotik kemiklerde ve kemik kaybı olan olgularda dahi yeterli stabilite sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Enfeksiyon olmadıkça kırık hattının açılmasına ve kemik grefti kullanılmasına gerek olmadığını, İlizarov eksternal fiksatorünün kırık iyileşmesini uyarıcı bir yöntem olduğunu vurgulamışlardır.^[11]

Menon ve ark. intramedüller çivi tespiti sonrası humerus nonunionu gelişen 4 hastayı kırık hattını açmadan intramedüller çivi üzerinden İlizarov eksternal fiksatorü ile tedavi etmişler ve % 100 kaynama elde etmişlerdir. Ortalama kaynama süresi 6,5 ay olarak bildirilmiştir. 2 hastada cerrahi öncesi radial sinir arazı mevcut olduğunu ve hastaların hiçbirinde ek nörolojik yaralanma ile karşılaşmadığını belirtmişlerdir. Hiçbir hastada derin enfeksiyon gelişmediği bildirilmiştir.^[14]

Menon ve ark. da Patel ve ark. uyguladıkları yönteme benzer şekilde hibrid sistem kullanmışlardır. Bizim uyguladığımız teknikte sadece iki halkadan oluşan çerçeve kullanıldığından hastaların çerçeveyi daha konforlu taşıyabildiklerini düşünüyoruz.

Menon ve ark. uyguladıkları yöntem ile kemiğin vasküler desteğinin bozulmadan kontrollü manupilasyon uygulanabileceğini ve içeride bırakılan intramedüller çivinin makaslama kuvvetlerini etkisizleştireceğini öne sürmüşlerdir.

Diğer yöntemlerde intramedüller çivi çıkartılması nedeniyle omuz fonksiyonlarının bozulduğunu ve açık cerrahi yapılan hastalarda radial sinir yaralanma riski olduğunu düşündüklerini belirtmişlerdir.^[14]

Biz humerus kırığı nedeniyle intramedüller çivi tespiti yapılan ve nonunion gelişen hastalarda çiviye çıkartmadan İlizarov eksternal fiksatorü ile yapılan tedavinin teknik olarak kırık hattının açılmaması, kemik greftine ihtiyaç duyulmaması, invaziv olmayan bir yöntem olması ve bozulmuş bir anatomide radial sinir disseksiyonu gerektirmemesi gibi avantajları olduğunu düşünüyoruz. Bizce bu yöntemin diğer avantajları osteoporotik kemiklerde bile güçlü stabilite sağlaması, kemiğin vasküler desteğinin bozulmaması, cerrahi süresinin az olması, cerrahi sırasında kan transfüzyonuna ihtiyaç olmaması ve cerrahiden sonra gerektiği durumlarda kontrollü manipulasyonla nonunion hattına müdahale edilerek kırık iyileşmesinin stimüle edilebilmesidir. Ayrıca biz bu yöntemde intramedüller çivi medüller kanalda bırakıldığından stabiliteye katkı sağlaması ve intramedüller çivi çıkartılmadığından omuzda fonksiyon kısıtlılığı yaratmaması gibi avantajlar olduğunu düşünüyoruz.

Çalışmamızda kullandığımız yöntem ile elde edilen kaynama sağlama başarısının diğer yöntemlere göre yüksek olduğu kanaatindeyiz.

Biz İlizarov eksternal fiksatorünün yüzeyel tel dibi enfeksiyonu, olası nörovasküler yaralanma, hasta intoleransı gibi dezavantajları olduğunu düşünüyoruz.

Yüzeyel tel dibi enfeksiyonları genellikle lokal bakım ve oral antibiyoterapi ile sorunsuz düzelmektedir. Bizim çalışmamızda da 3 (% 43) hastada görülen yüzeyel tel dibi enfeksiyonu sorunsuz düzelmiştir.

Nörovasküler yaralanma riski uygun cerrahi teknik ve güvenli anatomik koridorlar kullanılarak en az düzeye indirilebilir. Bizim çalışmamızda yer alan hastaların hiçbirinde nörovasküler yaralanma ile karşılaşılmamıştır. Bunun nedeninin bütün hastalarımızın İlizarov eksternal fiksatorü konusunda deneyimli bir cerrah tarafından ameliyat edilmesi olduğunu düşünüyoruz.

Hasta intoleransının özellikle uzamış tedavilerde en büyük problemlerden biri olduğunu düşünüyoruz. Hasta intoleransını azaltmak için hastaya cerrahi öncesi yapılacak müdahale ayrıntılı şekilde anlatılması, mümkünse İlizarov eksternal fiksatorünün fotoğrafları hastaya gösterilmesi ve psikolojik olarak bu yöntem ile

tedavi edilmeye uygun olmayan hastalara bu yöntemin uygulanmaması ve mümkün olan en az sayıda halka kullanılması gerektiği kanaatindeyiz. Çalışmamızda kaynama elde edilme süresi ortalama 122 gün olup bir hasta dışında tüm hastalarda iki tam halkadan oluşan çerçeve kullanılmıştır. Bu yöntem ile tedavi ettiğimiz hiçbir hastada intolerans gelişmemiştir.

Biz bu yöntemin enfeksiyon varlığında uygulanmaması gerektiğini ve enfeksiyon varlığında çivinin çıkartılarak enfekte dokuların debride edilmesi gerektiğini düşünüyoruz. Bu yüzden cerrahi öncesi enfeksiyon olup olmadığının ayrıntılı şekilde araştırılması gerektiği kanaatindeyiz.

Biz proksimal seviyesi yüksek olan ve omuzda sıkışma yaratan intramedüller çivi varlığında bu yöntemin uygulanmaması gerektiğini düşünüyoruz. Bu durumlarda intramedüller çivi çıkartılarak yapılacak başka bir yöntemin uygulanmasının daha doğru bir yaklaşım olacağı kanaatindeyiz.

Çalışmamızın eksik yönleri retrospektif yapılmış olması, kontrol grubu olmaması ve hasta sayısının az olmasıdır. Ayrıca cerrahi öncesi Constant omuz skorlarının bulunmaması çalışmamızın bir diğer zayıf yönüdür. Ancak kaynama sonrası elde edilen omuz fonksiyon skorunun cerrahi öncesi dönemdekinden daha önemli olduğunu ve hastaların kaynama sağlandıktan sonra Constant omuz skorlarının değerlendirilmiş olması nedeniyle bu zayıf yönün önemsenmeyeceğini düşünüyoruz.

Sonuç olarak intramedüller çivi tespiti sonrası humerus aseptik nonunionu gelişen seçilmiş hastalarda çivi çıkartılmadan yapılan İlizarov eksternal fiksasyonunun etkin, güvenilir ve başarılı bir yöntem olduğunu düşünüyoruz.

VII. KAYNAKLAR

1. McKee MD. Fractures of The Shaft of The Humerus. In: Bucholz RW, Heckman JD, eds. Rockwood and Green's fractures in adults, 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006:1119-1158.
2. Healy WL, White GM, Mick CA, Brooker AF, Weiland AJ. Nonunion of the humeral shaft. Clin Orthop 1987;219:206-13.
3. Andrew H, Crenshaw Jr., Edward A. Perez. Fractures of the humeral shaft. Canale & Beaty. Campbell's Operative Orthopaedics, 11th ed. Mosby; 2007:3389-3399
4. Probe RA. Failure of Internal Fixation of the Humeral Shaft. Techniques in Orthopaedics 2002;17(4):392-400
5. Robinson CM, Bell KM, Court-Brown CM, et al. Locked nailing of humeral shaft fractures: experience in Edinburg over a two-year period. J Bone Joint Surg Br 1992;74:558-562.
6. Farragos AF, Schemitsch EH, McKee MD: Complications of intramedullary nailing for fractures of the humeral shaft: A review. J Orthop Trauma 1999;13:258-267.
7. McKee MD, Miranda MA, Riemer BL, et al. Management of humeral nonunion after the failure of locking intramedullary nails. J Orthop Trauma 1996;10:492-499.
8. Flinkkilä T, Ristiniemi J, Hamalainen M. Nonunion after intramedullary nailing of humeral shaft fractures. J Trauma 2001;50:540-544.
9. Pugh DMW, McKee MD. Advances in the Management of Humeral Nonunion. J Am Acad Orthop Surg 2003;11:48-59.
10. Marti RK, Verheyen CC, Besselaar PP. Humeral shaft nonunion: Evaluation of uniform surgical repair in fifty-one patients. J Orthop Trauma 2002;16:108-115.
11. Patel VR, Menon DK, Pool RD, et al. Nonunion of the humerus after failure of the surgical treatment: management using the Ilizarov circular fixator. J Bone Joint Surg Br 2000;82:977-983.

12. Lammens J, Bauduin G, Driesen R, et al. Treatment of non-union of the humerus using the Ilizarov external fixator. *Clin Orthop* 1998;353:223-230.
13. Flinkkilä T, Ristiniemi J, Pajala A, et al. Salvage of humeral shaft nonunion with cortical thinning after failed intramedullary nailing using Ilizarov's technique. A report of seven cases. *Injury, Int J Care Injured*. 2005;36:1246-1251.
14. Menon DK, Dougall TW, Pool RD, et al. Augmentative Ilizarov external fixation after failure of diaphyseal union with intramedullary nailing. *J Orthop Trauma* 2002;16:491-497.
15. Brinker MR, O'Connor DP. Ilizarov compression over a nail for aseptic femoral nonunions that have failed exchange nailing: A report of five cases. *J Orthop Trauma* 2003;17:668-676.
16. Tytherleigh-Strong G, Walls N, McQueen MM. The epidemiology of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:249-253.
17. Netter F.H. İnsan Anatomi Atlası. Üçüncü Baskıdan Çeviri. Çev. Ed. Cumhuriyet M. Nobel Tıp Kitapevi. 2005:401-466.
18. Akhavan S, Shaffer JW. Fractures of the Humerus Shaft. In: Ziran BH, Smith WR, eds. *Fractures of the Upper Extremity*. Marcel Dekker, Inc., New York. 2004:79-106.
19. Sarmiento A, Zagorski JB, Zych G, et al. Functional bracing for the treatment of fractures of the humeral diaphysis. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82:478-486.
20. Foster RJ, Dixon JL, Bach AW, et al. Internal fixations of fractures and nonunions of the humeral shaft. *J Bone Joint Surg Am* 1985;67:857-864.
21. Vander Griend RA, Tomasin J, et al. Open reduction and internal fixation of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68:430-433.
22. Tingstad EM, Wolinsky PR, Shyr Y, et al. Effect of immediate weight-bearing on plated fractures of the humeral shaft. *J Trauma* 2000;49:278-280.
23. Chapman JR, Henley MB, Agel J, Benca PJ. Randomized Prospective Study of Humeral Shaft Fracture Fixation Intramedullary Nails Versus Plates. *J Orthop Trauma* 2000;14:162-166.

24. Changulani M, Jain UK, Keswani T. Comparison of the use of the humerus intramedullary nail and dynamic compression plate for the management of diaphyseal fractures of the humerus. A randomised controlled study. *Int Orthop* 2007;31:391-395.
25. McCormack RG, Brien D, Buckley RE, et al. Fixation of fractures of the shaft of the humerus by dynamic compression plate or intramedullary nail: a prospective randomized trial. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:336-339.
26. Ruland WO. Is there a place for external fixation in humeral shaft fracture? *Injury* 2000;31(suppl 1):27-34.
27. Mostafavi HR, Tornetta P. Open fractures of the humerus treated with external fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1997;337:187-197.
28. Jupiter JB, von Deck M: Ununited humeral diaphyses. *J Shoulder Elbow Surg* 1998;7:644-653.
29. Anglen JO, Archdeacon MT, et al. Avoiding Complications in the Treatment of Humeral Fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90:1580-1589.
30. Milgram JV. Nonunion and pseudarthrosis of fracture healing: A histopathologic study of 95 humans specimens. *Clin Orthop.* 1991;268:203-213.
31. Weber BG, Cech O. Pseudoarthrosis: Pathology, Biomechanics, Therapy, Results. Berne, Switzerland: Hans Huber Medical Publisher;1976.
32. Esterhai JL, Brighton CT, Heppenstall RB et al. Detection of synovial pseudoarthrosis by 99mTC scintigraphy: Application to treatment of traumatic nonunion with constant direct current. *Clin Orthop* 1981;161:15-22.
33. Cleveland KB. Delayed Union and Nonunion of Fractures. Canale & Beaty. *Campbell's Operative Orthopaedics*, 11th ed. Mosby; 2007:3529-3574.
34. Smith WR, Pallister I, Moholkar K. Nonunions of the Upper Extremity In: Ziran BH, Smith WR, eds. *Fractures of the Upper Extremity*. Marcel Dekker, Inc., New York. 2004:107-148.
35. Chen CY, Ueng SW, Shih CH. Staged management of infected humeral nonunion. *J Trauma* 1997;43:793–798.
36. Lin J, Hou SM, Hang YS. Locked nailing for humeral shaft delayed unions and nonunions. *J Trauma* 2000;48:695–703.

37. Constant CR, Murley AHG. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop* 1987;214:160-164.
38. Habernek H, Orthner E. A locking nail for fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg [Br]* 1991;73:651-653.
39. Hems TEJ, Bhullar TPS. Interlocking nailing of humeral shaft fractures: the Oxford experience 1991 to 1994. *Injury* 1996;27:485-489.
40. Gerber A, Marti R, Jupiter J. Surgical management of diaphyseal humeral nonunion after intramedullary nailing: wave-plate fixation and autologous bone grafting without nail removal. *J Shoulder Elbow Surg* 2003;12(4):309–313.
41. Brinker MR, O'Connor DP. Exchange Nailing of Ununited Fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:177-188.
42. Lin J, Chiang H, Hou SM. Open exchange locked nailing in humeral nonunions after intramedullary nailing. *Clin Orthop* 2003;411:260-8.
43. Gregory PR, Sanders RW. Compression plating versus intramedullary fixation of humeral shaft fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 1997;5:215-223.
44. Ilizarov GA. Component and Biomechanical Principles of Application. In: *Transosseous Osteosynthesis*. Ilizarov GA (ed), Springer-Verlag, Berlin, 1992:63-136.