T.C
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi
Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

HUMERUS ÇİVİLEMEDE İDEAL DİSTAL SONLANMA NOKTASININ TESPİTİNİN İNCELENMESİ

Dr. İbrahim Hakkı AKALIN

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi M.Çağatay ENGİN

ERZURUM-2022

ONAY

"Humerus Çivilemede İdeal Distal Sonlanma Noktasının Tespitinin İncelenmesi" adlı çalışma için, Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Başkanlığı'nın B.30.2.ATA.0.01.00/ 457 sayılı, 6 no'lu toplantı, 15 no'lu kararıyla, onay alınmıştır.

İÇİNDEKİLER

ONAY ..... **i**
İÇİNDEKİLER ..... **ii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **iv**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **v**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **vii**
ÖZET ..... **viii**
ABSTRACT ..... **xii**
1. GİRİŞ-AMAÇ **1**
2. GENEL BİLGİLER **3**
2.1. Tarihçe 3
2.2. Anatomi 6
2.2.1. Omuz Eklemi 6
2.2.2. Kaslar 7
2.2.2.1. Fleksörler 7
2.2.2.2. Ekstansörler 10
2.2.3. Sinirler 11
2.2.4. Damarlar 13
2.3. Epidemiyoloji 14
2.4. Etiyoloji 14
2.5. Klinik Değerlendirme 15
2.6. Radyografik Değerlendirme 16
2.7. Humerus Şaft Kırıklarında Sınıflama 17
2.8. Tedavi 19
2.8.1. Konservatif Tedavi 19
2.8.2. Cerrahi Tedavi 20
2.8.2.1. Plak ile Kemik Tespiti 20
2.8.2.2. Eksternal Fiksasyon ile Tespit 21
2.8.2.3. İntramedüller Çivileme 22
2.9. Humerus İMÇ Uygulaması (Antegrad) 23
2.10. İMÇ Komplikasyonlar 27

2.10.1. Yerleştirme Yeri Problemleri 27
2.10.2. Çivi Ucunda Olan Kırıklar 28
2.10.3. Kaynamama 29
2.10.7. Enfeksiyon 29
3. GEREÇ ve YÖNTEM 31
4. BULGULAR 37
4.1. Aksiyel Yüklenme Testleri 37
4.2. Torsiyon Testleri 38
4.3. İstatistik Değerlendirme 39
5. TARTIŞMA 41
6. SONUÇ ve ÖNERİLER 44
KAYNAKLAR 45

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. 400N ve 800N Kompresyon Test Sonuçları 37
Tablo 2. 400N Traksiyon Test Sonuçları 38
Tablo 3. Torsiyon Test Sonuçları 38
Tablo 4. Gruplara Göre Kompresyon400, Kompresyon800, Traksiyon400 ve Torsiyonun Değerlendirilmesi 39
Tablo 5. Gruplara Göre Kompresyon400, Kompresyon800, Traksiyon400 ve Torsiyon sonuçlarının Tukey Testi ile değerlendirilmesi 40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Eski Mısır mumyası Usermontu'nun sağ dizinin radyografileri. 4
Şekil 2. İntramedüller çivilerin enine kesit tasarımlarının evrimlerinin zaman çizelgesi. 5
Şekil 3. Glenohumeral eklem 6
Şekil 4. AC eklem 7
Şekil 5. Biceps Brachii 8
Şekil 6. Brachial kas 9
Şekil 7. Brachioradialis kası 10
Şekil 8. Triceps brachii 11
Şekil 9. Üst ekstremite arteryel dolaşımı 14
Şekil 10. Humerus şaft frk AP grafi 16
Şekil 11. Humerus şaft frk transtorasik lateral görüntü 17
Şekil 12. HSF'lerin AO sınıflandırması 18
Şekil 13. Medüller kavite hizasında humerus tepe noktası 25
Şekil 14. Kırık bölgesinden kılavuz telin geçirilmesi 26
Şekil 15. Proksimal kilitleme esnasında biceps uzun başının konumu 26
Şekil 16. Distal kilitleme ile nörovasküler yapıların ilişkisi 27
Şekil 17. Humerusun düz olmayan anatomik yapısı 28
Şekil 18. Çalışmada kullanılan komposit humerus modeli 31
Şekil 19. Çalışmada kullanılan humerus İMN ve vidalar 32
Şekil 20. Humerus modellere yapılan osteotomi ve 1cm distraksiyon hattı 32
Şekil 21. Kullanılan 28cm İMN ve fossa olekrani ilişkisi 33
Şekil 22. Yapılan cerrahinin aşamaları 34
Şekil 23. Traksiyon ve kompresyon testleri 35
Şekil 24. Torsiyon testi 36
Şekil 25. Torsiyon testinde kırılan kompozit humerus modelleri 36
Şekil 27. Humerusun düz olmayan anatomik yapısı 42
Şekil 26. 24cm çivi uygulanan grupta traksiyon testinde oluşan proksimal kırıklar 43

KISALTMALAR DİZİNİ

AC : Akromiyoklavikuler

AP : Anteroposterior

APL : Abductor pollicis longus

BT : Bilgisayarlı tomografi

ECRB : Ekstansör carpi radialis brevis

ECRL : Ekstansör carpi radialis longus

ECU : Ekstansör carpi ulnaris

ED : Ekstansör dijitorum communis

EDM : Ekstansör dijiti minimi

EIP : Ekstansör indicis proprius

EPB : Ekstansör pollicis brevis

EPL : Extansör pollicis longus

FRK : Fraktür

GH : Glenohumeral

HSF : Humerus şaft fraktürü

IMN : Intramedullar çivi(nail)

İMÇ : İntramedüller çivileme

LAT : Lateral

NSAİİ : Nonsteroid anti inflamatuar ilaç

PİN : Posterior İnterosseoz Nerve

ROM : Range of motion

TEŞEKKÜR

Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimim süresince bilgi, beceri ve tecrübelerini benimle paylaşan, yetişmemde büyük katkılarını gördüğüm başta anabilim dalı başkanı Prof.Dr.Naci Ezirmik, Prof.Dr.Orhan Karsan, Prof.Dr.Ömer Selim Yıldırım, Prof.Dr.Ali Aydın, Dr.Öğr.Üyesi M.Çağatay Engin, Dr.Öğr.Üyesi A.Emre Paksoy hocalarıma ve çalışmanın yapıldığı Dokuz Eylül Üniversitesi Biyomekanik Anabilimdalı ekibinden başta Dr.Ögr Reşit Buğra Husemoğlu olmak üzere Prof.Dr.Hasan Havıtçıoğlu ve ekibine, çalışmanın kaynağını sağlayan Atatürk Üniversitesi BAP Birimi'ne,

Asistanlık eğitimim boyunca birlikte çalıştığım mesai arkadaşlarıma,

Haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, her zaman ve her durumda yanımda olan anneme, babama ve kardeşlerime,

Teşekkürlerimi ve minnettarlığımı sunarım.

Dr. İbrahim Hakkı AKALIN

ÖZET

Humerus Çivilemede İdeal Distal Sonlanma Noktasının Tespitinin İncelenmesi

Giriş: Kanal içi çivileme tekniği birçok kemik kırığının cerrahi tedavisinde kullanılmakta olup, uygun yapıldığı takdirde kırık kaynamasını olumlu etkilemesi, ameliyat süresinin kısa sürmesi, hastada büyük bir yara dokusunun kalmaması, enfeksiyon-postoperatif osteomyelit riskinin az olması, erken dönemde hareket ve yük verebilme gibi avantajlarından dolayı tercih edilebilmektedir(1). Bu avantajlara sahip bir teknik olmasına rağmen humerusa yapılan kanal içi çivilemede, humerusun diğer kemiklere göre anatomik farklılıkları olmasından dolayı postoperatif komplikasyonlar daha fazla olmaktadır(2, 3). Bu artmış komplikasyon oranı hastanın yatış süresini uzatmakta, iş gücü kaybına yol açmakta, revizyon cerrahileri gerektirebildiğinden maliyeti artırmakta ve sağlık çalışanlarının iş yükünü arttırmaktadır. Komplikasyonların birçok sebebi vardır ve ameliyatların başarısı; hastanın uyumu, doğru malzeme seçimi ve doğru uygulama gibi birçok faktöre bağlıdır. Fakat humerusun kanal içi çivilemesinde doğru uygulamalara rağmen yine de komplikasyon oranının fazla olması bu duruma daha kapsamlı bakmamızı gerektirmektedir(4). Zhao ve arkadaşlarının derleme makalesinde plakla kıyaslandığında humerus çivilerinde artmış yeniden ameliyat riski gösterilmiştir(4). Omuz ağrısı, kaynamama ve ameliyat esnasında veya sonrasında çivi çevresinde yeniden kırık oluşması bu cerrahi yöntemin önemli komplikasyonlarından bazılarıdır(5). Humerus çivileme sonrasında çivinin distal sonlanma bölgesinde yeni kırık oluşumları özel önem arz eder. Bu kırıklar ameliyat esnasında çivi ucuna veya ameliyat sonrasında çivi ucunun veya kilit vidalarının kortekse yaptığı yüklenmelerin sebep olduğu streslere bağlı gelişir(6). Bizim çalışmamız humerus çivilerinin sonlanma noktalarının etrafında oluşan bu kırıklara biyomekanik olarak odaklanacaktır. Bu bölgede çivi etrafında oluşan kırıklar hem cerrah için hem de hasta için tedavisi zor kırıklardır. Bu implant çevresi kırıkların tedavisi çoğu zaman ilk cerrahi işleme göre daha maliyetli ve daha zordur. İkincil ameliyatların yüksek maliyetleri sağlık güvenlik sistemleri üzerinde ciddi bir yük oluşturmakta ve daha da önemlisi hastalarda daha ciddi fonksiyonel ve maddi kayıplara sebep olmaktadır.

Amaç: Bu tez çalışmasının amacı humerus çivileme ameliyatına çivinin yerleşimi için standart bir ideal sonlanma noktası belirlemektir. Humerusun antegrad kanal içi çivileme yönteminde çivinin sonlanma noktası net değildir. Bu nokta etrafında oluşan kırıkların tedavisi zordur ve çivinin sonlanma noktası diğer uzun kemik kırıklarından bildiğimiz üzere bu yeniden kırıkların oluşumu için etiyolojik bir faktördür. Bu sayede ortaya çıkacak bilimsel bilgi komplikasyon oranlarını azaltacak, revizyon cerrahilerinin gerekliliğini azaltacak, iş gücü kayıplarını engelleyecek, hastayı ve sigorta şirketlerini ikincil maliyetlerden koruyacaktır. Çalışmamızın sonlanmasıyla birlikte uygun sonlanma noktasının tespitinin literatüre kazandırılmasını takiben, merkezimizde yapacağımız humerus antegrad çivileme ameliyatlarının tezden elde ettiğimiz bilgiler ışığında yapılmasıyla, klinik veri elde edeceğimizi ve bu klinik verilerinde klinik çalışmalara dönüşeceğini öngörmekteyiz.

Yöntem: Bu tez çalışmasında, humerus kemiğinde kanal içi çivileme tekniğinde biyomekanik deneyler kompozit humerus modeller (Synbone 5010, İsviçre) üzerinde yapılacaktır.

Projenin ana hattını oluşturan humerus yapay kemiklerindeki kanal içi intrameduler cerrahi uygulamalar, piyasada bulunan standart intramedüller çiviler temin edilecektir. İmplant üretici firmaların önerileri ile cerrahi uygulamalar gerçekleştirilecektir.

Biyomekanik Analizler

Deneyler elektromekanik aküatör (Shimadzu AG-IS, 5 kN, Japan) kullanılarak gerçekleştirilecektir. Yük altında oluşacak implant /kemik deplasman değerleri, proje kapsamında D.E.Ü. Biyomekanik A.D. da ölçülerek kaydedilecektir.

Bütün humeruslarda ortopedik cerrahide kulanılan intramedüller çiviler, orijinal derinlikte ve oryantasyonunda, tekniğe uygun olarak uygulanacaktır. Biyomekanik testler, literatürde tasvir edildiği gibi yapılacaktır. Çalışma grupları 3 grup halinde planlanmıştır.

- 1. grup; (n=6)
- 2. grup; (n=6)
- 3. grup; (n=6)

Numunelerin Hazırlanması: Biyomekanik çalışmalarda 18 adet yapay humerus kullanılacaktır. Humerus kırık modeli olarak, humerus distalinde olekranon fossa apeksinin 10 cm proksimalinden transvers osteotomi uygulanacaktır. Osteotomiler salınımlı testere kullanılarak yapılacaktır. Her grupta osteotomi hattında 10 mm açıklık olacak şekilde tespit yapılacaktır. Humerus şaftına osteotomi yapıldıktan sonra tüm numuneler tekniğe uygun şekilde tecrübeli ortopedi cerrahı tarafından tespit edilecektir.

Aksiyel kompresyon ve traksiyon deneyi: Numunelerin hazırlanmasından sonra üç grubun biyomekanik testleri aksial yüklenme 400 N ve 800N da aksiyel kompresyon ve traksiyon testleri gerçekleştirilecektir. Kemik içerisine implante edilmiş numunelerin yük ve deplasman verileri elektromekanik aküatörün kendi sistemi üzerinde eşzamanlı olarak kaydedilecektir. Çivi ile tespit edilen tüm gruplara 10 mm/dk hızda, numuneler kırılmayacak şekilde kompresyon ve traksiyon kuvvetleri uygulanacaktır.

Torsiyon deneyi: Yapay kompozit humerus modeli içine tespit edilen intrameduller çivi uygulanan numuneler kırılana kadar torsiyon kuvvetine maruz bırakılacaktır. Elde edilen deplasman ve yük değerleri yine sistem üzerinde eş zamanlı olarak yük ve deplasman değerleri kayıt altına alınacaktır. Torsiyonal testler, 1,2 °/ sn hızla uygulanarak numunenin rotasyonel yük deplasmanı kaydedilecektir.

İstatistiksel Değerlendirme: Biyomekanik deneyler sonucunda, üç grup için elde edilen; kompresyon, traksiyon, torsiyon çalışmalarının verileri arasında farklılık istatistiksel açıdan incelenecektir. Sonuçlar kruskal-wallis nonparametrik yöntemi ile istatistik analizler yapılacak ve gruplar karşılaştırılacaktır.

Sistemin optimizasyonu ve üretim yönteminin geliştirilmesi: Elde edilecek çalışma sonuçları göz önüne alınarak, humerusta en iyi çivileme yöntemi seçilecektir.

Bulgular: Aksiyel kompresyon testleri 400 N ve 800 N olarak uygulanmıştır. 400 N da Grup 1 (24 cm) 1,60 mm lık uzama kaydedilirken, Grup 2 (26 cm) 1,54 mm ve Grup 3 (28 cm) te ise 1,45 mm lik uzama değerleri alınmıştır. 800 N da ise Grup 1 için 2,42 mm, Grup 2; 2,30 mm, Grup3; 1,76 mm lik uzama kaydedilmiştir. 400 ve 800 N luk her iki test tipinde de Grup 3 diğer gruplara oranla daha rijit bulunmuştur. Aksiyel çekme / traksiyon testlerinde ise 400 N da Grup 1; 2,71 mm Grup 2; 2,16 mm Grup 3; 2,04 mm olarak bulunmuştur.

Torsiyon deneylerinde tüm numuneler burulma yüküne maruz bırakılarak kırılana kadar test edilmiştir. Alınan ortalama sonuçlar ise Grup 1 için; 12,44 Nm, Grup 2 için; 15,63 Nm, Grup 3 için ise; 18,48 Nm olarak bulunmuştur.

Sonuç: Torsiyon kuvveti ile gruplar (24cm,26cm,28cm) arasında anlamlı bir farklılık olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Farklılığın hangi sayı grupları arasında olduğunu belirlemek amacıyla Tukey Testine başvurulmuş ve sonuçlar neticesinde farklılığın 28cm ile 24 cm arasında olduğu ortaya çıkmış olup; 28 cm'lik grubun 24 cm'lik gruba göre daha iyi sonuçlar elde edebileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Humerus kırıkları, postoperatif komplikasyon, distal kilitleme, intramedüller çivileme, nörovasküler yaralanma

ABSTRACT

The Ideal Distal Endpoint for Humerus Nailing Examination of Detection

Introduction and aim: : Intra-canal nailing technique is used in the surgical treatment of many bone fractures, and it is preferred because of its advantages such as positively affecting the union of the fracture, short operation time, no large scar tissue left in the patient, less risk of infection-postoperative osteomyelitis, ability to move and load in the early period. can be done[1]. Although it is a technique with these advantages, postoperative complications are more common in intracanal nailing of the humerus, since the humerus has anatomical differences compared to other bones[2, 3]. The aim of this thesis study is to determine a standard ideal endpoint for nail placement in humeral nailing surgery. In the antegrade intra-canal nailing method of the humerus, the end point of the nail is not clear. Fractures formed around this point are difficult to treat, and the end point of the nail is an etiological factor for the formation of these re-fractures, as we know from other long bone fractures. In this way, the scientific knowledge that will emerge will reduce complication rates, reduce the necessity of revision surgeries, prevent workforce losses, and protect the patient and insurance companies from secondary costs.

Methods: In this thesis, biomechanical experiments in the intra-canal nailing technique of the humeral bone will be carried out on artificial bones of the synbone brand humerus 5010 model. The experiments will be carried out using an electromechanical actuator (Shimadzu AG-IS, 5 kN, Japan). The implant / bone displacement values that will occur under load are determined by D.E.Ü. Biomechanics will be measured and recorded.

Intramedullary nails used in orthopedic surgery in all humeruses will be applied in their original depth and orientation, in accordance with the technique.

Results: Axial compression tests were performed at 400 N and 800 N. At 400 N, 1.60 mm elongation was recorded in Group 1 (24 cm), 1.54 mm in Group 2 (26

cm) and 1.45 mm in Group 3 (28 cm). At 800 N, 2.42 mm for Group 1, Group 2; 2.30mm, Group3; An elongation of 1.76 mm was recorded. Group 3 was found to be more rigid than the other groups in both test types of 400 and 800 N. In axial pull / traction tests, Group 1 at 400 N; 2.71mm Group 2; 2.16mm Group 3; It was found to be 2.04 mm.

In the torsion tests, all samples were tested until they were subjected to a torsional load. The average results obtained for Group 1; 12.44 Nm for Group 2; 15.63 Nm, for Group 3; It was found to be 18.48 Nm.

Conclusion: There was a significant difference between groups (24cm, 26cm, 28cm) with torsion strength ($P<0.05$). Tukey Test was applied to determine between which number groups the difference was, and as a result of the results, it was revealed that the difference was between 28 cm and 24 cm; It has been determined that the 28 cm group can achieve better results than the 24 cm group.

Key Words: Humerus fractures, postoperative complication, distal locking, intramedullary nailing, neurovascular injury

1. GİRİŞ-AMAÇ

Kanal içi çivileme tekniği birçok kemik kırığının cerrahi tedavisinde kullanılmakta olup, uygun yapıldığı takdirde kırık kaynamasını olumlu etkilemesi, ameliyat süresinin kısa sürmesi, hastada büyük bir yara dokusunun kalmaması, enfeksiyon-postoperatif osteomyelit riskinin az olması, erken dönemde hareket ve yük verebilme gibi avantajlarından dolayı tercih edilebilmektedir[1]. Bu avantajlara sahip bir teknik olmasına rağmen humerusa yapılan kanal içi çivilemede, humerusun diğer kemiklere göre anatomik farklılıkları olmasından dolayı postoperatif komplikasyonlar daha fazla olmaktadır[2, 3]. Bu artmış komplikasyon oranı hastanın yatış süresini uzatmakta, iş gücü kaybına yol açmakta, revizyon cerrahileri gerektirebildiğinden maliyeti artırmakta ve sağlık çalışanlarının iş yükünü arttırmaktadır. Komplikasyonların birçok sebebi vardır ve ameliyatların başarısı; hastanın uyumu, doğru malzeme seçimi ve doğru uygulama gibi birçok faktöre bağlıdır. Fakat humerusun kanal içi çivilemesinde doğru uygulamalara rağmen yine de komplikasyon oranının fazla olması bu duruma daha kapsamlı bakmamızı gerektirmektedir[4]. Zhao ve arkadaşlarının derleme makalesinde plakla kıyaslandığında humerus çivilerinde artmış yeniden ameliyat riski gösterilmiştir[4]. Omuz ağrısı, kaynamama ve ameliyat esnasında veya sonrasında çivi çevresinde yeniden kırık oluşması bu cerrahi yöntemin önemli komplikasyonlarından bazılarıdır[5]. Humerus çivileme sonrasında çivinin distal sonlanma bölgesinde yeni kırık oluşumları özel önem arz eder. Bu kırıklar ameliyat esnasında çivi ucuna veya ameliyat sonrasında çivi ucunun veya kilit vidalarının kortekse yaptığı yüklenmelerin sebep olduğu streslere bağlı gelişir[6]. Bizim çalışmamız humerus çivilerinin sonlanma noktalarının etrafında oluşan bu kırıklara biyomekanik olarak odaklanacaktır. Bu bölgede çivi etrafında oluşan kırıklar hem cerrah için hem de hasta için tedavisi zor kırıklardır. Bu implant çevresi kırıkların tedavisi çoğu zaman ilk cerrahi işleme göre daha maliyetli ve daha zordur. İkincil ameliyatların yüksek maliyetleri sağlık güvenlik sistemleri üzerinde ciddi bir yük oluşturmakta ve daha da önemlisi hastalarda daha ciddi fonksiyonel ve maddi kayıplara sebep olmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı humerus çivileme ameliyatına çivinin yerleşimi için standart bir ideal sonlanma noktası belirlemektir. Humerusun antegrad kanal içi

çivileme yönteminde çivinin sonlanma noktası net değildir. Bu nokta etrafında oluşan kırıkların tedavisi zordur ve çivinin sonlanma noktası diğer uzun kemik kırıklarından bildiğimiz üzere bu yeniden kırıkların oluşumu için etiyolojik bir faktördür. Bu sayede ortaya çıkacak bilimsel bilgi komplikasyon oranlarını azaltacak, revizyon cerrahilerinin gerekliliğini azaltacak, iş gücü kayıplarını engelleyecek, hastayı ve sigorta şirketlerini ikincil maliyetlerden koruyacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

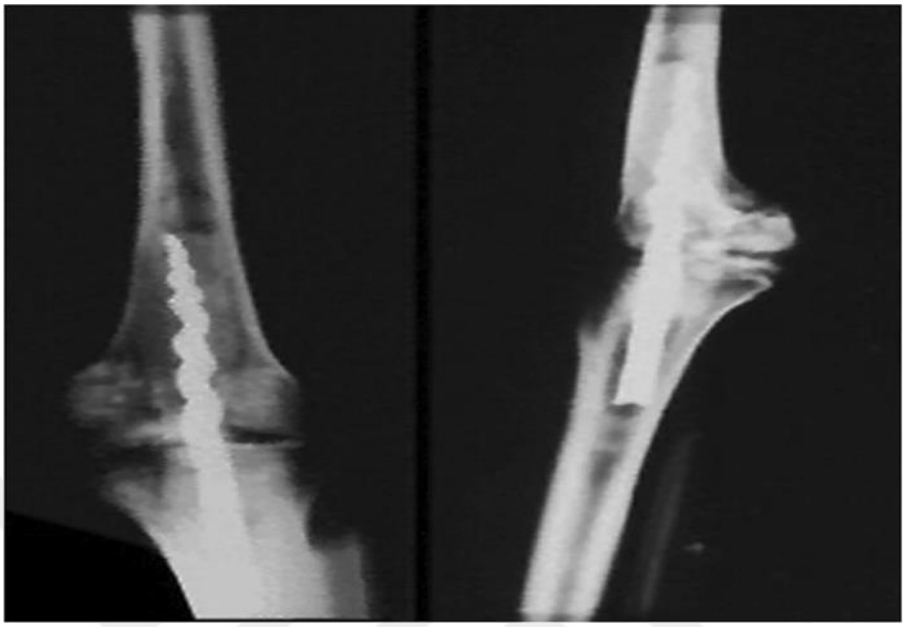
2.1. Tarihçe

İntramedüller çivileme, uzun kemik kırıklarının tedavisinde devrim yaratmıştır (7, 8). Teknik yüzyıllardır var olmasına rağmen bugünkü durumuna ulaşması hayli zaman almıştır ve çok çeşitli yollardan geçmiştir. Günümüzde metalurji, cerrahi teknikler ve floroskopideki yenilikler sayesinde intramedüller çivileme, kırık kaynamasını olumlu etkilemesi, ameliyat süresinin kısa sürmesi, hastada büyük bir yara dokusunun kalmaması, enfeksiyon-postoperatif osteomyelit riskinin az olması, erken dönemde hareket ve yük verebilme gibi avantajlarından dolayı uzun kemik kırıklarının standart tedavisi haline gelmiştir(1). İnsan biyomekaniği bilgisindeki gelişmeler, bu tür modern tasarımların yaratılmasını mümkün kıldı.

Çivi benzeri bir intramedüller cihazın ilk kullanımı eski Mısır'da kanıtlanmıştır (9). Karmaşık cerrahi kırık bakımının bu kadar uzun yıllar önce var olması pek olası değildir. Bununla birlikte, eski Mısırlıların, öbür dünyada fiziksel diriliş inançlarından kaynaklanan büyük mumyalama becerilerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Tutankhamun'un mezarında bulunan ve femur ile tibia kemiği arasına diz eklemini stabilize eden bir tirbuşon pimi yerleştirilmiş olan Usermontu olarak bilinen bir mumyanın durumu böyledir (Şekil 1). Sonrasında çok çeşitli yöntemlerle, çeşitli insanlar tarafından tarih boyunca farklı malzemeler ile imç denenmiştir, fakat yeterli cerrahi teknik ve antisepsi olmaması nedeniyle, bu operasyonların aşırı komplikasyon oranlarına ve yüksek mortaliteye sahip olduğu görüldü (10).

1939'da Nobel Ödülü adayı Alman cerrah Gerhard Küntscher , diyafiz femur kırıklarının tedavisi için paslanmaz çelik bir intramedüller çivi geliştirdi(11). Küntscher, Smith-Petersen'in femur boyun kırıkları için kullandığı çividen ilham aldı ve aynı ilkelerin diyafiz için de uygulanabileceğine inandı(11). Kadavra ve hayvan çalışmaları yürüttükten sonra, 1940 yılında Berlin'de bir cerrahi konferansta

yöntemlerini sundu. İlk başta, yenilikleri Alman meslektaşları tarafından küçümsendi, ancak II. Dünya Savaşı'ndan sonra yöntemi popüler hale geldi(12).



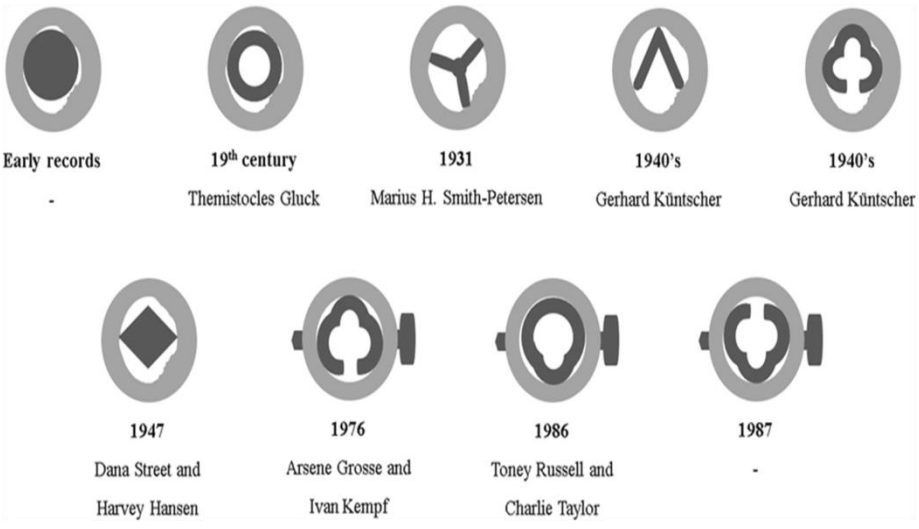
Şekil 1. Eski Mısır mumyası Usermontu'nun sağ dizinin radyografileri (MÖ 16.–11. yüzyıl, Gül Haç Müzesi, San José, California)(1).

İkinci dünya savaşında Gerhard Küntscher'in cephede geliştirdiği bu teknik, savaş sonrası savaş esirlerinin ülkelerine geri gönderilmesinden sonra, uluslararası bir geçerlilik kazanmaya başladı. Küntscher'in kemik iliği çivisi, hastanın iyileşme süresini neredeyse bir yıl kısaltarak kırıkların tedavisinde devrim yarattı. Aylarca alçıda kalması gereken hastalar artık birkaç gün içinde hareket edebildiler (13).

1970'lerde Küntscher'in fikirlerine ilgi arttı. Esnek raybalama ve birbirine geçmenin birleşimi ve görüntü yoğunlaştırmanın kullanılması, minimum yumuşak doku hasarı, büyük stabilite ve hastalar için anında mobilizasyon içeren mükemmel bir cerrahi teknikle sonuçlandı. O zaman, ikinci nesil çivilerin ortaya çıkmasına yol açan bir dizi yenilik meydana geldi ve 1976'da Grosse ve Kempf, çivi genişlemesi sorunlarını önlemek için kısmen oluklu bir çivi oluşturdu, AO da birkaç yıl sonra benzer bir çivi oluşturarak gelişime dahil oldu (Şekil 2) (14, 15). Biyomekanik bir çalışmada, Gimeno ve arkadaşları çivinin oluklu olmayan ve oluklu kısmı arasındaki geçiş bölgesinin stres konsantrasyonuna ve implantın başarısızlığına yol açtığını

gösterdi(16). Bu sorunları çözmek için Russel ve Taylor 1986'da tatmin edici sonuçlar veren ilk oluklu olmayan raybasız çiviyi sundular (17). Russel-Taylor çivisi, takip eden on yılda uluslararası Ortopedi topluluğu arasında çok popüler oldu. Metalurjideki gelişmeler, diğer alanların yanı sıra intramedüller çivilemede kullanılan titanyum alaşımının tanıtılmasına yol açmıştır. Titanyum güçlü ve esnek bir yapıya sahip olduğundan, mr uyumu gösterebildiğinden imç için çok avantajlı bir yapıya sahiptir. Elastik özelliğe sahip karbon fiber takviyeli polimerlerden yapılmış intramedüller çiviler şu anda mevcuttur. Magnezyum alaşımı, kortikal kemiğe benzer bir sertlik yapısına sahiptir. Li ve arkadaşları hayvan modellerinde osteoporotik kırıkların tedavisinde bir avantaj gösterdi; zoledronat kaplama ile kombinasyon halinde magnezyuma kombine edilen kırık onarımı, osteoporotik kırıkların gelecekteki tedavisi olabilir (18).

Uzun ve türlü gelişimsel süreçlerden geçen imç tekniği, geçmiş on yılların başarı ve başarısızlıklarından sonra ortopedi cerrahlarının intramedüller çivileme konusundaki deneyimleri büyük ölçüde artmıştır. Femur, tibial ve humerus kırıklarının intramedüller çivilenmesi, çoğu kapalı kırık için olduğu kadar seçilmiş açık kırıklar için de standart bir tedavi haline gelmiştir.



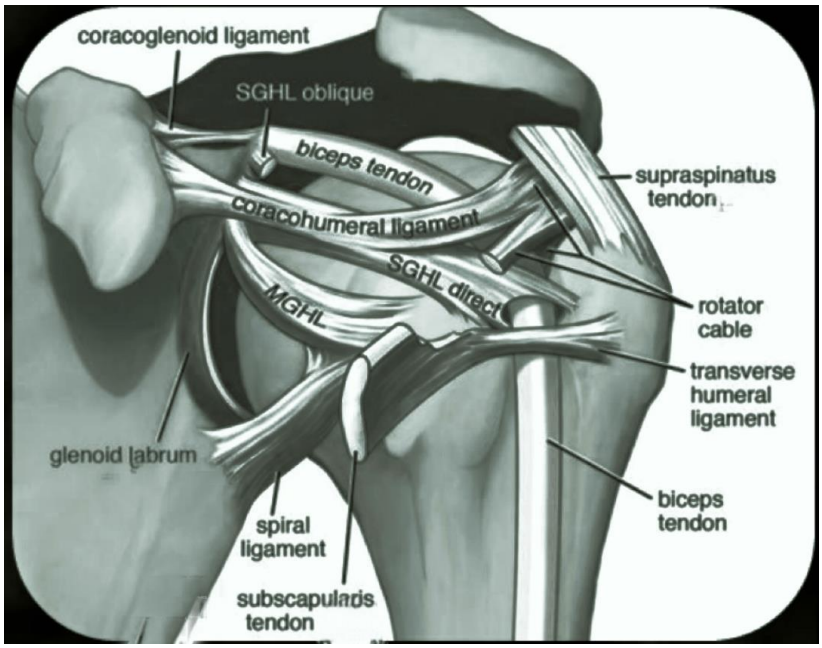
Şekil 2. İntramedüller çivilerin enine kesit tasarımlarının evrimlerinin zaman çizelgesi(1).

2.2. Anatomi

2.2.1. Omuz Eklemi

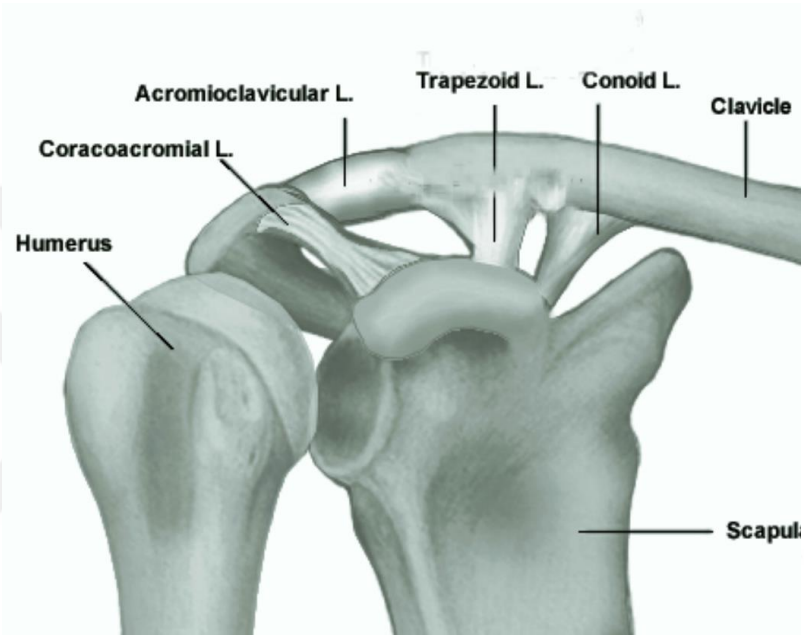
Tüm insan vücudundaki en esnek eklem omuz eklemidir; bunun nedeni dört ayrı eklemlenmenin sinerjik etkisidir: glenohumeral, akromiyoklaviküler, sternoklaviküler ve skapulotorasik eklemler(19). Burada temel olan iki bileşenden kısaca bahsedebiliriz.

Glenohumeral Eklem: Glenohumeral eklem, humerusun yuvarlak başının eklemlenmesi ile glenoid fossa olarak da adlandırılan skapulanın fincan benzeri çöküntüsü arasında uzanan küresel bir eklemdir(şekil 3). Glenoid fossa, kaslar, bağlar ve kıkırdak ile güçlendirilmiş çok sığ bir yuva oluşturarak çıkığın önlenmesine yardımcı olur. Labrum, esnekliği korurken eklemin boyutunu genişletmek için glenoid fossa'yı çevreler. Omuzu daha da güçlendirmek için rotator manşetin dört kası skapuladan uzanır ve kolu döndürmek ve yerinden çıkmayı önlemek için humerus başını çevreler. Omuz fleksiyon-ekstansiyon, abdüksiyon-addüksiyon, sirkumdüksiyon, medial ve lateral rotasyon yapabilir(20).



Şekil 3. Glenohumeral eklem

Akromiyoklaviküler Eklem: AC eklemi bir diartrodial eklemdir. Hareketin çoğu eklemden değil kemiklerden gelir. Akromiyoklaviküler bağ yatay, korakoklaviküler bağ dikey stabiliteyi sağlar. Eklemin kendisi sadece kayma hareketleriyle sınırlıdır(21).



Şekil 4. AC eklem

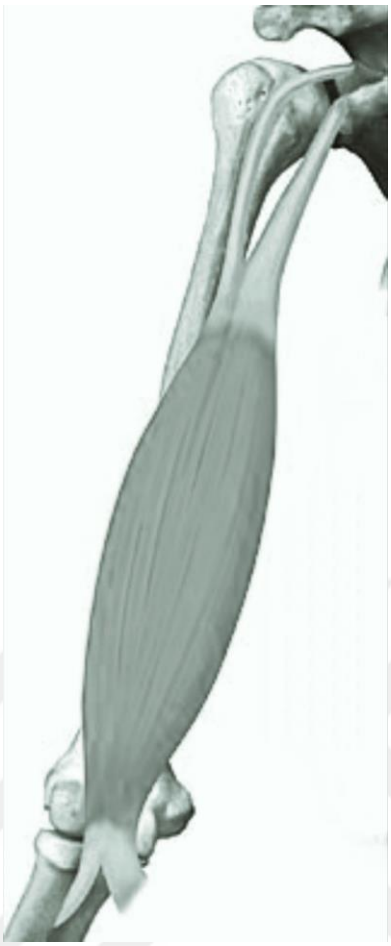
2.2.2. Kaslar

2.2.2.1. Fleksörler

Biceps Brachii

Önkola supinasyon ve dirseğe fleksiyon yaptırır. Kısa başı skapulanın korakoid çıkıntısının ucundan uzun başı ise skapula supraglenoid tüberkülünden köken alır. (şekil5)

Muskulokütan sinir (C5,C6) tarafından innerve olur, brachial arter tarafından beslenir.



Şekil 5. Biceps Brachii

Brachialis

Humerusun ön yüzeyinin distal yarısından köken alır ve ulnanın koronoid çıkıntısına yapışır. Ön kolun ana fleksörüdür. Medial tarafı musculokutan sinir(C5,C6), radial tarafı ise radyal sinir(C5,C6,C7) tarafından innerve olur. Brakiyal arter ve radyal arter tarafından beslenir.



Şekil 6. Brachial kas

Brachioradialis

Humerusun lateral suprakondiler sırtının proksimal 2/3'ünden köken alır ve radial stiloidin tabanına insersiyo yapar. Ön kola fleksiyon yaptırır. Radyal sinir (C5,C6,C7) ile innerve olur. Radyal arter tarafından beslenir. (şekil 7)



Şekil 7. Brachioradialis kası

2.2.2.2. Ekstansörler

Triceps Brachii

Uzun başı skapulanın infraglenoid tüberkülünden, lateral başı humerusun arka yüzeyi, radyal oluğun üzerinden, medial başı ise humerusun arka yüzeyi radyal oluğun altından köken alır ve olekranonun proksimal ucuna insersiyo yapar. Ön kolun ana ekstansörüdür. Radial sinir (C5,C6,C7) tarafından innerve olur. Brakiyal arter tarafından beslenir (Şekil 8).



Şekil 8. Triceps brachii

2.2.3. Sinirler

Muskulokutanöz Sinir

C5,6,7 sinirlerinden köken alır. Korakobrakiyal kas, biceps kası ve brachialis kasının medialine motor dallar verir. Lateral antebrakiyal kutanöz sinir ile ön kol duyusunu alır.

Radyal Sinir

Radyal sinir, brakiyal pleksusun (C5-T1) arka kordonundan köken alır. Triceps, anconeus, ECRL, ECRB, brakiyoradialis kaslarına motor dalalr verir. Posterior interosseöz sinir (PIN) ile ED, supinator, EDM, ECU, APL, EPL, EPB, EIP kaslarına motor dalalr verir. Arka kutanöz sinir ile kolun arka duyusunu, arka kutanöz sinir ile ön kol arka duyusunu, yüzeysel dal ve dorsal dijital dal ile radyal taraf ilk 3,5 parmağın dorsal duyularını alır.

Aksiller Sinir

C5 ve C6 sinir köklerinden oluşur. Anterior ve posterior dalları ile deltoid kasını, posterior dalı ile teres minör kasına motor innervasyon yapar. Lateral brachial kutanöz dalı ile omuz yan kısmının duyusunu alır.

Medyan Sinir

C5-T1 sinirleri medial ve lateral köklerinden oluşur. Kolda dal vermez. Muscular dalları ile ulnar sinirin innerve ettiği kaslar dışındaki bütün önkol fleksörlerine motor innervasyon yapar. Anterior interosseöz dalı ile pronator quadratusa motor innervasyon yapar. Palmar dalı ile el ayasının duyusunu alır. El bileğini geçen muscular dalları ile 1. ve 2. Lumbrical kasları, opponens pollicis, abductor pollicis brevis ve flexor pollicis brevis kaslarını innerve eder. Dijital palmar dalları ile radyal 3.5 parmağın palmar duyusunu alır.

Ulnar Sinir

C8-T1 sinirler köklerinden oluşur. Kolda dal vermez. Kolda verdiği muscular dallar ile fleksör karpi ulnaris ve fleksör dijitorum profundusun ulnar parçasını innerve eder. El bileiğini geçen ramus profundus dalı ile bütün interosseus kaslar, 3. ve 4. Lumbrikaller, fleksör pollicis brevisin caput profundusu ve hipotenar kasları innerve eder. Dorsal dalı ulnar 2.5 parmağın dorsal yüzünün duyusunu alır.

Superficial dalı ulnar 1.5 parmağın palmar yüzünün duyusunu, palmar dalı ile önkol ve hipotenar bölgenin duyusunu alır.

2.2.4. Damarlar

Kol ve önkol arteryel damarları aksiller arter kaynaklıdır (Şekil 6).

Aksiller Arter

Pektoralis minör kası komşuluğuna göre 3 kısma ayrılır. 1. Kısım olan pektoralis minör kası proksimalinde superior torasik arter dalını verir. Pektorlis minör kası arkasına geçtiği 2.kısımda; torakoakromiyal arter ve lateral torasik arter dallarını verir. Pektoralis minör distali olan 3.kısmında; subskapular arter, ön ve arka sirkumfleks dallarını verir. Teres majör kasının alt sınırında brakiyal arter adını alır.

Brakiyal Arter

Aksiller arterin devamı olan brakiyal arter kolun ana kan kaynağıdır. Humerusun radyal oluğunda radyal sinir ile birlikte ilerleyen ve üst kolun arka yüzündeki yapıları besleyen profunda brachii dalını verir. Profunda brachii, dirsek eklemi çevresinde bir anastomoz ağına katkıda bulunarak sonlanır. Brakiyal arter koldan aşağı inerken kubital fossadan geçer ve bisipital aponevrozun altında radyal ve ulnar arterlere çatallanarak sonlanır.

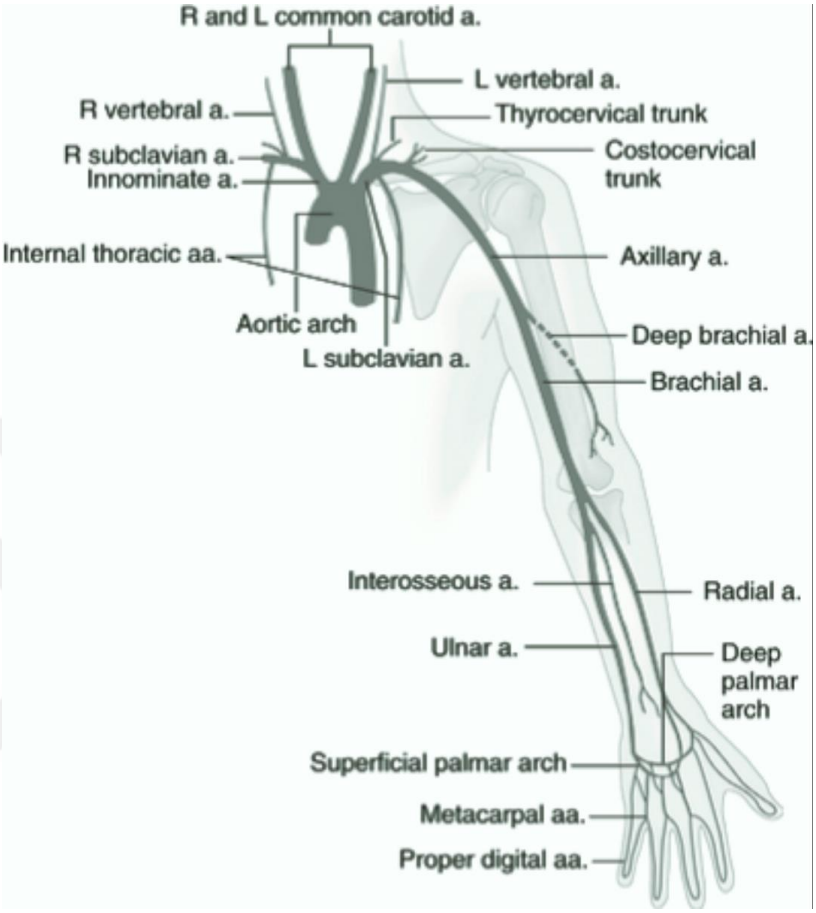
Radyal Arter

Önkolun posterolateral yönünü besler. Dirsek eklemi ve karpal kemikleri çevreleyen anastomoz ağlarına katkıda bulunarak sonlanır

Ulnar Arter

Önkolun anteromedial yönünü besler. Dirsek eklemini çevreleyen anastomoz ağına katkıda bulunur. Ayrıca önkolda daha derin yapıları besleyen ön ve arka

interosseöz dalları verir. Radyal arter ile beraber yüzeysel palmar ark ve derin palmar ark olmak üzere iki ark oluşturarak elde anastomozuna katılır.



Şekil 9. Üst ekstremite arteryel dolaşımı

2.3. Epidemiyoloji

Humerus kemiği kırıkları yaygındır, tüm ortopedik yaralanmaların yaklaşık %3'ünü oluşturur. Bu durum üretkenlik ve ücret kaybından dolayı topluma önemli bir yük getirir(22, 23).

2.4. Etiyoloji

Etiyolojide iki modlu yaş dağılımı görülmektedir; yüksek enerjili travması olan genç hastalar ve düşük enerjili travmaları olan osteopenik yaşlı hastalar(24)

2.5. Klinik Değerlendirme

Birçok kırıkta detaylı hikaye alınması ve fizik muayene yapılması tedavinin başlangıcı için önemli bilgiler vermektedir. Yaşlı bir kişide basit bir travma ile oluşan kırık patolojik kemik kırığına işaret edebilir. Böyle bir durumda kırıktan yola çıkarak ek sistemik hastalıkların tespiti gerekebilir. Hikayede tariflenen yaralanma mekanizmasının kırık tipiyle uyuşması gerekir. Aksi durumlarda istismar, aile içi şiddet gibi ihtimaller akla gelmelidir[26].

Akut yaralanmadan sonra şişlik ve ağrı kontrolü için uzun NSAİİ kullanımının kırık iyileşmesini geciktirdiği ortaya konmuştur. Bhattacharyya ve arkadaşları yayınladıkları cohort çalışmada 10,000 humerus cisim kırığı olgusunda, kırık sonrasında 60-90 gün kadar NSAİİ kullanımının belirgin olarak kaynamama ile sonuçlandığını bildirmişleridir[27].

Çoklu travmalarda hastadan hikaye almak mümkün olmadığında, hasta yakınlarından, kaza tanıklarından veya ambulans personellerinden önemli bilgiler alınabilir. Böyle durumlarda hastaya önce ileri yaşam desteği sağlanmalıdır. Çoklu travmalı olgularda açık yara, aynı tarafta kırık, kompartman sendromu ve damar sinir yaralanması sıklığı artış gösterir ve dikkatli değerlendirme gerektirir[28]. Aynı taraflı humerus cisim ve önkol kırığı olanlarda, özellikle çocuklarda, önkol kompartman görlme sıklığı artış gösterir[22, 29, 30]. Sinir yaralanmasının olup olmamasının (özellikle radyal sinir) kayıt edilmesi herhangi bir girişimden önce önem arz eder, sinir tespiti yapılamıyorsa sinirin durumunun anlaşılamadığı kayıt altına alınmalıdır[31].

Açık yara olup olmadığı iyice araştırılmalıdır, açık kırık durumu acil hale getirir. Bu durum sadece ameliyatın zamanlamasını değil, aynı zamanda yaklaşımı, kırık fiksasyonu tipini ve yumuşak doku yönetimini de etkiler. İlk eksternal fiksasyondan sonra erken bir ikinci değerlendirme ile lokal debridman ve vakum tedavisi kullanılarak yumuşak doku kapatmayı içeren aşamalı bir yaklaşım sıklıkla yararlıdır. Omuz ve dirsek muayenesi önemlidir, eklemlerde şüpkeli yaralanmalar

varsa değerlendirilmelidir, kırık şüphesi halinde radyografiler yetersiz ise BT istenmelidir.

2.6. Radyografik Değerlendirme

Direkt Grafi

Humerus cisim kırıklarında standart görüntüleme her ikisinde de omuz ve dirsek görülecek şekilde birbirine 90 derece açıyla görüntü veren iki radyografinin çekilmesidir(şekil 10 ve şekil 11). Klinik muayene ve ilk grafilerde tespit edilen herhangi bir patoloji başka grafileri gerektirebilir. Tipik humerus cisim kırıklarında daha ileri görüntüleme nadiren gerekebilir. Bu durumun istisnaları, cisim kırığı ile beraber olan damar yaralanmalarında anjiyografi, proksimal ve distalde eşlik edebilecek eklem içi kırıklarda bilgisayarlı tomografi olabilir.



Şekil 10. Humerus şaft frk AP grafi

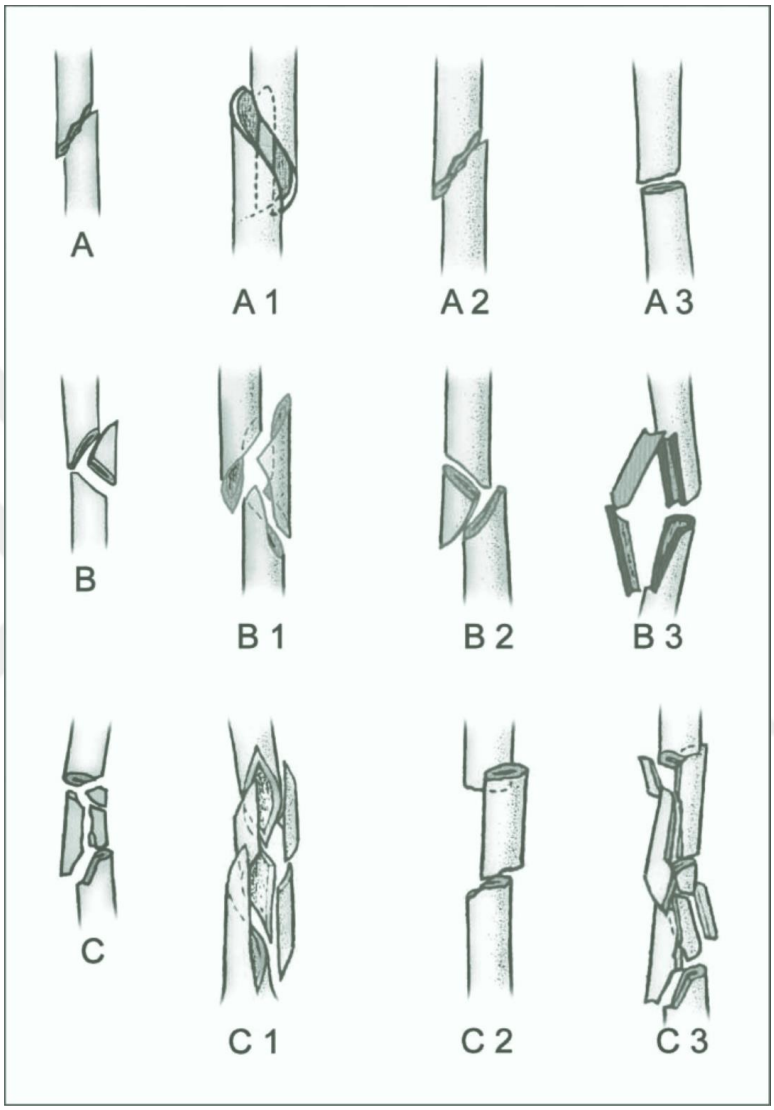


Şekil 11. Humerus şaft frk transtorasik lateral görüntü

2.7. Humerus Şaft Kırıklarında Sınıflama

Bu kırıklar, kırık hattının tipine, konumuna ve açık veya kapalı olmasına göre ve kemiğin durumuna (normal veya hastalıklı) göre sınıflandırılabilir. En çok kullanılan sınıflandırmalardan biri Zuckerman ve Koval'ın sistemidir(25). Kırık hattı pektoralis majör kasının insersiyonunun üzerinde oluştuğunda, rotator manşet kaslarının hareketi nedeniyle proksimal fragmanın abdüksiyona ve dış rotasyona gideceği; distal parçanın ise karşılanamayan kuvvet olduğundan proksimale ve anteriora sapacağını belirtmişlerdir.

Müller ve arkadaşlarının kurduklar grup (AO grubu olarak bilinir) tarafından yapılan sınıflandırma , HSF'lerin şekil 12'de gösterildiği gibi daha eksiksiz hale getirilmiştir.



Şekil 12. HSF'lerin AO sınıflandırması
Kırıklar 3 tipe ayrılmıştır: A veya basit tip kırık (A1 spiral, A2 oblik, A3 transvers), B veya kamalı kırıklar (B1 spiral kama, B2 eğilen kama B3 parçalı kama), C veya karmaşık kırıklar (C1 spiral, C2 segmental, C3 düzensiz) şeklindedir.

Basit kırıklar 2 parçadan oluşur ve redüksiyonla uç uca gelirler. Kamalı kırıklarda redüksiyon ile temas yüzeyi oluşturulur fakat karmaşık kırıklarda redüksiyon ile temas yüzeyi oluşmaz.

2.8. Tedavi

Klasik olarak humerus cisim kırıkları için ilk tedavi seçeneği, mutlak cerrahi endikasyon yoksa konservatiftir. Hastalar günlük hayata erken dönmek istiyorsa cerrahi tedavi ilk seçenek olabilir. Gecikmiş cerrahi, gecikmiş fizik tedavi anlamına gelir ve bu gecikmiş iyileşme ve günlük yaşama dönüş anlamına gelir.

Humerus, yumuşak doku ve kaslarla çevrili iyi vaskülarize bir kemik olduğundan, konsolidasyon süreci daha kolay yapılır. Üst ekstremite fonksiyonunu veya estetiğini değiştirmeden olan deformiteler iyi tolere edilir. (20°'den büyük ön arka açılanma, 30°'den büyük varus sapması veya üç santimetreden fazla kısalma (26-28)). Bu özellikler, cerrahi olmayan tedavinin yüksek konsolidasyon oranlarına ve iyi fonksiyonel sonuçlara yol açtığına dair ortak görüşü açıklar(26, 27).

2.8.1. Konservatif Tedavi

Konservatif olarak tedavi edilen humerus cisim kırıklarının kaynama oranı %67-98'dir(29, 30). Humerus cisim kırıklarında cerrahi olmayan tedavi uzun ve iyi ortaya konmuş başarı sonuçlarının olduğu, değişik yazarların değişik alçılar ve splintler tarifldiği bir konudur(31). Eklem hareket kabiliyeti yüksek olan omuz ve dirsek eklemlerinin sağladığı avantajlardan dolayı anatomik olmayan redüksiyonu iyi tolere edebildiğinden humerus şaft kırıkları konservatif tedaviye iyi cevap verirler(32). Humerus şaft kırıklarında fonksiyonel atelleme, 1977 yılında Sarmiento ve arkadaşları tarafından tariflenmiş, hastaya özel olarak yapılan humerusu çevresel olarak saran, dirsek ve omuz hareketlerine izin veren ortezin 51 olguda ortalama 10 hafta kullanılması sonucunda sadece 1 olguda kaynamama bildirilen bir yöntemdir(33). Çeşitli cerrahi olmayan tedavi yöntemleri arasında; alçılama, atelleme, kol askısı, torako-brakiyal alçı ve velpeau immobilizasyon, medikal brakiyal ortezler gibi günümüzde kullanılan yöntemler vardır(27, 34). Brakiyal ortezler günümüzde en çok kullanılan yöntemdir, bitişik kas gruplarının kasılmasını sağlar ve konsolidasyonu uyarır.

Ameliyatsız yöntemde uzun süreli immobilizasyon gereklidir. Bu tedavi yönteminin eklemlerde gecikmiş ROM kaybı ve işe dönüşte gecikme gibi çeşitli etkileri vardır. Ayrıca %1 ile %9.5 fonksiyonel korsede deri ve yumuşak doku komplikasyonları gözlenir(35, 36).

Çoklu travma, açık kırıklar, kas hareketinin neden olduğu deviasyon, obezite gibi cerrahi olmayan tedaviden kötü sonuçlara yol açan faktörler cerrahi yöntemlerin kırık özellikleri ve hasta gereksinimleri gibi sebepler cerrahi yöntem seçme sebepleri arasındadır. Mutlak cerrahi endikasyonlar arasında ise; nörovasküler hasarlar, kırığın eklem hattına uzaması, çoklu travma, açık kırıklar, patolojik kırıklar ve konservatif tedavinin başarısızlık durumlarını sayabiliriz(37, 38).

2.8.2. Cerrahi Tedavi

Basit HSF'nin büyük kısmı konservatif yöntemlerle tedavi edilebilmktedir. Konservatif tedavi bölümünde belirtilen mutlak ve rölatif cerrahi tedavi endikasyonları belirtilmiştir. Kırığın çok parçalı olması tek başına cerrahi girişimi oluşturan bir durum değildir. Bu tür kırıklar genelde geç kaynama veya kaynamamaya gidebilse de her zaman böyle olması gerekmez. Sarmiento'nun fonksiyonel atelleme ile olan büyük serisinde humerus şaft çok parçalı kırıklarında ortalama iyileşme süresi 11 hafta iken transvers kırıklar ortalama 12 haftada iyileşmişlerdir(39). Bu durumdan dolayı transvers veya kısa oblik kırıklı, aktif kişilerde, konservatif tedavi ile geç kaynamaya yatkınlık olduğundan rölatif cerrahi endikasyon düşünülebilir. Seçilecek cerrahi yöntemleri plaklama, İMÇ ve eksternal fiksatör olarak 3 grupta inceleyebiliriz.

2.8.2.1. Plak ile Kemik Tespiti

Diğer cerrahi tekniklere kıyasla, humerus şaft kırıklarında plak ile tespit, yüksek kaynama oranları, düşük komplikasyon oranları ve fonksiyonel dönüşün hızlı olması gibi avantajlarından dolayı daha sık kullanılan yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır(40-42) 4.5 mm geniş dinamik kompresyon (DCP) veya limited kontakt kompresyon (LCP) plaklar kullanılır. Kemik yapısı ince kişilerde 4.5 mm dar plaklar

da kullanılabilir. İyi uygulanmış fragmanlar arası kompresyon vidası varsa, proksimalde 3 vida (6 korteks), distalde 3 vida (6 korteks) yeterli tespit için asgari gereklidir. Kompresyon vidası yoksa 4'er vida (8'er korteks) gereklidir.

Karar verildikten sonra cerrahi yaklaşım seçimi, kırığın yeri, radyal sinirin ameliyat öncesi durumu ve cerrahın deneyimi ile belirlenir:

Medial Yaklaşım: Vasküler yaralanma durumlarında humeral arterin kontrol edilmesini sağlar; radyal sinirden uzak olduğu için plaklama için mantıklı bir yaklaşımdır(43).

Anterolateral Yaklaşım: En sık kullanılan yaklaşımdır. Radyal sinirin bulunmasını sağlar. Plak, humerus şaftının anterolateral tarafının orta kısmına uygulanır. Kesiğin tüm uzunluğu boyunca diseke edilen sinire özellikle dikkat edilmelidir. Plakaya göre konumu operasyon raporunda belirtilmelidir. Ortalama 80 gün sonra kaynama sağlanır ve vakaların %89'unda sonuçlar tatmin edicidir(44).

Posterior Yaklaşım: Distal 1/3 bölgedeki kırıklara en iyi posterior yaklaşım ile ulaşılır.

Minimal İnvaziv Yaklaşımlar: Lateral veya daha güvenli olan anterior yaklaşım tercih edilebilir. Radyal sinir anatomisinin ayrıntılı bilgisi bu yaklaşımlar için çok önemlidir.

Plak tespiti sırasında radyal sinirin kırık yoluyla anterior transpozisyonu önerilmiştir. Bu seçenek, humerus şaftının orta üçte birlik kırıklarında sinirin serbest bırakılmasını ve hareket ettirilmesini sağlayarak fiksasyonun rahat yapılmasını kolaylaştırdığı için yararlıdır(45).

2.8.2.2. Eksternal Fiksasyon ile Tespit

Eksternal fiksasyon, humerısta plak veya çivi tespiti kontendikasyonu bulunduğunda kırığı geçici olarak tespit edebilecek, komplikasyon oranı yüksek, çok

iyi olmayan bir tekniktir(46). Çoklu travma hastaları için hasar kontrol cerrahisi bağlamında geçici bir tedavidir.

Bikortikal pimler, sinir konumları akılda tutularak floroskopi kontrolü altında humerusun lateral tarafına yerleştirilir. Proksimal pimler, aksiller sinirin distalinden yerleştirilmelidir; distal pimler, radyal sinirle ilişkili alandan kaçınmalıdır. Küçük bir kesi yapmak, pimlerin riskli bölgelere yerleştirildiği durumlarda sinir hasarını önlemeye yardımcı olacaktır.

2.8.2.3. İntramedüller Çivileme

Kilitli, geniş çaplı humeral çiviler, femur ve tibia cisim kırıklarında elde edilen iyi sonuçlara paralel sonuçlar elde etmek amacıyla çıkarılmıştır fakat aynı başarı sonuçlarını gösterememiştir (47-50).

Patolojik kırıklarda, osteoporotik kemiklerde, segmental kırıklarda ve çoklu travmalarda imç göreceli tedavi seçimi olarak kullanılabilir. Oyma işlemi kırık iyileşmesini olumlu etkilemesine rağmen, bu işlemin bazı dezavantajları mevcuttur. Oyma işleminde radial sinire hasar verilmemesi için kırık uçlarının açılmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca distal humeral kanal olekranon fossa üzerinde daralarak sonlanır, femur ve tibiada olduğu gibi oyma ile oluşan ısınmanın dağılmasını sağlayan geniş metafizyel bölge yoktur. Bu sebeplerle medüller kanalın aşırı oyulmasının kötü sonuçları mevcuttur. Reimer ve arkadaşları humeral kana çapı 9mm ve altında olan olgularda Seidel çivisi ile yapılan tespit serisinde %58 gibi yüksek komplikasyon oranları bildirmişler, bu durumun sebebi olarak aşırı oymayı göstermişlerdir (51). Yeni çivilerde dar kanal çaplı olgularda kullanılmak üzere daha küçük çaplı çiviler tasarlanmıştır.

Anterograd çivilerin ana sorunlarından birisi rotator manşet yoluyla olan yaklaşımda yatmaktadır. Çivi, proksimal ucu ile akromiyon arasında herhangi bir sıkışmayı önlemek için yeterince aşağı doğru çakılmalıdır çakılırken distal humerus medullasının bahsedildiği gibi tibia ve femur gibi olmamasından dolayı, kırık uçlarının ayrışmamasına dikkat edilmelidir.

Retrograd teknik orta ve distal 1\3 humerus kırıkları için uygundur. Hasta prone veya lateral dekubit pozisyonda, kol desteklenerek hazırlanır. Bu çiviler, orta hat üzerinde triseps ayırma yaklaşımı ile olekranon fossanın yaklaşık 2 cm proksimalinden uygulanır. Yerleştirme veya çıkarma sırasında humerusun distal ucunun kırılması, özellikle retrograd uygulama ile ilişkili bir risktir. Butin ve arkadaşlarının 50 hastada yaptığı retrograd çivileme çalışmasında; %5 oranında posterior korteks çatlağı, %5 oranında çivi çıkarıldığında suprakondiler kırık ve %5 oranında kaynamama vardı. 10 haftada kaynama sağlandı (52). Çivileme sonrasında, insizyon kapatılmadan önce, oyma ile oluşan kemik parçalarının uzaklaştırılması için yıkama yapılmalıdır, bu işlem gelişebilecek heterotopik kemikleşmeyi engellemeyi amaçlar.

2.9. Humerus İMÇ Uygulaması (Antegrad)

Hasta şezlong pozisyonda şezlong pozisyonu verilemiyorsa supin pozisyonda hazırlanır.

Akromiyonun anterolateral kenarından distalde deltoid insersiyosuna doğru bir insizyon yapılır. Deltoid kası ayırılıp ve ekarte edildikten sonra bursaya ulaşılır. Bursa kesilir veya eksize edildikten sonra supraspinatus tendonuna ulaşılır. Supraspinatus dikkatli bir şekilde kesildikten sonra humerusun en tepe eklem yüzeyine ulaşılır (şekil 13). Doğru giriş noktasının tespitinden sonra bir kılavuz tel yerleştirilir ve skopi cihazı ile doğru yerleşim onaylanır. Sonrasında matkap veya biz ile humeral kanal açılır.

Kanal açıldıktan sonra kırık redüksiyonu yapılır ve kırık bölgesinden zeytin uçlu bir kılavuz tel geçirilir. Deneyimle, genellikle telin ucunun süngerimsi kemikte olduğunu hissetmek mümkündür, ancak bu skopi ile doğrulanmalıdır (şekil 14). Arzu edilen çivi için uygun bir boyuta kadar sırayla raybalama işlemi yapılır. Segmental veya çok parçalı kırıklarda, drill ucu kırık bölgesinden geçerken özellikle sinirler ve damarlar olmak üzere yumuşak doku hasarını önlemeye özen gösterilmelidir. Raybalama işlemi bittikten ve uygun çiviye karar verdikten sonra, zeytin uçlu tel düz bir kılavuz tel ile değiştirilmelidir. Ardından çivi kılavuz tel üzerine yerleştirilir.

Kırık hattına kadar sert olmayan hareketlerle getirilen çivi kırık hattını skopi eşliğinde geçmelidir. Kırık hattını geçtikten sonra redüksiyon iki farklı düzlemde skopi eşliğinde onaylanmalıdır. Çiviyi distal parçaya sokmaya yönelik birkaç girişim başarısız olursa, kırık bölgesi açılmalıdır. Olekranon fossanın hemen üzerinde istenen konuma ulaşana kadar çivi nazikçe ilerletilir. Çivi uygun konumuna yerleştirilirken kırık distraksiyonuna dikkat edilmelidir. Kılavuz tel kullanılmışsa, çivi yerine oturtulduğunda tel çıkarılır. Alternatif olarak, kılavuz tel olmadan bazı çiviler yerleştirilebilir.

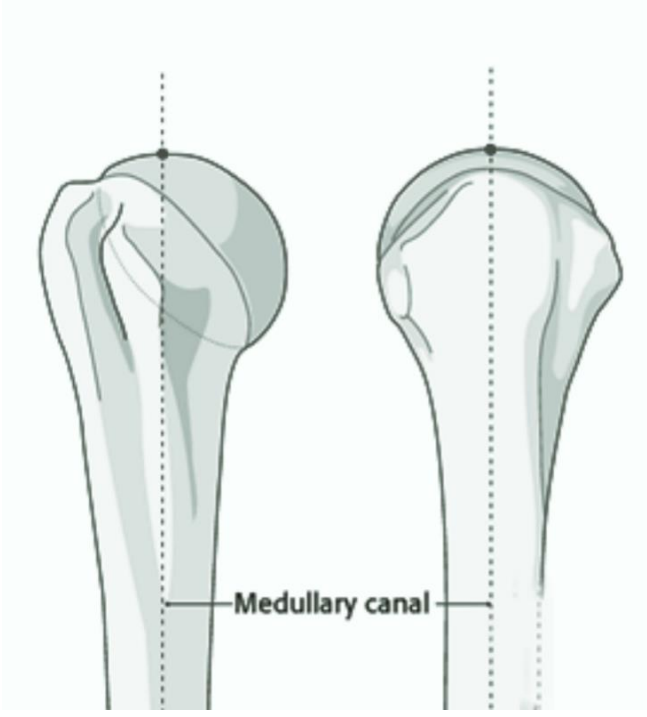
Çivinin proksimal ucunun humerus başının kemikli yüzeyinin altına yerleştirildiğinden emin olunmalıdır çünkü çivinin hiçbir çıkıntısı tolere edilemez. Rotasyonel değerlendirme için kırık bölgesinin proksimal ve distalindeki kortekslerin genişliği gibi dolaylı işaretler yardımcı olabilir. Alternatif olarak, proksimal parça doğru anatomik pozisyondaysa ve bu durum skopi ile doğrulanırsa, önkol 25° dış rotasyonda olmalıdır.

Çivinin doğru şekilde kilitlenmesini sağlamak ve komplikasyonlardan kaçınmak için humerusta çivinin doğru rotasyonunu elde etmek çok önemlidir. Proksimal kilitleme yapılırken vidaların eklemden çıkmamasına ve biceps uzun başına dikkat edilmelidir (şekil 15). Distal kilitleme tipik olarak bir serbest teknik kullanılarak gerçekleştirilir. Bu nedenle, görüntü yoğunlaştırma altında distal kilitleme için kolun sabit bir pozisyonda yerleştirilmesi gerekir. Serbest kilitleme yapılıyorsa önkol hareketlerinden dolayı ortaya çıkabilecek rotasyon kusurlarına dikkat edilmelidir. Nadir fakat ciddi bir komplikasyon, distal kilitleme vidasını yerleştirirken brakiyal arter ve/veya median sinirin yaralanmasıdır. Bu nedenle künt diseksiyon ile ilerlenmeli ve dikkatli olunmalıdır. Distal kilitleme sırasında ilişkili olan nörovasküler yapılar Şekil 16'da gösterilmiştir.

Distal ve proksimal kilitlemeler yapılırken, kaynamama riski yüksek olduğundan kırık distraksiyonuna dikkat edilmelidir. Bir boşluk varsa, humerus ekseni boyunca manuel kompresyonla, distal parçayı çivi üzerinden iç içe geçirerek kapatmak mümkün olabilir. Alternatif olarak, ilk distal kilitlemeden sonra çivinin geriye doğru çekilmesiyle veya çivileme sisteminde uygulanan bir sıkıştırma

mekanizması kullanılarak boşluk kapatılabilir. Bu tekniklerin her ikisi de çivinin daha proksimale hareket etmesine neden olur, böylece kırık aralığı kapatılırken çivinin proksimalde ekleme çıkmasına neden olabilir. Çivinin eklem içine çıkması rotator manşette yaralanmaya ve sıkışmaya neden olacağından ve tolere edilmeyeceğinden dikkat edilmelidir. Proksimal uç vidası takıldıktan sonra skopi ile son kontroller yapılır ve kapatma aşamasına geçilebilir. Supraspinatus dikkatli ve sağlam kapatılmalıdır.

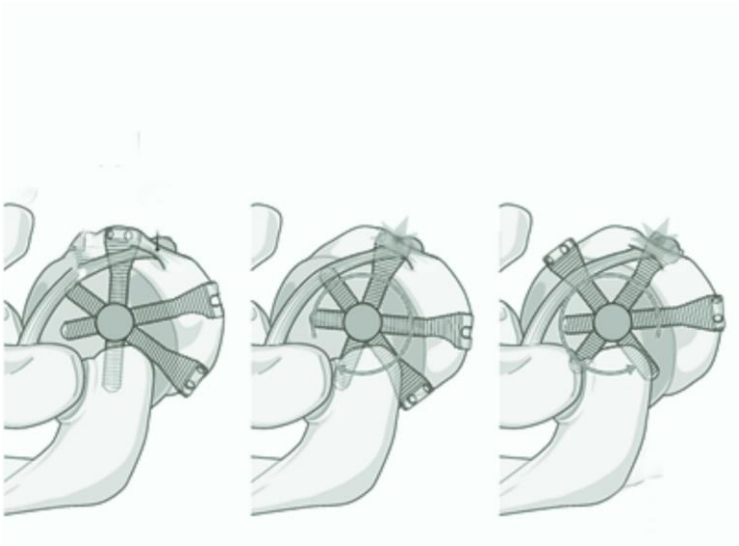
Ameliyat sonrasında nörovasküler kontroller yapılmalıdır. Ek bir patoloji yoksa postoperatif erken dönemde hareketlere başlanmalıdır. Ameliyattan en az 6 hafta, 12 hafta ve 6 ay sonra klinik ve radyolojik takip planlanmalı ve kemik iyileşmesi doğrulanana kadar devam ettirilmelidir. Humerus çivileri süresiz şekilde kalabilir. Çivinin başı belirginse ve sıkışmaya veya kısmi omuz sertliğine neden oluyorsa çıkarılması gerekebilir. Kilitleme vidaları sorunlara neden olursa, çiviyi çıkarmaya gerek kalmadan çıkarılabilirler. Çiviyi çıkarırken, supraspinatus hasarı en aza indirgenmelidir ve özellikle kötü tendon kalitesinde güvenli bir onarım gerçekleştirmeye özen gösterilmelidir.



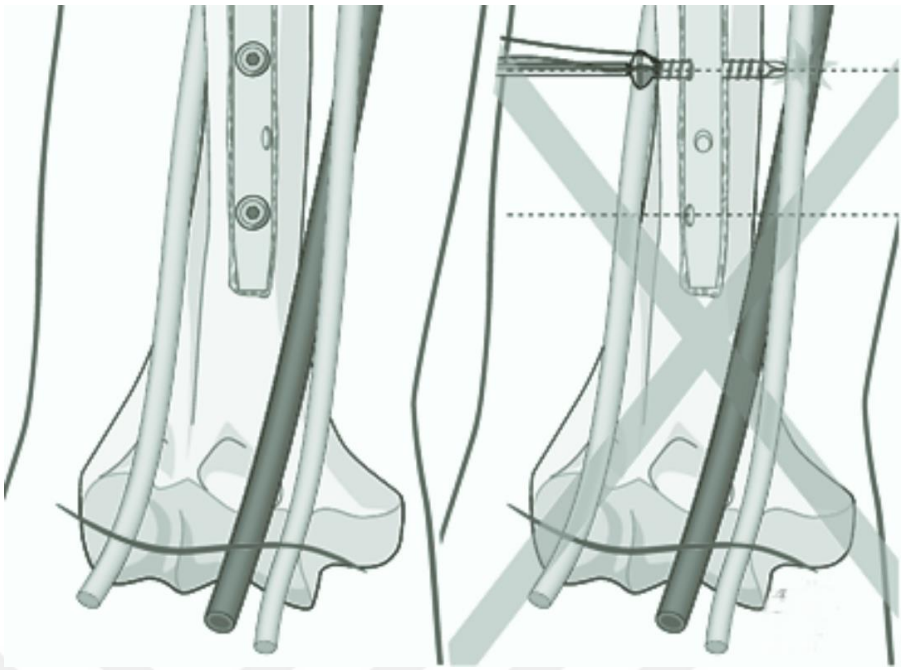
Şekil 13. Medüller kavite hizasında humerus tepe noktası



Şekil 14. Kırık bölgesinden kılavuz telin geçirilmesi



Şekil 15. Proksimal kilitleme esnasında biceps uzun başının konumu



Şekil 16. Distal kilitleme ile nörovasküler yapıların ilişkisi

2.10. İMÇ Komplikasyonlar

2.10.1. Yerleştirme Yeri Problemleri

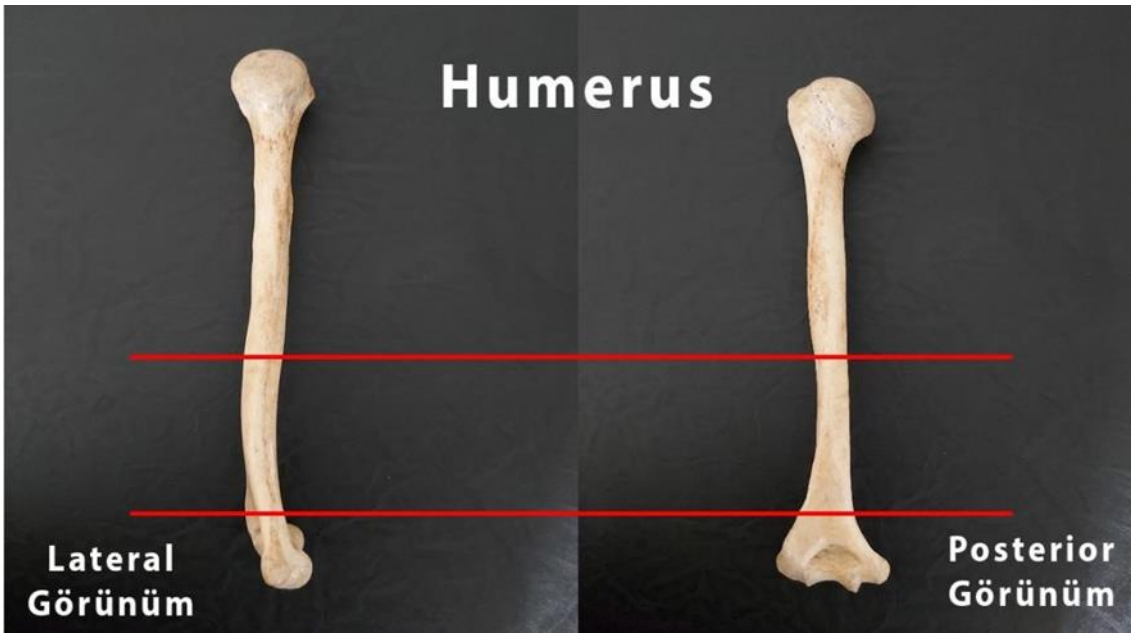
Yerleştirme yerinde ağrı veya rahatsızlık, tibial çivileme sonrası ön diz ağrısı, antegrad çivileme sonrası omuz ağrısı gibi şikayetler birçok intramedüller çivilemede söz konusudur. Problemin özü, medüller kanalın rotator kafın altında, humerıus başının eklem yüzünün de medüller kanalın hemen üzerinde yer alması ve yerleştirme yerinin anatomik anlamda sınırlı bir bölge olmasından kaynaklanmaktadır.

Doğru teknik kullanılarak, humerus çivisinin yerleştirilmesinden kaynaklanan problemler kendini sınırlayan ve geçicidir. Oyma yapılırken rotator kafın kenarlarının korunması, çivinin kemik yüzeyin altına yerleştirilmesi, çıkan kemik parçaların temizlenmesi, kafın dikkatli biçimde tamiri ve omuza erken hareketin başlanması doğru tekniğin detaylarıdır. Ancak, bütün bu önlemlere rağmen akromiyoplasti, subakromiyal bursektomi, çivi çıkarılması ve rotator kaf tamirine kadar gidebilen ciddi omuz problemleri görülebilmektedir. Omuz problemlerini

önlemek için retrograd çivileme tekniği kullanılabilir fakat bu teknikte de suprakondiler kırık, dirsek ağrısı, triceps zayıflığı, dirsek sertliği gibi komplikasyonlar mevcuttur.

2.10.2. Çivi Ucunda Olan Kırıklar

Anatomik olarak distal humerus temelde femur ve tibiadan farklıdır, alt ekstremitedeki kemikler kadar geniş metafizyel bölgeye sahip değildir. Distal humerusta, medüller kanal olekranon fossasının hemen üzerinde daralarak sonlanır.(şekil 17). Böylece çivi ucu metafizde değil diyafizde sonlanmış olur. Diyafizde kilitli vida ile kilitlenmiş uzun rijid implant strs oluşturmuş olur. İntertrokanterik veya subtrokanterik kırıklar için kullanılan kısa kilitli çivilerde az ama belirgin oranda görülen femur cisim kırığının benzeri mekanizma burada geçerlidir (53, 54). Kilitli humerus çivisi uygulamasından sonra benzer kırıklar bildirilmiştir(6). Distal kilitleme vidası ve çivinin ucunun kırık hattında olması, 'Holstein Lewis' kırığı şeklinde kırık olması, uzun ve rijid implantın ucunda kırık olmasının kötü prognozu gibi sebeplerden dolayı geciken bir iyileşme izlenir(55-57).



Şekil 17. Humerusun düz olmayan anatomik yapısı

2.10.3. Kaynamama

Kaynamama kapalı veya cerrahi tedaviden sonra görülebilir. Kemik greftlemesi tipik olarak atrofik kaynamamalar için gereklidir, hipertrofik kaynamamalarda biyolojik durum uygun olduğu için sadece mekanik tespit yeterli olabilir. Kemik kaybı 5-6 cmden fazla olan olgularda vaskülarize fibula greftlemesi sonuçları iyidir, Jupiter bu teknikle tedavi ettiği 4 olguda tam iyileşme elde etmiştir(58).

İntramedüller çivi uygulaması sonrasında kaynamama problemleri görülebilmektedir. Alt ekstremitede olduğu gibi çivi değiştirmenin bu durumda başarılı olacağı düşünülürdü. Ancak, McKee ve arkadaşları çivi değiştirilmesinin 10 olguda sadece 4'ünde başarılı olduğunu bildirmiş ve çivi çıkarılmasından sonra kompresyon plak uygulaması ile beraber kemik greftlemesinin daha iyi sonuç vrdiğini vurgulamışlardır(59).

2.10.7. Enfeksiyon

Çok iyi olan kanlanması, kalın yumuşak doku ve kasla örtülü olması nedeniyle, acil müdahale edilen kırıklar da dahil olmak üzere humerusta derin enfeksiyon nadirdir. Enfeksiyon sıklıkla ek patoloji varlığını veya ciddi açık yaralanmanın mevcut olabileceğini düşündürür.

Kırık tespiti sonrası derin enfeksiyon olduğunda genel tedavi basamaklarına uyulmalıdır. Enfeksiyona sebep olan bakteri tespiti için kültürler alınmalı, uygun tedavi başlanmalı, hastanın genel tıbbi durumu iyi hale getirilmeli, enfekte olan kırık yıkanarak debride edilmelidir. Eğer tespit sağlam ise implantlar yerinde bırakılabilir, ancak sağlam değilse çıkarılır ve eksternal fiksatör yerleştirilir.

Antibiyotikli malzemeler kullanılarak yapılan tedavi yöntemlerinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. 25 hastada uygulanan bir çalışmada 23 hastada enfeksiyon eradike edilmiş olup, enfeksiyon sahasında yüksek antibiyotik madde tespit edilmiş çalışmalar mevcuttur(60). İnatçı olgularda, kurtarıcı olarak ilizarov tekniği kullanılabilir(61-63). Ancak humerusta bu teknik yüksek komplikasyon oranlarına sahiptir, cihazın kalma sürsi uzundur ve tekrar kırık olma riski mevcuttur.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Tez çalışmasında, humerus kemiğinde kanal içi çivilemenin biyomekanik deneyleri yapay humerus kemiğinde (Synbone 5010, İsviçre) üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Projenin ana hattını oluşturan humerus yapay kemiklerindeki kanal içi intrameduler cerrahi uygulamalar, piyasada bulunan standart intramedüller çiviler teminini ile implant üretici firmaların önerileri ile cerrahi uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Numunelerin Hazırlanması

Deneyleri gerçekleştirmek amacıyla, şekil 18'de görülen, biyomekanik araştırmalar için üretilmiş, 326 mm uzunluğa sahip,22 mm şaft çapına sahip, 21 adet kompozit humerus modeli kullanılmıştır (Synbone 5010, İsviçre). Cerrahi için ise 24 cm, 26 cm ve 28 cm boylarında 3 grup olacak şekilde intrameduler humerus çivileri, kilitleme vidaları olarak ise 5 mm proksimal, 3 mm çaplı distal vidalar (Response, Turkey) kullanılmıştır. (Şekil 19).



Şekil 18. Çalışmada kullanılan komposit humerus modeli



Şekil 19. Çalışmada kullanılan humerus İMN ve vidalar

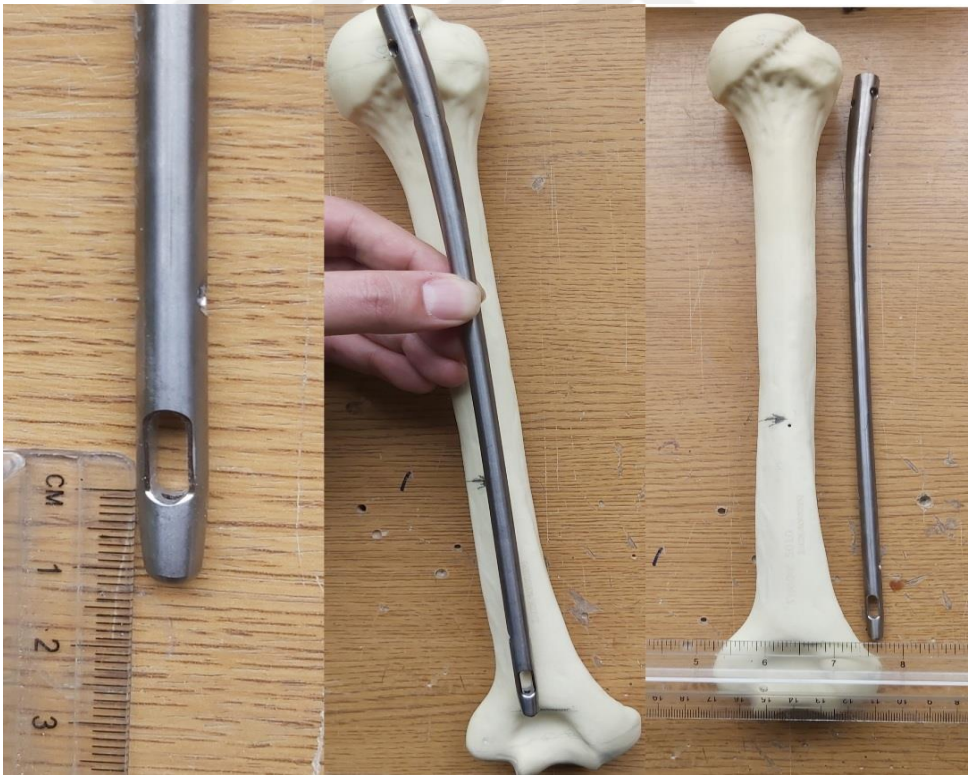
Humerus kırık modeli olarak, humerus olekranon fossa apeksinden 10 cm proksimal olmak üzere diafiz hattından transvers osteotomi uygulanmıştır. Osteotomiler salınımlı testere (Bosch Pmf 190 E, Stuttgart, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her grupta osteotomi hattında 10 mm açıklık olacak şekilde tespit uygulanmıştır (Şekil 20).



Şekil 20. Humerus modellere yapılan osteotomi ve 1cm distraksiyon hattı

Humerus şaftına osteotomi yapıldıktan sonra tüm numuneler tekniğe uygun şekilde tecrübeli ortopedi cerrahı tarafından tespit edilmiştir. Bütün humeruslar üretici tavsiyeleri ve guideları kullanılarak ortopedik cerrahide kulanılan intramedüller çiviler, orijinal derinlikte ve oryantasyonunda, tekniğe uygun olarak uygulandılar. Yaptığımız ölçümler sonrası, kullanılan 28cm humerus çivilerin olekranon fossa üzerinde sonlandığı kanısına vardık. Kullandığımız humerus çivilerde, distal kilitleme vidası ile çivi ucu arası yaklaşık 1cm ölçüldü. Osteotomi uygulanan kırık bölgesinin 1cm boşluk bırakıldığından bahsedilmişti. Böylelikle 28cm çivi uygulanan grubu fossa apeksinden yaklaşık 2cm proksimalde, 26cm uygulanan grubun 4cm proksimalde 24 uygulanan grubun ise 6cm proksimalde distal kilitleme vidası uyguladığımızı kabul ediyoruz. (şekil 21).

Cerrahi aşamalar Şekil 22’ de gösterilmiştir.



Şekil 21. Kullanılan 28cm İMN ve fossa olekrani ilişkisi



Şekil 22. Yapılan cerrahinin aşamaları

Biyomekanik Analizler

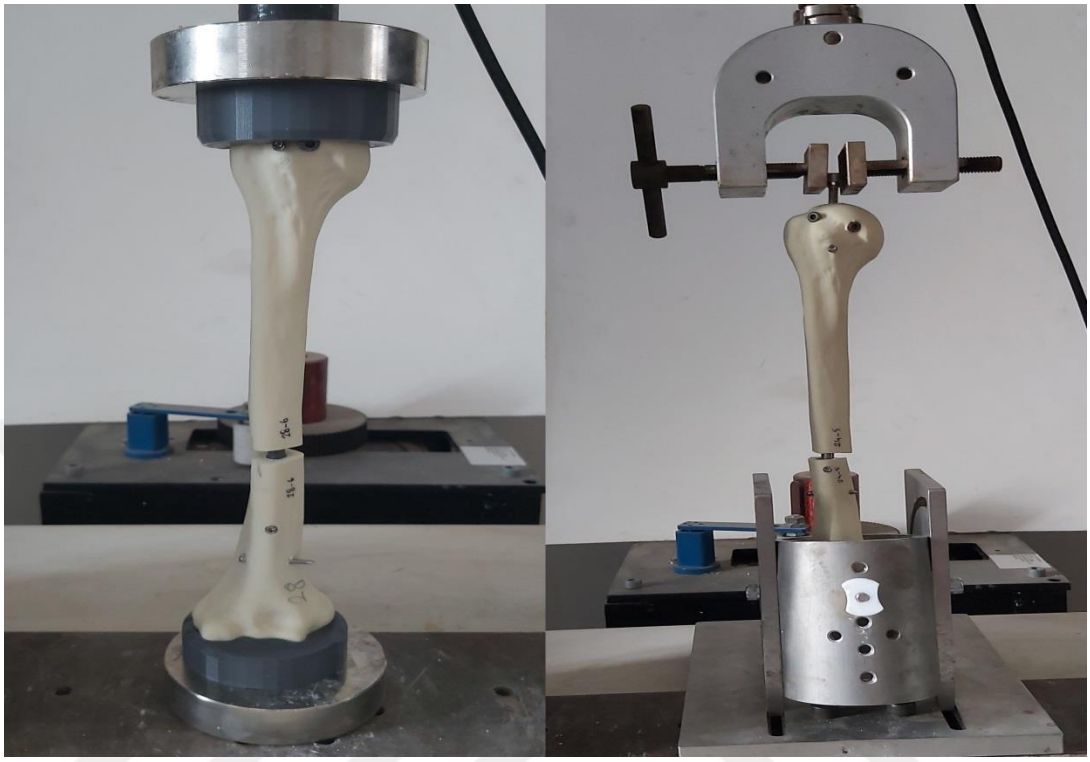
Yük altında oluşacak implant / kemik yük ve deplasman değerleri, proje kapsamında D.E.Ü. Biyomekanik A.D. da elektromekanik aküatör (Shimadzu AG-IS, 5 kN, Japan) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma grupları 3 grup halinde planlanmıştır.

- 1. grup; 24 cm intrameduller çivi (n=6)
- 2. grup; 26 cm intrameduller çivi (n=6)
- 3. grup; 28cm intrameduller çivi (n=6)

Aksiyel Kompresyon ve Traksiyon Deneyleri: Numunelerin hazırlanmasından sonra üç grubun biyomekanik testleri aksial yüklenme 400 N ve 800N da aksiyel kompresyon ve traksiyon testleri gerçekleştirilmiştir. Kemik içerisine implante edilmiş numunelerin yük ve deplasman verileri elektromekanik aküatörün kendi sistemi üzerinde eşzamanlı olarak kaydedilmiştir. Çivi ile tespit

edilen tüm gruplara 10 mm/dk hızda, numuneler kırılmayacak şekilde kompresyon ve traksiyon kuvvetleri uygulanmıştır (Şekil 23).



Şekil 23. Traksiyon ve kompresyon testleri

Torsiyon Deneyleri: Yapay kompozit humerus modeli içine tespit edilen intrameduller çivi uygulanan numuneler kırılana kadar burulma kuvvetine maruz bırakılmıştır. Elde edilen deplasman ve yük değerleri yine sistem üzerinde eş zamanlı olarak yük ve deplasman değerleri kayıt altına alınmıştır. Torsiyonal testler, 1,2 °/ sn hızla uygulanarak numunenin rotasyonel yük deplasmanı kaydedilmiştir (Şekil 24).

Kırılan numuneler Şekil 25'de gösterilmiştir.



Şekil 24. Torsiyon testi



Şekil 25. Torsiyon testinde kırılan kompozit humerus modelleri

İstatistiksel Değerlendirme: Biyomekanik deneyler sonucunda, üç grup için elde edilen; aksiyel basma, burulma çalışmalarının verileri arasında farklılık istatistiksel açıdan incelenecektir. Sonuçlar kruskal-wallis nonparametrik yöntemi ile istatistik analizler yapılacak ve gruplar karşılaştırılacaktır.

4. BULGULAR

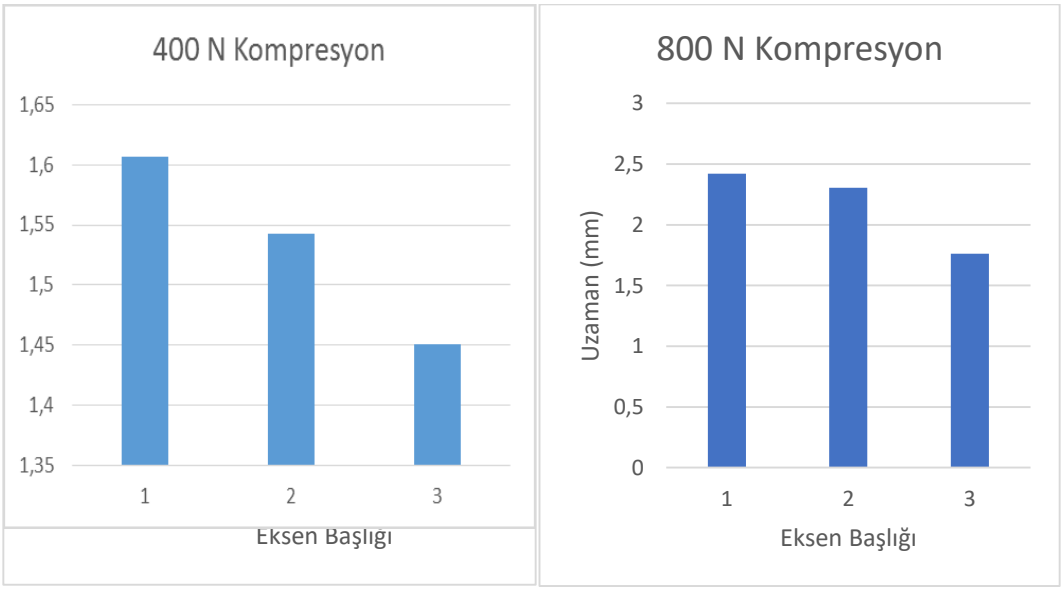
Bu bölümde, yöntem kısmında anlatılan deneylerin sonuçları çizelgeler ve grafikler halinde verilecektir. Ayrıca sonuçlarla ilgili istatistik analizleri de anlatılacaktır.

4.1. Aksiyel Yüklenme Testleri

Aksiyel kompresyon testleri 400 N ve 800 N olarak uygulanmıştır. 400 N da Grup 1 (24 cm) 1,60 mm lık uzama kaydedilirken, Grup 2 (26 cm) 1,54 mm ve Grup 3 (28 cm) te ise 1,45 mm lik uzama değerleri alınmıştır.

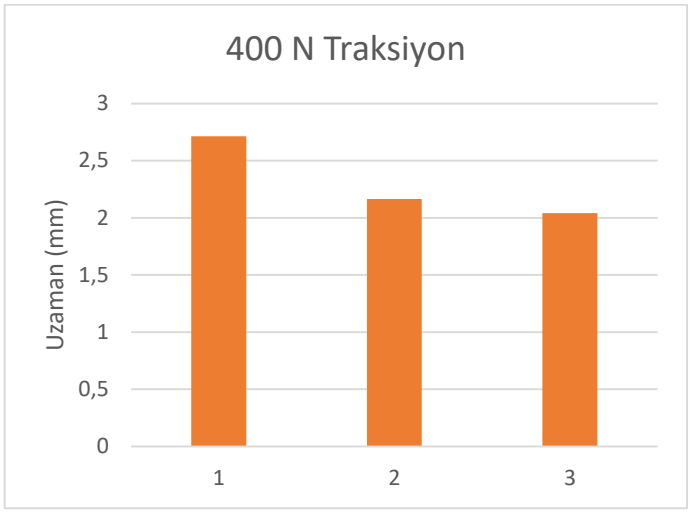
800 N da ise Grup 1 için 2,42 mm, Grup 2; 2,30 mm, Grup3; 1,76 mm lik uzama kaydedilmiştir. 400 ve 800 N luk her iki test tipinde de Grup 3 diğer gruplara oranla daha rijit bulunmuştur.

Tablo 1. 400N ve 800N Kompresyon Test Sonuçları



Aksiyel çekme / traksiyon testlerinde ise 400 N da Grup 1; 2,71 mm Grup 2; 2,16 mm Grup 3; 2,04 mm olarak bulunmuştur.

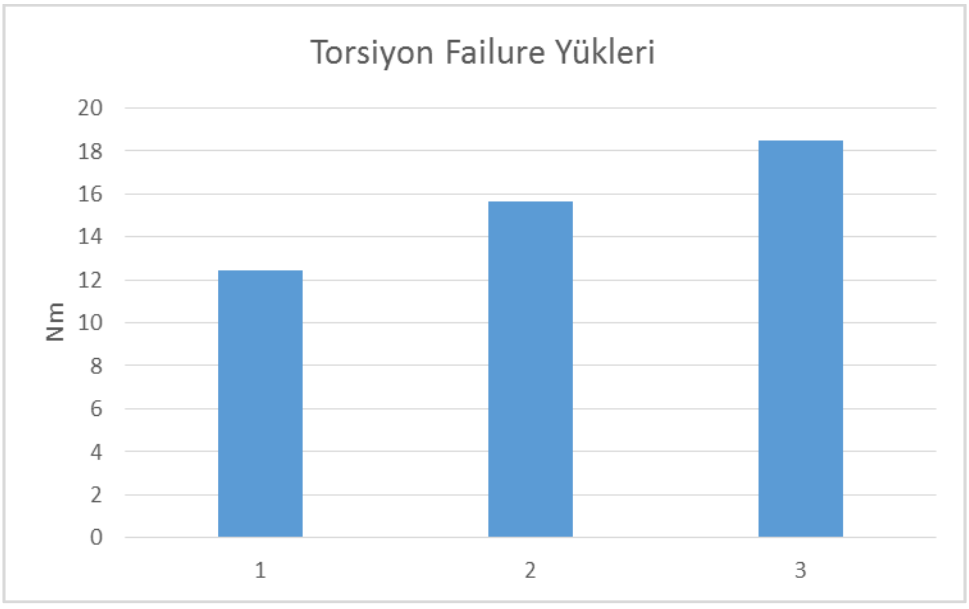
Tablo 2. 400N Traksiyon Test Sonuçları



4.2. Torsiyon Testleri

Torsiyon testleri şekildeki düzenekte olduğu gibi kuvvet ve kuvvet kolu mantığında aksiyel test cihazında gerçekleştirilmiştir. Burada alınan yüklenme değerleri kuvvet kolu ile çarpılarak moment değerleri elde edilmiştir. Torsiyon deneylerinde tüm numuneler burulma yüküne maruz bırakılarak kırılana kadar test edilmiştir. Alınan ortalama sonuçlar ise Grup 1 için; 12,44 Nm, Grup 2 için; 15,63 Nm, Grup 3 için ise; 18,48 Nm olarak bulunmuştur.

Tablo 3. Torsiyon Test Sonuçları



4.3. İstatistik Değerlendirme

Tablo 4. Gruplara Göre Kompresyon400, Kompresyon800, Traksiyon400 ve Torsiyonun Değerlendirilmesi

	Gruplar	**N**	**Sıra Ortalaması**	**P**
Kompresyon400 (Basma)	24cm	6	11,50	,198
	26cm	6	6,33	
	28cm	6	10,67	
	Toplam	18		
Kompresyon800 (Basma)	24cm	6	12,17	,087
	26cm	6	10,67	
	28cm	6	5,67	
	Toplam	18		
Traksiyon400 (Çekme)	24cm	6	13,17	,119
	26cm	6	7,58	
	28cm	6	7,75	
	Toplam	18		
Torsiyon (Burulma)	24cm	6	5,67	**,024**
	26cm	6	8,83	
	28cm	6	14,0	
	Toplam	18		

Kruskal-wallis testi ile gruplara göre kompresyon400, kompresyon800, traksiyon400 ve torsiyon değerlendirildiğinde; "kompresyon400-basma" kuvveti (p=,198, p>0,05), "kompresyon800-basma" kuvvetin (p=,087, p>0,05); "traksiyon-çekme" kuvvetin (p=,119, p>0,05) ve "torsiyon-bükme" kuvveti (p=,024, p<0,05) istatistiksel olarak belirlenmiş. Analiz sonucunda P değerleri göz önünde bulundurularak Torsiyon kuvveti ile gruplar (24cm,26cm,28cm) arasında anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir. Buna göre Torsiyon kuvveti ile gruplar (24cm,26cm,28cm) arasında anlamlı bir farklılık olduğu hipotezi kısmen kabul edilmiştir.

Tablo 5. Gruplara Göre Kompresyon400, Kompresyon800, Traksiyon400 ve Torsiyon sonuçlarının Tukey Testi ile değerlendirilmesi

Gruplar	Gruplar	Ortalama	Standart Hata	Anlamlılık	%95 Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
24cm	26cm	-3,19100	2,27588	,365	-9,1025	2,7205
	28cm	-6,04335*	2,27588	,045	-11,9549	-,1318
26cm	24cm	3,19100	2,27588	,365	-2,7205	9,1025
	28cm	-2,85235	2,27588	,442	-8,7639	3,0592
28cm	24cm	**6,04335***	2,27588	,045	,1318	11,9549
	26cm	2,85235	2,27588	,442	-3,0592	8,7639

*<0,05

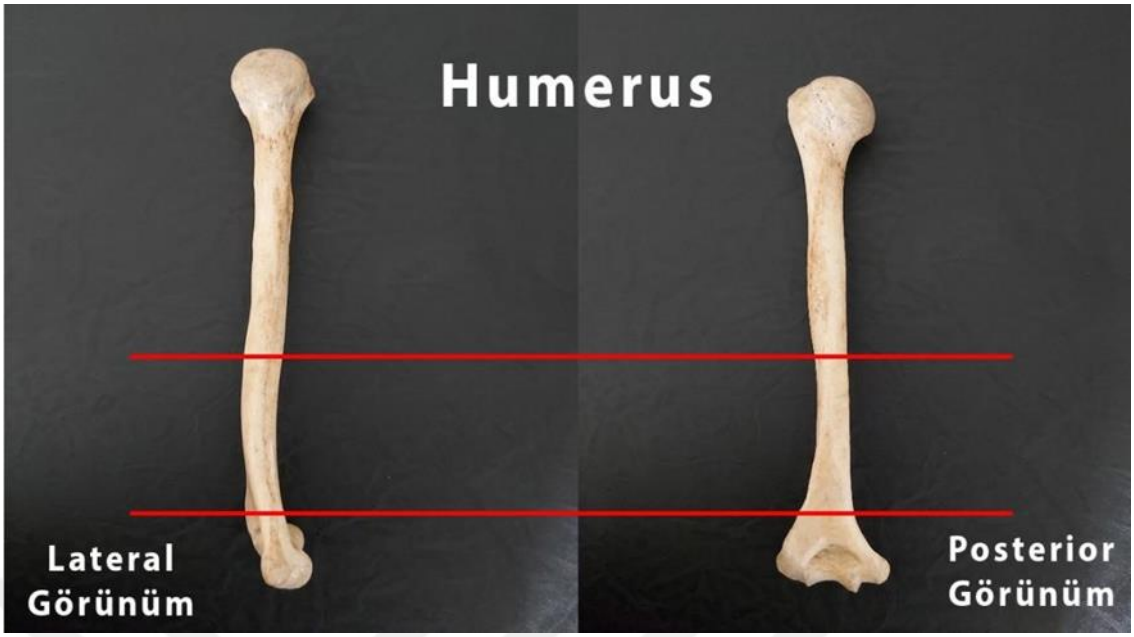
Tablo 3'de görüldüğü üzere Torsiyon kuvveti ile gruplar (24cm,26cm,28cm) arasında anlamlı bir farklılık olduğu saptanmıştır (P<0,05). Farklılığın hangi sayı grupları arasında olduğunu belirlemek amacıyla Tukey Testine başvurulmuş ve Tablo 5'deki sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar neticesinde farklılığın 28cm ile 24 cm arasında olduğu ortaya çıkmış olup; 28 cm'lik grubun 24 cm'lik gruba göre daha iyi sonuçlar elde edebileceği tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışma öncesinde de bahsedildiği gibi, gerçek insan humeruslarından ziyade kompozit kemiklerin kullanılmasıyla gerçekleştirildi (Synbone, İsviçre). Distal kilitleme vidalarının sayısı, test edilen her çivi için 2'de sabit tutuldu. Kırık bölgesi ile distal kilitleme vidaları arasındaki mesafe, çalışmamızda birincil değişken olarak araştırdığımız parametreydi. Çivilerin kompozit kemiklerdeki pozisyonunda ortaya çıkan farklılıklar, cerrahi teknik varyasyonu nedeniyle gerçek cerrahide mevcut olan varyasyona çok benzerdi. Gerçek hastalarda meydana gelecek olan farklı kemik kalitesileri, uygulama güçlükleri ve anatomik yapıdalardaki doğal varyasyonların çeşitliliğine göre, kompozit kemiklerle yaptığımız bu çalışmanın daha avantajlı olduğunu düşünüyoruz.

Mevcut çalışmanın en önemli bulgusu, özdeş kırık modellerinde cerrahi standartlar ile uygulanan çivilerden 28cm çivi uygulanan grubun, yapılan biyoistatistik test ve doğrulama sonunda torsiyonel testlere olan anlamlı dayanıklılığı idi. Değişken çivi boyları farklı biyomekanik niteliklere sahiptir. Özellikle eksenel burulmada daha fazla direnç sağlamaktadır. Bunun yanında distal kilitleme vidalarının kırık hattına olan yakınlığı kemikte stres yığılmalarına sebep olarak tespitte başarısızlığa neden olacaktır. Diğer bir yandan humerus kondillerine olan yakınlık ise kortikal kemik stoğunun daha fazla olmasından dolayı uygulanan kuvvete karşı olan dirençte artışa sebep olmaktadır.

İn vitro ortamda ortamda yaptığımız bu biyomekanik testler sonucunda; her ne kadar uzun çivi kullanımı avantaj olarak görünse de bilmemiz gereken önemli bir konu daha vardır. Tezin önceki konularında bahsedilmiş olan, humerus medullasının distale doğru daralması her zaman uzun çivi kullanımının avantajlı olmadığını bize göstermektedir. Medullanın daralmasına bağlı distal kırıklarda intramedüller çivileme sırasında, çivi ilerletme güçlüğü ve iyatrojenik kırık görülebilir(64). Mümkün olan en uzun çiviyi kullanırken, humerusun bahsedildiği gibi anatomik farklılığının bilincinde olmak gereklidir. Uygulama sırasında bahsedilen komplikasyonu yaşamamak için çivi gönderiminde direnç ile karşılaşıldığında çok ısrarcı olmamak gerekir.



Şekil 27. Humerusun düz olmayan anatomik yapısı

Uzun çivinin kullanımı her ne kadar biyomekanik avantaj gibi görünse de düşünmemiz gereken humerusun meduller anatomik farklılığından başka, diğer konulardan da bahsetmek gerekir. Distal kilitleme sırasında operasyon süresinin uzaması, kilitlemede zorluk veya başarısızlık, nörovasküler ve diğer yumuşak doku hasarları, kanamalar ve floroskopi kullanımına bağlı radyasyon maruziyeti ile karşılaşılabilir. Postoperatif takipte distal kilitlenme sorunları olarak enfeksiyon, vida gevşemesi, migrasyon ve irritasyon gibi komplikasyonlarla karşılaşılabilir(65-67).

Yaptığımız çalışmada; 400N çekme testi uygularken dikkatimizi çeken ve diğer gruplarda rastlamadığımız bir bulgumuz vardı. 24cm çivi uyguladığımız gruptaki, distal proksimal kilitleme vidasının, proksimalinde oluşan bu kırıklar şekil 26'da gösterilmiştir. Bu durum bize stres kuvvetler karşısında implantın kemiğe olan etkisinde, kemik stoğunun ve implant kemik temas yüzey alanının önemini gösterir niteliktedir. Bucholz ve arkadaşları yaptıkları bir biyomekanik femur çalışmasında, distal vida deliğinin daha proksimalinden <5 cm uzaklıkta bulunan kırıkların, en yakın kilitleme vida deliğinde, çivi malzemesinin yorulma dayanıklılık seviyesinden fazla gerilmeler oluşturduğunu öne sürmüştür. Bu çalışmada özellikle ilgi çekici olan ve çalışmamızda bahsedilen bulgumuzla çok korele olan konu; distal kilitleme vidaları tarafından kontrol edilen distal kırık fragmanının proksimal ucundaki

bölgedir. Bu noktada kemik ve çivi arasında iyi bir temas varsa, distalde vida deliğinde çivideki zayıf noktaya daha az eğilme stresi aktarılır. Bu noktadaki temas değişkense veya mevcut değilse, vida deliğinde eğilme gerilimi daha yüksektir(68). Lin ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, artan kortikal temasın distal proksimal vida üzerindeki stresi azalttığını desteklemişlerdir(69). Diğer gruplarda görmediğimiz sadece 24cm çivi uyguladığımız grupta oluşan bu kırık modeli, bahsedilen çalışmalar ışığında yaptığımız analizler ile açıklanabilir. Distal proksimal vida kırık bölgesinden daha uzağa yerleştirildiğinde iyi endosteal temas olasılığı artar. Bu nedenle, kırık bölgesi konumu ve endosteal temas koşulları birbiriyle ilişkilidir.



Şekil 26. 24cm çivi uygulanan grupta traksiyon testinde oluşan proksimal kırıklar

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tüm deneyler göz önünde bulundurulduğunda, 28cm çivi kullanılan grubun diğer gruplara göre daha uzun ömürlü ve daha stabil olduğu anlaşılmaktadır. Torsiyon kuvveti ile gruplar (24cm,26cm,28cm) arasında anlamlı bir farklılık olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Farklılığın hangi sayı grupları arasında olduğunu belirlemek amacıyla Tukey Testine başvurulmuş ve sonuçlar neticesinde farklılığın 28cm ile 24 cm arasında olduğu ortaya çıkmış olup; 28 cm'lik grubun 24 cm'lik gruba göre daha iyi sonuçlar elde edebileceği tespit edilmiştir. Ancak bu durum implant tek başına değerlendirildiğinde anlamlıdır. Humerus insan vücudunda taklit edilmesi zor olan çok yönlü kuvvetlere maruz kalmaktadır. Fakat bu biyomekanik çalışmada testler tek eksenli kuvvetlerle çalışılmıştır.

Bahsettiğimiz gibi humerus anatomisi de göz önünde bulundurularak, uzun çivi kullanımının hem temas yüzeyini artırdığı hem de verilen kuvvetlere karşı oluşan stres yığılmalara daha kararlı olduğundan, daha avantajlı olduğu görüldü. Bahsettiğimiz gibi humerus medullasının farklılığının bilincinde olup, tartışmada bahsedilen değişkenleri değerlendirdikten sonra, mümkün olan en uzun çiviyi kullanmanın biyomekanik olarak üstün olduğu sonucuna varabilmek çalışmamıza göre mümkündür.

28 cm çivi kullanılan grup, olekranon fossa apeksinin yaklaşık 2cm proksimalinde kilitlenmiş olduğundan ve anlamlı farklılığı oluşturan grup olmasından dolayı, elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda diğer seviyelere göre daha kararlı bir tespit olduğunu söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

1. Bekos A, Sioutis S, Kostroglou A, Saranteas T, Mavrogenis AF. The history of intramedullary nailing. International Orthopaedics. 2021:1-7.
2. Garnavos C, Lasanianos N, Kanakaris NK, Arnaoutoglou C, Papathanasopoulou V, Xenakis T. A new modular nail for the diaphyseal fractures of the humerus. Injury. 2009;40(6):604-10.
3. Suranigi SM, Reddy L, Najimudeen S. Antegrade intramedullary interlocking nailing for midshaft humerus fractures: A retrospective study evaluating functional and radiological outcome. Journal of Current Research in Scientific Medicine. 2020;6(2):114.
4. Zhao J-G, Wang J, Wang C, Kan S-L. Intramedullary nail versus plate fixation for humeral shaft fractures: a systematic review of overlapping meta-analyses. Medicine. 2015;94(11).
5. Sharma GM, Bhardwaj AR, Shah S. Antegrade versus retrograde nailing in humeral shaft fractures: A prospective study. Journal of clinical orthopaedics and trauma. 2020;11(Suppl 1):S37.
6. McKee MD, Pedlow FX, Cheney PJ, Schemitsch EH. Fractures below the end of locking humeral nails: a report of three cases. Journal of orthopaedic trauma. 1996;10(7):500-4.
7. Rosa N, Marta M, Vaz M, Tavares SM, Simoes R, Magalhães FD, et al. Intramedullary nailing biomechanics: Evolution and challenges. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine. 2019;233(3):295-308.
8. El Moumni M, Leenhouts P, Ten Duis H, Wendt K. The incidence of non-union following unreamed intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Injury. 2009;40(2):205-8.
9. Colton C. Orthopaedic challenges in Ancient Egypt. Bone & Joint 360. 2013;2(2):2-7.
10. Guerra F. Aztec medicine. Medical History. 1966;10(4):315-38.
11. Fischer A, Maatz R. Weitere erfahrungen mit der marknagelung nach Küntscher. Arch Klin Chir. 1942;203:531.

12. Rehnberg S. Treatment of fractures and pseudarthroses with marrow nailing. Ann Chir Gynaec Fenn. 1947;36(2).
13. Hawk AJ. ArtiFacts: Gerhard Küntscher's Marrow Nail. Clinical orthopaedics and related research. 2019;477(6):1296.
14. Thakur AJ. Elements of Fracture Fixation-E-book: Elsevier Health Sciences; 2015.
15. Smith-Petersen MN, CAVE EF, VANGORDER GW. Intracapsular fractures of the neck of the femur: treatment by internal fixation. Archives of Surgery. 1931;23(5):715-59.
16. Gimeno MS, Albareda JA, Vernet JMC, Gallego JF, Fernandez JJ, Iñigo FS. Biomechanical study of the Grosse-Kempf femoral nail. International Orthopaedics. 1997;21(2):115-8.
17. Russell TA. Intramedullary nailing: evolutions of femoral intramedullary nailing: first to fourth generations. Journal of orthopaedic trauma. 2011;25:S135-S8.
18. Li G, Zhang L, Wang L, Yuan G, Dai K, Pei J, et al. Dual modulation of bone formation and resorption with zoledronic acid-loaded biodegradable magnesium alloy implants improves osteoporotic fracture healing: An in vitro and in vivo study. Acta biomaterialia. 2018;65:486-500.
19. Zlatkin MB. MRI of the shoulder: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
20. Kadi R, Milants A, Shahabpour M. Shoulder anatomy and normal variants. Journal of the Belgian Society of Radiology. 2017;101(Suppl 2).
21. Keener JD. Acromioclavicular joint anatomy and biomechanics. Operative Techniques in Sports Medicine. 2014;22(3):210-3.
22. Walker M, Palumbo B, Badman B, Brooks J, Van Gelderen J, Mighell M. Humeral shaft fractures: a review. Journal of shoulder and elbow surgery. 2011;20(5):833-44.
23. Tsai C-H, Fong Y-C, Chen Y-H, Hsu C-J, Chang C-H, Hsu H-C. The epidemiology of traumatic humeral shaft fractures in Taiwan. International orthopaedics. 2009;33(2):463-7.

24. Singer B, McLauchlan G, Robinson C, Christie J. Epidemiology of fractures in 15 000 adults: the influence of age and gender. The Journal of bone and joint surgery British volume. 1998;80(2):243-8.
25. Zuckerman JD, Newport ML. Rehabilitation of fractures in adults. Rehabilitation medicine: CV Mosby, St. Louis, MI; 1988. p. 441-56.
26. Klenerman L. Fractures of the shaft of the humerus. The Journal of bone and joint surgery British volume. 1966;48(1):105-11.
27. Zagorski JB, Latta LL, Zych G, Finnieston A. Diaphyseal fractures of the humerus. Treatment with prefabricated braces. The Journal of bone and joint surgery American volume. 1988;70(4):607-10.
28. Klenerman L. Watson-Jones Fracture and Joint Injuries. Churchill-Livingstone, Edinburgh London Melbourne and New York; 1982.
29. Ali E, Griffiths D, Obi N, Tytherleigh-Strong G, Van Rensburg L. Nonoperative treatment of humeral shaft fractures revisited. J Shoulder Elbow Surg. 2015;24(2):210-4.
30. Sarmiento A, Zagorski JB, Zych GA, Latta LL, Capps CA. Functional bracing for the treatment of fractures of the humeral diaphysis. J Bone Joint Surg Am. 2000;82(4):478-86.
31. Mooney M, Ireson C. Occupational therapy in orthopaedics and trauma: John Wiley & Sons; 2013.
32. Spiguel AR, Steffner RJ. Humeral shaft fractures. Current reviews in musculoskeletal medicine. 2012;5(3):177-83.
33. Sarmiento A, Kinman PB, Galvin EG, Schmitt RH, Phillips JG. Functional bracing of fractures of the shaft of the humerus. J Bone Joint Surg Am. 1977;59(5):596-601.
34. Sarmiento A. Functional bracing of fractures of the shaft of the humerus. Orthopedic Trauma Directions. 2008;6(01):33-7.
35. Woon CY. Cutaneous complications of functional bracing of the humerus: a case report and literature review. J Bone Joint Surg Am. 2010;92(8):1786-9.
36. Jawa A, McCarty P, Doornberg J, Harris M, Ring D. Extra-articular distal-third diaphyseal fractures of the humerus. A comparison of functional bracing and plate fixation. J Bone Joint Surg Am. 2006;88(11):2343-7.

37. Spiguel AR, Steffner RJ. Humeral shaft fractures. Curr Rev Musculoskelet Med. 2012;5(3):177-83.
38. Walker M, Palumbo B, Badman B, Brooks J, Van Gelderen J, Mighell M. Humeral shaft fractures: a review. J Shoulder Elbow Surg. 2011;20(5):833-44.
39. Sarmiento A, Zagorski J, Zych G, Latta LL, Capps C. Functional bracing for the treatment of fractures of the humeral diaphysis. JBJS. 2000;82(4):478.
40. LENGTHENING L. RECONSTRUCTION SURGERY.
41. Vander Griend R, Tomasin J, Ward EF. Open reduction and internal fixation of humeral shaft fractures. Results using AO plating techniques. The Journal of bone and joint surgery American volume. 1986;68(3):430-3.
42. Bhandari M, Devereaux P, D Mckee M, H Schemitsch E. Compression plating versus intramedullary nailing of humeral shaft fractures—a meta-analysis. Acta orthopaedica. 2006;77(2):279-84.
43. Lefèvre C. Fractures diaphysaires de l'humérus chez l'adulte. Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur Supplément. 2004;90(5):1S27-1S67.
44. Dayez J. Plaque vissÚe interne dans les fractures rÚcentes de la diaphyse humÚrale de l'adulte. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1999;85(3):238-44.
45. El Ayoubi L, Karmouta A, Roussignol X, Auquit-Auckbur I, MILLIEZ P-Y. Transposition antérieure du nerf radial dans les fractures du 1/3 moyen de l'humérus: bases anatomiques et applications cliniques. Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur. 2003;89(6):537-43.
46. Kamhin M, Michaelson M, Waisbrod H. The use of external skeletal fixation in the treatment of fractures of the humeral shaft. Injury. 1978;9(3):245-8.
47. Crolla R, De Vries L, Clevers G. Locked intramedullary nailing of humeral fractures. Injury. 1993;24(6):403-6.
48. Ingman A, Waters D. Locked intramedullary nailing of humeral shaft fractures. Implant design, surgical technique, and clinical results. The Journal of bone and joint surgery British volume. 1994;76(1):23-9.
49. Uyar AÇ. Erişkin distal humerus kompleks kırıklarında ideal cerrahi tedavi seçeneği var mı? 2018.

50. Riemer BL, D'Ambrosia R, Kellam JF, Butterfield SL, Burke CJ. The anterior acromial approach for antegrade intramedullary nailing of the humeral diaphysis. SLACK Incorporated Thorofare, NJ; 1993. p. 1219-23.
51. Riemer BL, Foglesong ME, Burke CJ, Butterfield SL. Complications of Seidel intramedullary nailing of narrow diameter humeral diaphyseal fractures. SLACK Incorporated Thorofare, NJ; 1994. p. 19-29.
52. Butin E, Herent S, Delehaye P. Traitement des fractures de la diaphyse humérale par enclouage élastique de Marchetti: A propos de 50 cas. Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur. 2001;87(8):758-64.
53. Halder SC. The Gamma nail for peritrochanteric fractures. J Bone Joint Surg Br. 1992;74(3):340-4.
54. Leung K, So W, Shen W, Hui P. Gamma nails and dynamic hip screws for peritrochanteric fractures. A randomised prospective study in elderly patients. The Journal of bone and joint surgery British volume. 1992;74(3):345-51.
55. Lewallen DG, Berry DJ. Periprosthetic fracture of the femur after total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg Am. 1997;79:1881-90.
56. Holstein A, Lewis G. Fractures of the humerus with radial-nerve paralysis. J Bone Joint Surg Am. 1963;45(7):1382-8.
57. Boyd Jr A, Thornhill T, Barnes CL. Fractures adjacent to humeral prostheses. The Journal of bone and joint surgery American volume. 1992;74(10):1498-504.
58. Jupiter JB. Complex non-union of the humeral diaphysis. Treatment with a medial approach, an anterior plate, and a vascularized fibular graft. The Journal of bone and joint surgery American volume. 1990;72(5):701-7.
59. McKee MD, Miranda MA, Riemer BL, Blasier RB, Redmond BJ, Sims SH, et al. Management of humeral nonunion after the failure of locking intramedullary nails. Journal of orthopaedic trauma. 1996;10(7):492-9.
60. McKee MD, Wild LM, Schemitsch EH, Waddell JP. The use of an antibiotic-impregnated, osteoconductive, bioabsorbable bone substitute in the treatment of infected long bone defects: early results of a prospective trial. Journal of orthopaedic trauma. 2002;16(9):622-7.

61. Patel V, Menon D, Pool R, Simonis R. Nonunion of the humerus after failure of surgical treatment: management using the Ilizarov circular fixator. The Journal of bone and joint surgery British volume. 2000;82(7):977-83.
62. Tomic S, Bumbaširevic M, Lešic A, Mitkovic M, Atkinson HDE. Ilizarov frame fixation without bone graft for atrophic humeral shaft nonunion: 28 patients with a minimum 2-year follow-up. Journal of orthopaedic trauma. 2007;21(8):549-56.
63. Lammens J, Bauduin G, Driesen R, Moens P, Stuyck J, De Smet L, et al. Treatment of nonunion of the humerus using the Ilizarov external fixator. Clinical Orthopaedics and Related Research®. 1998;353:223-30.
64. Demirtaş A, Uygur ME, Türkmen İ, Özkut AT, Akpınar F. Can the complications of distal locking be prevented with a new nail that offers a novel locking technique in the treatment of humeral shaft fractures? Joint diseases and related surgery. 2020;31(3):470.
65. Baltov A, Mihail R, Dian E. Complications after interlocking intramedullary nailing of humeral shaft fractures. Injury. 2014;45:S9-S15.
66. Yi JW, Lee JS, Cho HJ. Retrograde intramedullary nailing for humerus fracture in a supine position: Performing an unfamiliar procedure in a familiar position. Clinics in Orthopedic Surgery. 2017;9(3):392-5.
67. Persiani P, Gurzi M, Moreschini O, Di Giacomo G, Villani C. Fluoroscopic freehand and electromagnetic-guided targeting system for distal locking screws of humeral intramedullary nail. Musculoskeletal surgery. 2017;101(1):19-23.
68. Antekeier, Shannon B MD; Burden, Robert L Jr. MEng; Voor, Michael J PhD; Roberts, Craig S MD Mechanical Study of the Safe Distance Between Distal Femoral Fracture Site and Distal Locking Screws in Antegrade Intramedullary Nailing, Journal of Orthopaedic Trauma: November 2005 - Volume 19 - Issue 10 - p 693-697doi: 10.1097/01.bot.0000184140.44707.a2
69. Antekeier, Shannon B MD; Burden, Robert L Jr. MEng; Voor, Michael J PhD; Roberts, Craig S MD Mechanical Study of the Safe Distance Between Distal Femoral Fracture Site and Distal Locking Screws in Antegrade Intramedullary Nailing, Journal of Orthopaedic Trauma: November 2005 - Volume 19 - Issue 10 - p 693-697doi: 10.1097/01.bot.0000184140.44707.a2