



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI**

**HUMERUS CİSİM KIRIKLARINDA İNTRAMEDÜLLER ÇİVİ
UYGULAMASI SONRASI KIRIK İYİLEŞMESİ ÜZERİNE
ETKİLİ FAKTÖRLERİN RETROSPEKTİF
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Burak DEMİREKİN

Antalya, 2025



T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI

**HUMERUS CİSİM KIRIKLARINDA İNTRAMEDÜLLER ÇİVİ
UYGULAMASI SONRASI KIRIK İYİLEŞMESİ ÜZERİNE
ETKİLİ FAKTÖRLERİN RETROSPEKTİF
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Burak DEMİREKİN

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Tayyar Kürşat DABAK

‘Kaynak Gösterilerek Tezimden Yararlanılabilir’

Antalya, 2025

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca her türlü bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, yetişmemde emeği geçen başta tez danışmanım Doç. Dr. Tayyar Kürşat Dabak ve Prof. Dr. Mustafa ÜRGÜDEN'e, Prof. Dr. Hakan ÖZDEMİR'e, Prof. Dr. Haluk ÖZCANLI'ya, Prof. Dr. Mehmet Serhan ER'e, Doç. Dr. Osman CİVAN'a, Uzm. Dr. Burç ÖZCANYÜZ'e, Uzm. Dr. Yener AYDIN'a minnet ve saygılarımı sunarım.

Tüm hayatım boyunca üzerimde büyük emekleri olan ve desteklerini esirgemeyen aileme minnetlerimi sunarım, iyi ki varsınız.

Uzmanlık eğitimimin boyunca yanımda olan, sevgisini ve desteğini benden esirgemeyen çok kıymetli eşim Uzm. Dr. Gözde DEMİREKİN'e, ömür boyu sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zorlu ve yoğun geçen uzmanlık eğitimimde gece gündüz birlikte çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma ve iş arkadaşlarıma katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	v
Şekiller Dizini	vii
Çizelgeler Dizini	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Tarihçe	4
2.2. Embriyoloji	8
2.3. Anatomi	10
2.3.1. Kemik Yapının Anatomisi	10
2.3.2. Yumuşak Doku Anatomisi	11
2.3.3. Kas Anatomisi	12
2.3.4. Sinirlerin Anatomisi	20
2.3.5. Damarların Anatomisi	21
2.4. Patolojik Anatomi	22
2.5. Yaralanma Mekanizması	23
2.6. Kırık Sınıflaması	24
2.7. Kırık İyileşmesi	26
2.7.1. Kırık İyileşmesi Mekanizmaları	26
2.7.2. Kırık İyileşmesini Etkileyen Faktörler	26
2.8. Tanı	27
2.9. Tedavi	27

2.9.1. Konservatif Tedavi	28
2.9.2. Cerrahi Tedavi	30
2.10. Komplikasyonlar	40
2.10.1. Erken Dönem Komplikasyonlar	40
2.10.2. Geç Dönem Komplikasyonlar	42
3. GEREÇ VE YÖNTEM	46
3.1. Hastalar ve Yöntem	46
3.2. Araştırma Verilerinin İstatiksel Değerlendirmesi	49
4. BULGULAR	50
5. TARTIŞMA	65
6. SONUÇLAR	78
7. ÖZET	80
8. ABSTRACT	82
9. KAYNAKLAR	84
10. EKLER	95
Ek 1. Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul Onayı	95

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ADTK	Araç Dışı Trafik Kazası
AİTK	Araç İçi Trafik Kazası
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
AP	Anteroposterior
BCF	Bridging Callus Formation
cm	Santimetre
EF	Eksternal Fiksator
IGF-1	İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü-1
IL-1	İnterlökin-1
IMN	Intramedullary Nail
LAT	Lateral
M.Ö.	Milattan Önce
MCT	Mean Callus Thickness
mm	Milimetre
OF	Olecranon Fossa
OTA	Orthopaedic Trauma Association
PACS	Picture Archiving and Communication Systems
PRP	Trombositten Zengin Plazma
RUSHU	Radiographic Union Score For Humerus Fracture
RUST	Radiographic Union Score For Tibial Fracture
SPSS	Statistical Package For The Social Sciences

ss	Standart Sapma
TGF- β	Transforme Edici Büyüme Faktörü Beta
TNF- α	Tümör Nekroz Faktör-A
VEGF	Vasküler Endotelyal Büyüme Faktörü



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Edwin Smith papirüsü, 12.-13. sütunları	4
2.2. A-B Hippokrat'ın "De Fracturis" adlı eserinde anlatılan humerus kırıklarının redüksiyonunda kullanılan yöntemlerin tasvirleri	5
2.3. A-B A: Galen tarafından proksimal humerus kırıkları, omuz çıkıkları ve klavikula kırıklarının redüksiyonundan sonra önerilen bandaj yöntemi “spica simplex”. B: Dirsek altında destek konularak gövde çevresinden ek bir bandaj ile kırık hattında valgus elde edilebilen bandaj yöntemi	6
2.4. Humerus ossifikasyon merkezlerinin kemikleşme süreci	9
2.5. Humerus kemik anatomisinin önden ve arkadan görüntüsü	11
2.6. Omuz eklemi çevresindeki kaslar	13
2.7. Rotator manşet kasları	15
2.8. Kol kaslarının önden görünümü	17
2.9. Kol kaslarının arkadan görünümü	18
2.10. Ön kol kaslarının anteriordan görünümü	19
2.11. Ön kol kaslarının posteriordan görünümü	20
2.12. Humerus cisminin değişik seviyelerindeki kırıklarında kas kuvvetlerinin kırık parçalar üzerindeki etkisi	22
2.13. Travma oluşum mekanizmaları	23
2.14. Kuvvet yönüne göre kırık oluşum mekanizmaları	24
2.15. AO kırık sınıflaması	25
2.16. Fonksiyonel sarmiento breysi	28

2.17.	Humerus cisim kırığı için eksternal fiksator uygulaması	31
2.18.	Humerus antergrad çivileme esnasında hasta pozisyonu	32
2.19.	İntramedüller çivi için minimal erişimli yaklaşım	33
2.20.	Antegrad çivi uygulaması temsili	34
2.21.	Antegrad çivileme için giriş yerinin belirlenmesi	35
2.22.	Antegrad çivileme uygulamasında çivinin giriş yerinde çivi boyunun klavuz yardımı ile ayarlanması	36
2.23.	Distal kilitleme esnasında free hand drilleme	37
2.24.	Holstein-Lewis kırığında radial sinirin kırık fragmanlar arasına girmesi	41
2.25.	Hipertrofik kaynamama tipleri	43
2.26.	Atrofik nonunion tipleri	44
4.1.	RUSHU skoruna göre kemik kaynamasının belirlenmesinde tarama testi sonuçları	51
4.2.	Çalışma grubunun AO/OTA sınıflamasına göre dağılımı	54
4.3.	Çalışma grubunun yaralanma mekanizmalarına göre dağılımı	55
4.4.	6. hafta kaynama durumu ile sigara kullanımı arasındaki ilişki	57
4.5.	Postoperatif distraksiyonun 6. haftadaki kaynamaya etkisi	60
4.6.	İM çivi/isthmus oranının 6. haftadaki kaynamaya etkisi	60
4.7.	Çivi çapı/isthmus oranının 6. haftada kaynama durumunu belirlemedeki ROC eğrisi	64
4.8.	Çivi çapı/isthmus oranının 3. ayda kaynama durumunu belirlemedeki ROC eğrisi	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. RUSHU (Radiographic Union Score for Humerus Fracture)	48
3.2. Kaynamayı etkileyebilecek parametreler	48
4.1. Hastaların zamana göre kaynama durumu	50
4.2. Radyografik Kaynama Skoruna (RUSHU) göre <8 veya 8> olarak değerlendirilen humerus kırıklarında RUSHU skorunun kaynamama öngörücüsü olarak klinik önemi	51
4.3. Hastaların demografik verilerinin dağılımı	52
4.4. Çalışma grubunun kırık özelliklerine ait verilerin dağılımı	52
4.5. Çalışma grubunun AO/OTA sınıflaması ve dağılımı	53
4.6. Çalışma grubunun yaralanma mekanizmalarının dağılımı	54
4.7. Çalışma grubunun parametrelere göre 6. hafta kaynama durumu	55-56
4.8. Çalışma grubunun belirli parametrelere göre 3.-6.-9.-12. ay kaynama durumu	58
4.9. 6. hafta kaynamaya etki eden parametrelerin ortalamalarının karşılaştırılması	59
4.10. 3.-6.-9.-12. ay kaynama durumuna göre sürekli verilerin ortalamalarının karşılaştırılması	61
4.11. 6. hafta kaynamama durumuna etki eden risk faktörleri	62
4.12. 3.-6.-9.-12. aylarda kaynamama durumuna etki eden risk faktörleri	63
4.13. Hastalarda çivi çapı/isthmus değerinin kaynama durumunu ön görmede ROC Curve karşılaştırılması	63

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Humerus bir ucu vücudun en hareketli eklemi olan omuz eklemine diğer ucu da dirsek eklemine oluşturan kemiktir. Günlük yaşantıda oldukça işlevseldir. Humerusun küresel başı ile sığ-konkav skapula glenohumeral eklemi oluşturur. Humerus önemli fonksiyonlara sahip pek çok kasın origo ve insersiyosunu üzerinde barındırır. Glenohumeral eklem vücudun hareket açıklığı en fazla olan eklemdir (1).

Motorlu taşıt kullanım oranlarının artması, sanayinin hayattaki rolünün artışı ve çalışan sayısının artmasıyla birlikte genç nüfusta sıklıkla görülebilen humerus kırıkları, yaşam süresinin gün geçtikçe uzaması ile yaşlı osteoporotik popülasyonda özellikle de kadın hastalarda artan sıklıkta görülmektedir.

Humerus cisim kırıkları proksimalde pektoralis majör kasının yapışma yerinden distalde suprakondiler bölgeye kadar uzanan bölgede meydana gelen kırıklar olarak tanımlanmaktadır (2).

Humerus cisim kırıkları, acil servislerde sıkça karşılaşılan travmalardandır. Tüm ortopedik yaralanmaların yaklaşık %3'ünü oluşturduğu bildirilmektedir (2). Humerus cisim kırıkları; %30 oranında proksimal 1/3'te, %60 oranında orta 1/3'te ve %10 oranında distal 1/3'te görülmektedir (3).

Humerus cisim kırıklarının insidansı cinsiyet ve yaşa bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Genç yaş hasta grubunda kırıklar sıklıkla yüksek enerjili travmalar sonucu, özellikle erkeklerde görülmektedir. Buna karşın, 6. dekat ve sonrasında osteoporozun etkisiyle kadınlarda basit düşmeler sonucunda daha sık meydana gelmektedir (3, 4). Bu kırıklara sahip hastaların ortalama yaşı 54,8 olup, %17,4'ü 75 yaş üzerindedir (5).

Humerus cisim kırıkları, bireylerin günlük yaşamlarını ve çalışma hayatlarını olumsuz etkileyerek yaşam kalitesinde düşüşe ve beraberinde maddi kayıplara neden olmaktadır (2). Bu kırıklar genellikle basit bir kırık paternine sahiptir ve çoğunlukla düşük enerjili yaralanma mekanizmalarıyla ilişkilidir (6). Humerus kırıklarının tedavisinde kullanılan yöntemlerin kökeni M.Ö 1600'lü yıllarda Antik Mısır'da başlamış ve günümüze kadar gelişerek uygulanmaya devam etmiştir (7).

Sarmiento ve ekibinin yaptığı çalışmalar, konservatif tedaviyle birçok hastada kırık iyileşmesinde tatmin edici sonuçlar alındığını göstermiştir (8).

Humerus cisim kırıklarının tedavisinde cerrahi yöntemlerin yanında konservatif tedavilerin de başarılı sonuçlar vermesi, ortopedik cerrahların bu kırıklar karşısında hangi tedavi yöntemini tercih edeceği konusunda karar vermesini zorlaştırmaktadır. Tedavi seçimi, hastanın sosyokültürel durumu, hastanın ek hastalıkları, kırığın tipi ve eşlik eden diğer yaralanmalar gibi faktörlere bağlı olarak bireyselleştirilmelidir. Humerus cisim kırıklarının tedavisindeki temel amaç, doğru hizalama, uygun uzunluk ve rotasyonu koruyarak kaynama için uygun koşulları sağlamak ve bununla birlikte eklemlerin erken dönemde hareketine olanak tanımadır.

Modern sanayi toplumlarında ise yalnızca kırık iyileşmesi değil, aynı zamanda iş gücü kaybı ve bunun ekonomik sonuçları da dikkate alınmaktadır. Bu durum, cerrahi tedaviye olan yönelimin artmasına neden olmaktadır. Cerrahi yöntemlerin tercih edilmesindeki bir diğer etken ise implant teknolojisindeki hızlı gelişmelerdir.

Kanal içi çivileme tekniği, birçok kemik kırığının cerrahi tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Uygun şekilde uygulandığında kırık kaynamasını desteklemesi, cerrahi sürenin kısa olması, minimal yara izi bırakması, enfeksiyon ve postoperatif osteomyelit riskinin düşük olması gibi avantajlar sunar. Ayrıca, bu teknik sayesinde hastalar erken dönemde hareket edebilir ve yük verebilir, bu da tedavi sürecini hasta için rahatlatan bir faktördür (9).

Kırık iyileşmesini değerlendirmek amacıyla düzenli klinik muayeneler ve radyolojik incelemeler yapılır. Ancak, radyolojik olarak kaynamayı kesin şekilde ortaya koyan ve evrensel kabul görmüş bir skorelama sistemi henüz bulunmamaktadır. Direkt grafilere kırık hattının kaybolması ve kallus oluşumunun gözlenmesi, kırık iyileşmesinin göstergesi olarak kullanılmaktadır. Pek çok araştırmacı, seri radyografilerde kallus formasyonunun gözlenmesinin radyolojik olarak yeterli kaynama kriteri olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte, kırık iyileşmesini daha net değerlendirmek ve ön görmek amacıyla geliştirilen radyolojik yöntemlerin etkinliğini araştıran klinik çalışmalar devam etmektedir.

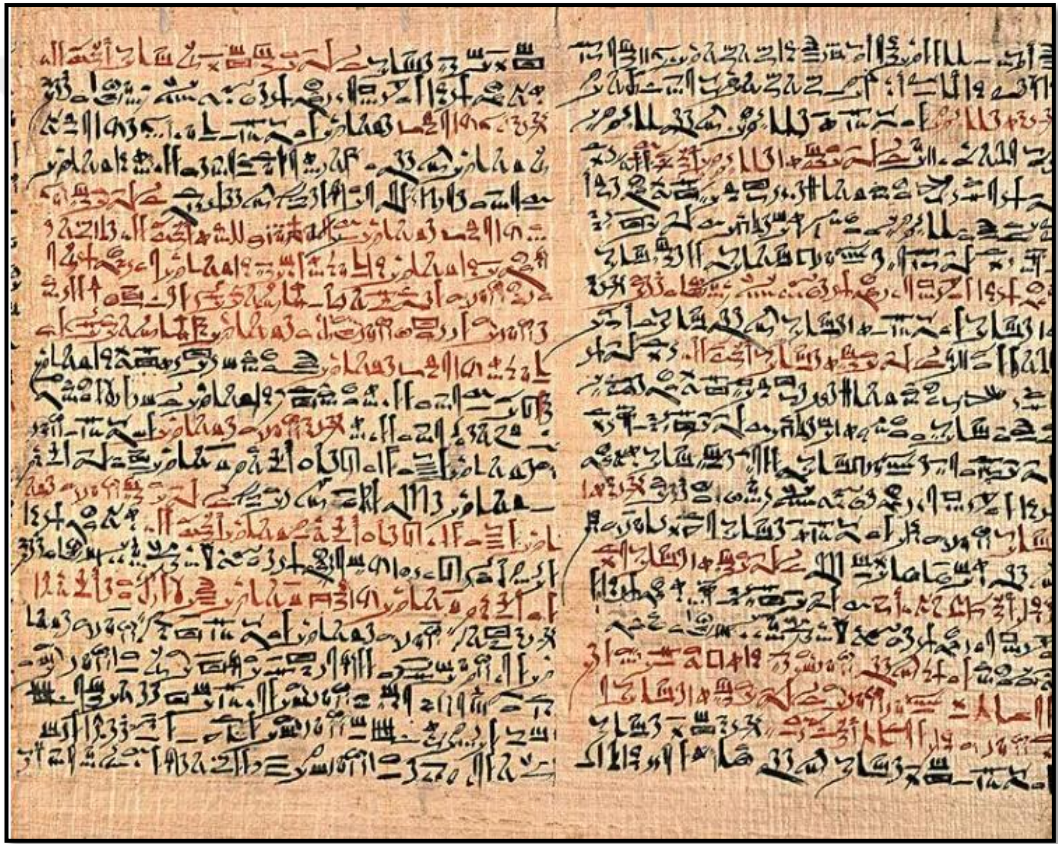
Tibia kırıklarının kaynamasının radyolojik olarak değerdendirilmesi için kullanılan RUST (Radiographic Union Score for Tibial Fracture) skorlaması (10), 2019 yılında humerus kemiğine uyarlanarak RUSHU (Radiographic Union Score for Humerus Fracture) skorlaması olarak adlandırılmıştır (11). Bu skorlama sistemi, humerus kırığının kaynamasının değerdendirilmesinde sağladığı kolaylık sebebiyle tercih edilmekte olup, klinik ile korelasyonunu değerdendiren çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışmada kliniğimizde humerus cisim kırığı nedeniyle intramedüller çivi uygulanan hastaların kırık iyileşmeleri radyolojik olarak RUSHU skoru kullanılarak değerdendirilmiş, ayrıca sigara kullanımı , hastanın yaşı ve cinsiyeti , travmanın oluş şekli, ek travmaların varlığı , distal kilitleme vida sayısı , çivi çapının isthmus çapına oranı , distal kilitleme vidasının kırık hattına olan uzaklığı , kırığın sınıflaması ve yeri, çivi distal ucunun olecranon fossaya olan uzaklığı parametrelerinin kırık iyileşmesi üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

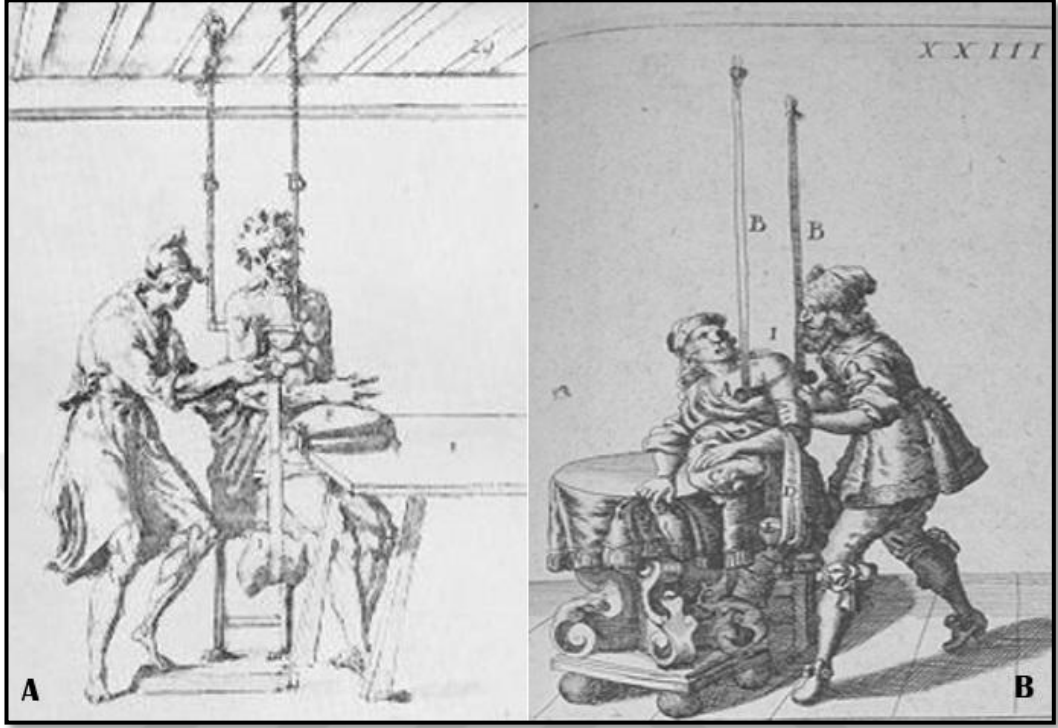
Humerus kırıkları, yaklaşık 3000 yıldır cerrahi metinlerde yer almaktadır. Cerrahiye dair bilinen en eski yazılı kaynak olan Edwin Smith Papirüsü'nde 3 farklı humerus kırığı belirtilmiştir. Papirüste, kırıkların tanısı, tedavi yöntemleri (örneğin bandajlama, traksiyon) ve kırık tiplerine göre prognozlarıyla ilgili bilgiler bulunur (7).



Şekil 2.1. Edwin Smith papirüsü, 12.-13. sütunları (Courtesy of The New York Academy of Medicine Library, New York, NY.)

Tıbbın gelişimine büyük katkılarda bulunan Hipokrat da humerus kırıkları üzerine çalışmalar yapmış ve bu kırıkların kaynamasını sağlamak için çeşitli tedavi yöntemleri geliştirmiştir. MÖ 415 dolaylarında yazılan De Fracturis' te humerus kırıklarına Hipokrat yaklaşımı on dokuzuncu yüzyılın başlarına kadar dikkat

çekmemiştir. Bu kaynakta proksimal ve distal humerus kırıkları arasında prognostik ayırım yapıldığı gözlenmektedir (7).

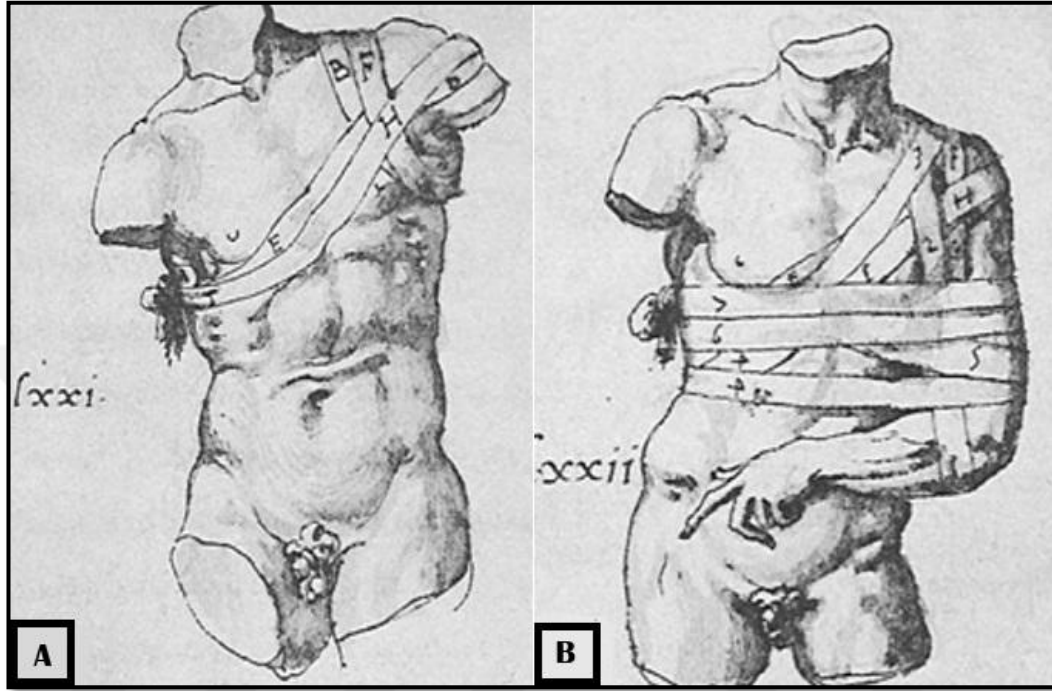


Şekil 2.2. A-B Hippokrat'ın "De Fracturis" adlı eserinde anlatılan humerus kırıklarının redüksiyonunda kullanılan yöntemlerin tasvirleri

Latince yazılmış, ulaşılabilen ilk tıbbi eser olan De Medicina adlı eserinde Celsus proksimal, distal ve cisim kırıkları ile ilgili tedavi ayrımlarından söz etmektedir. Kırıkların distal ve proksimalde olmasının tedavi sürecini ağırlı ve zor hale getirdiğinden bahsetmiştir. Celsus tedavide kırıkların bir an önce redükte edilmesinin iltihabi süreci azalatacağını belirtmiş, redüksiyon başarısının değerlendirilmesinde kolların uzunluğunun eşit hale gelmesini ve ağrının azalmasını kriter olarak almıştır. Celsus, Corpus Hippocraticum'da anlatılan bandajlama ve sonrasında 7-9. günlerde splintleme tekniğini tedavi yöntemi olarak anlatmış, proksimal kırıklarda bandajlamada yapılması gereken teknik farklılıklara değinmiştir (7).

Anatomik çalışmaları ile Antik Yunan tıbbının ön planda olan isimlerinden Galen ise In Hippocratis librum de fracturis commentarii adlı eserinde humerus kırıklarına Hipokrat'ın yaklaşımını ayrıntılı bir şekilde açıklamıştır. Eserde humerusun doğal konfigürasyonunun nasıl eski haline getirileceğine, kırık

humerusun traksiyon yoluyla nasıl redükte edileceğine, redüksiyonun nasıl sürdürüleceğine ve bandajın nasıl uygulanacağına ilişkin talimatlar yer almaktadır (7).



Şekil 2.3. A-B A: Galen tarafından proksimal humerus kırıkları, omuz çıkıkları ve klavikula kırıklarının redüksiyonundan sonra önerilen bandaj yöntemi “spica simplex”. **B:** Dirsek altında destek konularak gövde çevresinden ek bir bandaj ile kırık hattında valgus elde edilebilen bandaj yöntemi

Edwin Smith Papirüsü’nde de bahsi geçen bu yöntemler, binlerce yıl boyunca büyük değişikliklere uğramadan uygulanmaya devam etmiştir. Uzun yıllar kullanılan bu splintler, omuzdan dirseğe kadar uzanarak kırıkların kaynamasına destek sağlamıştır (2).

Yakın dönemde Sarmiento tarafından fonksiyonel breys tedavisi tanımlanmıştır. Bu tedavi yöntemi, kasların tonusunu ve yerçekimini kullanarak kırık fragmanların dizilimini korumayı hedeflemektedir (8). Sarmiento, bu yöntemi uyguladığı hastalarda başarılı sonuçlar elde etmiş ve bu sonuçları bilimsel olarak paylaşmıştır. Sarmiento’nun çalışmaları sonrasında, fonksiyonel breysleme humerus kırıklarının tedavisinde sıkça tercih edilen bir yöntem olmuştur.

İntramedüller çivilemeye yönelik ilk bulgulara ise 16. yüzyılda Meksika ve Peru bölgesinde İnka ve Aztek kalıntılarında rastlanmıştır. Tıbbi alanda ileri

tekniklere sahip oldukları düşünölen İnka ve Azteklere ait iskelet kalıntılarında uzun kemik kırıklarında kaynama olmaması medöller kanala yerleştirilmiş, yözeyi reçineyle kaplı tahta çivilere rastlanmıştır (9).

Intramedöller çivileme tekniği, kırık tedavisinde önemli bir yöntem olarak geliştirilmiş ve zamanla önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu yöntem, 1940 yılında Küntscher tarafından hayvan modellerinde yapılan çalışmalarla başlamış ve insanlarda da uygulanmaya başlanmıştır. Küntscher, başlangıçta üçgen kesitli çiviler kullanmış, ardından V ve Y kesitli çiviler tasarlayarak yöntemi geliştirmiştir (12).

1945 yılında Tondoir ve Moeys tarafından intramedöller çivileme yönteminin uzun kemik kırıklarında kullanımıyla ilgili Kuzey Amerikada'ki ilk yayın yapılmıştır. Bu dönemde, Hansen-Street çivisi, C kesitli çiviler ve Lottes çivisi gibi farklı tasarımlar da geliştirilmiştir (12).

1950'lerde Strayker, oyucuların dönme hızını standart hale getirmiş, 1957'de ise Küntscher, esnek oyucular kullanarak çivilerin daha etkili yerleştirilmesini sağlamıştır (13). Humerus kırıkları için intramedöller çivileme ise ilk kez 1965 yılında yine Küntscher tarafından uygulanmıştır (14).

1970'lerde Ender, eğilebilir özellikteki çivilerle kırık tedavisini tanıtmış ve yöntemin kırık tedavisinde daha esnek ve bireyselleştirilmiş uygulamalara olanak tanıdığını göstermiştir. Aynı dönemde Küntscher, parçalı kırıkların stabilizasyonu için çivinin distal ve proksimalinden çapraz pinlerle kilitleme sağlayan "detensor" çivisini geliştirmiştir.

1976'da Grosse ve Kempf, açılı şekilde yerleştirilen proksimal kilitleme vidası içeren ve distali yarıklı bir çivi tasarlamışlardır. Bu tasarım, kırık bölgesinde daha güçlü ve stabil bir yapı sağlamıştır. İlerleyen yıllarda, AO grubu da benzer yapısal özellikler taşıyan intramedöller çiviler geliştirmeye yönelmiştir. 1984 yılında ise Winkvist ve çalışma arkadaşları, modern intramedöller çivi tasarımında önemli bir yenilik olarak kilitleme vidalarının oval deliklerle uyumlu hale getirildiği sistemi tanımlamış ve bununla birlikte dinamizasyon tekniğini literatüre kazandırmışlardır. Bu gelişmeler, çivileme yönteminin hem mekanik stabilitesini artırmış hem de biyolojik iyileşme süreçlerine katkı sağlamıştır.

1986 yılında Russel ve Taylor, yarıkız çivilerle yaptıkları çalışmada, implant yetmezliğı sorunlarının azaltılabileceğini göstermiştir. Bu çalışma, oymadan uygulanan çivilerin kaynama sürecine olumlu etkilerini ortaya koymuştur. Russel-Taylor çivisi, sonraki yıllarda uluslararası düzeyde yaygın bir kullanım kazanmıştır.

1989 yılında ise Seidel, kendi tasarladığı intramedüller humerus çivisini kullanarak tedavi yöntemine farklı bir yaklaşım getirmiştir. Çivinin proksimalinde kilitleme için 2 çapraz vida kullanılır. Distalinde ise mekanizma yardımıyla kenarlarındaki flanşların yayılarak kortekse tutunması ile kilitleme elde edilir. Bu çivi tasarımı distal kilitleme sırasında gelişebilecek nörovasküler yaralanma riskinin ortadan kaldırır ancak rotasyonel stabilite için endişe yaratmaktadır. Seidel de çalışmasında çivisinin kırık bölgesinin 5 cm daha distaline kadar yerleştirilebiliyorsa kullanılmasını önermiştir (15, 16). Bu geliştirilen yeni çiviler ile 1991 yılında Habernek ve Orthner çok iyi sonuçlar yayınlamıştır (17). Wong ve ark. Seidel çivisinin rotasyonel stabilitesini değerlendirdikleri biyomekanik çalışmada kırık hattının trochleanın 10 cm proksimalinde olduğu kırıklarda en iyi stabiliteyi simüle etmiştir (15).

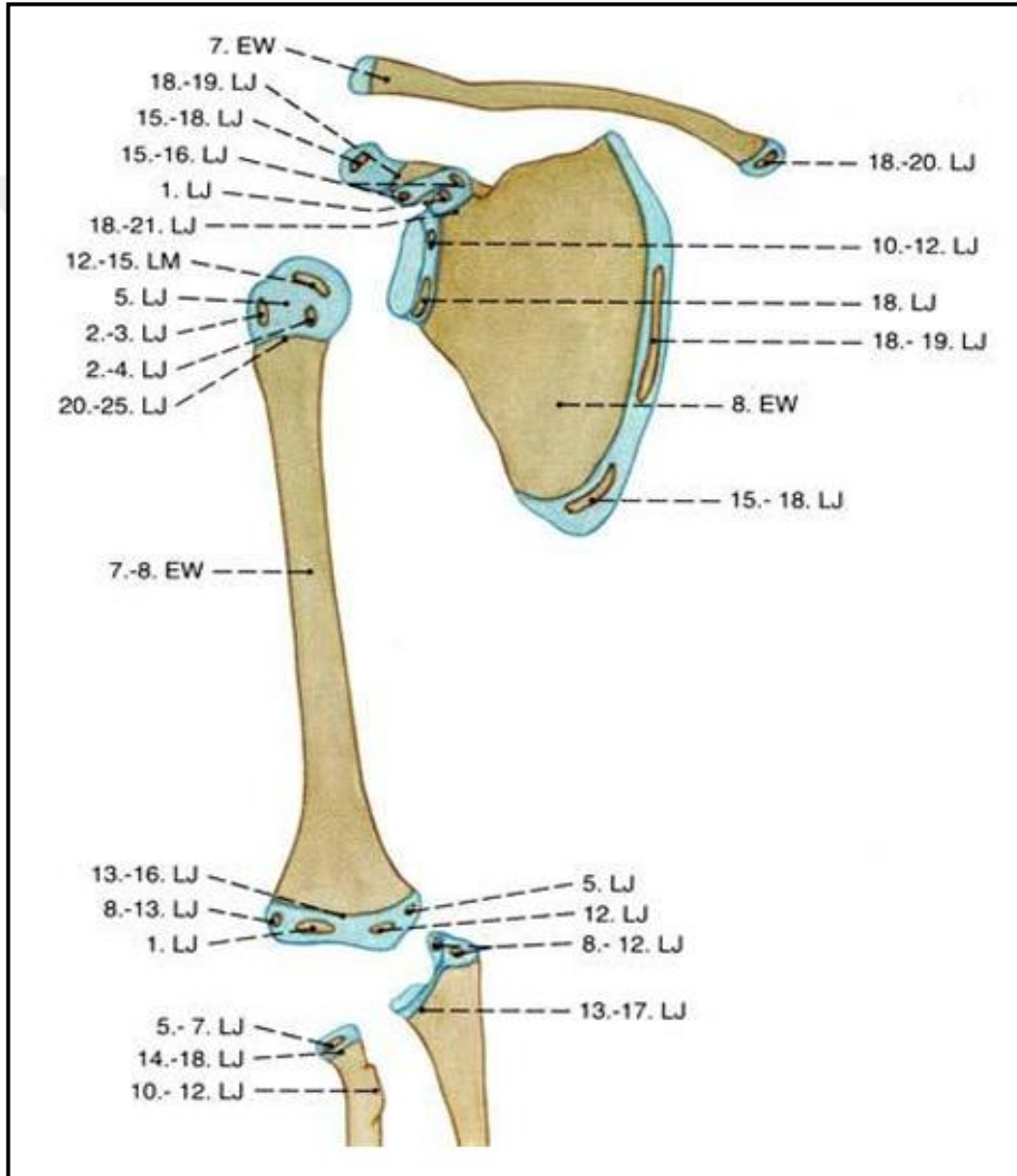
Günümüzde, cerrahi sırasında radyasyon maruziyetini azaltmak için elektromanyetik hedefleme sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler, çivilerin doğru ve hassas bir şekilde yerleştirilmesini sağlarken, cerrahların güvenliğini artırmaktadır. Statik kilitleme yöntemi ise Brumback ve ekibinin çalışmalarıyla standart bir uygulama haline gelmiştir.

Günümüzde, tıp, teknoloji ve sanayi alanındaki ilerlemeler doğrultusunda tedavi yöntemleri sürekli olarak gelişmektedir. İnsanlığın araştırmalara olan ilgisi sürdükçe, bu gelişim süreci de devam edecektir

2.2. Embriyoloji

Humerus, appendiküler iskeletteki uzun kemiklerden biridir ve endokondral ossifikasyon süreciyle gelişir. Bu işlem bir kırıkta şablonunun kemik yapıya dönüşmesi olarak adlandırılabilir. Humerusta humerus başı, cismi, büyük ve küçük tüberküller, medial ve lateral epikondiller ve trochlea olmak üzere 7 ossifikasyon merkezi bulunur. Cismin kemikleşmesi gebeliğin 8. haftasında meydana gelir. Humerus başı kemikleşmesi doğumla birlikte başlar ve doğumdan sonraki üç ay

içerisinde meydana gelir. Büyük tüberkülün kemikleşmesi yaşamın ilk yılında, küçük tüberkül kemikleşmesi ise yaşamın ilk altı yılında gerçekleşir. Ergenlik dönemine gelindiğinde, humerusun tüm proksimal ossifikasyon merkezleri cisim ile tamamen kaynaşmıştır. Kondil ve trochleadaki distal ossifikasyonlar erken ve geç ergenlik döneminde gerçekleşir ve geç ergenlik döneminde humerus cismiyle kaynaşır (18).



Şekil 2.4. Humerus ossifikasyon merkezlerinin kemikleşme süreci

2.3. Anatomi

2.3.1. Kemik Yapının Anatomisi

Humerus korpus kırıklarının uygun bir şekilde tedavi edilebilmesi için, humerus ve üst ekstremitenin tüm anatomisinin detaylı bir şekilde bilinmesi gereklidir. Özellikle bir intramedüller çivi uygulamasında humerusun hem proksimal hem de distaldeki anatomik yapısına hâkim olunmalı ve tehlikede olan nörovasküler yapılar bilinmelidir. Proksimal humerus anatomisinin bilinmesi çivinin giriş yerinin saptanmasında önemli iken, distaldeki anatomik yapılar kilitleme vidalarının yerleştirilmesi sırasında yaralanabileceğinden önem arz eder.

Humerusun proksimal bölgesinde kaput humeri, kollum humeri, tuberculum majus ve tuberculum minus yer alır. Tuberculum majus ile minus arasında sulcus intertubercularis bulunur. Bu oluk, musculus biceps brachii'nin uzun başı ve arteria circumflexa humeri anterior'un bir dalını taşır. Tuberculum majus ve minus'un distalinde, humerusun en zayıf noktası olan kollum chirurgicum bulunur. Humerus diafizi bu bölgenin distalinden başlayarak devam eder. Humerus başı ile cisim arasında yaklaşık 135°'lik bir açı bulunur. Cisim proksimalde pektoralis major kasının yapışma yerinden distalde humerusun suprakondiler bölgesine kadar uzanan bölge olarak tanımlanmaktadır.

Transvers kesitte, humerus diafizinin proksimal kısmı silindirik bir yapıya sahiptir. Distale doğru ilerledikçe ön-arka düzlemde yassılaşır ve prizmatik bir form alır. Humerus cisminin orta ve distal üçte birinin birleşim bölgesinde isthmus adı verilen dar bir alan bulunur. Endosteal kanalın oblitere olduğu suprakondiler bölgeye kadar sabit çapı vardır. Anterolateral yüzeyde, proksimal bölgede musculus deltoideus yer alırken, bu yüzeyde deltoid kasın yapışma noktası olan tuberositas deltoidea bulunur. Tuberositas deltoidea'nın hemen distalinde ise radial sinir ve arteria brachialis'in derin dalının geçtiği sulcus nervi radialis yer alır.

Humerus gövdesinde üç yüzey bulunur:

1. Margo lateralis: Tuberculum majus'tan başlayarak lateral epikondilde sonlanır.

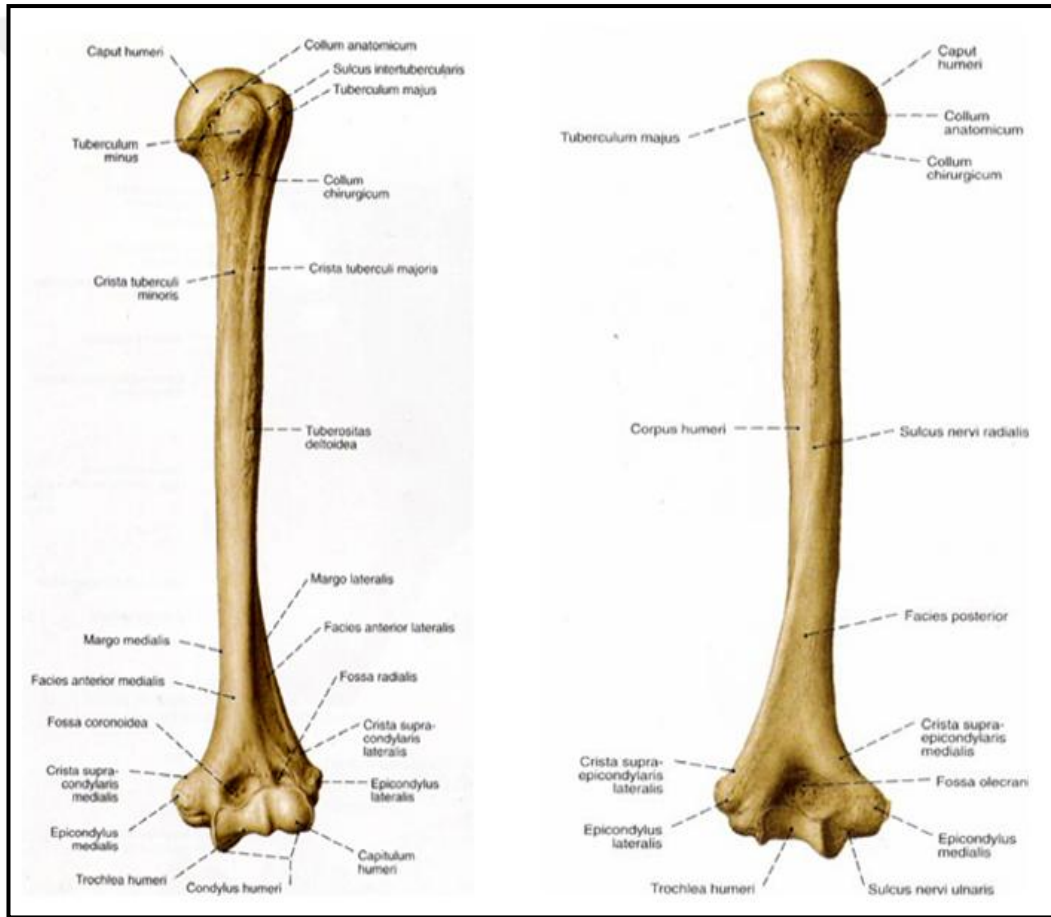
2. Margo medialis: Tuberculum minus'tan başlayıp medial epikondilde sonlanır.

3. Margo anterior: Distalde fossa radialis ile fossa coronoidea'yı ayırır.

Humerusun distal ucunda kondilus humeri, epikondilus humeri lateralis ve medialis bulunur. Kondilus humeri'nin iki eklem yüzeyi vardır:

- Kapitulum humeri, lateralde kaput radii ile eklem yapar.
- Troklea humeri, mediale doğru uzanır ve ulna'nın incisura trochlearis'i ile eklem oluşturur. Troklea humeri'nin ortasında sığ bir oluk ve her iki yanında makaraya benzeyen çıkıntılar yer alır.

Kondilus humeri'nin her iki tarafında epikondilus lateralis ve epikondilus medialis bulunur. Medial epikondil, laterale göre daha belirgindir ve arka tarafında sulcus nervi ulnaris yer alır. Bu oluşun içinden ulnar sinir geçer.



Şekil 2.5. Humerus kemik anatomisinin önden ve arkadan görüntüsü (19)

2.3.2. Yumuşak Doku Anatomisi

Üst ekstremitenin yüzeyel anatomisi, deri altındaki yağ dokusunu içeren fascia superficialis ve kasları çevreleyen fascia profunda olmak üzere iki ana

katmandan oluşur. Bu yapılar, üst ekstremitayı farklı kompartmanlara ayırır. Yumuşak doku anatomisi üç temel grup altında incelenir: kaslar, sinirler ve damarlar.

Fascia brachii, humerus proksimalinde ve lateralde deltoid kasın yapışma noktasında fascia deltoidea ile birleşerek, humerus cisminde margo lateralis ve distalde crista supracondylaris lateralis boyunca uzanır. Bu bölgede kalınlaşarak, septum intermusculare brachii laterale olarak adlandırılan bir yapıyı oluşturur. Derin fasya, kolu çevreleyerek üstte fascia pectoralis ve fascia axillaris ile devam eder; altta ise humerus epikondilleri ve olekranona tutunur. Bu fasya, ön kolda fascia antebrachialis olarak devam eder.

Medialde bulunan septum intermusculare brachii mediale, daha kalın bir yapı olup aksiller bölgedeki damar ve sinirleri içeren vagina axillaris ile komşudur. Distalde n. ulnaris ve a. collateralis ulnaris superior, medial intermuscular septumu delerek seyreder. Bu iki yapı, kolu ön ve arka olmak üzere iki kompartmana ayırır: fleksör kompartman (ön bölüm) ve ekstensör kompartman (arka bölüm).

2.3.3. Kas Anatomisi

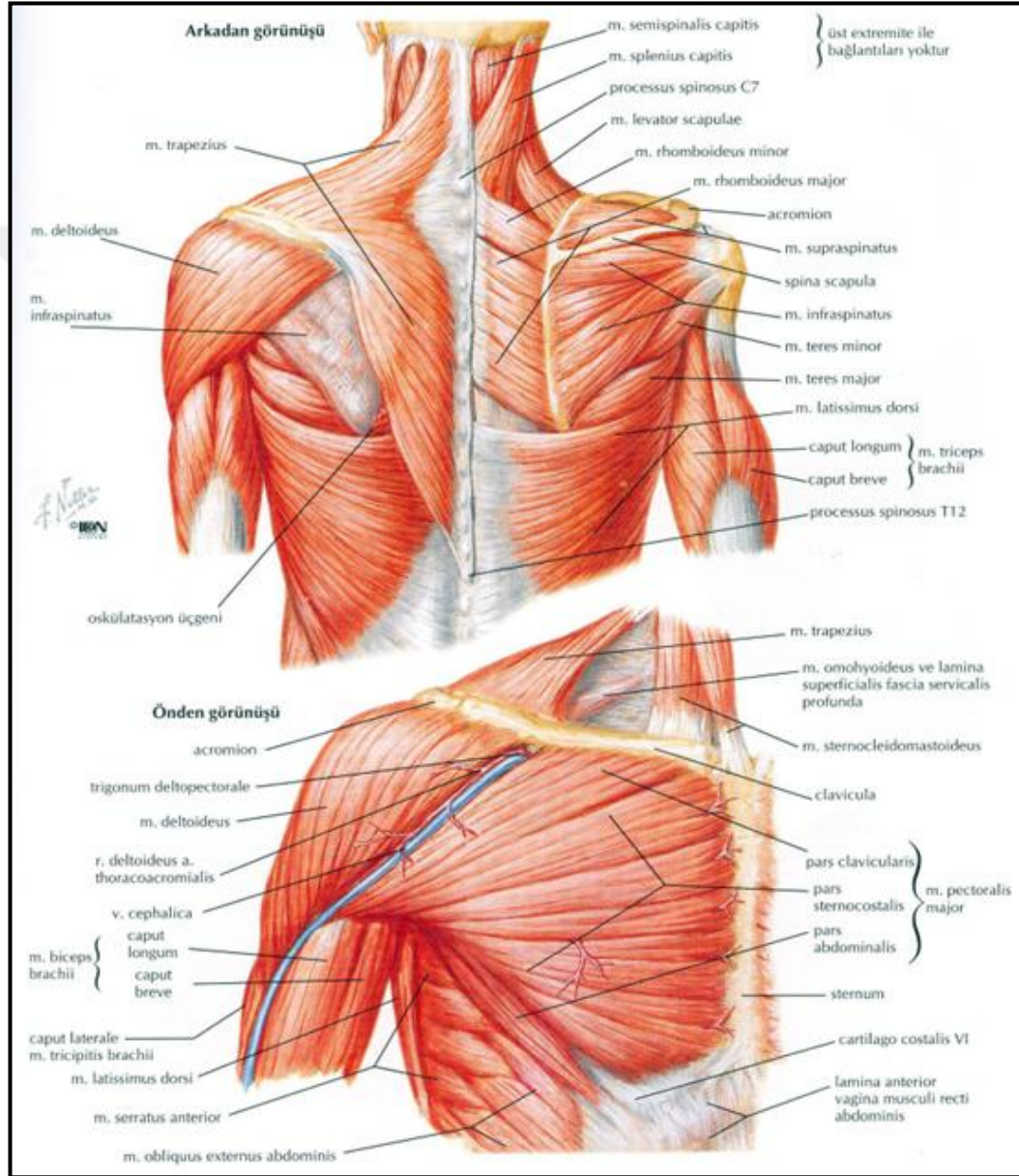
Humerus ile ilişkili kaslar, üç ana grupta ele alınabilir: humerusa yapışan kaslar, kol kasları ve önkol kasları.

i. Humerusa Yapışan Kaslar

- M. Latissimus Dorsi: Torakal omurların 7-12. seviyelerindeki spinal çıkıntılar, crista sacralis mediana, crista iliaca'nın arka kısmı ve fascia thoracolumbalis'den başlayarak humerusun crista tuberculi minoris'ine yapışır. Bu kas, kolun adduksiyonuna ve iç rotasyonuna yardımcı olur.
- M. Teres Major: Skapulanın dış kenarının alt kısmından ve skapula inferiorundan başlayarak crista tuberculi minoris'e yapışır. Kolun adduksiyonunu ve iç rotasyonunu sağlar.
- M. Pectoralis Major: Liflerinin başladığı bölgelere göre üç bölüme ayrılır: pars clavicularis, pars sternocostalis ve pars abdominalis. Kas, crista tuberculi

majoris'e yapışarak sonlanır. Kolun güçlü bir adduktorüdür ve kolu öne ve içe çeker.

- M. Deltoideus: Kas, clavicula'nın dış 1/3'ü, akromion ve spina scapula'dan başlayarak humerusun dış yüzeyindeki tuberositas deltoidea'ya yapışır. Kolun abduksiyon hareketinden sorumludur.



Şekil 2.6. Omuz eklemi çevresindeki kaslar (19)

Omuza tutunan kaslar içerisinde rotator manşet kasları omuz eklemine kazandırdıkları fonksiyonlar ve dinamik stabiliteye olan katkıları sebebiyle önemli

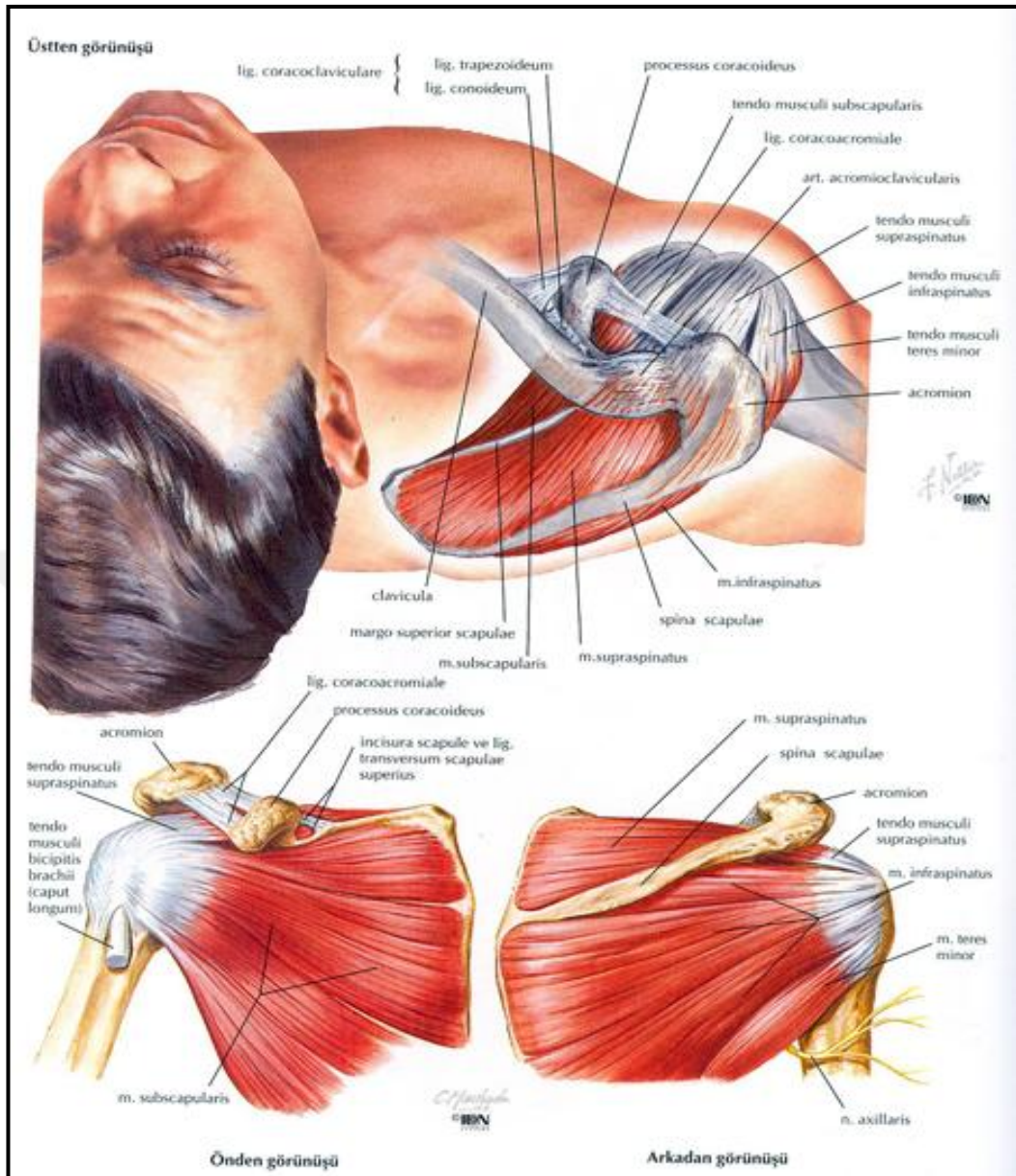
bir yer tutar. M. subscapularis, supraspinatus, infraspinatus ve teres minör rotator manşeti oluşturan kaslardır.

- M. Subscapularis: Skapulanın ön yüzünden ve linea muscularis'ten başlar. Tuberculum minus'a yapışarak sonlanır. Kolun iç rotasyonunda görev alır.

- M. Supraspinatus: Skapulanın arka yüzeyindeki fossa supraspinata'dan başlar ve tuberculum majus'un üst kısmına yapışır. Kolun abduksiyonunu başlatan kastır ve deltoid kasına destek sağlar.

- M. Infraspinatus: Fossa infraspinata ve fascia infraspinata'dan başlar. Humerusun arka yüzeyinden geçerek tuberculum majus'a yapışır. Kolun dış rotasyon hareketinde görev alır.

- M. Teres Minor: Skapulanın margo lateralis'inden başlar ve tuberculum majus'a yapışır. Kolun dış rotasyonunu ve adduksiyonunu sağlar



Şekil 2.7. Rotator manşet kasları (19)

ii. Kol Kasları

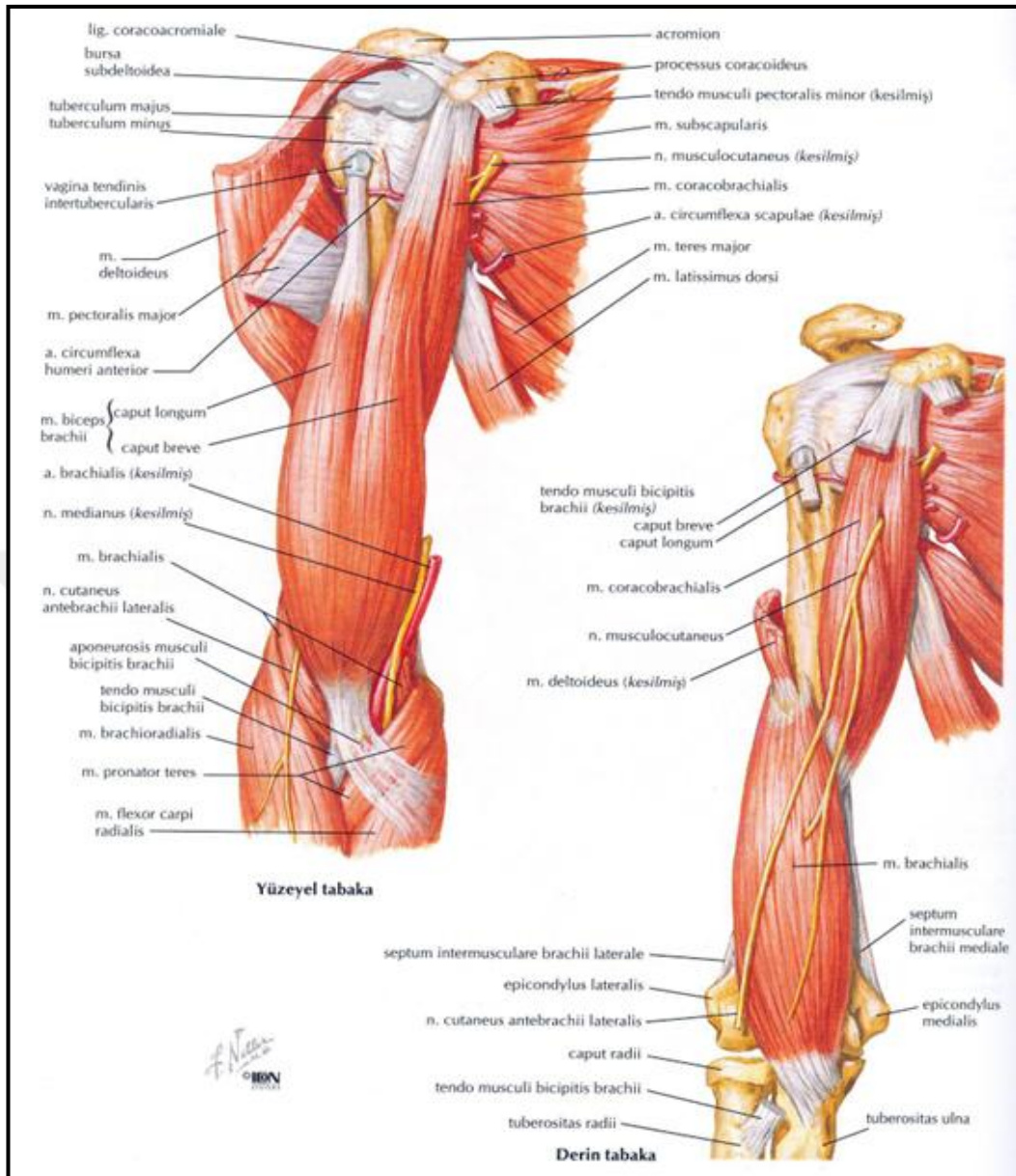
- M. Coracobrachialis: Processus coracoideus'tan başlar ve humerusun crista tuberculi minoris'in altında sonlanır. Kolun fleksiyon ve adduksiyon hareketlerini sağlar.

- M. Brachialis: Humerusun ön yüzünden başlayarak tuberositas ulnae'ye yapışır. Önkolun fleksiyonunda etkilidir.

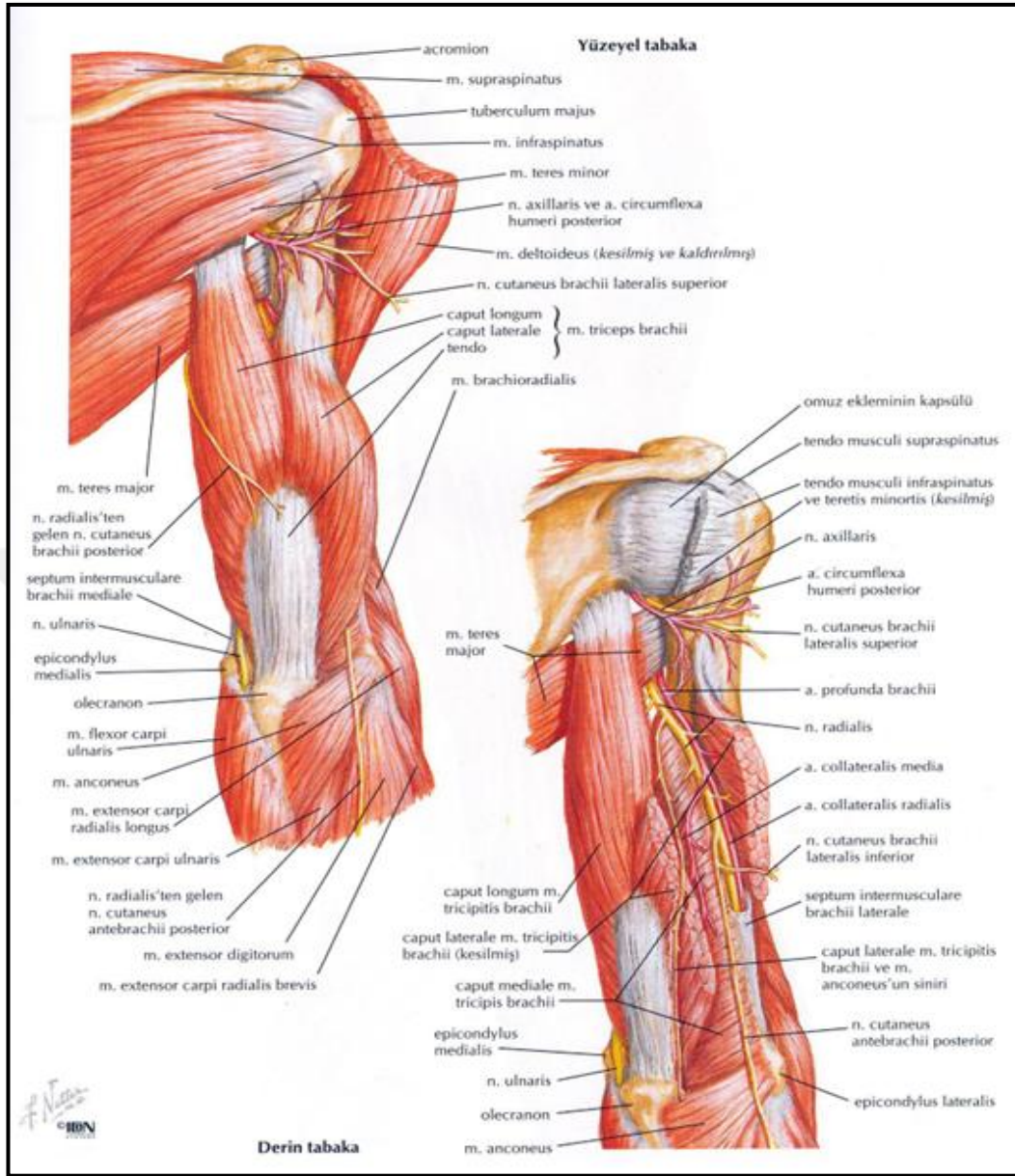
- M. Biceps Brachii: İki başlı bir kastır. Uzun başı tuberculum supraglenoidale ve labrum glenoidale'den, kısa başı ise processus coracoideus'tan başlar. İki baş birleşerek tuberositas radii'ye yapışır. Kas, önkolun fleksiyon ve supinasyonunda görev alır.

- M. Triceps Brachii: Üç başlı bir kastır. Uzun başı tuberculum infraglenoidale ve eklem kapsülünden başlarken, lateral başı humerusun arka yüzündeki sulcus nervi radialis ile tuberculum majus arasında kalan bölgeden başlar. Medial baş ise humerusun arka yüzünde sulcus nervi radialis'in altında bulunan kısımdan başlar. Üç baş birleşerek olecranon'da sonlanır. Kas, dirseğin ekstansiyon hareketini gerçekleştirir.





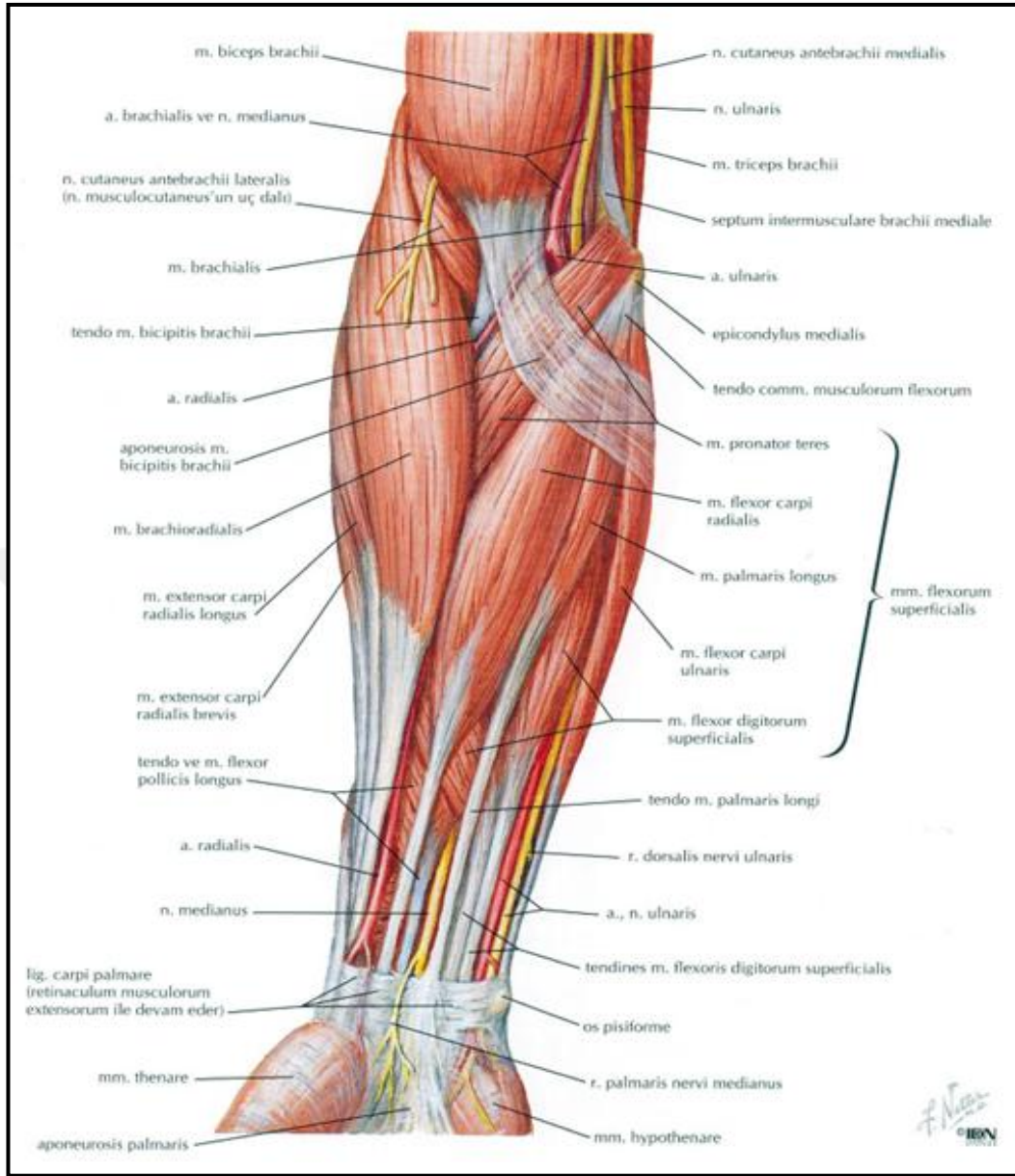
Şekil 2.8. Kol kaslarının önden görünümü (19)



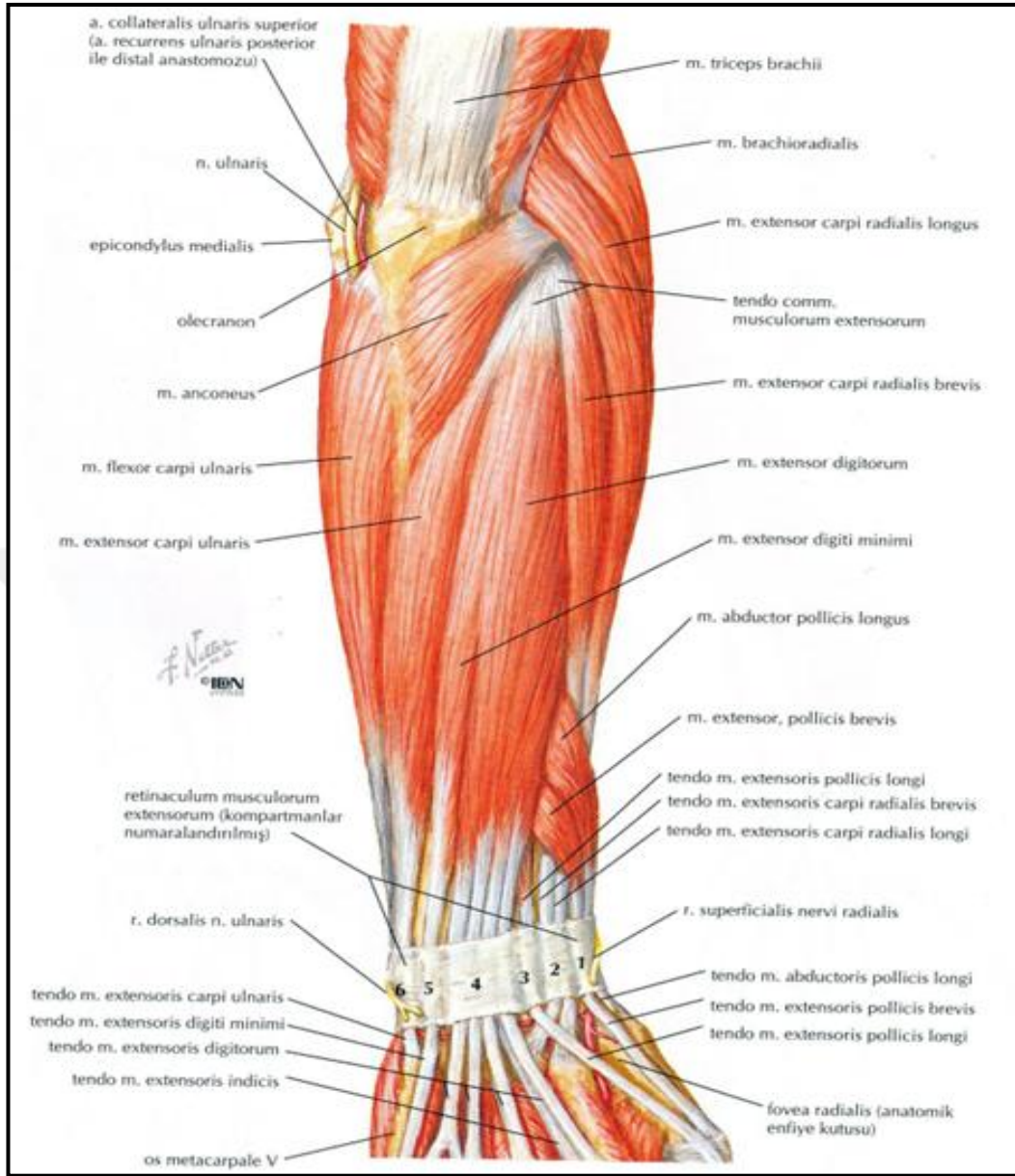
Şekil 2.9. Kol kaslarının arkadan görünümü (19)

iii. Önkol Kasları

Önkol kasları, toplamda 19 adettir ve büyük çoğunluğu humerusun distal ucundan başlar. Bu kaslar medial ve lateral epikondillere tutunurlar. Medial epikondil anteriyora doğru yönelmiş olduğu için buradan başlayan kaslar genellikle önkolun ön bölümünde yer alır. Lateral epikondil ise posteriyora yöneldiğinden, bu bölgeden başlayan kaslar önkolun arka kısmında bulunur.



Şekil 2.10. Ön kol kaslarının anteriordan görünümü



Şekil 2.11. Ön kol kaslarının posteriordan görünümü

2.3.4. Sinirlerin Anatomisi

- N. Axillaris (C5, C6): M. deltoideus ve m. teres minor'u innerve eder.
- N. Radialis (C5-T1): M. triceps brachii, m. anconeus, m. brachioradialis, m. extensor carpi radialis longus ve brevis, m. extensor digitorum, m. extensor digiti minimi, m. extensor carpi ulnaris, m. supinator, m. abductor pollicis longus, m. extensor pollicis brevis ve longus, m. extensor indicis kaslarını innerve eder.

Humerus cisim kırıklarında en sık yaralanan sinirdir ve yaralanması sonucu düşük el deformitesi görülür.

- N. Musculocutaneus (C5-C7): M. biceps brachii, m. brachialis ve m. coracobrachialis kaslarını innerve eder.
- N. Medianus (C5-T1): M. pronator teres, m. flexor carpi radialis, m. palmaris longus, m. flexor digitorum superficialis, m. flexor digitorum profundus (lateral yarısı), m. flexor pollicis longus, m. pronator quadratus, m. opponens pollicis, m. abductor pollicis brevis ve m. flexor pollicis brevis'in yüzeysel başını innerve eder. Hasar durumunda opozisyon hareketi kaybolur ve "ebe eli" deformitesi gelişir (9, 10, 12, 15).
- N. Ulnaris (C7-T1): M. adductor pollicis, m. palmaris brevis, m. abductor digiti minimi, m. flexor digiti minimi brevis, m. opponens digiti minimi, 3. ve 4. m. lumbricales, mm. interossei dorsales ve palmares kaslarını innerve eder. Bu sinir en sık medial epikondil kırıklarında yaralanır ve hasarında "pençe el" deformitesi görülür.

2.3.5. Damarların Anatomisi

i. Arterler

- Axillaris: A. subclavia'nın devamıdır. A. thoracoacromialis, a. thoracica lateralis, a. subscapularis, a. circumflexa humeri anterior ve posterior dallarını verir. Daha sonra a. brachialis olarak devam eder.
- A. Brachialis: A. axillaris'in devamıdır. Başlıca dalları arasında a. profunda brachii, a. collateralis ulnaris superior ve a. collateralis ulnaris inferior bulunur.

ii. Venler

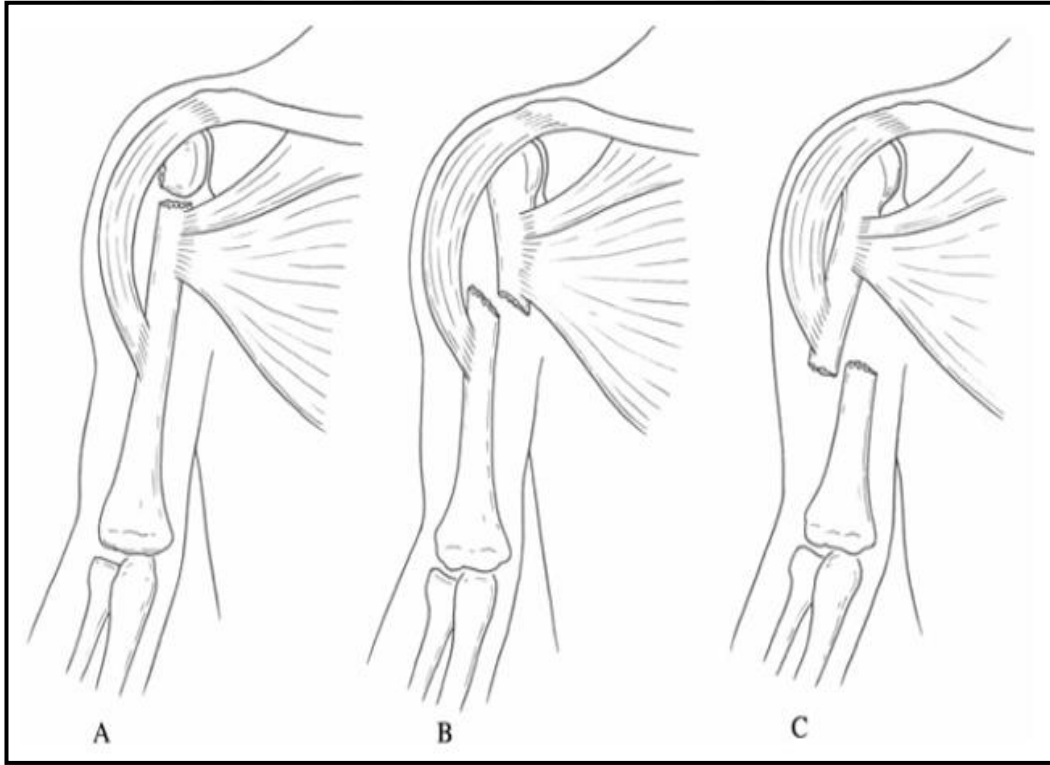
Kol venleri, yüzeysel ve derin olmak üzere iki gruba ayrılır:

- Derin Venler: Arterlere eşlik eder ve genellikle her arterin yanında iki adet bulunur. Dirsek bölgesinde birleşerek v. brachialis'i oluşturur ve bu damar aracılığıyla v. axillaris'e dökülür.
- Yüzeysel Venler:

- V. Basilica Brachii: Dirseğin ön bölgesinden başlayarak kola uzanır ve v. brachialis'in başlangıç kısmına dökülür.
- V. Cephalica Brachii: Dirseğin ön bölgesinden başlayarak kola gelir, trigonum deltoideopectoralis'e örten fasyayı delerek v. axillaris'e dökülür.

2.4. Patolojik Anatomi

Humerus diafizindeki kırıklar, farklı seviyelerdeki kas kuvvetlerinin etkileri dikkate alınarak analiz edilebilir. Pektoralis kasının üst seviyesinde oluşan bir kırıkta, rotator manşet kaslarının etkisiyle proksimal fragman abduksiyon ve iç rotasyon pozisyonunda yer alır (Şekil 2.12 A). Eğer kırık, deltoid kasının yapışma noktasının üzerinde ise, distal fragman deltoid kasının çekme etkisiyle laterale doğru çekilirken, proksimal fragman pektoralis major, latissimus dorsi ve teres major kaslarının çekme gücüyle mediale doğru yönelir (Şekil 2.12 B). Kırık hattı deltoid kasının altında olduğunda ise, proksimal fragman dışa ve öne doğru hareket ederken, distal fragman yukarı yönlü bir çekilme gösterir (Şekil 2.12 C).

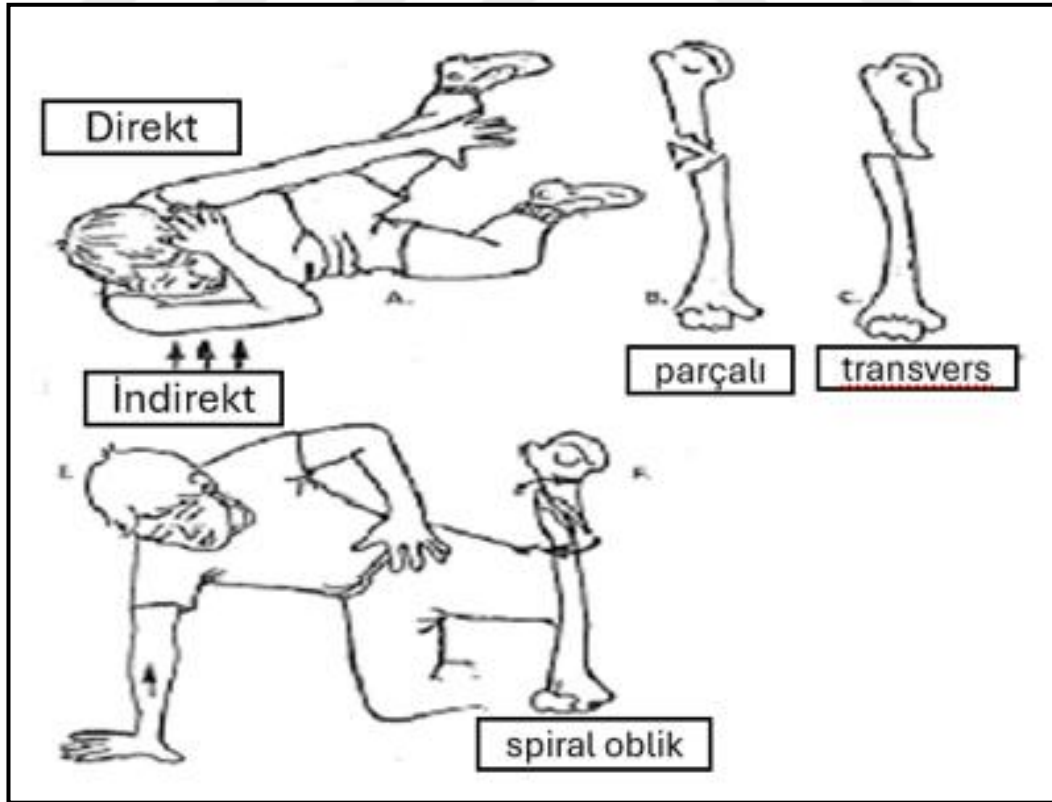


Şekil 2.12. Humerus cisminin değişik seviyelerindeki kırıklarında kas kuvvetlerinin kırık parçalar üzerindeki etkisi (20)

2.5. Yaralanma Mekanizması

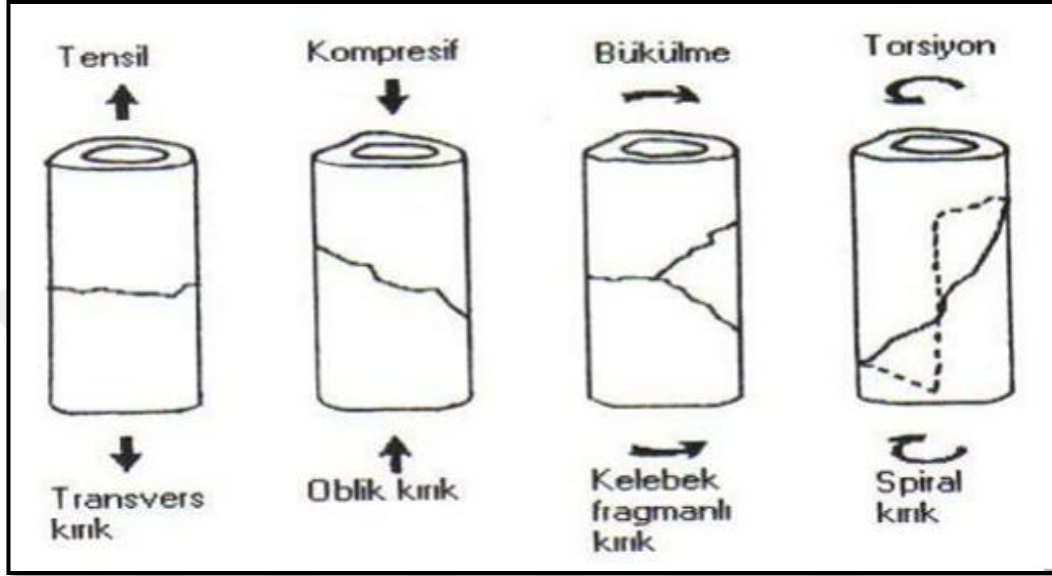
Humerus cisim kırıklarının oluşumunda çeşitli faktörler rol oynar. Bu kırıklar, direkt (kuvvetin doğrudan humerusa etki ettiği) ya da indirekt (başka bir kemik aracılığıyla humerusa aktarılan kuvvetle oluşan) mekanizmalarla meydana gelebilir. Genellikle açık el üzerine düşme, trafik kazaları veya kola alınan doğrudan darbeler sonucu oluşur. İkinci ve üçüncü dekatlarda görülen yaralanmalar, erkeklerde daha sık olup genellikle spor aktiviteleri ya da motorlu taşıt kazalarıyla ilişkilidir. Beşinci dekattan sonra oluşan kırıklar ise daha çok kadınlarda basit düşmeler sonucu meydana gelir (3).

Direkt kırıklarda, üç noktalı bükülme momenti oluşur ve genellikle transvers kırıklarla sonuçlanır. Dolaylı kırıklar ise, ekstremitenin distal kısmından gelen bir kuvvetin humerus üzerinde emilmesiyle oluşur (örneğin, bilek güreşi sırasında). Bu kuvvetin oluşturduğu döndürücü moment, spiral bir kırık modeline neden olur. Benzer şekilde, kas kasılmaları sonucunda meydana gelen kırıklarda da spiral kırık modeli görülebilir (21).



Şekil 2.13. Travma oluşum mekanizmaları

Düşük enerjili travmalarla oluşan kırıklarda patolojik kırık ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Spiral ve oblik kırıklar genellikle düşük enerjili travmalarla, transvers veya segmental kırıklar ise yüksek enerjili travmalarla ilişkilidir. Ateşli silah yaralanmaları ise çoğunlukla çok parçalı kırıklara neden olur.



Şekil 2.14. Kuvvet yönüne göre kırık oluşum mekanizmaları

Kırık oluşumunda etkili kuvvet türleri arasında tensil, kompresif, bükülme ve torsiyon bulunur. Bu kuvvetlerin her biri farklı kırık tiplerine yol açar: Tensil kuvvetler transvers kırık, kompresif kuvvetler oblik kırık, bükülme kuvvetleri kelebek fragmanlı kırık, torsiyon kuvvetleri ise spiral kırık oluşturur.

2.6. Kırık Sınıflaması

Humerus cisim kırıklarının sınıflandırılmasında çeşitli faktörler dikkate alınır. Kırığın dış çevreyle olan ilişkisine göre açık veya kapalı kırıklar, lokalizasyonuna göre proksimal, orta veya distal kırıklar, kırık hattının yönü ve karakterine göre transvers, oblik, spiral, segmenter veya parçalı kırıklar olarak adlandırılabilir. Kemik yapıda tümöral lezyona bağlı meydana gelen kırıklar da patolojik kırıklar olarak isimlendirilir.

Humerus cisim kırıkları için uluslararası standart bir sınıflama sistemi bulunmamaktadır. Ancak uzun kemik kırıklarında olduğu gibi, AO sınıflama sistemi sıklıkla kullanılır. AO sistemine göre humerus, 1 numaralı kemiktir ve proksimal 1, cisim 2, distal ise 3 olarak sınıflandırılır. Humerus cisim kırıkları (1-2) olarak ifade edilir.

AO sınıflama sistemi kırık hattının karakterine göre şu şekilde ayrılır:

A. Basit Kırıklar: Spiral (A1), oblik ($A2, \geq 30^\circ$), transvers ($A3, < 30^\circ$).

B. Kama Kırıklar: Spiral (B1), eğilmiş kama (B2), parçalı kama (B3).

C. Kompleks Kırıklar: Spiral (C1), segmenter (C2), düzensiz (C3).

Grup	1	2	3
A	 Basit kırık, spiral	 Basit kırık, oblik ($\geq 30^\circ$)	 Basit kırık, transvers ($< 30^\circ$)
B	 Kama kırık, spiral	 Kama kırık, eğilmiş kama	 Kama kırık, parçalı
C	 Kompleks kırık, spiral	 Kompleks kırık, segmenter	 Kompleks kırık, düzensiz

Şekil 2.15. AO kırık sınıflaması (22)

2.7. Kırık İyileşmesi

2.7.1. Kırık İyileşmesi Mekanizmaları

Kırık iyileşmesi direkt (primer) veya dolaylı (sekonder) yollarla gerçekleşebilir. Primer kemik iyileşmesi, kırık uçlarının tamamen temas ettiği veya minimal boşluk bulunduğu durumlarda gerçekleşir. Fragmanlar arasındaki mesafe 0,01 mm'den küçük ve gerilim %2'den az olduğunda periosteal kallus oluşumu olmadan kontakt iyileşme meydana gelir (23).

Dolaylı (Sekonder) iyileşme kırık uçları arasında hareketin olduğu durumlarda görülür. İlk olarak yumuşak kallus, ardından sert kallus oluşur. Bu süreç inflamasyon, onarım ve yeniden şekillenme olmak üzere üç evreden oluşur (24).

İnflamasyon Evresi: İlk 1-3 günlük süreyi kapsar. Kırık sonrası oluşan hematoma, inflamatuvar yanıtı tetikler. Fibrin, iyileştirici hücrelerin göçünü kolaylaştırırken IL-1 ve IL-6 gibi modülatörler damarlanmayı artırır (25).

Onarım Evresi: Genellikle 2-40 gün arasında sürer. Yumuşak kallus oluşumu ile başlayan bu süreç, kırıkta matriksin mineralize olması ve osteoblastların sert kallus oluşturmalarıyla devam eder (26).

Yeniden Şekillenme Evresi: Onarımın ortalarında başlayarak 4-16 hafta boyunca devam eder, ancak yıllarca sürebilir. Osteoklastik rezorpsiyon ve osteoblastik kemik oluşumu dengesi bu sürecin temelini oluşturur (27).

2.7.2. Kırık İyileşmesini Etkileyen Faktörler

Kırık iyileşmesini etkileyen faktörler lokal ve genel olarak ikiye ayrılır:

Lokal faktörler içerisinde travmanın şiddeti, kırık uçlarının durumu (kemik kaybı olup olmaması, kemik vasküler dolaşımının bozulup bozulmaması, kırık tipi ve lokalizasyonu), yumuşak doku (yumuşak doku interpozisyonunun bulunup bulunmaması) ve cilt hasarları, enfeksiyon, kemiğin intrinsik özellikleri, denervasyon olup olmaması, yapılan internal veya eksternal tespit kalitesi gibi faktörler yer alır.

Sistemik faktörler içerisinde yaş, genel sağlık durumu, nutrisyonel durumu, hormonlar (büyüme hormonu, östrojen, kortikosteroidler vb.), beslenme, sigara ve alkol kullanımı, ilaçlar, merkezi sinir sistemi travması olup olmaması sayılabilir.

2.8. Tanı

Humerus cisim kırıklarında ağrı, şişlik ve deformasyon tipik bulgulardır. Hastanın detaylı anamnezi alınmalıdır. Politravmalı veya koopere olamayan hastalarda öncelikle vital bulguların stabilizasyonu sağlanmalıdır. Minör travmalarla oluşan kırıklarda patolojik kırık ihtimali değerlendirilmelidir. Anamnez bilgileri dikkatle kayıt altına alınmalıdır (28).

Radyolojik tanıda ilk tercih, omuz ve dirsek eklemlerini içerecek şekilde çekilen AP ve lateral direkt grafi olmalıdır. Gerekli durumlarda BT veya anjiyografi gibi ileri görüntüleme yöntemleri kullanılabilir.

2.9. Tedavi

Humerus cisim kırıklarının tedavisinde çeşitli yöntemler tanımlanmıştır. Tedavi, konservatif ya da cerrahi yaklaşımlarla yapılabilir. Uygun tedavi yöntemi belirlenirken hastanın yaşı, mesleği, eşlik eden travmalar, yumuşak doku durumu ve kırık tipi dikkate alınmalıdır (29). Çoğu humerus cisim kırığı konservatif yöntemlerle başarılı bir şekilde tedavi edilebilir (8). Bu kırıklar için genel kabul edilen sınırlar; 30° varus açılanması, 20° anterior açılanma, 15° rotasyon kusuru ve 3 cm'ye kadar kısalık olarak belirtilmiştir (21). Ancak aşağıdaki durumlarda cerrahi tedavi tercih edilir:

- ✓ Konservatif tedavi ile uygun dizilim sağlanamaması,
- ✓ Kırık hattındaki cilt hasarının konservatif tedaviye uygun olmaması,
- ✓ Çoklu travma varlığı,
- ✓ Aynı ekstremitede birden fazla kırık (ör. yüzen dirsek, yüzen omuz),
- ✓ Eşlik eden majör arter yaralanması,
- ✓ Eklem ile ilişkili kırıklar,
- ✓ Patolojik kırıklar,
- ✓ Bilateral humerus kırıkları,
- ✓ Parkinson gibi hareket kontrolü zor nörolojik/psikiyatrik hastalıklar (30).

2.9.1. Konservatif Tedavi

Konservatif tedavi yöntemleri arasında U ateli, askılı alçı (hanging cast), fonksiyonel breysleme (Sarmiento) ve Velpau bandajı bulunmaktadır.

i. Fonksiyonel Breysleme (Sarmiento)

Fonksiyonel breysleme, ilk kez 1977'de Sarmiento ve ark. tarafından tanımlanmıştır. Amaç, yerçekimi ve yumuşak dokuların basısı yardımıyla kırık uçlarının uygun dizilimini sağlamaktır. Sarmiento ortezi, hafif plastik malzemeden yapılır ve bağcıklarla kola sıkıca oturur. Kişiye özel olarak tasarlanmalıdır. Kırık bölgesindeki dizilim bozuklukları, pedler veya ortezi ayarlamalarıyla düzeltilebilir. Bu yöntem, omuz ve dirsek eklemlerinin hareketine izin verdiği için eklem hareket açıklığını korumada avantajlıdır (8).



Şekil 2.16. Fonksiyonel sarmiento breysi

Tedavi sırasında hastalar haftalık kontrollere çağrılmalı, AP ve lateral radyograflerle kırık hattı izlenmelidir. Tedavi süresi genellikle 8-10 haftadır ve tam kaynama gözlenene kadar devam edilmelidir.

Sarmiento, 620 hasta üzerinde yaptığı çalışmada, yöntemle yüksek oranda başarılı sonuçlar elde etmiştir. Diğer çalışmalarda da benzer başarı oranları bildirilmiştir. Başarı oranı kırık tipiyle ilişkilidir ve Koch ve arkadaşlarının yayınladığı çalışmaya göre transvers kırıklarda daha düşük kaynama oranları görülebilir (31).

ii. Askılı Alçı (Hanging Cast)

1993 yılında Caldwell tarafından tanımlanan bu yöntem, yerçekimi kuvvetini kullanarak kırık hattının dizilimini düzenlemeye yardımcı olur (32). Alçı yaklaşık 1,5 kg ağırlıkla traksiyon sağlayarak kırık uçlarını redükte eder (33). Etkin bir tedavi için hastanın sürekli dik veya yarı oturur pozisyonda kalması gerekir. Ağırlık nedeniyle kırık hattında fazla ayrışma olursa kaynamama riski ortaya çıkabilir.

Bu yöntemde alçı, dirsek 90° fleksiyonda ve önkol nötral pozisyonda yapılır. Omuz hareket kısıtlılığı, boyun ağrısı gibi komplikasyonlar görülebilir. De Morgues, askılı alçı ile tedavi edilen 107 hastanın 12'sinde omuz sertliği, 4'ünde psödoartroz bildirmiştir (34).

iii. U-Ateli

Bu yöntem, minimal kısalık olan humerus cisim kırıklarında kullanılır. U ateli, humerus medial ve lateral yüzlerini kavrayarak uygulanır. Daha sonra dirsek 90° fleksiyona getirilir ve el bileği nötral pozisyondayken uzun kol ateli ile desteklenir. Omuz ve dirsek hareket kısıtlılığı ve koltuk altında irritasyon, yöntemin dezavantajlarıdır. Steward ve Hundley, bu yöntemle %94 kaynama oranı bildirmiştir (35).

iv. Vello Bandajı

Vello bandajı, humerus cismini gövdeye sabitlemek için kullanılır. Hazır modelleri bulunmakla birlikte, pamuk ve sargı bezi ile de yapılabilir. Genellikle

humerus boyun kırıkları, omuz çıkıkları ve proksimal humerus diafiz kırıklarında tercih edilir. Ayrıca cerrahi tedavi sonrası rehabilitasyon döneminde de kullanılabilir.

Konservatif yöntemler, genellikle stabil kırıklar ve minimal yumuşak doku hasarı olan hastalarda tercih edilen etkili seçeneklerdir. Ancak doğru hasta seçimi ve düzenli izlem, tedavinin başarısında kritik öneme sahiptir.

2.9.2. Cerrahi Tedavi

Humerus cisim kırıklarının cerrahi tedavisinde çeşitli yaklaşımlar ve yöntemler uygulanır. Uygun yöntem, kırığın tipi, yerleşimi ve hastanın klinik durumuna göre belirlenir.

i. Cerrahi Tedavi Yöntemleri

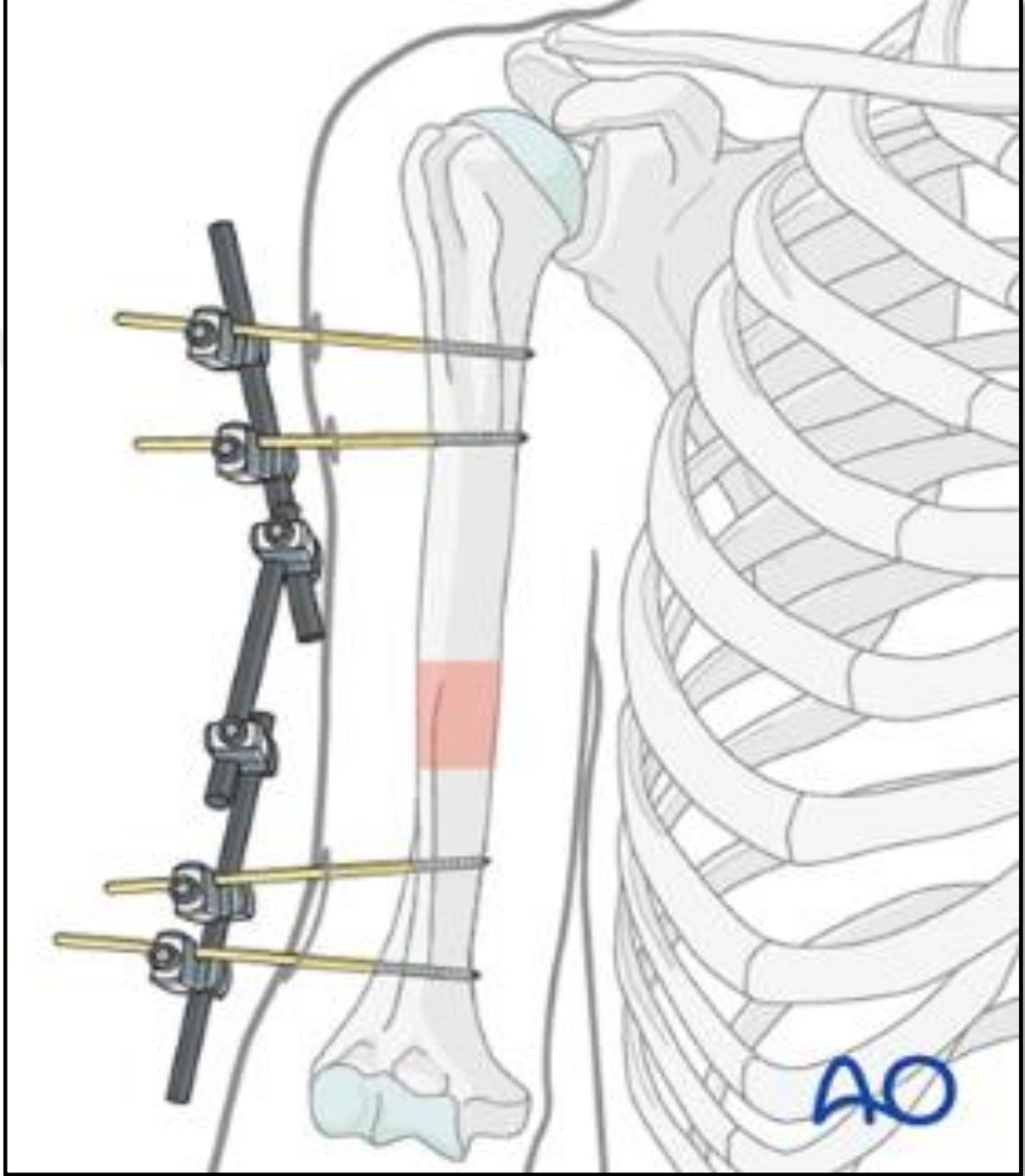
Humerus cisim kırıklarının cerrahi tedavisinde en sık kullanılan yöntemler şunlardır:

Plaklı Osteosentez: Plaklı osteosentez, humerus cisim kırıkları için cerrahi tedavide altın standart yöntem olarak kabul edilir. Bu yöntemle kaynama oranları yüksek, komplikasyon oranları düşüktür. İyileşme süresi kısadır ve hastalar erken dönemde fonksiyonel hareketlerine dönebilirler (36).

Genellikle 4,5 mm düşük temaslı geniş yüzeyli kompresyon plakları kullanılır. Cerrah, uygun dizilimi sağladıktan sonra plak ile kırık fragmanlarını sabitler. Gerekirse geçici fiksasyon için çekme vidası veya K-teli kullanılabilir. Plak, kırık hattının proksimalinde ve distalinde 4 delik içermelidir ve her vidanın iki korteksi geçmesi sağlanmalıdır (37).

Eksternal Fiksator: Eksternal fiksatörler genellikle açık ve defektif kırıklarda tercih edilir. Bu yöntem, hızlı ve kolay uygulanabilirliği ile avantaj sağlar. Cilt defekti mevcut olduğunda veya sık debridman gerektiren durumlarda tercih edilir (37). Monolateral fiksator sistemi genellikle tercih edilir ve proksimal ile distale şanz çivileri yerleştirilir. Ancak sinir yaralanmaları ve şanz dibi enfeksiyonları gibi komplikasyonlara dikkat edilmelidir. Proksimalde aksiller, distalde radial sinir tehlike altındadır (38).

Cerrahi tedavi yöntemleri, hastanın durumuna, kırığın tipine ve cerrahın deneyimine göre seçilmelidir. Her yöntemin kendine özgü avantajları ve riskleri vardır, bu nedenle uygun hasta seçimi önemlidir.

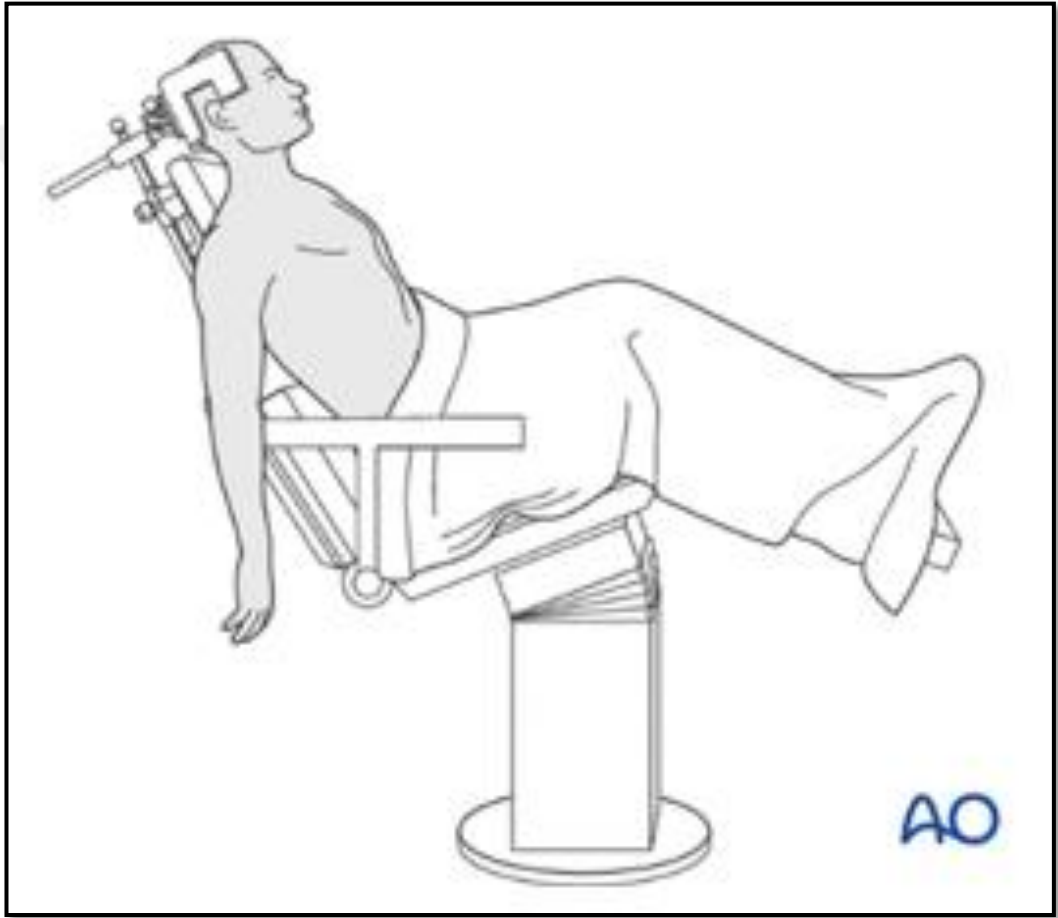


Şekil 2.17. Humerus cisim kırığı için eksternal fiksator uygulaması (22)

Intramedüller Çivileme: İntramedüller çivileme, tibia ve femur kırıklarında başarılı sonuçlar veren bir yöntemdir, ancak humerus kırıklarında aynı başarı sağlanamamıştır (39, 40). Omuz sıkışma sendromu gibi komplikasyonlar daha sık görülmüştür (41).

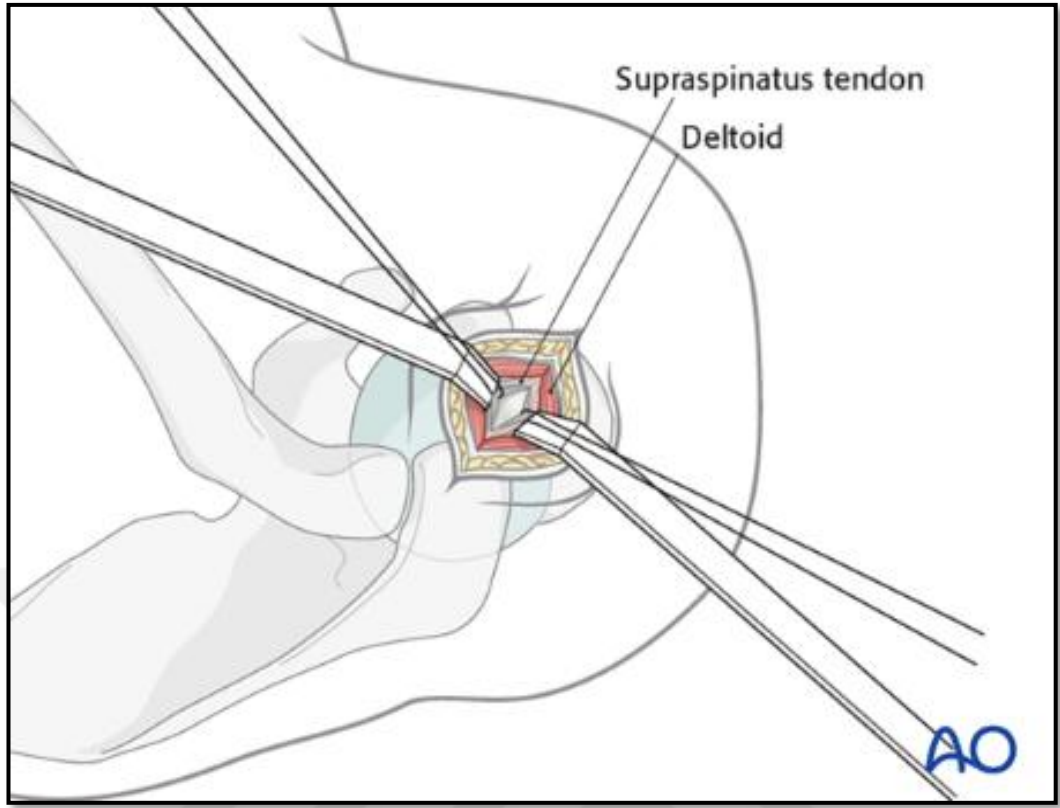
İntramedüller çiviler, kırığın kemik içerisinden ilerleyen bütünleştiricisi olarak hareket ederler. IMNler, bükülme(bending) kuvvetini kontrol etmede etkilidirler ve kilitleyici vida gibi elemanların kullanımı da kemiğin aksiyal kısılma ve rotasyona karşı direnç göstermesini sağlar (42).

Bu cerrahi yaklaşımda, hasta ameliyat masasına supin pozisyonda yatırılır. Ameliyat masası, gövdeye yaklaşık 60° fleksiyon sağlayacak şekilde yukarı doğru kaldırılır.



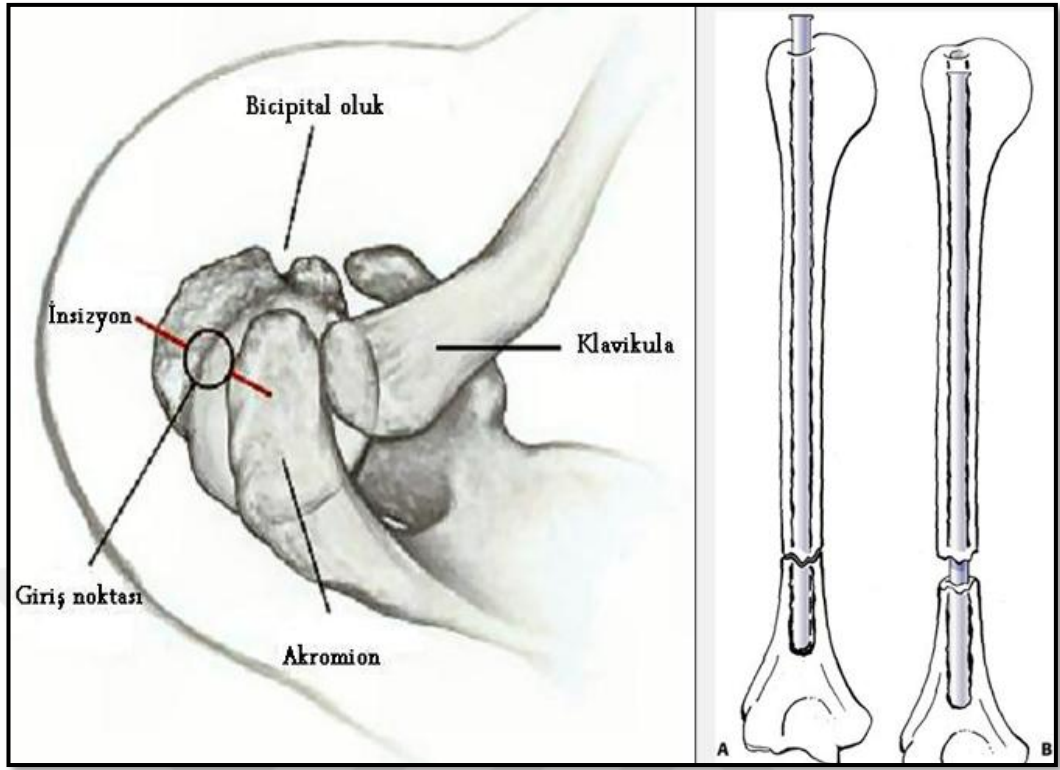
Şekil 2.18. Humerus anterograd çivileme esnasında hasta pozisyonu (22)

Giriş insizyonu, omuzun lateralinde, akromiyon sınırından itibaren yaklaşık 2 cm uzunluğunda yapılır. Cilt, ciltaltı doku ve fasya dikkatlice geçildikten sonra deltoid kasına ulaşılır. Deltoid kas, split ayrılarak rotator cuffa ulaşılır. Rotator maşet kasları insize edilir ve işlem sırasında tamir kolaylığı sağlamak amacıyla insizyon hatlarına tespit süturları yerleştirilir. Bu alan kullanılarak kemik dokuya güvenli bir şekilde erişim sağlanır.



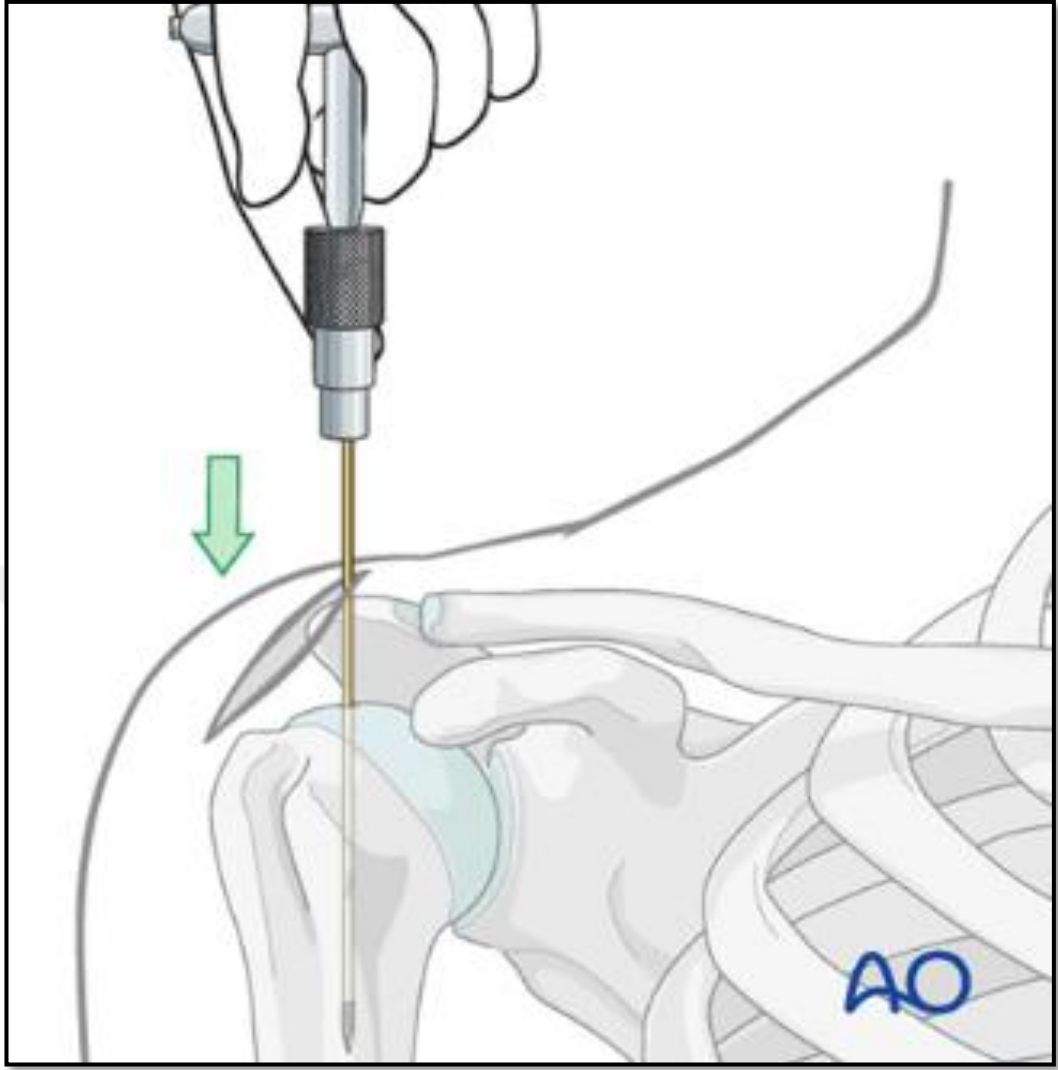
Şekil 2.19. İntramedüller çivi için minimal erişimli yaklaşım (22)

Bu yöntem, cerrahi boyun kırıkları ve olekranon çukurundan 5 cm yukarıdaki kırıklar için uygundur. Çivileme sırasında rotator manşetin zarar görmemesi için dikkat edilmelidir Rotator manşetin göreceği hasarı en aza indirmek için, bisipital oluğun en az 0,5 cm posteriorundan giriş yapılması önerilir.



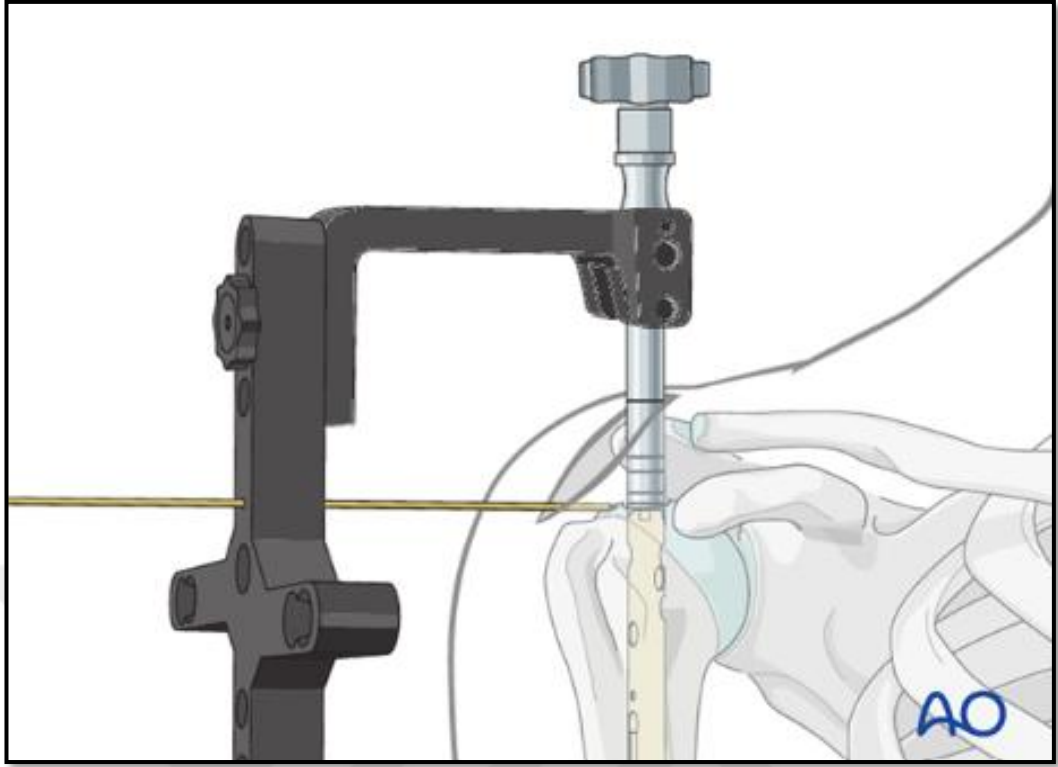
Şekil 2.20. Antegrad çivi uygulaması temsili (43)

Humerus için giriş noktası, kullanılan çivi sistemine bağlı olarak farklılık gösterebilir. Bu nedenle, giriş işlemi sırasında çivin teknik kılavuzunda belirtilen talimatlara uygun olarak giriş kılavuzu yerleştirilmelidir. Ardından, kılavuz yardımıyla kanülize bir oyucu kullanılarak intramedüller kanal dikkatlice açılır.



Şekil 2.21. Antegrad çivileme için giriş yerinin belirlenmesi (22)

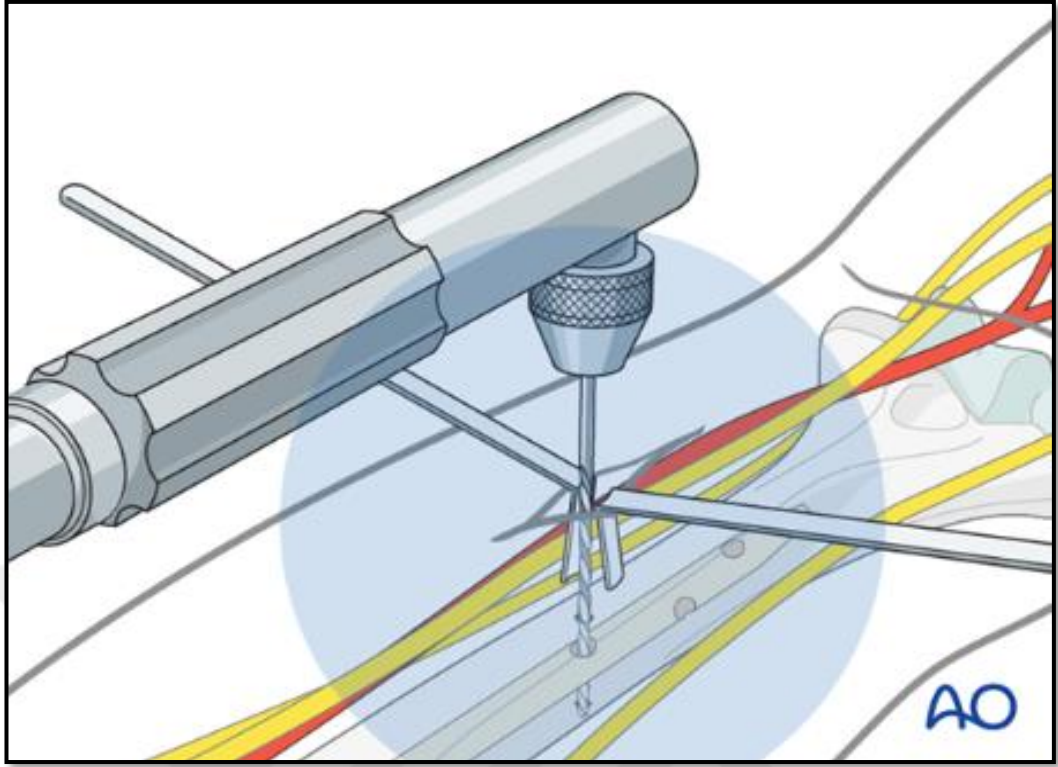
Kırık, kapalı ya da açık redüksiyon yöntemiyle hizalandıktan sonra, kılavuz tel kırık hattını geçerek distal fragmanın intramedüller kanalı boyunca ilerletilir. Medüller kanalın dar olması durumunda ya da daha kalın çapta bir çivi kullanılması planlanıyorsa, artan çaplara sahip oyucular yardımıyla kanal genişletilebilir. Çivinin uzunluğu ise, genellikle çivileme setinde yer alan ölçüm aparatlarıyla ya da floroskopi eşliğinde belirlenir. Uygun çap ve uzunlukta seçilen intramedüller çivi, kanal boyunca ilerletilerek yerleştirilir. Çivinin proksimal uçta kemik yüzeyinden taşmaması için giriş noktası dikkatle belirlenir; bu sayede olası omuz sıkışma sendromu gibi komplikasyonların önüne geçilmesi hedeflenir.



Şekil 2.22. Antegrad çivileme uygulamasında çivinin giriş yerinde çivi boyunun klavuz yardımı ile ayarlanması (22)

Oyma işlemi uygulanan olgularda, çivinin kırık hattını geçerken medüller kanalı terk edip yumuşak doku içine ilerlemesi durumunda, iyatrojenik radial sinir hasarı oluşma riski vardır. Bu nedenle, oyma işlemi mutlaka klavuz tel üzerinden yapılmalıdır. Bu yaklaşım, radial sinir zedelenmesi riskini en aza indirmeye yardımcı olur. Çivi, uygun bir çakma setine monte edildikten sonra klavuz telin içinden geçirilerek çakılır. Çivi, distal fragmanı geçtikten sonra klavuz tel çekilir. Ancak, çivinin olecranon fossa yakınlarına çakılması durumunda suprakondiler humerus kırığı oluşabileceği unutulmamalıdır.

Distal kilitleme, anteriordan posteriora veya lateralden mediale doğru yapılabilir. Anteriordan posteriora kilitleme sırasında brakial arter, median sinir ve lateral antebrachial kutanöz sinir gibi yapılar korunmalıdır. Lateral yaklaşımda ise nervus antebrachialis kutaneus posterior yaralanması riski bulunur. Bu sinir, brakioradial kasın fasyası üzerinde seyrederek ve sinir zarar görmemesi için fasiyal insizyon yapılmadan önce anteriora doğru dikkatlice ekarte edilmelidir. Ayrıca, radial siniri korumak için diseksiyon planı brakioradial kasın posteriorunda tutulmalıdır.



Şekil 2.23. Distal kilitleme esnasında free hand drilleme (22)

Statik çivileme hem proksimal hem de distal fragmanların kilitlenmesini ifade eder. Bu yöntem, çivinin kemik içinde hareket etmesini önleyerek aksiyal yüklenme ve malrotasyonu kontrol altında tutar.

Dinamik çivileme ise yalnızca proksimal veya distal fragmanın kilitlenmesini içerir ve çivinin kemik içinde kaymasına olanak tanır. Bu yöntem, kırık fragmanlardan birinin isthmus bölgesinde yeterli fiksasyon sağladığı durumlarda tercih edilir. Dinamik çivileme, çivi ve kemik teması 10 cm'den fazla olduğunda uygulanabilir ve bu durumda kırığın iyileşmesine izin verecek kontrollü hareketlilik sağlanır (44).

Distal vidaların öncelikli olarak yerleştirilmesi, küçük fragmanlara sahip çok parçalı kırıklarda, çivi yerleştirme cihazının ters etkisinden yararlanarak kompresyon sağlanmasına olanak tanır. Bu yöntem, bu tür kırıklarda oluşabilecek distraksiyonu (kırık uçlarının birbirinden uzaklaşmasını) önlemeye yardımcı olur. İntramedüller çivi tekniği uygulanacak hastalarda açık veya kapalı redüksiyon tercih edilebilir. Bu seçimlerin kendi içerisinde avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Açık Redüksiyon ve İntramedüller Çivilemenin;

Avantajları:

- 1) Kırık alanı doğrudan görülebildiği için daha hassas bir redüksiyon sağlanır. Operasyon öncesinde iskelet traksiyonu uygulanmasına gerek yoktur.
- 2) Çok parçalı ve segmental kırıklarda, diğer fragmanlar ana fragmana tespit edilerek dönme ve kayma riski önlenir.
- 3) Radyografilerde gözlenemeyen fissürler ve küçük kırık fragmanlar çıplak gözle tespit edilerek bu yapıların ayrılmadan sabitlenmesi sağlanabilir.
- 4) Çivileme sonrası oluşabilecek rotasyonel problemler önlenir.
- 5) Ekonomik bir yöntemdir; özel ameliyat masası veya çok sayıda araç-gereç gerekmez, skopi cihazı kullanımı zorunlu değildir.
- 6) Atrofik psödoartroz durumlarında kırık uçları tazelenip çivileme yapılabilir.
- 7) Gerekli durumlarda kemik grefti eklenebilir.
- 8) Damar onarımı gereken durumlarda işlem kolaylık sağlar.

Dezavantajları:

- 1) Kırık bölgesinin açılması nedeniyle enfeksiyon riski artar.
- 2) Kırık iyileşmesi için önemli olan hematoma kaybedilir; besleyici damarlar ve periost bağlantıları zarar görebileceğinden kaynama gecikmesi veya kaynamama gibi sorunlar ortaya çıkabilir.
- 3) Operasyon sırasında kan kaybı artabilir.
- 4) Cilt ve kaslarda oluşan skar dokuları estetik problemler yaratabilir.

Kapalı Redüksiyon Sonrası İntramedüller Çivilemenin;

Avantajları:

- 1) Kırık hattı açılmadığı için kanama miktarı azdır ve enfeksiyon riski düşük seviyede kalır.
- 2) Kırık hematoma korunur; besleyici damarlar ve periost bütünlüğü zarar görmediği için kaynamama riski daha azdır.
- 3) Yara izi oluşmaz ve estetik kaygılar minimaldir.
- 4) Hastanede yatış süresi kısalmır.

Dezavantajları:

- 1) Kırığın rotasyonel kontrolü ve tam redüksiyonu daha zor olabilir.
- 2) İleri düzey donanım ve tecrübeli bir ekip gereklidir. Örneğin, kırık masası ve skopi cihazı gibi ekipmanlara ihtiyaç vardır.
- 3) Cerrah ve ekip için radyasyon maruziyeti daha fazladır.

Intramedüller çivilemenin başarısını etkileyen bazı teknik ayrıntılar bulunmaktadır.

Oyma işlemi, kemik çivi arasındaki korteks temas alanını artırarak stabiliteyi güçlendiren ve daha geniş çaplı çivilerin kullanımını mümkün kılan bir tekniktir. Bu sayede kırık bölgesindeki stabilite artırılabilir ve kemik iyileşmesi hızlanabilir. Ayrıca, otolog kemik grefti kaynağı sağlayarak kemik onarımını destekler. Ancak, oyma işlemi sırasında yağ embolisi riski artabilir ve geçici olarak endosteal kan akımı kesintiye uğrayabilir. Bu durum periosteal kan dolaşımı ile telafi edilebilir. Oyma işlemi, isthmusu genişleterek temas yüzeyini artırırken korteksi incelterek kemiğin dayanıklılığını az da olsa düşürebilir. Ancak bu kayıp genellikle minimal düzeydedir ve işlem sonrası kemiğin genel dayanıklılığı büyük ölçüde korunur.

Çivi çapı, intramedüller çivilemenin başarısı üzerinde önemli bir etkidir. Daha geniş çaplı çiviler, eğilme direncini artırarak çivinin dayanıklılığını güçlendirir. Örneğin, sadece birkaç milimetrelilik çap artışı bile çivinin yapısal gücünü belirgin şekilde artırabilir ve kırılma olasılığını azaltabilir. Bu nedenle, stabilite ve dayanıklılık açısından daha büyük çaplı çiviler tercih edilmektedir.

Antegrad çivileme, rotator kafın zarar görmediği durumlarda oldukça başarılı bir yöntemdir. Güvenilir bir fiksasyon için distal fragmanda en az 5 cm, proksimal fragmanda ise 5 cm'den fazla kemik-çivi ilişkisi sağlanması önerilir. Bununla birlikte, antegrad çivilemede dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, çivinin proksimal ucunun doğru şekilde yerleştirilmesidir. Yanlış yerleştirme durumunda, subakromiyal sıkışma sendromu görülebilir.

Transvers orta diafiz kırıkları, intramedüller çivileme için ideal endikasyonlar arasında yer alır. Oyma işlemi ile çivi-kemik temasının kırık bölgesinin hem proksimalinde hem de distalinde sıkı bir şekilde sağlanması, tüm yüklenmelere karşı etkili bir stabilizasyon oluşturur. Ancak, oblik ve parçalı kırıklarda,

intramedüller çivileme aksiyel yüklenme nedeniyle oluşan kısılığa ve torsiyonel kuvvetlere karşı yeterli direnci sağlayamayabilir. Bu tür kırıklarda intramedüller çivi uygularken stabiliteyi artırmak için kesinlikle kilitli tespit tercih edilmelidir.

2.10. Komplikasyonlar

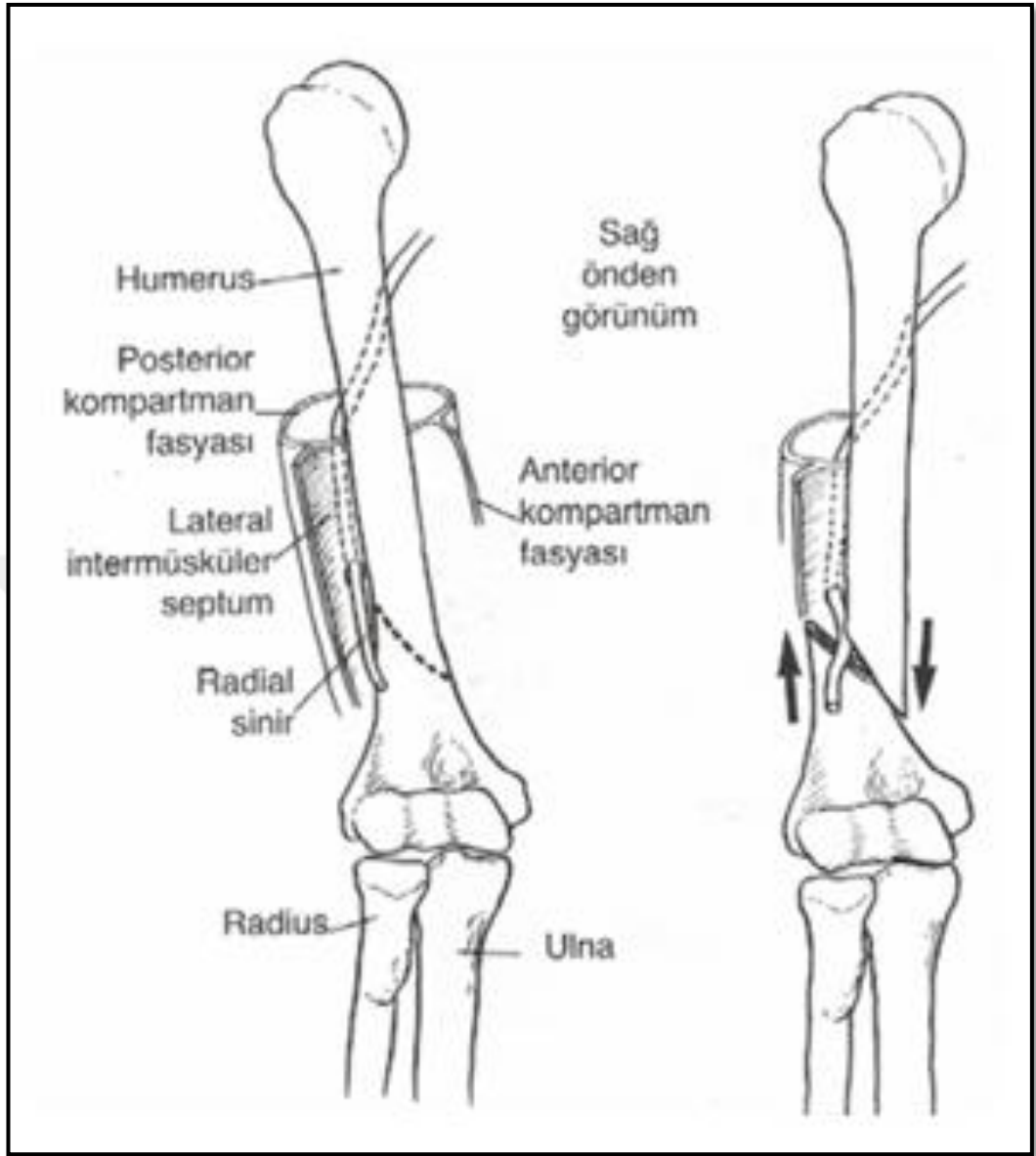
Komplikasyonlar erken dönem ve geç dönem komplikasyonları olarak ikiye ayrılarak sınıflandırılabilir.

2.10.1. Erken Dönem Komplikasyonlar

Damar - sinir yaralanması, enfeksiyonlar ve kompartman sendromu erken dönem komplikasyonları arasında sayılmaktadır.

Damar yaralanması humerus cisim kırıklı hastalarda genelde görülmemektedir. Damar yaralanması gelişmesi halinde acil müdahale sağlanmalıdır. Bazen humerus cisim kırığına damar yaralanmasının eşlik ettiği hastalar olabilir. Bu durumlarda öncelikle kırık humerusun fiksasyonu sağlanmalı ve damar onarımı bir an önce yapılmalıdır.

Humerus ile radial sinirin birbirileriyle olan yakın ilişkisi sebebiyle humerus cisim kırıklarının tedavisinde en sık yaralanan sinir radial sinirdir. Görülme sıklığını %2-10 arasında gösteren yayınlar mevcuttur (45, 46).



Şekil 2.24. Holstein-Lewis kırığında radial sinirin kırık fragmanlar arasına girmesi

Radial sinir hasarı genellikle travmanın doğrudan etkisiyle meydana gelir, ancak redüksiyon veya cerrahi müdahaleler sırasında iatrojenik olarak da ortaya çıkabilir (47).

Periferik sinir hasarlarının sınıflandırılmasında Seddon sınıflaması sıkça kullanılır. Bu sınıflamaya göre sinir hasarları nöropraksi, aksonotmezis ve nörotmezis olarak üç gruba ayrılır.

Nöropraksi, periferik sinir hasarının en hafif formudur. Bu durumda sinirin işlevlerinde geçici bir kayıp görülür ve genellikle belirli bir segmentte demiyelinizasyon vardır. Travma sırasında ya da redüksiyon esnasında sinirin

gerilmesiyle meydana gelebilir. Nöropraksi, genellikle 2-2,5 ay içinde kendiliğinden tamamen iyileşir.

Aksonotmezis, sinirin miyelin kılıfı ve akson yapısının hasar gördüğü bir durumdur. Hasarlı bölgenin distalinde sinir dokusunda dejenerasyon meydana gelir. Ancak, endonöral doku ve bazal membranın sağlam kalması sayesinde Schwann hücreleri proliferasyon gösterir ve sinir dokusunun onarımı sağlanır. Hasarın uzunluğuna bağlı olarak iyileşme süresi değişiklik göstermekle birlikte genellikle tam iyileşme mümkündür.

Nörotmezis, sinirin devamlılığının tamamen kesildiği en ağır hasar tipidir. Bu durumda cerrahi müdahale ile onarım gereklidir. Cerrahi müdahale olmadan nörolojik işlevlerin geri kazanılması mümkün değildir.

Genellikle açık ve kirli yaralanmalarda görülen enfeksiyon ise hem erken hem geç dönemde görülebilecek bir komplikasyon olarak karşımıza çıkar. Enfeksiyona bağlı olarak osteomyelit ve psödoartroz karşılaşılabilecek senaryolardandır.

Kompartman sendromu ise kapalı bir osteofasyal boşlukta basıncın artması sonucu doku perfüzyonunun azalması ile iskemi ve potansiyel doku nekrozuna neden olabilen ciddi bir klinik durumdur. Tedavide, etkilenen kompartmana cerrahi müdahale ile fasyatomi uygulanarak basınç azaltılmalı ve doku perfüzyonu yeniden sağlanmalıdır (48).

2.10.2. Geç Dönem Komplikasyonlar

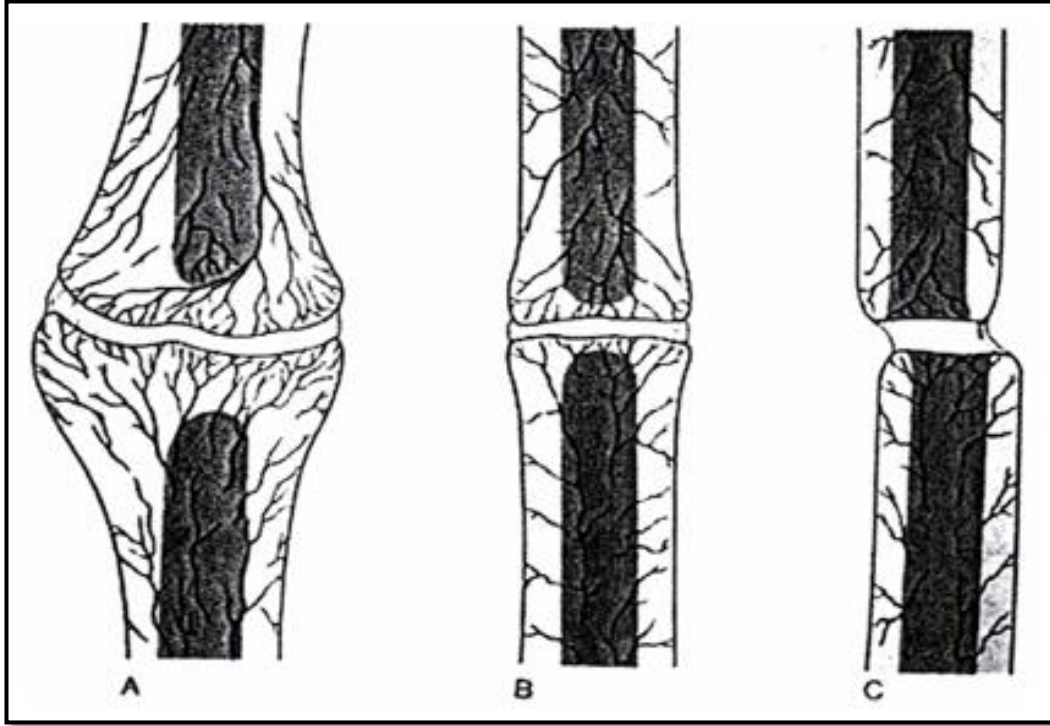
Kaynamama (nonunion), yanlış kaynama (malunion), eklem hareket kısıtlılığı ve yeniden kırık oluşumu humerus cisim kırıklarının tedavisinde geç dönem komplikasyonlarını oluşturur.

Kaynamamalar kendi içerisinde atrofik ve hipertrofik nonunionlar olmak üzere iki gruba ayrılır. Weber ve Cech radyoizotop çalışmalarla kırık uçlarının viabilitesini göstererek viabilitesine ve röntgende kallus dokusunun varlığına göre bu sınıflamayı yapmışlardır (49, 50).

Hipertrofik nonunionlar, "vital nonunion" olarak da adlandırılır ve genellikle fragman uçlarında artmış kan akımı ile karakterizedir. Stronsiyum-85 ile yapılan sintigrafik çalışmalarda, bu tip nonunionlarda biyolojik reaksiyonun yeterli olduğu, ancak mekanik stabilitenin yetersizliği nedeniyle kallus dokusunun bol miktarda

oluştugu gözlenmiştir (50). Hipertrofik nonunion, mekanik stabilite sağlandığında kaynama ile sonuçlanabilir. Ayrıca, elektrik stimülasyonuna olumlu yanıt verdiği için tedavi seçeneği olarak bu yöntem de değerlendirilebilir. Bu özellik, hipertrofik nonunionu gerçek sinovyal psödoartrozlardan ayıran önemli bir farktır. Hipertrofik nonunion, biyolojik iyileşme potansiyeline sahip bir durumdur (51, 52).

Sintigrafik çalışmalarda, fragman uçlarında artmış tutulum olduğu, ancak nonunion sahasında tutulumun olmadığı ve soğuk bir görüntü verdiği belirlenmiştir (31, 40). Hipertrofik nonunionun bir alt türü olan oligotrofik nonunion, bazı durumlarda atrofik nonunion ile karıştırılabilir. Ancak bu iki nonunion tipi prognoz ve tedavi yöntemleri açısından farklılık gösterdiğinden, doğru ayırım yapılması büyük önem taşır (50, 51).



Şekil 2.25. Hipertrofik kaynamama tipleri

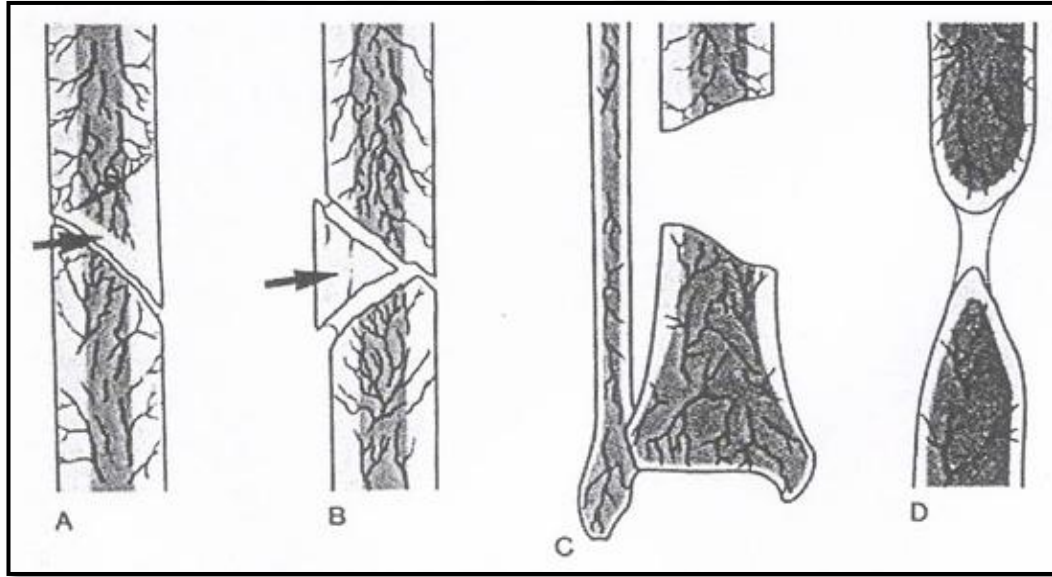
Hipertrofik nonunionun da 3 farklı tipi bulunmaktadır.

Fil ayağı kaynamama (elephant foot nonunion) yetersiz tespit ve erken yüklenme nedeniyle gelişen nonunion tipidir, kırık uçları canlıdır ve kallus dokusundan zengindir (Şekil 2.25 A).

At ayağı nonunion (Horse Hoof Nonunion) da ise kırık uçları arasında bir miktar kallus dokusu bulunur, ancak bu kallus kırığın kaynaması için yetersizdir. Kırık uçlarında ayrıca skleroz mevcuttur. Bu tip nonunion genellikle plak ve vida ile yapılan stabil olmayan osteosentezlerin ardından görülür (Şekil 2.25 B).

Oligotrofik nonunion tipi hipertrofik nonunionun bir alt tipi olarak ele alınsa da kırık uçları hipertrofik özellik göstermez ve kallus dokusu oluşumu gözlenmez. Kırık uçlarının aşırı deplase olması, distrakte olması veya tam redüksiyon sağlanmadan yapılan internal fiksasyonlar bu duruma yol açabilir (Şekil 2.25 C).

Atrofik nonunionlar "non-vital nonunion" olarak da adlandırılır ve genellikle biyolojik aktivitenin yetersiz olduğu bir kırık iyileşme tipidir. Stronsiyum-85 ile yapılan sintigrafik çalışmalarda, kırık uçlarında zayıf kan akımı olduğu tespit edilir. Röntgen görüntülerinde kallus dokusu bulunmaz ve biyolojik reaksiyon eksikliği dikkat çeker. Atrofik nonunion, kendi içinde dört farklı tipe ayrılır (50, 52).



Şekil 2.26. Atrofik nonunion tipleri

Torsiyon kama tipi nonunion, kan akımının azaldığı veya tamamen kesildiği bir ara fragmanın bulunduğu bir nonunion türüdür. Bu durumda, ara fragman ana fragmanlardan biriyle kaynama gösterirken, diğer fragmanla arasında fibröz bir doku bulunur. Kaynama gerçekleşen bölgede revaskülarizasyon gözlenirken, kaynamayan taraf fibröz doku ile sınırlıdır. Nekrotik tipte torsiyon kama

nonunionda ise kelebek şeklindeki fragman her iki ana fragmanla da kaynama göstermez ve kallus dokusu yerine fibröz bir yapı oluşur (Şekil 2.26 A).

Parçalı nonunion, bir veya daha fazla nekrotik fragmanın bulunduğu ve röntgende kallus dokusunun gözlenmediği bir nonunion türüdür. Genellikle, taze kırıkların stabilizasyonunda kullanılan plakların kırılması sonucu ortaya çıkar. Bu tip nonunionda kemik iyileşmesi yetersiz olduğu için fragmanlar arasında kaynama gerçekleşmez (Şekil 2.26 B).

Defekt nonunion, kemiğin diafizinin bir kısmının eksik olduğu ve fragmanlar arasında bir boşluk bulunduğu durumdur. Bu tipte kırık uçları canlıdır, ancak mevcut defekt kallus dokusuyla kapanamaz. Zamanla, başlangıçta canlı olan kırık uçları atrofik hale gelir. Defekt nonunion genellikle açık kırık sonrası oluşan kemik kayıpları, osteomyelit nedeniyle sekestrasyon ve tümör rezeksiyonlarının ardından gözlenir (Şekil 2.26 C).

Atrofik nonunion, ara fragmanın tamamen kaybolduğu ve kırık bölgesinin osteojenik potansiyeli olmayan bir skar dokusuna dönüştüğü bir durumdur. Bu tip nonunionda kırık uçları osteoporotik ve atrofik bir görünüm alır. Kırık iyileşmesi için biyolojik ve mekanik yeterlilik sağlanmadığından, kaynama mümkün değildir (Şekil 2.26 D).

Humerus nonunionları, genel olarak %0-15 arasında bir oranla görülmektedir (53, 54). Boyd'un yaptığı bir çalışmada, konservatif tedavi uygulanan vakalarda nonunion oranı %0-6 olarak bildirilirken, cerrahi tedavi uygulanan vakalarda bu oran %0-12'ye kadar çıkmıştır. Genel olarak, cerrahi tedavi edilen humerus diyafiz kırıklarında nonunion görülme oranının daha yüksek olduğu düşünülmektedir (55).

Rosen, bir kırığın 3-4 ay içinde kaynamamasını kaynama gecikmesi, 6-8 ay içinde kaynamamasını ise nonunion olarak değerlendirmek gerektiğini belirtmiştir (53). Literatürdeki genel görüşe göre, bir humerus diyafiz kırığının cerrahi veya konservatif yöntemlerle 4-6 ay içinde kaynaması beklenir. FDA'ya (United States Food and Drug Administration) göre ise, bir kırığın "kaynamama" olarak tanımlanabilmesi için, yaralanmanın üzerinden 9 ay geçmesine rağmen tam iyileşme sağlanamaması veya son 3 aylık takip sürecinde iyileşmede herhangi bir ilerlemenin gözlenmemesi gerekmektedir (56).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hastalar ve Yöntem

Bu araştırma, Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'nde, Kasım 2014 ile Ocak 2024 tarihleri arasında humerus cisim kırığı nedeniyle intramedüller çivi ile tedavi edilen hastalarda 1 yıllık takip verileri elde edilen hastalarda kaynama oranlarının ve kaynamayı etkileyebilecek parametrelerin değerlendirilmesi amacıyla planlanmıştır. Çalışmamız, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'nun TBAEK-1 sayılı ve 02/01/2025 tarihli onayıyla gerçekleştirilmiştir (Ek-1).

Çalışma kapsamında, Kasım 2014 ile Ocak 2024 tarihleri arasında humerus cisim kırığı nedeniyle kilitli intramedüller çivi uygulanan hastaların bilgilerine hastane dosya sistemi üzerinden erişildi. Hastane dosya sistemi üzerinden hastaların anamnez ve konsültasyon kayıtları, klinik yatış ve hemşire gözlem formları, anestezi gözlem formları ve ameliyat notları incelendi. Ayrıca preoperatif ve postoperatif radyografiler, PACS (Picture Archiving and Communication Systems) sistemi üzerinden değerlendirildi.

Kasım 2014 ile Ocak 2024 tarihleri arasında, Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji humerus cisim kırığı sebebiyle müdahale edilen 79 hastaya hastaya kilitli intramedüller çivi uygulanmıştır. Takipten çıkan ve post op grafilerine bu sebepten ulaşamayan 2 hasta, 1 yıllık takip sürecini tamamlamadan vefat eden 3, patolojik humerus cisim kırığı sebebiyle intramedüller çivi ile tespit yapılmış 5 hasta ve başka cerrahi tedavi yöntemleri ile tedavi uygulanmış ancak psödoartroz gelişmesi sebebiyle intramedüller çivi uygulanan 5 hasta çalışmadan dışlanmıştır. Son olarak 64 humerus cisim kırığı olan hasta ile çalışma grubu oluşturulmuştur.

i. Çalışmaya dahil edilme koşulları:

- Postoperatif takiplerde 6 hafta, 3.-6.-9.-12. ay çift yönlü (AP-Lateral) Humerus grafileri eksiksiz olan humerus cisim kırığına kilitli intramedüller çivi ile osteosentez uygulanan hastalar çalışmaya eklenmiştir.

ii. Çalışmadan dışlanma koşulları:

- 1 yıllık takip süresini tamamlamadan takipten çıkmış veya ex olmuş hastalar,
- Ekstremitte deformitesinin düzeltilmesi için İMÇ uygulanan hastalar,
- Patolojik kırıklar,
- Başka bir cerrahi tedavi yöntemi uygulandıktan sonra psödoartroz sebebiyle kilitli intramedüller çivi uygulanan hastalar.

Tüm hastalar için anamnez ve konsültasyon kayıtları değerlendirildi. Kayıtlardan; yaralanmanın tarafı, yaralanma mekanizması, multitravma ve/veya kraniyal travma varlığı, kırığın açık/kapalı olması, diabetes mellitus öyküsü ile sigara ve alkol kullanımı bilgileri elde edilmiştir.

Yaralanma mekanizmasında acil serviste alınan anamnez kayıtları incelendiğinde, en sık sebebin %32,8 ile araç dışı trafik kazası sonrası humerus cisim kırığı olduğu belirlenmiştir. Bu kazaların çoğunun motosiklet kazası olduğu saptanmıştır. Diğer kırık etiyolojileri ise araç içi trafik kazaları, endüstriyel yaralanmalar, yüksekten düşme, kendi seviyesinden düşmedir.

Bu çalışmada, birincil sonuç değişkeni olarak çivi çapı ile isthmus çapı oranının kırık kaynaması üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca, ikincil sonuç değişkeni olarak kaynama sürecini etkileyebilecek diğer parametrelerin analiz edilmesi planlanmıştır. Bu kapsamda, kırık iyileşmesinin farklı faktörlere bağlı değişkenliği incelenerek kapsamlı bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır.

1/3 orta- 1/3 distal diyafizer segmentlerin birleşme noktasında yer alan intramedüller kanalın en dar kısmı humerusun isthmusu olarak değerlendirilir (57). Tarafımızca da post op çekilen AP ve lateral grafilerde ölçülen çivin çapı ve isthmus çapı ölçülmüş ve oranı hesaplanmıştır.

Hastaların 6. hafta, 3., 6., 9. ve 12. aylardaki humerus AP ve lateral radyografi görüntüleri ayrı ayrı değerlendirilmiş ve RUSHU (Radiographic Union Score for Humerus Fracture) skorlaması yapılarak puanlanmıştır. Bu skorlama sisteminde, AP ve Lateral direkt radyolojik grafilerde her korteks için kallus kalitesi 1 ile 3 arasında puanlanır. Her korteks için verilen puanların toplamı RUSHU puanını oluşturur. RUSHU skorunun en düşük değeri 4, en yüksek değeri ise 12 olacaktır.

Çalışmada, humerus cisim kırığı tanısı sonrası kilitli intramedüller çivi ile tedavi uygulanan hastaların radyografilerinde RUSHU skoru 8 ve üstü olan hastalar kaynamış olarak değerlendirildi.

Çizelge 3.1. RUSHU (Radiographic Union Score for Humerus Fracture)

RUSHU (Radiographic Union Score for Humerus)	Radyografik Kriterler
Korteks başına skor	Kallus
1	Henüz yok
2	Var, köprüleşmemiş
3	Var, köprüleşmiş

Preoperatif ve postoperatif grafiler değerlendirilerek kırığın diyafizer lokalizasyonu, AO/OTA sınıflaması, distraksiyon mesafesi, çivi çapı/isthmus oranı, olecranon fossa - çivi ucu arası mesafe, distal kilitleme vida sayıları, distal kilitleme vidalarının kırık hattına olan uzaklıklarının çivi uzunluğuna olan oranı belirlendi.

Çizelge 3.2. Kaynamayı etkileyebilecek parametreler

Kaynamayı Etkileyebilecek Parametreler			
1	Cinsiyet	10	Distraksiyon mesafesi
2	Yaş	11	Çivi çapı /İsthmus çapı oranı
3	Yaralanma mekanizması	12	Alkol
4	Multitravma varlığı	13	Sigara
5	Kırık tarafı	14	Diyabet tanısı
6	Kafa travması varlığı	15	Redüksiyon şekli (Açık-Kapalı)
7	Kırık yerleşimi (Proksimal/Orta/Distal Segment)	16	Travmadan kaç saat sonra opere olduğu
8	AO / OTA sınıflaması	17	Distal kilitleme vida sayısı
9	Açık-kapalı kırık ayrımı	18	OF- Çivi distali arası mesafe

3.2. Araştırma Verilerinin İstatiksel Değerlendirmesi

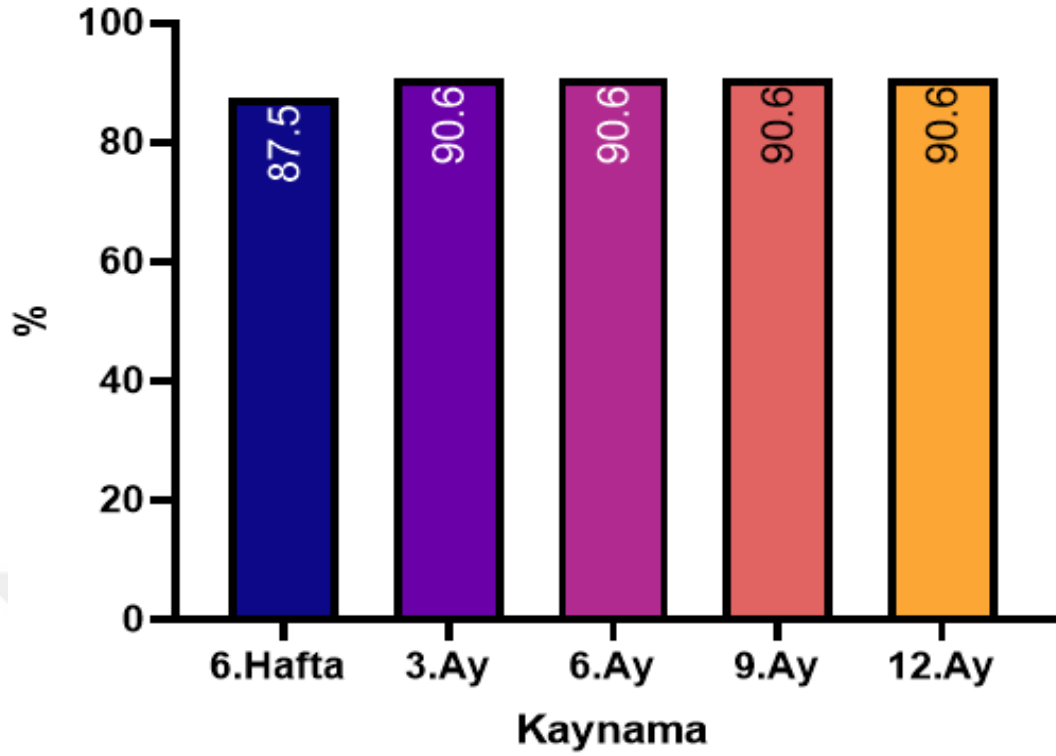
Verilerin analizinde SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) v.27.0 ve Graphpad Prism 9 programı kullanılmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde; kategorik veriler için yüzde ile sürekli veriler için aritmetik ortalama, standart sapma ile değerlendirilmiştir. Gruplar arası ortalama karşılaştırırken öncelikle normal dağılama uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiştir. Kategori sayısı iki olan grupların ortalamaları karşılaştırılırken normal dağılıma uyanlarda Student T test kullanılmıştır. Kategorik verilerin yüzde dağılımlarını karşılaştırırken Pearson Ki Kare ve Fisher Exact testi kullanılmıştır. Kırık kaynamasunda risk faktörü olduğu dşnlen değişkenlerin analizinde Binary Lojistik Regresyon kullanılmıştır. En iyi modelin değerlendirilmesinde değişken seçme yöntemi olarak Enter modeli kullanılmıştır. Kaynamayı öngörmede çivi apı/İsthmus Oranının kesim noktası belirlenirken roc curve analizi yapılmıştır. Verilerin analizinde $p<0,05$ düzeyi istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Çizelge 4.1. Hastaların zamana göre kaynama durumu

	6. Hafta n(%)	3. Ay n(%)	6. Ay n(%)	9. Ay n(%)	12. Ay n(%)
Kaynama (RUSHU skoru>8)	56 (87,5)	58 (90,6)	58 (90,6)	58 (90,6)	58 (90,6)
Kaynamama (RUSHU skoru<8)	8 (12,5)	6 (9,4)	6 (9,4)	6 (9,4)	6 (9,4)
Toplam	64 (100)	64 (100)	64 (100)	64 (100)	64 (100)

Hastaların kaynama durumu RUSHU skoru ile değerlendirildiğinde 6. haftada %87,5 (56 hasta) ve 3.-6.-9.-12. aylarda %90,6'sında (58 hasta) RUSHU skorunun 8'in üzerinde olduğu görülmüştür. 6. haftadan 3. aya kadar kaynama skoru 8'in altında olan 2 hastada (%3,1) RUSHU skorunun 8'in üzerine çıktığı görülmüştür (Çizelge 4.1). Post op 6. hafta, 3.-6.-9.-12. aylarda hastaların RUSHU skorları 8 puanın altında ve üstünde olmasına göre kategorize edilerek 8 puan üzerinde olan hastalar kaynama, 8 puan altında olan hastalar kaynamama olarak kabul edilmiştir. Takiplerimizde 12. ayda RUSHU skoru 8'in altında olarak saptanan tüm hastalar kaynamama olarak kabul edilmiş ve bu hastalara çivi tahliyesini takiben DCP plak ile revizyon uygulanmıştır.



Şekil 4.1. RUSHU skoruna göre kemik kaynamasının belirlenmesinde tarama testi sonuçları

Çizelge 4.2. Radyografik Kaynama Skoruna (RUSHU) göre <8 veya 8> olarak değerlendirilen humerus kırıklarında RUSHU skorunun kaynamama öngörücüsü olarak klinik önemi

		Altın Standart	
		Kaynama	Kaynamama
Tarama Testi	Kaynama (RUSHU>8)	56	0
	Kaynamama (RUSHU<8)	2	6

Verilen çizelgeye göre, tarama testinin **duyarlılığı %100**, **seçiciliği %96,6**, **pozitif prediktif değeri %75** ve **negatif prediktif değeri %100** olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3. Hastaların demografik verilerinin dağılımı

		N (Sayı)	% (Yüzde)
Cinsiyet	Erkek	37	57,8
	Kadın	27	42,2
Sigara	Yok	46	71,9
	Var	18	28,1
Alkol	Yok	41	64,1
	Var	23	35,9
Diyabet	Yok	62	96,9
	Var	2	3,1
Yaş (ort±ss)		45,2±18,9	

Hastaların demografik verilerine bakıldığında grup yaş ortalaması 45,2±18,9 olup cinsiyet dağılımına bakıldığında %57,8'i erkek ve %42,2'si kadın olduğu saptanmıştır. Hastaların %28,1'i sigara kullandığı, %35,9'u alkol kullandığı görülmüştür. Hastaların %3,1'inin diyabet hastası olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.4. Çalışma grubunun kırık özelliklerine ait verilerin dağılımı

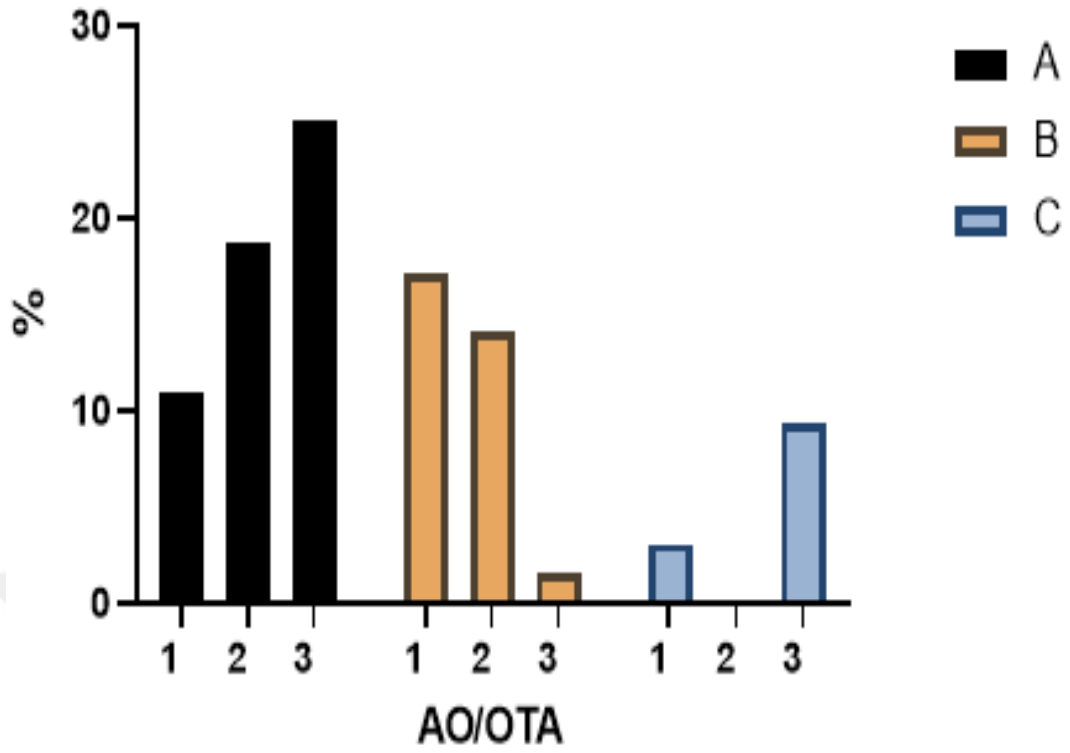
		N (Sayı)	% (Yüzde)
Redüksiyon Şekli	Açık Redüksiyon	9	14,1
	Kapalı Redüksiyon	55	85,9
Taraf	Sol	41	64,1
	Sağ	23	35,9
Multitravma	Yok	42	65,6
	Var	22	34,4
Kafa Travması	Yok	43	67,2
	Var	21	32,8
Kırık Bölgesi	Proksimal	12	18,8
	Orta	49	76,6
	Distal	3	4,7
Açık/Kapalı Kırık	Kapalı	57	89,1
	Açık	7	10,9
Distal Kitleme Vida Sayısı	1	47	74,6
	2	16	25,4

Hastaların genel kırık özellikleri incelendiğinde; %85,9’unda kapalı redüksiyon uygulandığı, %34,4’ünde multitravma varlığı olduğu, %32,8’inde kafa travmasının eşlik ettiği ve %89,1’inde kırık tipinin kapalı kırık olduğu görülmüştür. Kırıkların %64,1’i sol ve %35,9’u sağ taraftadır. Kırık bölgesine bakıldığında; %18,8’i proksimal, %76,6 orta ve %4,7’si distal bölgede olduğu görülmüştür. Distal kitleme vida sayısına incelendiğinde; %74,6’sında 1 tane ve %25,4’ünde 2 tane olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5. Çalışma grubunun AO/OTA sınıflaması ve dağılımı

	N (Sayı)	% (Yüzde)
AO/OTA Sınıflaması	A1	7 10,9
	A2	12 18,7
	A3	16 25,0
	B1	11 17,2
	B2	9 14,1
	B3	1 1,6
	C1	2 3,1
	C2	0 0,0
	C3	6 9,4

Hastaların AO/OTA sınıflaması değerlendirildiğinde; %10,9’u A1, %18,7’si A2, %25,0’ı A3, %17,2’si B1, %14,1’i B2, %1,6’sı B3, %3,1’i C1, %0,0’ı C2 ve %9,4’ü C3 olduğu saptanmıştır. (Çizelge 4.5).

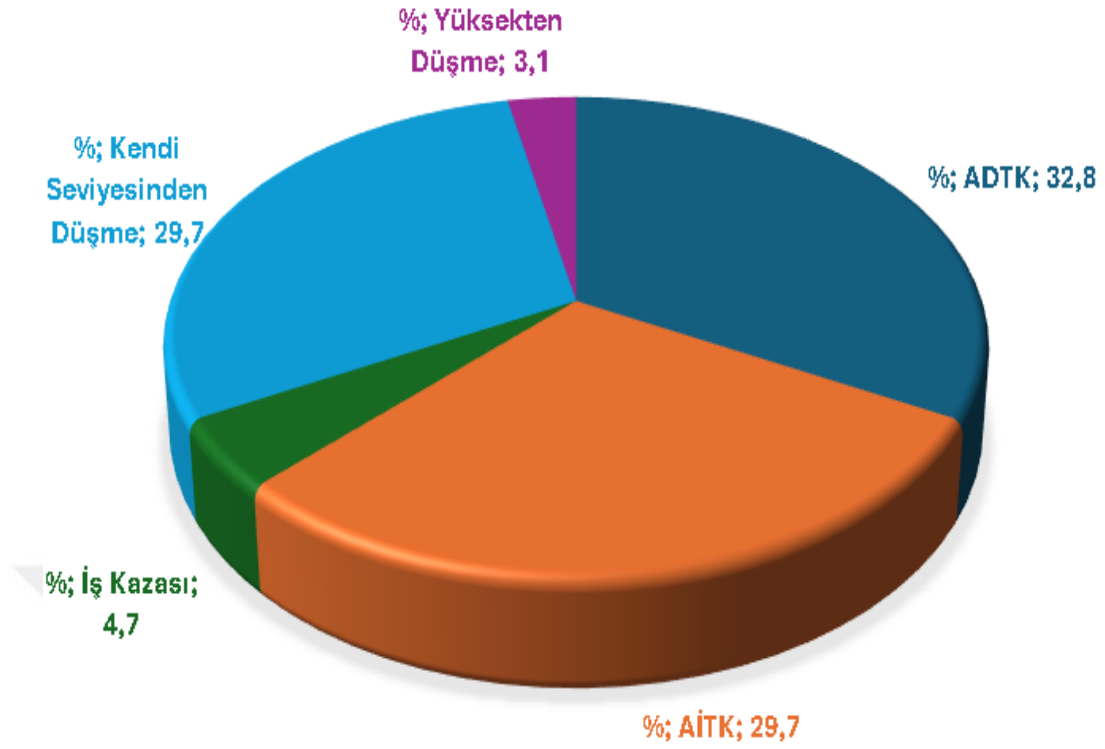


Şekil 4.2. Çalışma grubunun AO/OTA sınıflamasına göre dağılımı

Çizelge 4.6. Çalışma grubunun yaralanma mekanizmalarının dağılımı

	N (Sayı)	% (Yüzde)
ADTK	21	32,8
AİTK	19	29,7
İş Kazası	3	4,7
Kendi Seviyesinden Düşme	19	29,7
Yüksekten Düşme	2	3,1

Yaralanma mekanizmaları değerlendirildiğinde; %32,8'i ADTK, %29,7'si AİTK, %4,7'si iş kazası, %29,7'si kendi seviyesinden düşme ve %3,1'i yüksekten düşme olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.6.).



Şekil 4.3. Çalışma grubunun yaralanma mekanizmalarına göre dağılımı

Çizelge 4.7. Çalışma grubunun parametrelere göre 6. hafta kaynama durumu

Hasta Özellikleri		6. Hafta Kaynama Durumu				p
		Kaynama Var		Kaynama Yok		
		n	%	n	%	
Cinsiyet	Erkek	31	83,8	6	16,2	0,293
	Kadın	25	92,6	2	7,4	
Sigara	Yok	43	93,5	3	6,5	0,021*
	Var	13	72,2	5	27,8	
Alkol	Yok	39	95,1	2	4,9	0,014*
	Var	17	73,9	6	26,1	
Diyabet	Yok	55	88,7	7	11,3	0,103
	Var	1	50,0	1	50,0	
Redüksiyon Şekli	Açık Redüksiyon	7	77,8	2	22,2	0,341
	Kapalı Redüksiyon	49	89,1	6	10,9	

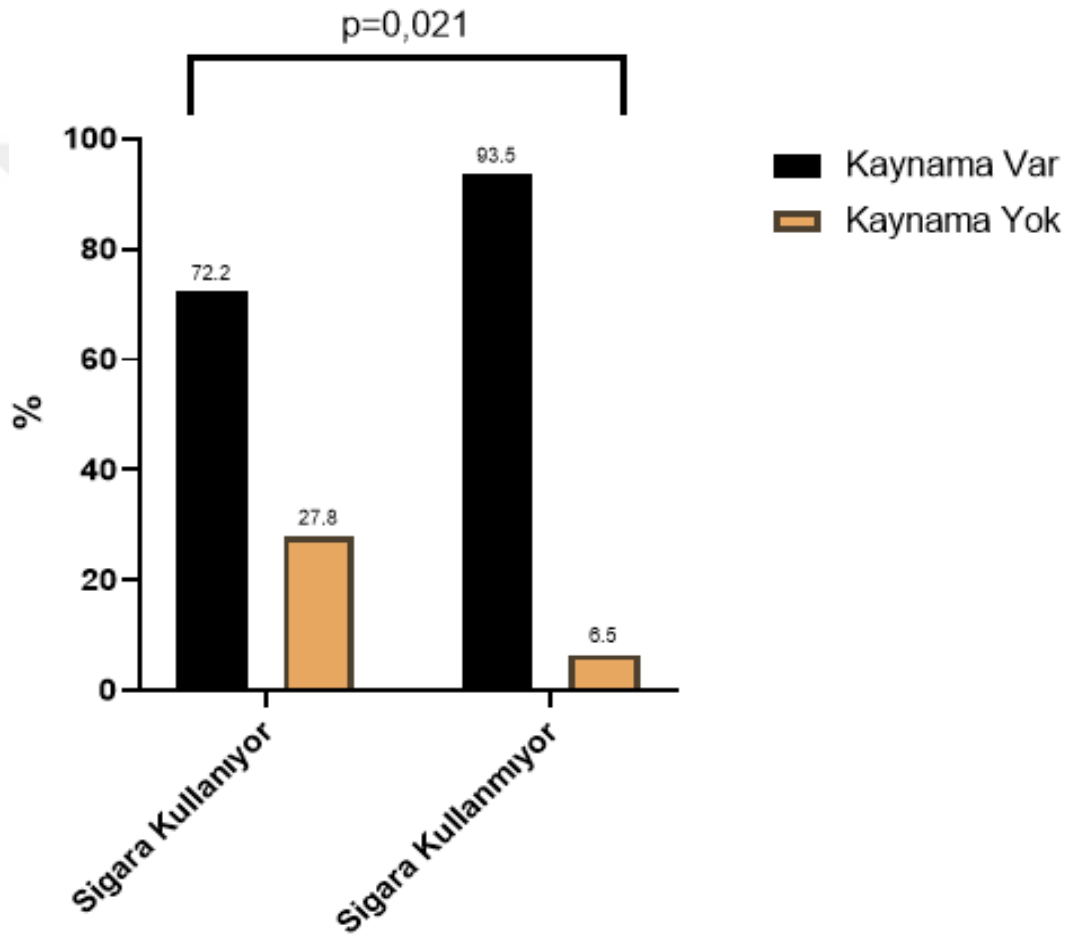
Çizelge 4.7 (Devam). Çalışma grubunun parametrelere göre 6. hafta kaynama durumu

Hasta Özellikleri		6. Hafta Kaynama Durumu				p
		Kaynama Var		Kaynama Yok		
		n	%	n	%	
Kırık Diafiz Bölgesi	Proksimal	12	100,0	0	0,0	0,247
	Orta	41	83,7	8	16,3	
	Distal	3	100,0	0	0,0	
AO/OTA Sınıflaması	A	31	88,6	4	11,4	0,952
	B	18	85,7	3	14,3	
	C	7	87,5	1	12,5	
Taraf	Sol	36	87,8	5	12,2	0,922
	Sağ	20	87,0	3	13,0	
Multitravma	Yok	38	90,5	4	9,5	0,320
	Var	18	81,8	4	18,2	
Kafa Travması	Yok	37	86,0	6	14,0	0,711
	Var	19	90,5	2	9,5	
Açık/Kapalı Kırık	Kapalı	5	71,4	2	28,6	0,209
	Açık	51	89,5	6	10,5	
Distal Kitleme Vida Sayısı	1	39	83,0	8	17,0	0,077
	2	16	100,0	0	0,0	

*: p < 0, 05

Hastaların kategorik değişkenlerine göre 6. hafta kaynama durumu arasındaki ilişki incelendiğinde; cinsiyet (p=0,293), diyabet (p=0,103), redüksiyon şekli (p=0,341), kırık diafiz bölgesi (p=0,247), AO/OTA sınıflaması (p=0,952), taraf (p=0,922), multitravma (p=0,320), kafa travması (p=0,711), açık/kapalı kırık durumu (p=0,209) ve distal kitleme vida sayısına (p=0,077) göre kaynama durumu arasında istatistiksel ilişki görülmemiştir.

Hastaların sigara kullanımına göre 6. hafta kaynama durumu arasında istatistiksel ilişki saptanmış olup sigara kullanmayanlarda kaynama oranı (%93,5) sigara kullananlardaki kaynama oranından (%72,2) daha yüksek olduğu görülmüştür ($p=0,021$). Hastaların alkol kullanımına göre kaynama durumu arasında istatistiksel ilişki görülmüş olup alkol kullanmayanlarda kaynama oranı (%95,1) alkol kullananlardaki kaynama oranından (%73,9) daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p=0,014$) (Çizelge 4.7).



Şekil 4.4. 6. hafta kaynama durumu ile sigara kullanımı arasındaki ilişki

Çizelge 4.8. Çalışma grubunun belirli parametrelere göre 3.-6.-9.-12. ay kaynama durumu

Hasta Özellikleri		3.-6.-9.-12. Ay Kaynama Durumu				p
		Kaynama Var		Kaynama Yok		
		n	%	n	%	
Cinsiyet	Erkek	32	86,5	5	13,5	0,184
	Kadın	26	96,3	1	3,7	
Sigara	Yok	44	95,7	2	4,3	0,027*
	Var	14	77,8	4	22,2	
Alkol	Yok	40	97,6	1	2,4	0,020*
	Var	18	78,3	5	21,7	
Diyabet	Yok	56	90,3	6	9,7	0,644
	Var	2	100,0	0	0,0	
Redüksiyon Şekli	Açık Redüksiyon	7	77,8	2	22,2	0,196
	Kapalı Redüksiyon	51	92,7	4	7,3	
Kırık Diafiz Bölgesi	Proksimal	12	100,0	0	0,0	0,508
	Orta	43	87,8	6	12,2	
	Distal	3	100,0	0	0,0	
AO/OTA Sınıflaması	A	33	94,3	2	5,7	0,538
	B	18	85,7	3	14,3	
	C	7	87,5	1	12,5	
Taraf	Sol	37	90,2	4	9,8	0,889
	Sağ	21	91,3	2	8,7	
Multitravma	Yok	40	95,2	2	4,8	0,170
	Var	18	81,8	4	18,2	
Kafa Travması	Yok	39	90,7	4	9,3	0,977
	Var	19	90,5	2	9,5	
Açık/Kapalı Kırık	Kapalı	5	71,4	2	28,6	0,125
	Açık	53	93,0	4	7,0	
Distal Kitleme Vida Sayısı	1	41	87,2	6	12,8	0,274
	2	16	100,0	0	0,0	

*: p < 0,05

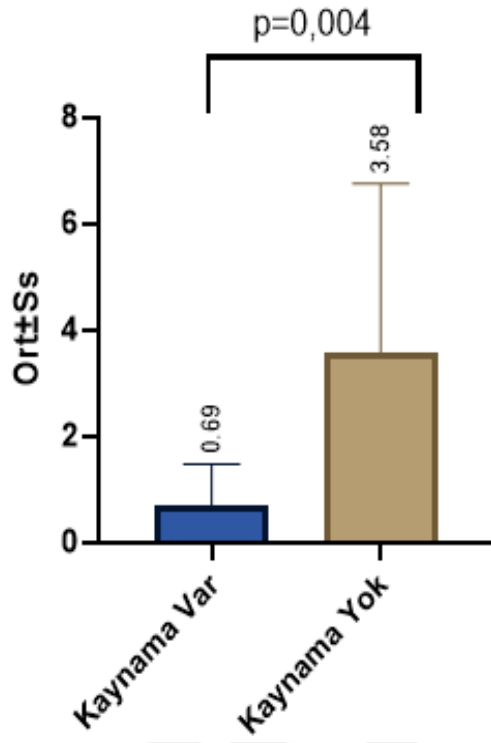
Çalışma grubunda 3.-6.-9.-12. aylarda RUSHU skoruna göre kaynama durumları aynı olduğu için bu aylarda değişkenlere göre kaynama durumu da aynı olduğu görülmüştür ve hepsi çizelge 4.8’de verilmiştir. Hastaların çalışmada kullanılan değişkenlerine göre 3.-6.-9.-12. aylarda kaynama durumu incelendiğinde; cinsiyet (p=0,184), diyabet (p=0,644), redüksiyon şekli (p=0,196), kırık diafiz bölgesi (p=0,508), AO/OTA sınıflaması (p=0,538), taraf (p=0,889), multitravma (p=0,170), kafa travması (p=0,977), açık/kapalı kırık durumu (p=0,125) ve distal kitleme vida sayısına (p=0,274) göre kaynama durumu arasında istatistiksel ilişki bulunmamıştır.

Hastaların sigara kullanımına göre 3.-6.-9.-12. aylarda kaynama durumu arasında istatistiksel ilişki belirlenmiş olup sigara kullanmayanlarda kaynama oranı (%95,7) sigara kullananlardaki kaynama oranından (%77,8) daha yüksek olduğu saptanmıştır (p=0,027). Hastaların alkol kullanımına göre kaynama durumu arasında istatistiksel ilişki bulunmuş olup alkol kullanmayanlarda kaynama oranı (%97,6) alkol kullananlardaki kaynama oranından (%78,3) daha yüksek olduğu görülmüştür (p=0,020) (Çizelge 4.8).

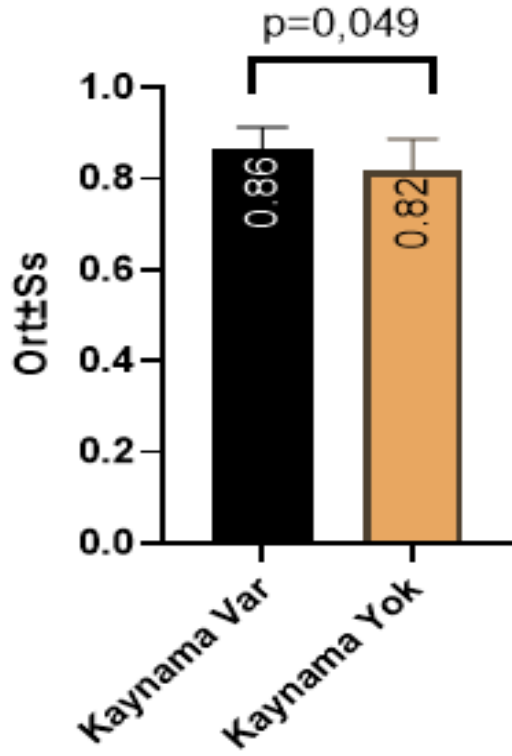
Çizelge 4.9. 6. hafta kaynamaya etki eden parametrelerin ortalamalarının karşılaştırılması

Değişkenler	6. Hafta Kaynama		p
	Var	Yok	
Yaş	44,89±19,40	47,63±16,66	0,605
Çivi/İsthmus Çap Oranı	0,87±0,03	0,81±0,07	0,045*
Travmadan Kaç Gün Sonra Opere Olmuş	8,71±25,63	37,50±82,91	0,259
Distal Kitleme-Kırık Hattı Arası Mesafe	55,98±28,54	55,48±21,52	0,815
Çivi Boyu	255,63±23,05	270,80±30,13	0,251
Distal Kitleme-Kırık Hattı Arası Mesafe/Çivi Boyu	0,21±0,10	0,20±0,07	0,871
Olecranon Fossa-Çivi Ucu Arası Mesafe	33,68±12,30	25,23±8,59	0,063
Distraksiyon Miktarı	0,69±0,77	3,57±3,17	0,004*

*: p < 0,05



Şekil 4.5. Postoperatif distraksiyonun 6. haftadaki kaynamaya etkisi



Şekil 4.6. İM cıvi/isthmus oranının 6. haftadaki kaynamaya etkisi

Hastaların 6. hafta kaynama durumuna göre sürekli verilerin ortalamaları karşılaştırıldığında; yaş ($p=0,605$), Travmadan kaç gün sonra opere olduğu ($p=0,259$), distal kitleme-kırık hattı arası mesafe ($p=0,815$), çivi boyu ($p=0,251$), distal kitleme-kırık hattı arası mesafe/çivi boyu ($p=0,871$), OF-çivi ucu arası mesafe ($p=0,063$) ve OF-İsthmus mesafesi ($p=0,662$) ile kaynama durumu arasında istatistiksel fark görülmemiştir.

Kaynama durumuna göre Çivi/İsthmus Çap Oranı ortalamaları arasında istatistiksel fark görülmüş olup kaynayanların ortalaması ($0,87\pm0,03$) kaynamayanların ortalamasından ($0,81\pm0,07$) istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur ($p=0,045$). Kaynama durumuna göre distraksiyon miktarı arasında anlamlı fark görülmüştür. Kaynayanların distraksiyon ortalaması ($0,69\pm0,77$) kaynamayanların distraksiyon ortalamasından ($3,57\pm3,17$) istatistiksel olarak daha düşük bulunmuştur ($p=0,004$) (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.10. 3.-6.-9.-12. ay kaynama durumuna göre sürekli verilerin ortalamalarının karşılaştırılması

Değişkenler	6. Hafta Kaynama		p
	Var	Yok	
Yaş	45,14 $\pm$ 19,25	46,17 $\pm$ 17,63	0,831
Çivi/İsthmus Çap Oranı	0,87 $\pm$ 0,03	0,78 $\pm$ 0,07	0,038*
Travmadan Kaç Gün Sonra Opere Olmuş	8,55 $\pm$ 25,20	48,67 $\pm$ 95,00	0,343
Distal Kitleme-Kırık Hattı Arası Mesafe	56,48 $\pm$ 28,18	50,56 $\pm$ 22,72	0,738
Çivi Boyu	256,89 $\pm$	263,68 $\pm$ 24,95	0,604
Distal Kitleme-Kırık Hattı Arası Mesafe/Çivi Boyu	0,22 $\pm$ 0,10	0,18 $\pm$ 0,07	0,565
Olecranon Fossa- Çivi Ucu Arası Mesafe	33,16 $\pm$ 12,39	27,38 $\pm$ 9,00	0,322
Distraksiyon Miktarı	0,68 $\pm$ 0,77	4,58 $\pm$ 3,01	<0,001*

*: $p < 0,05$

Çalışma grubunda 3.-6.-9.-12. aylarda kaynama oranları aynı olduğu için bu aylarda kaynama durumuna göre değişkenlerin ortalamalarının aynı olduğu görülmüştür ve hepsi aynı tabloda verilmiştir. Hastaların 3.-6.-9.-12. aylarda

kaynama durumuna göre sürekli verilerin ortalamaları karşılaştırıldığında; yaş ($p=0,831$), Travmadan kaç gün sonra opere olduğu ($p=0,343$), Distal Kitleme-Kırık Hattı Arası Mesafe ($p=0,738$), çivi boyu ($p=0,604$), Distal Kitleme-Kırık Hattı Arası Mesafe/Çivi Boyu ($p=0,565$), Olecranon Fossa- Çivi Ucu Arası Mesafe ($p=0,322$), Of-İsthmus Mesafesi ($p=0,637$) ve Yan Grafide Distal Medulla Genişliği ($p=0,982$) ile kaynama durumu arasında istatistiksel fark görülmemiştir.

Kaynama durumuna göre Çivi/İsthmus Çap Oranı ortalamaları arasında istatistiksel fark görülmüş olup kaynayanların ortalaması ($0,87\pm0,03$) kaynamayanların ortalamasından ($0,78\pm0,07$) istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur ($p=0,038$). Kaynama durumuna göre distraksiyon miktarı arasında anlamlı fark bulunmuştur. Kaynayanların distraksiyon ortalaması ($0,68\pm0,77$) kaynamayanların distraksiyon ortalamasından ($4,58\pm3,01$) istatistiksel olarak daha düşük olduğu görülmüştür ($p<0,001$) (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.11. 6. hafta kaynamama durumuna etki eden risk faktörleri

6. Hafta Kaynamama	B	OR	GA (%95)	p
Sigara	Yok	1 (referans)		0,331
	Var	1,243	3,466	0,283-42,486
Alkol	Yok	1 (referans)		0,263
	Var	1,613	5,020	0,298-85,549
Çivi /İsthmus Çap Oranı	-18,009	0,151	0,071-126,74	0,159
Distraksiyon Miktarı	0,941	2,564	1,119-5,876	0,026

6. haftada kaynama durumu ile arasında istatistiksel ilişki görülen değişkenler lojistik regresyonla değerlendirilmiştir. Sigara ($p=0,331$) alkol ($p=0,263$) ve çivi/isthmus çap oranının ($p=0,159$) 6. hafta kaynamama durumu üzerinde risk olarak anlamlı etkisi olmadığı görülmüştür.

Distraksiyon miktarının kaynamama üzerinde risk olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür. Distraksiyon miktarındaki 1 birimlik artış kaynamama riskini 2,564 (%95GA 1,119-5,876) kat arttırdığı görülmüştür ($p=0,026$) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12. 3.-6.-9.-12. aylarda kaynamama durumuna etki eden risk faktörleri

3.-6.-9.-12. Aylarda Kaynamama		B	OR	GA (%95)	p
Sigara	Yok		1(referans)		0,487
	Var	2,946	9,025	0,050-76,587	
Alkol	Yok		1(referans)		0,100
	Var	1,953	7,048	0,690-71,981	
Çivi /İsthmus Çap Oranı		-5,225	0,358	0,126-25,843	0,142
Distraksiyon Miktarı		1,834	6,257	1,060-36,953	0,043

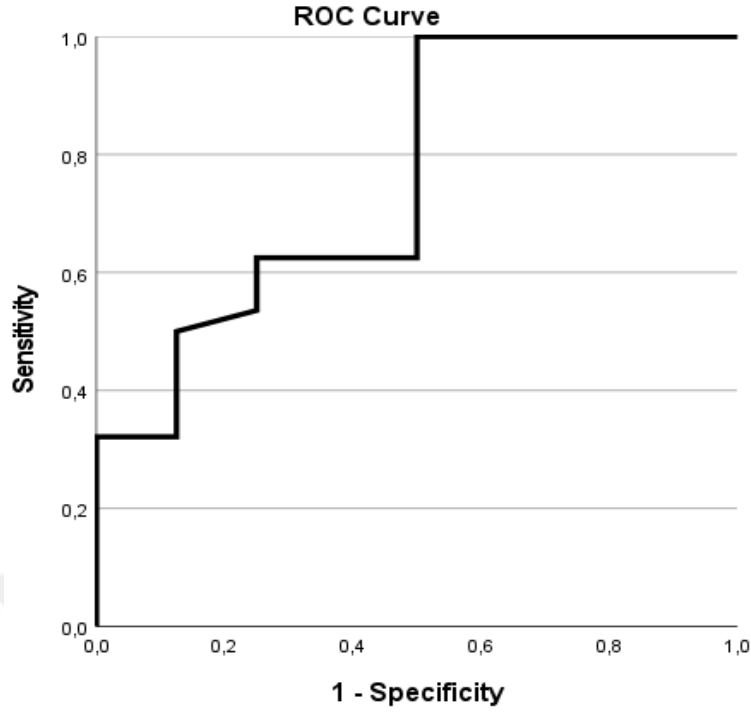
3.-6.-9.-12. aylarda Kaynama durumu ile arasında istatistiksel ilişki görülen değişkenler lojistik regresyonla değerlendirilmiştir. Sigara (p=0,487), Çivi /İsthmus Çap Oranı (p=0,142) ve alkol (p=0,100) 3.-6.-9.-12. aylarda kaynamama durumu üzerinde risk olarak anlamlı etkisi olmadığı görülmüştür.

Distraksiyon miktarının kaynamama üzerinde risk olarak anlamlı etkisi olduğu bulunmuştur. Distraksiyon miktarındaki 1 birimlik artış kaynamama riskini 6,257 (%95GA 1,060-36,953) kat arttırdığı görülmüştür (p=0,043) (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.13. Hastalarda çivi çapı/isthmus değerinin kaynama durumunu ön görmede ROC Curve karşılaştırılması

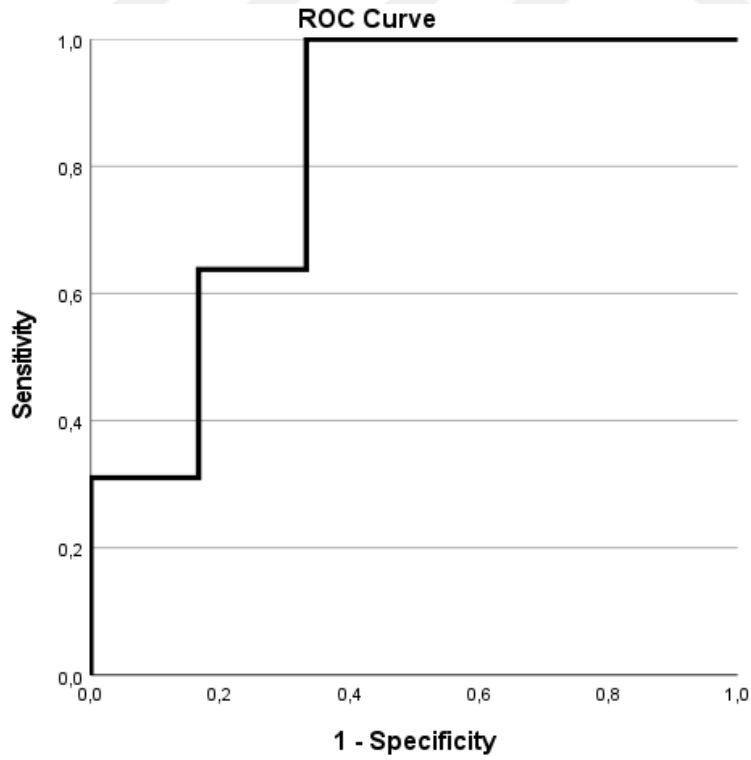
Değişkenler	Kesim Noktası	Duyarlılık	Seçicilik	Area Under Curve (AUC)	p
6. Hafta	0,8242	89,3	50,0	0,761	0,018
3. Ay	0,8152	91,4	66,7	0,825	0,009

Roc analizinde Çivi Çapı/İsthmus Değerinin 6. haftada Kaynama Durumunu Ön Görmede %89,3 duyarlılık %50,0 özgüllük ile “cut off” değeri 0,8242 olarak belirlenmiştir (AUC=0,761, p=0,018). Çivi Çapı/İsthmus Değerinin 3.ay Kaynama Durumunu Ön Görmede %91,4 duyarlılık %66,7 özgüllük ile “cut off” değeri 0,8152 olarak belirlenmiştir (AUC=0,825, p=0,009) (Çizelge 4.13).



Diagonal segments are produced by ties.

Şekil 4.7. Çivi çapı/isthmus oranının 6. haftada kaynama durumunu belirlemedeki ROC eğrisi



Şekil 4.8. Çivi çapı/isthmus oranının 3. ayda kaynama durumunu belirlemedeki ROC eğrisi

5. TARTIŞMA

Humerus kırıkları acil serviste karşılaşılan tüm kırıkların %1-3 ünü oluşturmaktadır (2). Yıllık insidansı yaklaşık olarak 13/100.000 olarak gösterilmektedir (58). Tytherleigh-Strong ve ark. yaptığı derlemede yüksek enerjili travma sonucu genç erkeklerde (20-30 yaş) ve kendi seviyesinden düşme sonucu yaşlı kadın hastalarda (60-80 yaş) iki pik noktası dikkati çekmektedir (3). Humerus cisim kırıklarının cinsiyete göre dağılımına bakıldığında erkek popülasyonda daha sık olduğu bildirilmiştir (59). Humerus kırıklarında cinsiyet dağılımı ile ilgili pek çok etnik grubun incelendiği çalışmalar bulunmaktadır. Sarmiento ve ark. takip edebildikleri 620 hasta ile yaptığı çalışmada grubun %63'ünü erkekler %37'sini ise kadınlar oluşturmaktadır (8). Tsai ve ark. yaptıkları çalışma ile Asya ırkında humerus kırığı ile acil servise başvuran hastaların %54,7'sinin erkek, %45,3'ünün kadın olduğunu belirtmişlerdir (60). Igbigbi ve Manda'nın Afrikalı ırk üzerinde yapmış oldukları epidemiyolojik çalışmada 258 humerus kırıklı hasta değerlendirilmiş, bu çalışmada kadınların oranı %40, erkeklerin oranı %60 olarak bulunmuştur (61). Ricci ve arkadaşlarının çalışmasında %75,6, Kesemenli ve ark. yaptığı çalışmada da %71,6 ile erkek popülasyonda sıklık daha fazladır (62, 63). Çalışmamızda 64 humerus cisim kırıklı hastayı değerlendirmeye aldık. Hastalarımızın %57,8'i erkek, %42,2'si kadındı. Literatürle benzer olarak çalışmamızda erkek hastalar çoğunlukta idi. Hastaların cinsiyetlerine oranla kaynama durumları istatistiksel olarak ele alındığında cinsiyet ile kırık kaynaması arasında anlamlı bir ilişki saptanmadı.

Sarmiento ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada humerus cisim kırığı mevcut hastaların yaş ortalaması 36'dır, bu çalışmanın yaş aralığı 16 ile 83 arasında değişmektedir (8). Ricci ve ark. ise yaptıkları çalışmada ortalama yaşı 32,4 olarak bulmuşlardır (62). Tsai ve ark. da yaptıkları çalışmada yaş grubunu 50 yaş sınırından ikiye ayırarak kategorize etmişlerdir. Bu çalışmada da hastaların %65'i 50 yaş altında olup humerus cisim kırıklarının sıklığı genç popülasyonda daha yüksek bulunmuştur (60). Ekholm ve ark. İsveçte yaptığı bir çalışmada ise diğer çalışmalardan farklı olarak yaş ortalaması 62,7 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada yaş ortalamasının kadın cinsiyet için 67,2 kadar çıktığı görülmüştür (64).

Tytherleigh-Strong ve arkadaşlarının tek taraflı humerus cisim kırığı olan 249 hasta ile yaptığı çalışmada yaşları 16 ile 94 arasında değişen hastaların ortalama değeri 54,6'dır (3). Bizim çalışmamızda da ortalama yaş değeri 45,2 olup literatürdeki pek çok çalışma ile benzer şekilde 50 yaş altında bulunmuştur. Yaş ile kaynama karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Literatürde yaşlı hastalarda intramedüller çivileme sonrası kaynama süresi ve nonunion oranlarının genel popülasyondan belirgin şekilde farklılaştığını gösteren bir çalışma bulunmamaktadır. Mevcut çalışmalarda genç ve yaşlı hastalar benzer oranlarda kaynamış, yaş grupları arasında karşılaştırıldığında istatistiksel farklılık olmamıştır (65, 66).

Tyterleigh-Strong ve ark. yaptıkları çalışmada humerus cisim kırıklarının diafizdeki yerleşimine göre proksimal – orta – distal olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada kırıkları %64,2'lik kısmı orta, %25,1'lik kısmı proksimal ve %10,7'lik kısmı distal yerleşimli olarak raporlanmıştır. Ekholm ve ark. çalışmasında hastaların çoğunda kırık, cismin orta (%43,2) veya proksimal (%40,8) kısmındadır (64). Davies ve ark. yaptığı çalışmada da hastaların %50'sinde kırığın cismin ortasında olduğunu bildirmişlerdir (67). Tsai ve ark. yaptığı çalışmada ise oranlar ortada %66, proksimalde %13, distalde %21 şeklindedir. Bizim çalışmamızda kırıkların %76,6'sı cismin ortasında bulunurken, %18,8'i proksimalde, %4,7'si cismin distalindedir. Bizim çalışmamızda da diğer çalışmalar ile benzer şekilde cisim ortasındaki kırıkların oranı daha fazla bulunmuştur. Zuckerman ve Koval humerus proksimal ve distal 1/3 cisim kırıklarının, orta 1/3 cisim kırıklarına göre kaynamamaya daha yatkın kırıklar olduğunu belirtmişlerdir (68). Olson ve ark. yaptıkları çalışmada kırıkların %42'si orta 1/3'te, %29'u proksimal %29'u distal 1/3'te yerleşimli olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada proksimal ve orta 1/3'teki kırıkların kaynamama ile ilişkisi olduğunu bulmuşlardır (69). Bizim çalışmamızda kırıkların cisim üzerindeki lokalizasyonu ile kaynama durumu arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Literatürde pek çok çalışmada humerus cisim kırığının en sık kırık nedeni basit düşme olarak belirtilmektedir (8, 64). Chapman ve ark. 42 hastanın AİTK, 10 hastanın basit düşme, 9 hastanın ADTK, 8 hastanın iş kazası, 6 hastanın ateşli silah yaralanması sebebiyle humerus cisim kırığı geçirdiğini belirtmişlerdir (70).

Changulani ve ark. yaptığı randomize kontrollü çalışmada ise kırık etiolojisinde trafik kazalarının basit düşmeye göre daha önde olduğunu bildirmişlerdir (71). Gonçaves ve ark. humerus cisim kırıklı hastalarda kırık etiolojini en sık trafik kazaları, 2. sırada basit düşme olarak bulmuşlardır (72). Bizim çalışmamızda humerus cisim kırıklarında en sık sebep olarak trafik kazası bulundu. Yaralanma mekanizmaları değerlendirildiğinde; %32,8'i ADTK, %29,7'si AİTK, %29,7'si Kendi seviyesinden düşme, %4,7'si iş kazası ve %3,1'i yüksekten düşme olduğu saptanmıştır. Kadınlarda en sık sebep kendi seviyesinden düşme iken erkeklerde en sık sebep ADTK idi. Hastaların etyolojileri ile kaynama durumları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı.

Yaptığımız çalışmada hastaların kırıkları AO/OTA sınıflaması değerlendirildiğinde; %10,9'u A1, %18,7'si A2, %25,0'ı A3, %17,2'si B1, %14,1'i B2, %1,6'sı B3, %3,1'i C1, %0,0'ı C2 ve %9,4'ü C3 olduğu saptanmıştır. Tytherleigh-Strong ve ark. kırıkların %63,3'ünü AO tip A kırıklar oluşturuyordu. Ekholm ve ark. yaptığı çalışmalardan birinde A tipi kırıkların oranı %61, diğer çalışmalarında ise %57,6 olarak bulunmuştur. Tsai ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 106 humerus kırıklı hastanın 72 tanesini (%68) AO tip A kırıkların oluşturduğu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da literatür ile benzer şekilde 54,6'lık oranla tip A kırıklar çoğunlukta idi. Literatürde tip C kırıklarda nonunion riskinin daha yüksek belirtilse de çalışmamızda kaynama ile AO/OTA kırık tipleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Sigara kullanımı, kırık iyileşme sürecinde önemli komplikasyonlara yol açan, modifiye edilebilir bir risk faktörüdür. Yapılan çeşitli deneysel ve klinik çalışmalar, sigaranın hem hücresel düzeyde osteoblast aktivitesini baskıladığını hem de doku düzeyinde iyileşmeyi geciktirdiğini göstermektedir. Nikotin, vazokonstriktör etkisi sayesinde kırık hattındaki kan akımını azaltarak lokal iskemiye neden olur. Bu durum hem kemik rejenerasyonunu olumsuz etkiler hem de enfeksiyon riskini artırır. Düşük oksijenasyon ve yetersiz doku perfüzyonu, bakteriyel kolonizasyon için uygun bir ortam oluşturmakta ve enfeksiyonla ilişkili komplikasyonların görülme sıklığını artırmaktadır. Buna ek olarak, sigara dumanında bulunan karbonmonoksit (CO), hemoglobinin oksijen taşıma kapasitesini düşürerek periferik hipoksiye neden olur. Bu durum, osteojenik süreçlerin verimliliğini azaltır

ve kırık iyileşmesini geciktirir. Nikotinin doğrudan osteoblastlar üzerindeki toksik etkisi ise kemik matriksinin sentezini engelleyerek, yapısal bütünlüğü zayıf yeni kemik dokusunun oluşumuna yol açmaktadır. Bu bulgular, sigara kullanımının yalnızca kırık kaynamasında değil, aynı zamanda cerrahi sonrası komplikasyonların artmasında da kritik bir rol oynadığını göstermektedir. İntramedüller çivileme yöntemiyle tedavi edilen hastalara yönelik araştırmaların büyük bir kısmı tibia kırıkları üzerinde yoğunlaşmıştır (74). Castillo ve çalışma arkadaşları, nikotinin kırık sahasında vaskülerizasyonu azalttığını ve buna bağlı olarak osteomiyelit gelişme olasılığını artırdığını bildirmiştir (75). Kyrö ve ark. yaptıkları çalışma tibia kırığı olan hastalarda sigara içen ve içmeyen hastaları karşılaştırmış ve sigara içen hastalarda kaynamamanın daha fazla olduğunu, tedavi devam ederken sigaranın bırakılmasının kaynamayı olumlu etkilediğini belirtmişlerdir (76). Olson ve ark. da humerus cisim kırığı mevcut hastalar ile yaptıkları çalışmada sigara kullanımını daha yüksek kaynamama oranları ile ilişkilendirdiler (69). Çalışmamızda literatürle uyumlu olarak hastaların sigara kullanımına göre 6. hafta kaynama durumu arasında istatistiksel ilişki saptanmış olup sigara kullanmayanlarda kaynama oranı (%93,5) sigara kullananlardaki kaynama oranından (%72,2) daha yüksek olduğu görülmüştür ($p=0,021$). 3.-6.-9.-12. aylarda da istatistiksel ilişki belirlenmiş olup sigara kullanmayanlarda kaynama oranı (%95,7) sigara kullananlardaki kaynama oranından (%77,8) daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p=0,027$). Sigara kullanımının kaynama durumuna olan etkisi lojistik regresyon ile değerlendirildiğinde ise kaynamamaya risk olarak anlamlı etkisi bulunmadığı saptanmıştır.

Chakkalakal ve çalışma arkadaşları, alkolün iskelet sistemi ve kırık iyileşmesi üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde incelemişlerdir. Alkol kullanımının, düşme riskini artırmasının yanı sıra, kemik rezorpsiyonunu hızlandırdığı ve yeni kemik oluşumunu azalttığı belirlenmiştir. Bu süreçler, osteopeni gelişimi ve kırık iyileşmesinde gecikmelere neden olmaktadır. Hücre kültürü ve hayvan modelleri kullanılarak gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda, alkolün doza bağımlı şekilde osteoblast aktivitesini baskıladığı ve toksik etki gösterdiği ortaya konmuştur. Bu etki, büyük olasılıkla hücre proliferasyonunun engellenmesi ve mezenkimal kökenli hücrelerin uygun olmayan yönlerde farklılaşması sonucunda, mineralize olabilen kemik matriksinin üretiminin inhibisyonuna yol açmaktadır. Bunun sonucunda

mineral içeriği düşük, zayıf kemik dokusu gelişmektedir (74). Hayvan deneylerinde, alkolün kırık iyileşmesi üzerindeki olumsuz etkilerinin, tümör nekroz faktör- α (TNF- α) ve interlökin-1 (IL-1) antagonistleri ile geri döndürülebildiği gösterilmiştir. Bu bulgular, alkolün kırık iyileşmesindeki olumsuz etkilerinin inflamatuvar sitokinler aracılığıyla gerçekleştiğini düşündürmektedir. Dolayısıyla, travma sonrası kırıkla başvuran bir hastaya, tedavi sürecinin başlangıcından itibaren sigara ve alkol tüketimini tamamen bırakması yönünde güçlü tavsiyelerde bulunulmalıdır (73). Bizim çalışmamızda alkol kullanan hastalar tüm grubun %35,9'unu oluşturmaktaydı ve literatürle uyumlu olarak hastaların alkol kullanımına göre kaynama durumu arasında istatistiksel ilişki bulunmuştur. Hastaların alkol kullanımına göre 6. hafta kaynama durumu arasında istatistiksel ilişki görülmüş olup alkol kullanmayanlarda kaynama oranı (%95,1) alkol kullananlardaki kaynama oranından (%73,9) daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p=0,014$) (Çizelge 4.7). 3.-6.-9.-12. aylardaki kaynama ile alkol kullanımı arasındaki ilişki istatistiksel olarak ele alındığında, alkol kullanmayanlarda kaynama oranının (%97,6) alkol kullananlardaki kaynama oranından (%78,3) daha yüksek olduğu görülmüştür ($p=0,020$) (Çizelge 4.8).

Diyabetin kırık iyileşmesi üzerindeki olumsuz etkileri büyüme faktörlerinin baskılanmasıyla ilişkilendirilmekte olup, bu durumun altında yatan biyolojik mekanizmalar henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Mevcut bulgular, diyabet varlığında proliferasyon fazında hücre çoğalmasının azaldığını düşündürmektedir. İnsülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1), vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) ve transforme edici büyüme faktörü beta (TGF- β) gibi iyileşme sürecinde kritik rol oynayan moleküllerin düzeylerinin diyabetik bireylerde anlamlı şekilde azaldığı gösterilmiştir (77). Streptozosin ile diyabet modeli oluşturulan deney hayvanlarında yapılan bir çalışmada, iki haftalık iyileşme sürecinin ardından kallus dokusunda kırılma ve mekanik sertlikte yaklaşık %50 oranında bir azalma gözlenmiştir. Başka bir araştırmada ise, iyileşmenin 4. ve 11. günleri arasında kallus hacminde ve DNA içeriğinde yaklaşık %40'lık bir düşüş, kollajen miktarında ise %50–55 arasında bir azalma saptanmıştır. İlginç bir şekilde, diyabetik hayvanların insülin tedavisiyle normal glisemik duruma getirilmesi sonrası kallus dokusunun dayanıklılığı ve sertliğinin sağlıklı kontrol grubuna benzer düzeylere ulaştığı

belirlenmiştir (78, 79). Ayrıca, trombositten zengin plazma (PRP) uygulamasının, erken dönemlerde osteogenezis ve kondrogenezis süreçlerini normalize ettiği, ilerleyen dönemlerde ise kallus dokusunun mekanik dayanımında kısmi iyileşmeler sağladığı gözlemlenmiştir (73). Çalışmamızda grubun %3,1'ini (2 hasta) diyabetik hastalar oluşturmaktaydı ve bu hastaların kaynama durumları ile diyabet tanısı olmayan hastaların kaynama durumları arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Literatürde diyabetin kırık iyileşmesi üzerine pek çok olumsuz etkisi kanıtlanırsa da diyabetik hasta sayısının az olmasının anlamlı bir saptanmamasında etkili olduğu kanaatindeyiz.

Travmatik beyin hasarı ile birlikte uzun kemik kırığı olan hastalarda, kemik iyileşme hızının ve kallus oluşumunun arttığı klinik olarak sıkça gözlenmektedir, ancak aralarındaki ilişki net olarak aydınlatılamamıştır. Yang ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada femur cisim kırığı sebebiyle IMN uygulanan 74 genç erişkin hastanın geriye dönük kohort analizi yapılmış ana değerlendirme kriterleri, kallusun köprüleşme zamanının (BCF – Bridging Callus Formation) süresi ve son takipteki ortalama kallus kalınlığı (MCT – Mean Callus Thickness) olmuştur. Beyin yaralanması olan 20 hasta ile olmayan 54 hasta karşılaştırılmıştır. Beyin yaralanması olan hastalar arasında ayrıca kafa travmasının şiddeti, intrakraniyal kanama türleri ve cinsiyet açısından alt grup analizleri yapılmıştır. Beyin yaralanması olan hastalarda kallus oluşumunun daha erken başladığı ($p<0.001$) ve nihai kallus kalınlığının daha fazla olduğu ($p<0.001$) görülmüştür (80). Locher ve ark. yaptıkları çalışma travmatik beyin hasarının kemik iyileşmesi üzerindeki uyarıcı etkisini zaman içinde değerlendirmek amacıyla, aynı farelerde seri in-vivo mikro-CT ölçümleri ve biyomekanik testlerden elde edilen kesin radyografik ve biyomekanik verileri değerlendirmişlerdir. Bu çalışma travmatik beyin hasarının kemik iyileşmesi üzerinde olumlu bir etkisi olduğu hipotezini güçlü bir şekilde desteklemektedir (81). Hasta grubumuzun %32,8'inde humerus cisim kırığına ek olarak kafa travması bulunmaktaydı literatürün aksine bizim çalışmamızda kafa travması geçiren hasta popülasyonu ile kaynama durumu kıyaslandığında anlamlı fark saptanmamıştır.

IM çivilemede çivinin proksimal ve distal kilitlenmesi, özellikle rotasyonel stabilite sağlamak için önemlidir. Ancak distal kitleme vidalarının yerleştirilmesi

ameliyat süresini uzatmakta, radyolojik maruziyeti arttırmakta ve özellikle radial sinir yaralanması gibi komplikasyon riskini yükseltebilmektedir. Kilitleme vidalarının rotasyonel stabiliteyi sağladığı düşünülse de bazı yayınlar özellikle çivinin distale tam sıkıştırılması sağlandıysa ek distal vida gerekmediğini ileri sürmektedir. Egrise ve ark. 128 humerus cisim kırıklı hastada bir grupta sadece proksimal kilitleme vidası, diğer grupta proksimal kilitlemeye ek olarak distalde bir kilitleme vidası kullandıkları çalışmada iki grubun kaynama oranları arasında anlamlı fark saptamamışlardır (82). Colombi ve ark. tarafından değerlendirilen 121 hastada, distal kilit vidası olmayan grup ile distal vidalı grup arasında 6. aydaki kaynama oranları sırasıyla %89,1 ve %83,3 ($p=0,51$) olarak kaydedilmiş ve anlamlı fark bulunmamıştır (83). Biyomekanik çalışmalar her ne kadar distal kilitleme vidasının rotasyonel stabiliteyi arttırdığını belirtse de Levasseur ve ark. yaptıkları çalışmada 88 humerus cisim kırığı sebebiyle IMN uygulanan hastayı ele almış ve distalde çift vida, tek vida ve kilitsiz gruplarda non-union oranları arasında anlamlı fark saptamamışlardır. (84) Bizim çalışma grubumuzda hastaların %74,6'sında (47 hasta) çift distal kilitleme, %25,4'ünde (16 hasta) tek distal kilitleme uygulanmıştır. Distal kilit vida sayısı ile kaynama durumları incelendiğinde anlamlı fark saptanmamıştır. Levasseur ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında çift distal kilitlemeli humerus IMN vakalarında Constant skorunun tek kilit vidalı veya distal kilitsiz hasta grubuna göre yüksek olduğunu belirtmiş rotasyonel stabilitenin artmasıyla erken rehabilitasyon verilmesinin bu sonuçta etkili olduğunu düşündüklerini belirtmiştir (84). Distal kilitleme vidası yerleştirmenin operasyon süresini anlamlı ölçüde uzattığı, radyografi süresini arttırdığını ve radial sinir paralizisi riskini doğurduğunu belirten bazı yazarlar ise çivinin fit olduğu, primer stabilitenin iyi sağlandığı orta gövde kırıklarında bazen distal kilitleme vidasının gerekli olmadığı görüşündedirler. Yüksek rotasyonel yük veya osteoporotik kemik gibi zorlayıcı koşullarda çift vida kullanımını önermişlerdir (82, 85).

Literatürde, çivi uzunluğunun kaynamama oranları üzerindeki etkisini doğrudan inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Ancak, bazı çalışmalar, uygun olmayan çivi uzunluğunun kırık hattında yeterli kompresyon ve stabilite sağlamayabileceğini, bu durumun da kaynamama riskini artırabileceğini belirtmektedir. Aşırı uzun seçilen çiviler, proksimal uçta humerus başına doğru aşırı

çıkıntı yaparak subakromiyal boşlukta sıkışma sendromuna yol açabilir. Bu durum, omuzda ağrı, hareket kısıtlılığı ve fonksiyon kaybı gibi sorunlarla kendini gösterebilir. Kısa çiviler, eğilme dayanımının düşük olması nedeniyle implant kırığına daha yatkındır. Ayrıca çivinin proksimal ucu humerus başına gömülme eğilimindedir; bu durum ilerleyen dönemlerde implantın çıkarılmasını teknik olarak zorlaştırabilir. Özellikle çivinin kırık hattını yeterince kapsamadığı durumlarda, mikro mobilite artışı ve biyomekanik dengesizlikler kaynamama ile sonuçlanabilir. Seidel de çalışmasında distal kilitleme mekanizması flanşlar ile sağlanan çivisi için kırık bölgesinin 5 cm uzağına yerleştirilebiliyorsa kullanılmasını önermiştir (16). Wong ve ark. Seidel çivisinin rotasyonel stabilitesini değerlendirdikleri biyomekanik çalışmada kırık hattının trochleanın 10 cm proksimalinde olduğu kırıklarda en iyi stabiliteyi simüle etmiştir (15). Bizim çalışmamızda çivi boyu ile kaynama durumları arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Çalışmamızda distal kilit vidaları ile kırık hattı arası mesafeler ile çivi boyları aynı radyografiler üzerinden ölçülmüş ve oranlanmıştır. Bu ölçümü yapmaktaki amacımız distal kilitleme vidalarının kırık hattına olan yakınlığının kemikte stres yığılmalarına sebep olarak tespitite başarısızlığa neden olup olmadığını değerlendirmektir. Elde edilen bu oran ile kaynama durumları arasında da anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Çivi uzunluğunun değerlendirilmesinde humeral kondillere olan yakınlık arttıkça kortikal kemik stoğunun artması sistemin dayanıklılığını artıran bir faktör olarak karşımıza çıkar. Çivinin stabilitesindeki bu artışın kaynamaya olan etkisini araştırmak için olecranon fossa apeksi – çivi distal ucu arasındaki mesafeyi ölçerek ortalama değerlerin kaynama ile ilişkilerini değerlendirdik ancak anlamlı fark saptamadık.

Literatürde humerus cisim kırıklarında psödoartroz görülme sıklığı %8 ile %12 arasında değişmektedir, bu da humerusu uzun kemikler arasında psödoartroz gelişme olasılığının en yüksek olduğu bölgelerden biri yapmaktadır (86). Bizim çalışmamızda da humerus cisim kırıklarının IMN ile tedavisi sonrasında RUSHU skoru ile kaynama durumunu değerlendirilerek kaynamaya etki eden faktörleri ortaya çıkarmak amaçlandı. Çalışmamızda kaynamanın radyolojik değerlendirilmesi için RUSHU skora sistemi kullanıldı. RUSHU skora sistemi, Tibia kırıklarında Radyografik Kaynama Skorlaması (RUST) skorundan

uyarlanarak tanımlanmıştır. Her bir humerus korteksinde (ön, arka, lateral ve medial), görünür kallusun varlığına ve bunun kırık korteksini köprüleyip köprülemediği değerlendirilerek 1 ile 3 arasında puan verilir. Her korteks için verilen puanlar toplanarak 4 ile 12 arasında RUSHU skoru elde edilir. Oliver ve ark. RUSHU'nun humerus cismi kırığının iyileşmesini değerlendirmek için hem intra hem inter-observer güvenilirliği olan bir yöntem olduğunu, post op 6. haftada 8'in altındaki RUSHU skorunun kaynamamayı önemli ölçüde öngördüğünü belirtmiştir. 6. haftada 8'in altında skoru olan tüm hastalara fiksasyon uygulandığında kaynamamayı önlemek için gereken ameliyat sayısının ortalama 1,5 olduğunu belirtmişlerdir (11, 87). Bizim çalışmamızda 6. haftada RUSHU skoru 8'in üzerinde olan hastaların oranı %87,5 iken, 3.-6.-9.-12. aylarda %90,6'dır. Çalışmamızda RUSHU skorunun 3. ayda 8'in altında olduğu tüm hastalar 6-9-12. aylarda da 8'in üzerine çıkmamış bu hastalara klasik non-union süresi olan 9. ay geçtikten sonra revizyon uygulanmıştır. 6. haftada RUSHU skoru 8'in altında olan 2 hastanın skorunun 3.ayda 8'in üzerine çıktığı görülmüş, bu hastalar 12. aydaki değerlendirilmesinde kaynama olarak kabul edilmiştir. RUSHU skoru ile değerlendirdiğimiz hastalarda RUSHU skoru tarama testi olarak ele alındığında ve 12. ay sonunda kaynamama sebebiyle opere edilmiş hastalar kaynamama açısından altın standart olarak değerlendirildiğinde yapılan tabloya göre, tarama testinin duyarlılığı %100, seçiciliği %96,6, pozitif prediktif değeri %75 ve negatif prediktif değeri %100 olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda da Oliver ve ark. çalışmasında olduğu gibi elektronik bir PACS sistemi kullanılmıştır. PACS sistemi ile yapılan değerlendirmelerde görüntülerin büyütülmesi ve kontrastının ayarlanması yeteneğinin RUSHU'nun güvenilirliğini artıracakı belirtilmiştir (11).

Humerus cisim kırıklarında kaynama durumunu değerlendiren pek çok yayın bulunmaktadır ve bu çalışmalar cerrahi yöntemler ile konservatif tedaviyi kıyaslayan veya birden fazla cerrahi tedavi yöntemini birbiri ile karşılaştıran yayınlardır. Humerus cisim kırıklarında cerrahi tedavi ile fonksiyonel breys kullanımını karşılaştıran ilk randomize kontrollü çalışma Matsunaga ve ark. tarafından rapor edilmiştir. Bu yayında cerrahi tedavi, anterior insizyonlar yoluyla minimal invaziv köprüleme plağı uygulanmasını içermektedir. Kaynamama oranı

cerrahi grupta %0, konservatif grupta ise %15 olarak bulunmuştur (88). En geniş örneklemlili çalışmalardan birinde, Denard ve ark., cerrahi tedavi uygulanan 150 hasta ile konservatif tedavi uygulanan 63 hastayı karşılaştırmıştır. Kaynamama oranı cerrahi olmayan grupta %20,6, cerrahi grupta ise %8,7 olarak bulunmuştur (89). Akman ve ark. travmatik humerus cisim kırığı ve kaynamama sebebiyle IMN uyguladığı 39 hastada primer IMN yapılan grupta kaynamama oranını %15, plaklama sonrası kaynamayan hastalara yapılan IMN grubunda %29, IMN Exchange yapılan hasta grubunda ise %83 olarak saptamıştır (90). Kilitli intramedüller çivilerin, plak tespitiyle benzer kaynama oranlarına sahip olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (91, 92). Kesemenli ve ark. 33 hastaya kilitli IMN ve 27 hastaya plak tedavisi uyguladığı çalışmasında plak vida uygulanmış kırıklarda kaynama oranı %96 iken, IMN uygulanan hasta grubunda %88 olarak tespit edilmiş, kaynamama oranı IMN uygulanan hasta grubunda anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (63). Bu çalışmada yazar IMN çivi uygulamalarında teknik hataların bulunması sebebiyle rotasyonel stabilitenin sağlanamadığını belirtmiş düşük kaynama oranlarını bu sebeplere bağlamıştır. İntramedüller çivi ile tespit sonrası literatürde %0 ile %29 arasında kaynamama oranları belirtilmektedir. Kaynamama insidansının yüksek olduğu çalışmalar genellikle Seidel çivisi gibi birinci nesil implantların kullanıldığı çalışmalardır. Zayıf rotasyonel stabiliteye sahip olan bu çiviler uygulandıkları dönemlerde kaynamama insidansını arttırmışlardır (2). İntramedüller çivi ile yapılan çalışmalar içerisinde Flinkkila ve ark. %22 oranında (93), Robinson ve ark. %23 oranında kaynamama geliştiğini bildirmişler (4), Riemer ve ark. ise bu çalışmalardan farklı olarak tüm olgularda kaynama sağladıklarını belirtmişlerdir (94). Bizim çalışmamızda humerus IMN uygulanan 64 hasta değerlendirildiğinde %90,6 oranında kaynama gerçekleştiği görüldü.

AO Foundation tarafından hazırlanan cerrahi referans kılavuzunda, humerus intramedüller çivileme sırasında çivi çapının, medüller kanalın en dar kısmına (istmus) uygun olması gerektiği vurgulanmaktadır. Eğer istmus çok dar ise, daha büyük çaplı bir çivinin yerleştirilebilmesi için kanalın reaming işlemiyle genişletilmesi önerilmektedir. Bu, çivinin medüller kanala tam oturmasını sağlayarak mekanik stabiliteyi artırır ve implant gevşemesi riskini azaltır (22).

Humerus cisim kırıklarında çivi çapı/isthmus oranı ile ilgili spesifik bir çalışma bulunmamakla birlikte, benzer konulara değinen bazı araştırmalar mevcuttur. Örneğin, tibia ve femur cisim kırıkları üzerine yapılan çalışmalar, çivi çapı ile kanal çapı arasındaki oranın kırık iyileşmesi ve komplikasyon riski üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Donegan ve ark. tarafından tibia cisim kırıkları üzerine yapılan bir çalışmada, intramedüller çivi çapı ile isthmus çapı oranının 0,8 ila 0,99 arasında olması, iyileşme sürecini olumlu etkilediği ve komplikasyon riskini azalttığı belirtilmiştir (95). Penzkofer ve ark. tarafından tibial cisim kırıkları üzerine yapılan bir biyomekanik çalışmada, 9 mm ve 11 mm çapındaki intramedüller çivilerin stabilite üzerindeki etkileri incelenmiştir. 11 mm çapındaki çiviler, 9 mm'liklere göre kırık bölgesi hareketini %30-59 daha fazla azaltmış ve sistemin stabilitesini %20-50 artırmıştır. Bu bulgular, daha büyük çaplı çivilerin mekanik stabiliteyi artırarak iyileşmeyi destekleyebileceğini göstermektedir (96). Garabano ve ark. yaptıkları 96 hastayı kapsayan bir çalışmada, tibia cisim kırıklarında çivi çapının artmasıyla kaynama olasılığının da arttığı bulunmuştur. Özellikle, çivi çapının her 1 mm artışı, kaynama şansını 5,3 kat artırmıştır. Çivi/isthmus oranının 0.80 olması, kaynama şansını 23,3 kat artırmıştır (97). Biz çalışmamızda Brumback tarafından tariflenen şekilde humerus orta ve distal 1/3 segmentlerinin birleşme noktasını referans alarak isthmus ölçümlerini yaptık ve aynı grafilere ölçülen çivi çapları ile oranladık. 6. haftada kaynama durumuna göre çivi/isthmus çap oranı ortalamaları arasında istatistiksel fark görülmüş olup kaynayanların ortalaması ($0,87 \pm 0,03$) kaynamayanların ortalamasından ($0,81 \pm 0,07$) istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur ($p=0,045$). 3.-6.-9.-12. aylardaki kaynama durumuna göre çivi/isthmus çap oranı ortalamaları arasında istatistiksel fark görülmüş olup kaynayanların ortalaması ($0,87 \pm 0,03$) kaynamayanların ortalamasından ($0,78 \pm 0,07$) istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur ($p=0,038$). Roc-curve analizinde ise çivi çapı/isthmus Değerinin 6. haftada Kaynama Durumunu Ön Görmeye %89,3 duyarlılık %50,0 özgüllük ile “cut off” değeri 0,8242 olarak belirlenmiştir (AUC=0,761, $p=0,018$). Çivi Çapı/İsthmus Değerinin 3. ay Kaynama Durumunu Ön Görmeye %91,4 duyarlılık %66,7 özgüllük ile “cut off” değeri 0,8152 olarak belirlenmiştir (AUC=0,825, $p=0,009$) (Çizelge 4.13).

Kırık hattı tam kapanmadan (distrakte olarak) çivi yerleştirilmesi, kırık uçları arasındaki teması bozarak kaynama süresini uzatabilir ve nonunion (kaynamama) riskini artırabilir (98). Çok sayıda klinik çalışma, femur cisim kırıklarında kalan boşluğun kaynama üzerine etkisini araştırmıştır. Chang ve ark. intramedüller çivileme sonrası femur diyafiz kırıklarında kırık uçları arasındaki boşluğu ölçüp nonunion oranını incelemiş; sonuçta her iki ekseninde toplamda 6 mm'den büyük boşluk (>3 mm AP veya lateral) olan grupta iyileşme süresi ve nonunion oranının anlamlı derecede yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Özellikle <1 mm boşluklu kırıklarda nonunion sıfır iken, 1–2,9 mm grubunda %1,5, >3 mm grubunda %4,5 oranında nonunion gözlenmiş; boşluk büyüklüğü arttıkça iyileşme süresi de 70 günden 112 güne uzamıştır. Bu çalışmada, AP ve lateral düzlemdeki boşlukların toplamını 6 mm'den az tutmanın önerildiği vurgulanmıştır (98). Nakagawa ve ark. femur transvers ve kısa oblik diyafiz kırıklarında post-op kırık hattı boşluğunun nonunion riski ile ilişkisini değerlendirmiştir. Radyografilerde ölçülen maksimum kırık hattı boşluğu ≥ 4.14 mm olduğunda nonunion riski anlamlı düzeyde artmıştır ($p=0,001$) (99). Lin ve ark. tarafından yapılan çalışmada 98 akut humerus cisim kırığı intramedüller çivileme ile tedavi edilmiş ve komplikasyonları analiz etmiştir. Tespit edilen 9 nonunion vakasının çoğunda kırık hattında boşluk bulunduğu belirtilmiş ve distraksiyonun iyileşme şansını düşüren bir faktör olduğuna vurgu yapılmıştır (100). Sahu ve ark. yaptıkları çalışmada humerus IMN uygulanan 78 hastanın 4'ünde (%5,12) kaynamama geliştiğini belirtmişler ve tüm bu hastalarda kaynamama sebebi olarak distraksiyonu öne sürmüşlerdir. Distraksiyonun, antegrad çivileme sırasında proksimal kilitleme sonrası dirsekten itme/vurma yapılarak önlenebileceğini belirtmişlerdir (101). Humerus cisim kırıklarında distraksiyon varlığı tek başına nonunion riskini yükselten faktörlerden biri olarak belirtilmiştir (100). Bizim çalışmamızda da kaynama durumuna göre distraksiyon miktarı arasında anlamlı fark bulunmuştur. 6. haftada kaynama durumuna göre distraksiyon miktarı arasında anlamlı fark görülmüştür. Kaynayanların distraksiyon ortalaması ($0,69 \pm 0,77$) kaynamayanların distraksiyon ortalamasından ($3,57 \pm 3,17$) istatistiksel olarak daha düşük bulunmuştur ($p=0,004$) (Çizelge 4.9). 6. hafta kaynama durumu ile distraksiyon miktarı lojistik regresyon ile değerlendirilmiş, distraksiyon miktarının kaynamama üzerinde risk olarak anlamlı etkisi olduğu

görülmüştür. Distraksiyon miktarındaki 1 birimlik artış kaynamama riskini 2,564 (%95 GA 1,119-5,876) kat arttırdığı görülmüştür ($p=0,026$) (Çizelge 4.11). 3.-6.-9.-12. ayda kaynayanların distraksiyon ortalaması ($0,68\pm0,77$) kaynamayanların distraksiyon ortalamasından ($4,58\pm3,01$) istatistiksel olarak daha düşük olduğu görülmüştür ($p<0,001$) (Çizelge 4.10). 3.-6.-9.-12. aylardaki kaynama durumları ile distraksiyon lojistik regresyon ile değerlendirildiğinde distraksiyonun kaynamama üzerinde risk olarak anlamlı etkisi olduğu bulunmuştur. Distraksiyon miktarındaki 1 birimlik artışın kaynamama riskini 6,257 (%95 GA 1,060-36,953) kat arttırdığı görülmüştür ($p=0,043$) (Çizelge 4.12). Çalışmamızın sonuçları ışığında humerus IMN ile tedavi edilen hastaların kaynamasına etki eden en önemli etkenlerin çivi çapı/isthmus oranı ve distraksiyon mesafesi olduğuna inanmaktayız, bu da Kesemenli ve ark. yayınında bahsedildiği üzere IMN ile kırık tedavisinde operatif tekniğin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha öne sürmektedir (63).

6. SONUÇLAR

Humerus cisim kırıklarında cerrahi veya konservatif tedavi yöntemlerinin etkinliği ile alakalı pek çok çalışma yayınlanmış ve kaynamayı etkileyen pek çok parametre araştırılmıştır. Bizim çalışmamızda da intramedüller çivi ile tedavi edilen humerus cisim kırıklarında kırık iyileşmesini etkileyen parametreler değerlendirilmiş sonuçlar aşağıda belirtildiği gibi sonuçlanmıştır;

1) Çalışma grubumuzda erkek cinsiyetin daha fazla olduğu, cinsiyetin kaynama üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı gözlemlendi.

2) Kaynama durumu hastaların yaş ortalamaları ile istatistiksel olarak değerlendirildiğinde anlamlı ilişki saptanmadı. Çalışma grubumuzun yaş ortalaması 45,2 olarak bulundu.

3) Sigara ve alkol kullanımı ile kaynama arasında ilişki değerlendirildiğinde hem 6. hafta hem 3.-6.-9.-12. ay kaynama durumları arasında anlamlı ilişki saptandı.

4) İntramedüller çivi çapı/isthmus oranı ile kaynama arasındaki ilişki anlamlı bulundu. Bu oranın radyolojik olarak kaynama üzerindeki etkisini belirlemek için, 3. ayda kaynama gözlenen hastalar üzerinde ROC analizi yapıldı. Çivi Çapı/İsthmus Değerinin 6. haftada Kaynama Durumunu Ön Görmeye %89,3 duyarlılık %50,0 özgüllük ile “cut off” değeri 0,8242 olarak belirlenmiştir (AUC=0,761, p=0,018). Çivi Çapı/İsthmus Değerinin 3.ay Kaynama Durumunu Ön Görmeye %91,4 duyarlılık %66,7 özgüllük ile “cut off” değeri 0,8152 olarak belirlenmiştir (AUC=0,825, p=0,009).

5) Kırık hattında post operatif dönemdeki distraksiyon miktarının kaynama ile ilişkisi anlamlı saptandı. Bu ilişki lojistik regresyon analizi ile değerlendirildiğinde distraksiyon miktarının kaynamama üzerinde risk olarak anlamlı etkisi olduğu bulunmuştur. 3.-6.-9.-12. aydaki kaynama durumu değerlendirildiğinde distraksiyon miktarındaki 1 birimlik artışın kaynamama riskini 6,257 (%95GA 1,060-36,953) kat arttırdığı görülmüştür (p=0,043).

6) Çalışmamızda 54.6’lık oranla tip A kırıklar çoğunlukta idi, kırık tipi ile kaynama durumu arasında anlamlı ilişki saptanmadı.

- 7) Kırığın cisimdeki yerleşimi (proksimal, orta, distal segmentler) ile kaynama durumu arasında anlamlı istatistiksel bir ilişki bulunmadı.
- 8) İntramedüller çivi boyu ile kaynama arasında anlamlı ilişki saptanmadı.
- 9) Olecranon fossa – çivi distal ucu arasındaki mesafe ile kaynama arasında anlamlı ilişki saptanmadı.
- 10) Distal kilit vidalarının kırık hattına olan uzaklığının çivi boyuna oranı ile kaynama arasında anlamlı ilişki saptanmadı.
- 11) Çalışmamız distal kilitlemeleri 1 veya 2 vida ile yapılmış humerus IMN uygulamalarından oluşmaktaydı ve distal kilit vida sayısı ile kaynama arasında anlamlı ilişki saptanmadı.
- 12) Diyabetin kaynama üzerine ilişkisi incelendi ve anlamlı fark saptanmadı.
- 13) Yaralanma mekanizmaları arasında grubumuzda %32,8 ile ADTK en sık görülen sebepti. Yaralanma mekanizması ile kaynama arasında anlamlı bir ilişki saptanmadı.
- 14) Travmatik beyin hasarı ile kaynama arasındaki ilişki incelendiğinde anlamlı fark saptanmadı.
- 15) Kırık tarafın kırık iyileşmesini istatistiksel olarak etkilemediği gözlemlendi.

7. ÖZET

Humerus Cisim Kırıklarında İntramedüller Çivi Uygulaması Sonrası Kırık İyileşmesi Üzerine Etkili Faktörlerin Retrospektif Değerlendirilmesi

Humerus cisim kırıkları proksimalde pektoralis majör kasının yapışma yerinden distalde suprakondiler bölgeye kadar uzanan bölgede meydana gelen kırıklar olarak tanımlanmaktadır. Tüm ortopedik yaralanmaların yaklaşık %3'ünü oluşturduğu bildirilmektedir. Humerus cisim kırıklarının tedavisindeki temel amaç, doğru hizalama, uygun uzunluk ve rotasyonu koruyarak kaynama için uygun koşulları sağlamak ve bununla birlikte eklemlerin erken dönemde hareketine olanak tanımaktır. Kanal içi çivileme tekniği uygun teknikle uygulandığında kırık kaynamasını desteklemesi, cerrahi sürenin kısa olması, minimal yara izi bırakması, enfeksiyon ve postoperatif osteomyelit riskinin düşük olması gibi avantajlar sunar. ayrıca, bu teknik sayesinde hastalar erken dönemde hareket edebilir ve yük verebilir, bu da tedavi sürecini hasta için rahatlatan bir faktördür. Bu tek merkezli ve retrospektif çalışma, humerus cisim kırıklarında intramedüller çivi ile tedavi sonrası kırık iyileşmesini etkileyen faktörleri değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Araştırmanın temel odak noktası kaynamayı olumlu etkileyecek optimal intramedüller çivi çapı/isthmus oranının belirlenmesi ve humerus IMN uygulanan hastalarda distraksiyonun kaynamaya etkisinin araştırılmasıydı. Bu amaçla Kasım 2014 ile Ocak 2024 tarihleri arasında, Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji bölümünde humerus cisim kırığı sebebiyle müdahale edilen 79 hastaya hastaya kilitli intramedüller çivi uygulanmıştır. Takipten çıkan ve post op grafilerine bu sebepten ulaşılamayan 2 hasta, 1 yıllık takip sürecini tamamlamadan vefat eden 3 hasta, patolojik humerus cisim kırığı sebebiyle intramedüller çivi ile tespit yapılmış 5 hasta ve başka cerrahi tedavi yöntemleri ile tedavi uygulanmış ancak psödoartroz gelişmesi sebebiyle intramedüller çivi uygulanan 5 hasta çalışmadan dışlanmıştır. Son olarak 64 humerus cisim kırığı olan hasta ile çalışma grubu oluşturulmuştur. Tüm vakalar için intramedüller çivi çapı/isthmus çapı oranı belirlenmiştir. Hastaların 6. hafta- 3.-6.-9.-12. aylarda çekilen radyografileri incelenmiş, RUSHU skorlaması yapılarak ortalama puanlar alınmış ve kırık

kaynaması değerlendirilmiştir. Diğer potansiyel etkenlerin (demografik özellikler, klinik bulgular, cerrahi sonrası radyolojik ölçümler) kırık kaynaması üzerindeki etkisini belirlemek için tek değişkenli ve çok değişkenli istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Çivi çapı/isthmus oranı ile kaynama ilişkisi için uygulanan Roc analizinde İntramedüller çivi çapı/ isthmus değerinin 6. haftada Kaynama Durumunu Ön Görmede %89,3 duyarlılık %50,0 özgüllük ile “cut off” değeri 0,8242 olarak belirlenmiştir (AUC=0,761, p=0,018). Çivi Çapı/İsthmus Değerinin 3.ay Kaynama Durumunu Ön Görmede %91,4 duyarlılık %66,7 özgüllük ile “cut off” değeri 0,8152 olarak belirlenmiştir (AUC=0,825, p=0,009).

Bir diğer radyolojik ölçüm olan post operatif distraksiyon mesafesinin kaynama üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. 3.-6.-9.-12. aylardaki kaynama durumu ile post operatif distraksiyon mesafesi lojistik regresyon ile değerlendirildiğinde distraksiyonun kaynamama üzerinde risk olarak anlamlı etkisi olduğu bulunmuştur. Distraksiyon miktarındaki 1 mm’lik artışın kaynamama riskini 6,257 (%95GA 1,060-36,953) kat arttırdığı görülmüştür (p=0,043). Diğer parametreler incelendiğinde alkol ve sigara kullanımının kaynama üzerine olan olumsuz etkisi istatistiksel olarak anlamlı saptanmıştır, kırığın diyafizer lokalizasyonu, AO/OTA sınıflaması, distraksiyon mesafesi, çivi çapı/isthmus oranı, olecranon fossa apeksi - çivi ucu arası mesafe, distal kilitleme vida sayıları, distal kilitleme vidalarının kırık hattına olan uzaklıklarının çivi uzunluğuna olan oranı ile kaynama arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır. Hastanın yaralanmasının tarafının, yaralanma mekanizmasının, multitravma varlığının, kafa travması varlığının, kırığın açık veya kapalı olmasının ve diyabet tanısının kaynama ile ilişkisi istatistiksel olarak değerlendirildiğinde anlamlı fark saptanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Humerus cisim kırığı, intramedüller çivi, kırık iyileşmesi.

8. ABSTRACT

Retrospective Evaluation of Factors Affecting Fracture Healing Following Intramedullary Nail Application in Humeral Shaft Fractures

Humeral shaft fractures are defined as fractures occurring from the attachment site of the pectoralis major muscle proximally to the supracondylar region distally. It is reported that they comprise approximately 3% of all orthopedic injuries. The primary goal in the treatment of humeral shaft fractures is to achieve proper alignment, maintain suitable length and rotation, and provide optimal conditions for healing. Simultaneously, early joint mobility should be facilitated. When performed with appropriate technique, intramedullary nailing (IMN) offers advantages such as supporting fracture union, shorter surgical duration, minimal scarring, and lower risks of infection and postoperative osteomyelitis. Moreover, this technique allows patients to mobilize and weight-bear earlier, thus easing the treatment process.

This single-center retrospective study aims to evaluate factors affecting fracture healing after treatment of humeral shaft fractures with intramedullary nails. The core focus of the research was to identify the optimal intramedullary nail diameter/isthmus ratio that positively influences union and to investigate the effect of distraction on healing in patients who underwent humeral IMN.

Between November 2014 and January 2024, 79 patients who had undergone intervention for humeral shaft fractures with locked intramedullary nails at the Orthopedics and Traumatology Department of Akdeniz University Hospital were included. Patients lost to follow-up, those who could not be reached with postoperative radiographs, patients who died before completing one year of follow-up (n=3), patients diagnosed with pathological humeral shaft fractures via intramedullary nailing (n=5), and those treated with other surgical methods but developed pseudoarthrosis (n=5) were excluded from the study. Ultimately, 64 patients with humeral shaft fractures were included.

The ratio of nail diameter to isthmus diameter was determined for all cases. Patients' radiographs at 6 weeks and at 3, 6, 9, and 12 months postoperatively were

examined, and healing was assessed using the RUSHU scoring system with average scores obtained. To determine the effects of other potential factors—such as demographic features, clinical findings, and radiological measurements—on fracture healing, univariate and multivariate statistical analyses were performed.

Regarding the relationship between the nail diameter/isthmus ratio and healing, ROC analysis revealed that the ratio had a cut-off value of 0.8242 at 6 weeks for predicting union, with 89.3% sensitivity and 50% specificity (AUC=0.761, $p=0.018$). For predicting union at 3 months, the cut-off was 0.8152 with 91.4% sensitivity and 66.7% specificity (AUC=0.825, $p=0.009$).

Another radiological parameter, postoperative distraction distance, was found to significantly affect healing. Logistic regression analysis showed that increased distraction distance was a significant risk factor for non-union. An increase of 1 mm in distraction raised the risk of non-healing approximately 6.26 times (95% CI: 1.060-36.953, $p=0.043$).

Other parameters, including alcohol and cigarette use, were statistically associated with impaired healing. No significant relationship was found between union and the following factors: patient's injury side, mechanism of injury, presence of multitrauma, head trauma, whether the fracture was open or closed, diabetes mellitus, fracture location (diaphyseal), AO/OTA classification, distraction distance, nail diameter/isthmus ratio, olecranon fossa apex-to-nail tip distance, number of distal locking screws, or the ratio of the distances from distal locking screws to the fracture line relative to nail length.

Additionally, no significant relationship was observed between union and variables like injury side, injury mechanism, multitrauma, head injury, open vs. closed fracture, diabetes, fracture site, distraction distance, nail diameter/isthmus ratio, olecranon fossa apex-to-nail tip distance, number of distal screws, or ratios of screw distances to nail length.

Key Words: Humeral shaft fracture, intramedullary nail, fracture healing.

9. KAYNAKLAR

1. Snethen K, Braman JP, Sabesan V, Bandi M, Bischoff J. Quantification of the passive behavior of the glenohumeral joint: A biomechanical study. *J Biomech*. 2024 Jan 1;163.
2. Walker M, Palumbo B, Badman B, Brooks J, Van Gelderen J, Mighell M. Humeral shaft fractures: A review. Vol. 20, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2011. p. 833–44.
3. Tytherleigh-Strong G, Walls N, McQueen MM. The epidemiology of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br* [Internet]. 1998 Mar [cited 2024 Dec 6];80(2):249–53. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9546454/>.
4. Robinson CM, Hill RMF, Jacobs N, Dall G, Court-Brown CM. Adult Distal Humeral Metaphyseal Fractures: Epidemiology and Results of Treatment. 2003.
5. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. Vol. 37, *Injury*. 2006. p. 691–7.
6. Belayneh R, Lott A, Haglin J, Konda S, Leucht P, Egol K. Final outcomes of radial nerve palsy associated with humeral shaft fracture and nonunion. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. 2019 Dec 1;20(1).
7. Brorson S. Management of fractures of the humerus in Ancient Egypt, Greece, and Rome: An historical review. Vol. 467, *Clinical Orthopaedics and Related Research*. Springer New York; 2009. p. 1907–14.
8. Sarmiento A, Zagorski JB, Zych GA, Latta LL, Capps CA, Drive K, et al. Functional Bracing for the Treatment of Fractures of the Humeral Diaphysis * [Internet]. *THE JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY*. 2000. Available from: <http://journals.lww.com/jbjsjournal>.

9. Bekos A, Sioutis S, Kostroglou A, Saranteas T, Mavrogenis AF. The history of intramedullary nailing. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00264-021-04973-y>.
10. Whelan DB, Bhandari M, Stephen D, Kreder H, Mckee MD, Zdero R, et al. Development of the radiographic union score for tibial fractures for the assessment of tibial fracture healing after intramedullary fixation. *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care*. 2010 Mar;68(3):629–32.
11. Oliver WM, Smith TJ, Nicholson JA, Molyneux SG, White TO, Clement ND, Duckworth AD. The Radiographic Union Score for HUmeral fractures (RUSHU) predicts humeral shaft nonunion. *Bone Joint J*. 2019 Oct;101-B(10):1300-1306. doi: 10.1302/0301-620X.101B10.BJJ-2019-0304.R1. PMID: 31564159.
12. SOEUR R. Intramedullary pinning of diaphyseal fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 1946 Apr;28:309–31.
13. STRYKER HH. A broaching tool to facilitate intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg Am*. 1952 Jan 1;34-A(1):230–1.
14. INTRAMEDULLARY SURGICAL TECHNIQUE AND ITS PLACE IN ORTHOPAEDIC SURGERY. MY PRESENT CONCEPT - PubMed [Internet]. [cited 2025 Jan 5]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14299669/>.
15. Wong MWN, Chow DHK, Li CK. Rotational stability of Seidel nail distal locking mechanism. *Injury*. 2005 Oct;36(10):1201–5.
16. Seidel H. Humeral locking nail: a preliminary report. *Orthopedics* [Internet]. 1989 [cited 2025 Jan 5];12(2):219–26. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2922359/>.
17. Haberneke H, Schmid L, Orthner E. Unfallchirurgie o Vogel 1992 Erste Erfahrungen mit dem Oberarmverriegelungsnagel.
18. Kwong S, Kothary S, Poncinelli LL. Skeletal development of the proximal humerus in the pediatric population: MRI features. *American Journal of Roentgenology*. 2014 Feb;202(2):418–25.

19. Netter FH. Netter İnsan Anatomisi Atlası Anatomisi Atlası. Nobel Tıp Kitabevi, 2011; 390–430.
20. Mann RJ, Neal EG. Fractures of the shaft of the humerus in adults. South Med J. 1965;58(3):264–8.
21. Klenerman L. EXPERIMENTAL FRACTURES OF THE ADULT HUMERUS*. Vol. 7, Med. & biol. Engng. Pergamon Press; 1969.
22. Rommens P, Trafton P, Jaeger M, (Executive Editor: Colton C, Krikler S), Foundation AO.
<https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?showPage=diagnosis&bone=Humerus&segment=Shaft>.
23. Shapiro F. Cortical Bone Repair THE RELATIONSHIP OF THE LACUNAR-CANALICULAR SYSTEM AND INTERCELLULAR GAP JUNCTIONS TO THE REPAIR PROCESS*t [Internet]. Vol. 70. 1988. Available from: <http://journals.lww.com/jbjsjournal>.
24. Perren SM. Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to internal fixation. Clin Orthop and Related Res 1979 138: 175-96.
25. Cho TJ, Gerstenfeld LC, Einhorn TA. Differential temporal expression of members of the transforming growth factor β superfamily during murine fracture healing. J Bone Miner Res 2002; 17(3): 513-520.
26. Einhorn TA, The cell and molecular biology of fracture healing. Clinical Orthopaedics and Related Research 1998; 355: 7-21.
27. Yu-Yahiro JA. Serum and urine markers of bone metabolism during the year after hip fracture. J Am Geriatr Soc 2001; 49(7): 877-883.
28. Leblebicioğlu G. Klinik ve Ortopedik Muayene. Ankara: Güneş Kitabevi, 2004: 18-19, 50-55.
29. Egol KA, Koval KJ, Zuckerman JD, (Çeviri Ed. Başbozkurt M, Yıldız C). Kırık ve Çıkıklar El Kitabı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevi, 2013: 203-213.
30. Gregory PR. Fractures of the shaft of the humerus. Rockwood and Green's fractures in adults 5th Ed. Lippincott, Philadelphia: Williams & Wilkins, 2001: 974-998.

31. Koch PP, Gross DFL, Gerber C. The results of functional (Sarmiento) bracing of humeral shaft fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11(2):143–50.
32. Caldwell JA. Treatment of Fractures in the Cincinnati General Hospital. *Ann Surg.* 1933 Feb;97(2):161-76. doi: 10.1097/00000658-193302000-00001. PMID: 17866922; PMCID: PMC1391780.
33. Rockwood and Green's Fractures in adults. Lippincott-Raven, 1996: 903-1050.
34. De Mourgues G, Fischer LP, Gillet JP, Carret JP. Recent fractures of the humeral diaphysis. Apropos of a continuous series of 200 cases, of which 107 were treated with a hanging cast alone. Arterial intra-osseous vascularization of the humerus. *Rev Chir Orthop. Reparatrice Appar Mot* 1975; 61: 191–207.
35. Stewart MJ, Hundley JM. A COMPARATIVE STUDY IN METHODS OF TREATMENT * [Internet]. Available from: <http://journals.lww.com/jbjsjournal>.
36. Canale ST, Beaty JH. Campbell's Operative Orthopaedics, 11th ed. (çev. Ed. Başbozkurt M, Yıldız CZ) İstanbul: Güneş Tıp 2011: 3317-3350.
37. Campbell WC. Campbell's operative orthopaedics: Türkçe baskı. (İstanbul): Hayat Tıp Kitapçılık, 2007: 2977-3032.
38. Aynacı O, Yıldız M, Aydın H, Kerimoğlu S. Humerus cisim kırıklarında eksternal fiksator uygulamalarımız. *Hacettepe Ortopedi Dergisi* 2000; 10(4): 137–140.
39. Ingman AM, Waters DA. Locked intramedullary nailing of humeral shaft fractures. Implant design, surgical technique, and clinical results. *J Bone Joint Surg Br* 1994; 76: 23–29.
40. Crolla RM, de Vries LS, Clevers GJ. Locked intramedullary nailing of humeral fractures. *Injury* 1993; 24: 403–406.
41. Bhandari M, Devereaux PJ, McKee MD, Schemitsch EH. Compression plating versus intramedullary nailing of humeral shaft fractures- A meta-analysis. *Acta Orthopaedica* 2006; 77: 279-284.

42. Bechtold, J. E., Kyle, R. F., Peren, S. M.: Biomechanics of intramedullary nailing.; In the science and practice of intramedullary nailing; ed. Browner B.D; 2nd. ed. pg: 89- 101; Baltimore Williams & Wilkins, 1996.
43. Rockwood and Green's Fractures in Adults (2-Volume Set), 6th ed.
44. Lin J, Hou SM, Hang YS. Locked Nailing for Displaced Surgical Neck Fractures of the Humerus. J Trauma. 1998;45(6):1051-7.
45. Sim FH, Henderson PJ, Radial nerve palsy complicating fractures of the humerus shaft. J Bone Jt Surg 1971; 53: 1023–1024.
46. Böstman O, Bakalim G, Vainionpää S, Wilppula E, Päätiälä H, Rokkanen P. Radial palsy in shaft fracture of the humerus. Acta Orthop Scand. 1986 Aug;57(4):316-9. doi: 10.3109/17453678608994400. PMID: 3788493.
47. Pollock, F H; Drake, D; Bovill, E G; Day, L; Trafton, P G. Treatment of radial neuropathy associated with fractures of the humerus. The Journal of Bone & Joint Surgery 63(2):p 239-243, Feb 1981.
48. Öner M, Cırdı YU. Çocuklarda kompartman sendromu. Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği Dergisi 2019; 18: 327–332.
49. Hak DJ, Fitzpatrick D, Bishop JA, Marsh JL, Tilp S, Schnettler R, et al. Delayed union and nonunions: Epidemiology, clinical issues, and financial aspects. Injury. 2014;45(SUPPL. 2).
50. Taylor JC. Delayed Union and Non-union of Fractures. In. Campbell's Operative Orthopaedics. Eight Edition. Vol 2. St Louis. Missouri. 1992.
51. Rosen H, Paterson SD, Brighton CT, Stevens PM. In Principles of Treatment of Non-unions and Malunions. Chapman's Orthopaedic Surgery. 2001; 26:848-81.
52. Tanrıkulu S, Gönen E. Kırık iyileşmesi. TOTBID Dergisi. 2017;16(6).
53. Rosen H, Paterson SD, Brighton CT, Stevens PM. In Principles of Treatment of Non-unions and Malunions. Chapman's Orthopaedic Surgery. 2001; 26:848-81.

54. Grant RE, Cotler JM, Epps CH, Kim DD. Complications of treatment of fractures of the humeral shaft. In: Epps CH Jr, editör, Complications in Orthopaedics Surgery. Vol 1.
55. Boyd HB. The Treatment of Difficult and Unusual Non-unions. J Bone Joint Surg [Am]. 1943; 25:535.
56. Bishop JA, Palanca AA, Bellino MJ, Lowenberg DW. Assessment of compromised fracture healing. J Am Acad Orthop Surg 2012;20(5):273–82.
57. Brumback RJ. The Rationales of Interlocking Nailing of the Femur, Tibia, and Humerus An Overview. Vol. 324.
58. Guo J, Ma H. Different treatment for humeral shaft fractures: A network meta-analysis. Medicine (United States). 2025 Jan 17;104(3):e40948.
59. Schemitsch E, Bhandari M. Fractures of the diaphyseal humerus. Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, et al, (eds). Skeletal Trauma. 3rd ed. Toronto: WB Saunders Co, 2001:1481-1511.
60. Tsai CH, Fong YC, Chen YH, Hsu CJ, Chang CH, Hsu HC. The epidemiology of traumatic humeral shaft fractures in Taiwan. Int Orthop. 2009 Apr;33(2):463–7.
61. Igbigbi PS, Manda K. Epidemiology of humeral fractures in Malawi. Int Orthop. 2004 Dec;28(6):338–41.
62. Macêdo Ricci FPF, Barbosa RI, Elui VMC, Barbieri CH, Mazzer N, Fonsecam M de CR. Radial nerve injury associated with humeral shaft fracture: A retrospective study. Acta Ortop Bras. 2015;23(1):19–21.
63. Cevdet KESEMENL C, SUBAfii M, Arslan H, Necmo S, Kapuka AY. Humerus kırıklı olgularda kilitli intramedüller çivi ve plak ile tedavi sonuçlarının karşılaştırılması Comparison between the results of intramedullary nailing and compression plate fixation in the treatment of humerus fractures.
64. Ekholm R, Adami J, Tidermark J, Hansson K, Törnkvist H, Ponzer S. Fractures of the shaft of the humerus AN EPIDEMIOLOGICAL STUDY OF 401 FRACTURES. 2006;88(11).

65. Duru NE, Iyidobi EC, Udemezue CO, Oguzie G, Muoghalu O. Factors Affecting Time to Healing in Humeral Shaft Fractures Treated with SIGN Intramedullary Nailing. *J Biosci Med (Irvine)*. 2022;10(12):73–85.
66. Derbas J, Moghamis I, Alzobi O, Elshoeibi A, Murshid A, Ahmed G. Outcomes of intramedullary nailing versus plate fixation for humeral shaft fractures: a retrospective cohort study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2025 Feb 7;35(1):63.
67. Davies G, Yeo G, Meta M, Miller D, Hohmann E, Tetsworth K. Case-Match Controlled Comparison of Minimally Invasive Plate Osteosynthesis and Intramedullary Nailing for the Stabilization of Humeral Shaft Fractures. *J Orthop Trauma*. 2016 Nov;30(11):612-617. doi: 10.1097/BOT.0000000000000643. PMID: 27768678.
68. Zuckerman JD KK. Fractures of the Shaft of the Humerus. In: Rockwood and Green's Fractures in Adults. 4th ed. 1996. p. 1025.
69. Olson JJ, Entezari V, Vallier HA. Risk factors for nonunion after traumatic humeral shaft fractures in adults. *JSES Int*. 2020 Dec 1;4(4):734–8.
70. Chapman JR, Henley MB, Agel J, Benca PJ. Randomized prospective study of humeral shaft fracture fixation: intramedullary nails versus plates. *J Orthop Trauma*. 2000 Mar-Apr;14(3):162-6. doi: 10.1097/00005131-200003000-00002. PMID: 10791665.
71. 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 Jun;31(3):391–5.
72. Gonçalves FF, Dau L, Grassi CA, Palauro FR, Martins Neto AA, Pereira PCG. Evaluation of the surgical treatment of humeral shaft fractures and comparison between surgical fixation methods. *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)*. 2018 Mar;53(2):136–41.

73. Ding L, He Z, Xiao H, Chai L, Xue F. Factors affecting the incidence of aseptic nonunion after surgical fixation of humeral diaphyseal fracture. *Journal of Orthopaedic Science*. 2014 Nov 27;19(6):973–7.
74. Chakkalakal DA. Alcohol-induced bone loss and deficient bone repair. Vol. 29, *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*. 2005. p. 2077–90.
75. Castillo RC, Bosse MJ, MacKenzie EJ, Patterson BM. Impact of Smoking on Fracture Healing and Risk of Complications in Limb-Threatening Open Tibia Fractures. *J Orthop Trauma*. 2005 Mar;19(3):151–7.
76. Kyrö A UJAMKIA V. Are smokers a risk group for delayed healing of tibial shaft fractures? *Ann Chir Gynaecol*. 1993;82.
77. Findakli F, Busse JW, Schemitsch EH, Lonn E, Farrokhyar F, Bhandari M. Smoking, Obesity, and Disability Benefits or Litigation Are Not Associated with Clinically Important Reductions in Physical Functioning After Intramedullary Nailing of Tibial Shaft Fractures: A Retrospective Cohort Study. *Clin Orthop Relat Res*. 2021 Apr;479(4):805–13.
78. Funk JR, Hale JE, Carmines D, Gooch L, Hurwitz SR. Biomechanical Evaluation of Early Fracture Healing in Normal and Diabetic Rats. *Bone and Joint Surgery, Inc*; 1812.
79. Follak N KLWEMH. Delayed remodeling in the early period of fracture healing in spontaneously diabetic BB/OK rats depending on the diabetic metabolic state. *Histol Histopathol*. 2004;
80. Yang TY, Wang TC, Tsai YH, Huang KC. The effects of an injury to the brain on bone healing and callus formation in young adults with fractures of the femoral shaft. *J Bone Joint Surg Br*. 2012 Feb;94(2):227–30.
81. Locher RJ, Lünemann T, Garbe A, Schaser KD, Schmidt-Bleek K, Duda G, et al. Traumatic brain injury and bone healing: radiographic and biomechanical analyses of bone formation and stability in a

combined murine trauma model. Vol. 15, J Musculoskelet Neuronal Interact. 2015.

82. Egrise F, Clowez G, Recanatesi N, Tabutin J, Borge PE, Gastaud O. Intramedullary nailing for humeral shaft fractures: Is distal locking necessary? *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research*. 2023 Sep 1;109(5).
83. Colombi R, Chauvet T, Labattut L, Viard B, Baulot E, Martz P. Is distal locking screw necessary for intramedullary nailing in the treatment of humeral shaft fractures? A comparative cohort study. *Int Orthop*. 2019 Sep 31;43(9):2151–60.
84. Levasseur J, Bordure P, Moui Y, David G, Rony L. Does double distal locking reduce non-union rates in intramedullary nailing for humeral shaft fracture? *Orthop Traumatol Surg Res*. 2025 Feb;111(1):103913. doi: 10.1016/j.otsr.2024.103913. Epub 2024 Jun 5. PMID: 38848890.
85. Greiner F, Kaiser G, Kleiner A, Brugger J, Aldrian S, Windhager R, et al. Distal locking technique affects the rate of iatrogenic radial nerve palsy in intramedullary nailing of humeral shaft fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023 Jul 1;143(7):4117–23.
86. Campochiaro G, Baudi P, Gialdini M, Corradini A, Duca V, Rebuzzi M, et al. Humeral shaft non-union after intramedullary nailing. *Musculoskelet Surg*. 2017 Aug 1;101(2):189–93.
87. Fordyce W, Kennedy G, Allen JR, Abdelmonem M, Evans J, Evans JT, et al. Validation of the Radiographic Union Score for HUmeral fractures (RUSHU): A retrospective study in an independent centre. *Shoulder Elbow*. 2023 Aug 1;15(4):390–7.
88. Matsunaga FT, Tamaoki MJS, Matsumoto MH, Netto NA, Faloppa F, Belloti JC. Minimally invasive osteosynthesis with a bridge plate versus a functional brace for humeral shaft fractures: A randomized controlled trial. *Journal of Bone and Joint Surgery- American Volume*. 2017;99(7):583–92.
89. Denard A, Richards JE, Obrebskey WT, Tucker MC, Floyd M, Herzog GA. Outcome of nonoperative vs operative treatment of humeral shaft

fractures: A retrospective study of 213 patients. *Orthopedics*. 2010 Aug 1;33(8).

90. Akman A. The effectiveness of intramedullary nailing in humeral diaphysis fractures and non-unions. *Pamukkale Medical Journal*. 2017;10(1):33–8.
91. Zhao JG, Wang J, Wang C, Kan SL. Intramedullary nail versus plate fixation for humeral shaft fractures: A systematic review of overlapping meta-analyses. Vol. 94, *Medicine (United States)*. Lippincott Williams and Wilkins; 2015. p. e599.
92. Gottschalk MB, Carpenter W, Hiza E, Reisman W, Roberson J. Humeral shaft fracture fixation: Incidence rates and complications as reported by American board of orthopaedic surgery part II candidates. Vol. 98, *Journal of Bone and Joint Surgery- American Volume*. Lippincott Williams and Wilkins; 2016. p. e71.
93. Flinkkilä T, Hyvönen P, Lakovaara M, Linden T, Ristiniemi J, Hämäläinen M. Intramedullary nailing of humeral shaft fractures. A retrospective study of 126 cases. *Acta Orthop Scand*. 1999;70(2):133–6.
94. Riemer BL, Butterfield SL, D'Ambrosia R, Kellam J. Seidel intramedullary nailing of humeral diaphyseal fractures: a preliminary report. *Orthopedics*. 1991 Mar;14(3):239-46. PMID: 2020623.
95. Donegan DJ, Akinleye S, Taylor RM, Baldwin K, Mehta S. Intramedullary Nailing of Tibial Shaft Fractures: Size Matters. *J Orthop Trauma*. 2016 Jul;30(7):377–80.
96. Penzkofer R, Maier M, Nolte A, Oldenburg G, Püschel K, Bühren V, et al. Influence of intramedullary nail diameter and locking mode on the stability of tibial shaft fracture fixation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2009;129(4):525–31.
97. Garabano G, Crossa J, Cullari M, Pérez-Alamino L, Pesciallo C. Impacto del diámetro del clavo endomedular en la consolidación de fracturas diafisarias de tibia. Análisis retrospectivo sobre 96 pacientes. *Acta Ortop Mex*. 2022;36(6):346–51.

98. Chang PS, Bechtold D, Kazarian GS, Tian A, Miller AN, McAndrew CM, et al. Small residual fracture gaps delay time to union in length stable femur fractures treated with intramedullary fixation. *Injury*. 2023 Feb 1;54(2):687–93.
99. Nakagawa T, Inui T, Matsui K, Ishii K, Suzuki T, Kurozumi T, et al. Effect of postoperative fracture gap on bone union: A retrospective cohort analysis of simple femoral shaft fractures. *Journal of Orthopaedic Science*. 2024 Mar;29(2):632–6.
100. Lin J, Shen PW, Hou SM. Complications of Locked Nailing in Humeral Shaft Fractures. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 2003 May;54(5):943–9.
101. Sahu RL, Ranjan R, Lal A. Fracture Union in Closed Interlocking Nail in Humeral Shaft Fractures. *Chin Med J (Engl)*. 2015 Jun 5;128(11):1428–32.

10. EKLER

Ek 1. Akdeniz Üniversitesi Tıbbi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurul Onayı

