



Humerus Cisim Kırıklarda Hangi Durumlarda Konservatif Tedavinin Başarısız Olma İhtimali Vardır? 67 Hastanın Retrospektif Analizi

In Which Conditions is Conservative Treatment Likely to Fail in Humeral Shaft Fractures? A Retrospective Analysis of 67 Patients

✉ Mehmet ALBAYRAK¹, ✉ Fatih UĞUR²

¹*İstanbul Rumeli Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Terapi ve Yaşam Bölümü Fizyoterapi Programı, İstanbul; Tekirdağ Yaşam Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Tekirdağ, Türkiye*

²*Kastamonu Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Kastamonu, Türkiye*

ÖZ

Amaç: Humerus shaft kırıkları üst ekstremitenin sık görülen kırıklarından biridir. Humerus shaft kırıklarının büyük bir kısmı konservatif yöntemlerle tedavi edilebilir ancak bazı durumlarda cerrahi tedavi gereksinimleri mevcuttur. Bu çalışmada konservatif tedavinin başarısız olduğu ve kaynamanın elde edilememesi nedeniyle cerrahi girişime ihtiyaç duyan hastaların özellikleri araştırıldı.

Gereç ve Yöntem: Humerus cisim kırığı nedeniyle konservatif tedavilerine başlanan 67 hastanın [kadın (n=41) ve erkek (n=26)] verileri retrospektif olarak değerlendirildi. Takip sürecinde cerrahi tedaviye geçiş yapılmak durumunda kalan hastaların verileri incelendi. Yaş, cinsiyet, travma tipi, kırık yeri ve kırığın olduğu günde D vitamini düzeyleri not edildi.

Bulgular: On dört hastada 54 (42-77) gün sonunda kaynamama nedeniyle cerrahi tedaviye geçiş yapıldığı saptandı. Bu hastaların tamamı 60 yaş üzeri kadın hastalardı ve bu hastalardaki humerus kırıkları humerusun orta üçte birlik kısmındaydı. Cerrahi tedaviye geçiş yapılan hastaların 25(OH) vitamin D [25(OH)D] seviyeleri ortalama 14 mg/dL (4-22 mg/dL) idi.

Sonuç: Bu çalışma neticesinde humeral cisim kırığının proksimal yerleşimli ve oblik olması veya orta shaft yerleşimli olması, hastanın 60 yaş üstü kadın hasta olması ve hastanın 25(OH)D seviyesinin düşük olması durumlarında konservatif tedavinin başarısız olmaya daha yatkın olduğu sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Konservatif, humerus kırığı, cerrahi

ABSTRACT

Aim: Humeral shaft fractures are one of the most common fractures of the upper extremity. Most humeral shaft fractures can be treated conservatively, but in some cases, surgical treatment is required. In this study, the characteristics of patients who needed surgical intervention due to unsuccessful conservative treatment and inability to achieve union were investigated.

Materials and Methods: Data of 67 patients [female (n=41) and male (n=26)] in whom conservative treatment was initiated due to humeral shaft fracture were evaluated retrospectively. The data of the patients in whom treatment had to be switched to surgery during the follow-up period were analyzed. Age, gender, trauma type, fracture site and vitamin D levels on the day of the fracture were noted.

Results: At the end of 54 (42-77) days, the treatment was switched to surgery due to nonunion in 14 patients. All of these patients were female, over the age of 60 years, and the humeral fractures in these patients were in the middle third of the humerus. The mean 25(OH) vitamin D [25(OH)D] level of these patients was 14 mg/dL (4-22 mg/dL).

Conclusion: It is concluded that the conservative treatment is prone to fail if humeral shaft fracture is a proximal oblique or a mid-shaft one, if the patient is over the age of 60 years and female, and if 25(OH)D level of the patient is low.

Keywords: Conservative, humerus fracture, surgery

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Mehmet ALBAYRAK, İstanbul Rumeli Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Terapi ve Yaşam Bölümü Fizyoterapi Programı, İstanbul; Tekirdağ Yaşam Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Tekirdağ, Türkiye
Tel.: +90 533 660 50 13 **E-posta:** doktorm.albayrak@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-4074-7024
Geliş tarihi/Received: 03.05.2023 **Kabul tarihi/Accepted:** 22.06.2023



©Telif Hakkı 2023 Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi / Namık Kemal Tıp Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.
©Copyright 2023 by Tekirdağ Namık Kemal University / Namık Kemal Medical Journal is published by Galenos Publishing House.
Creative Commons Atıf-GayriTicari-Türetilemez 4.0 (CC BY-NC-ND) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

GİRİŞ

Humerus shaft kırığı (HSK), tüm kırıkların %1-5'ini oluşturan yaygın bir üst ekstremité yaralanmasıdır^{1,2}. HSK'ların insidansı genellikle bimodal bir dağılım gösterir-ilk zirve genellikle yüksek enerjili travmaya bağlı olarak 21-30 yaş arası genç erkeklerde görülürken, ikinci zirve 50-80 yaş arası yaşlı kadınlarda düşük enerjili travmaya bağlı olarak (genellikle ayakta durma yüksekliğinden düşme) meydana gelir³.

HSK'lar için konservatif⁴ tedavi ile cerrahi müdahale⁵ arasında en uygun tedaviye ilişkin henüz bir uzlaşma yoktur. Literatürde daha çok tercih edilen konservatif yöntemler, acil serviste uygulanan birleştirme alçısı ve ardından Sarmiento fonksiyonel alçı⁶ veya doğrudan fonksiyonel alçı uygulamayı içerir⁷. HSK'ların cerrahi tedavisi ile ilgili olarak, travma cerrahları tarafından yaygın olarak kabul edilen mutlak ve göreceli endikasyonlar listesi mevcuttur (Tablo 1)⁸⁻¹⁰.

Yaş, cinsiyet, travma şiddeti, açık kırık varlığı ve eşlik eden metabolik hastalıklar kırığın iyileşmesini etkileyen faktörlerdir^{2,3}. Kırık tipi açısından, humerusun kısa oblik kırıkları gibi bazı kırık tipleri cerrahi için göreceli endikasyon taşır, yani bu durumlarda öncelikle konservatif tedavi başlatılabilir. Takipte kaynama olmaması gibi başarısızlık durumunda, bu kırık tipleri cerrahi müdahaleye ihtiyaç duyabilir. Konservatif tedavinin takip döneminde, hasta uyumunun giderek azaldığı iyi bilinmektedir ve konservatif tedavi başarısız olduğunda daha fazla cerrahi müdahaleye gereksinim duyulduğunda cerrahi daha zor ve teknik olarak zorlayıcı hale gelir.

Bu çalışmada, başarısız konservatif tedavi sonrası ve kaynama elde edilemeyerek cerrahi müdahaleye ihtiyaç duyan hastaların özellikleri araştırılmıştır. Konservatif tedavide distal oblik shaft kırıklarında başarısızlık eğilimi olduğu hipotez edilmiştir. Ayrıca, cinsiyet, yaş ve D vitamini düzeylerinin konservatif tedavi başarısı veya başarısızlığı üzerindeki etkileri de değerlendirilmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Yerel Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (protokol no: 2023.77.04.13, tarih: 25/04/2023).

Bu retrospektif çalışmada, Ocak 2008 ve Aralık 2018 tarihleri arasında Tekirdağ Yaşam Hastanesi'nde HSK tedavisi gören 84 hasta arşiv ve radyoloji dosyaları incelenerek değerlendirilmiştir. Bunlar arasında mutlak endikasyonlar nedeniyle ameliyat edilen 17 hasta çalışmadan çıkarılmıştır. Geriye kalan 67 hasta tedaviye başlanırken konservatif olarak yönetilmiş ve sonrasında cerrahi müdahale yapılmıştır. Tüm hasta özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur.

İlk başvuruda tüm hastaların 25(OH) vitamin D [25(OH)D] düzeyleri ölçülmüştür. Radyolojik incelemeler [omuz ve kolun anteroposterior (AP) ve lateral görüntüleri] sonrasında, dahil edilen tüm hastalara acil serviste uygulanan birleştirme alçısı ile konservatif tedavi başlanmıştır. Ertesi gün, her hastanın sağlam kolundan alınan ölçülerle splint yapılmıştır. Bir hafta sonra, birleştirme alçısı çıkarılmış ve özel olarak yapılan splint uygulanmıştır. Tüm hastalar iki hafta boyunca haftalık radyografilerle takip edilmiştir. Kabul edilebilir kriterler, azami 20° apeks anterior veya posterior açısal değişim, azami 30° varus/valgus açısal değişim, maksimum 15° malrotasyon ve 3 cm kısalık olarak belirtilmiştir².

Takip döneminde tedavisi cerrahiye çevrilmek zorunda kalan hastaların verileri analiz edilmiştir. Yaş, cinsiyet, travma tipi ve kırık yeri kaydedilmiştir.

Şekil 1'de, ilk başvuru anında 67 yaşındaki kadın hastanın radyografisi görülmektedir. Şekil 2'de aynı hastanın 29. günde kırık diziliminde bozulma ve kaynamama görülmektedir. Şekil 3'te hastanın ameliyat sonrası 4. haftada çekilen radyografisi görülmektedir.

Şekil 4'te, ilk başvuru anında 64 yaşındaki başka bir kadın hastanın radyografisi görülmektedir. Şekil 5'te aynı hastanın kırık diziliminde bozulma ve kaynamama görülmektedir. Şekil 6'da hastanın ameliyat sonrası 3. haftada çekilen AP radyografisi, Şekil 7'de ise aynı hastanın ameliyat sonrası 3. haftada çekilen lateral radyografisi görülmektedir.

İstatistiksel Analiz

Kırıkların kaynama durumu üzerinde yaş, cinsiyet, kırık yeri ve kırık tipinin etkilerini incelemek için ikili lojistik regresyon

Tablo 1. Humerus shaft kırıklarının cerrahi tedavisi için mutlak ve görece endikasyonlar

Mutlak endikasyonlar	Görece endikasyonlar
- Açık kırık - Tamir gerektiren damar hasarı - Brakial pleksus hasarı - Aynı taraf önkol kırığı (yüzen dirsek) - Kompartman sendromu - Protezin alt ucunda olan periprostetik humerus shaft kırığı	- Bilateral humerus kırığı - Politravma veya eşlik eden alt ekstremité kırığı - Patolojik kırıklar - Atellemeyi engelleyen yanık ya da yumuşak doku hasarı - Kırık özellikleri - Kırık hattında ayrışma - Kısa oblik ya da transvers kırık - Eklem içi uzanım

Tablo 2. Hastaların verileri

Veri	Hasta sayısı
Erkek	26
Kadın	41
Toplam	67
Kırığın yeri	
Proximal 1/3	16
Middle 1/3	39
Distal 1/3	12
Toplam	67
Travma tipi	
Majör	11
Minör	56
Toplam	67



Şekil 1. İlk başvuru anında 67 yaşındaki kadın hastanın radyografisi

modeli kullanılmış ve bahsi geçen değişkenlerin kolektif anlamlılığını değerlendirmek için Wald testi yapılmıştır. Ayrıca, cinsiyete, kırık tipine ve yaşa göre kırık iyileşmesindeki farkları belirlemek için Fisher exact testi yapılmıştır. İstatistiksel anlamlılığı belirlemek için p değeri <0,05 olarak kullanılmıştır.

BULGULAR

Kırıkların on altısı humerusun proksimal üçte birinde, otuzu dokuz tanesi orta üçte birinde ve on ikisi distal üçte birinde yer almaktadır. On bir hastada yüksekten düşme gibi büyük travmalar sonucu kırık meydana gelirken geri kalanı basit travma veya ayakta durma yüksekliğinden düşme sonucu



Şekil 2. Aynı hastanın 29. günde çekilen radyografisi kırık diziliminde bozulma ve kaynamama gözüküyor



Şekil 3. Hastanın ameliyat sonrası 4. haftadaki takip radyografisi

kırık geçirmiştir. Altmış yedi hastanın 53'ü komplikasyonsuz bir şekilde iyileşmiş ve 8-10 hafta süresince kırık kaynaması sağlanmıştır. Radyografik olarak, 53 hastanın hepsinde 4-6 hafta içinde kallus oluşumu görülmüş ve AP ve lateral radyografilerde kemik dizilimi kabul edilebilir aralıkta olmuştur.

Konservatif tedavisi başarısız olan 14 hastaya (%20,89) sonrasında cerrahi tedavi uygulanmıştır. Konservatif tedavi yönetiminin başarısız olması ve cerrahiye yönelme için ortalama süre 41 gün (38 ± 14 gün) olarak bulunmuştur. Başarısızlık nedenleri, takip radyografilerinde dizilim bozukluğu ve yeterli kallus oluşmamasıydı. Sonuç olarak, 14 hastaya açık



Şekil 4. İlk başvuru anında 64 yaşındaki kadın hastanın radyografisi

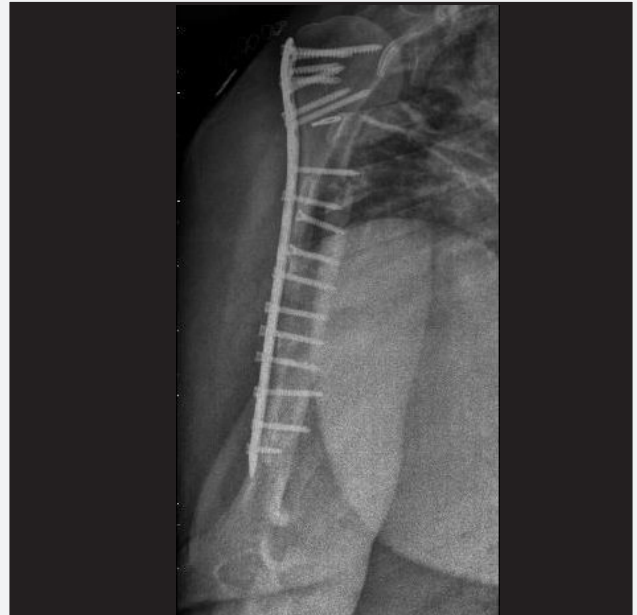


Şekil 6. Hastanın ameliyat sonrası 3. haftadaki AP radyografisi

AP: Anteroposterior



Şekil 5. Aynı hastanın 32. günde çekilen radyografisi kırık diziliminde bozulma ve kaynamama gözüküyor



Şekil 7. Hastanın ameliyat sonrası 3. haftadaki lateral radyografisi

redüksiyon ve internal fiksasyonla plak ve vidalar kullanılarak tedavi edilmiştir. Ameliyat sonrası, hastalar 2 hafta boyunca takip edilmiş; tüm kırıklar 10 hafta sonra radyografik kaynama göstermiştir. Komplikasyonlar arasında, iki hastada 15 günlük antibiyotik tedavisi ve pansumanlarla iyileşen yüzeysel yara

enfeksiyonları tespit edilmiştir. Üç hastada ise 20 günlük evde ve hastanede yapılan fizik tedavi ile düzelen 30° dirsek hareket kısıtlılığı meydana gelmiştir.

Kırık yerine göre, proksimal üçte birdeki kırıkların %25'i (n=4/16), orta üçte birdeki kırıkların %89,74'ü (n=35/39) ve

distal üçte birdeki kırıkların %100'ü (n=12/12) fonksiyonel alçı kullanarak kaynamıştır. Proksimal ve orta üçte bir kırıklar arasında iyileşme oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardı (p=0,039) ve proksimal ve distal üçte bir kırıklar arasındaki iyileşme oranları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (p=0,051).

Konservatif tedavi uygulanan (n=53) ve cerrahi tedavi uygulanan (n=14) grupları karşılaştırdığımızda, ilk grup daha genç hastalardan (ortalama 44±12 yaş) oluşurken, cerrahi tedavi gören hastaların ortalama yaşı 61±11 yaş idi; bu fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p=0,040). Diğer yandan, kabul anındaki ortalama D vitamini düzeyleri, konservatif tedavi gören gruba göre cerrahi tedavi gören grupta anlamlı düzeyde düşüktü [14 mg/dL (16±8 mg/dL) ye 29 mg/dL (44±14 mg/dL); p=0,036].

Cinsiyete göre sınıflandırıldığında, tüm erkek hastaların kırık kaynama gösterdiği, kadınların ise %33,3'ünün kaynama göstermediği görüldü. Farklı yaş gruplarını karşılaştırdığımızda, 16-59 yaş arası tüm hastaların kaynama gösterdiği, >60 yaşındaki hastaların %35'inin kaynama göstermediği belirlendi. Ayrıca, kaynama durumu ve travma tipi arasında anlamlı bir ilişki yoktu (p=0,061).

Yaş, cinsiyet ve D vitamini düzeyinin etkisini belirlemek için yapılan Wald testi, yaş değişkeninde bir yıllık bir artışın kırık kaynama olasılığını 0.836 kat azalttığını ($\beta=-0,18$, oran oranı=0,836, p=0,048) göstermiştir. Ayrıca, kırık kaynama durumu ile cinsiyet (p=0,011) ve yaş (p=0,044) arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

TARTIŞMA

Fonksiyonel tedavi (alçıya alma/alçılama şeklinde) HSK'ların konservatif yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır ve bu sayede genellikle kırık kaynamasını ve hastanın uyumunu sağlamak için uygun stabilizasyona izin vererek tatmin edici sonuçlar elde edilir¹¹. Obezite ve hastanın alçı tedavisine uyumsuzluğu, konservatif tedavi için başlıca engeller olsa da^{10,11}, fonksiyonel alçı tedavisi HSK'lar için tercih edilen ilk tedavi seçeneğidir¹⁰⁻¹². Çalışmamızdaki örnekleme, tüm hastalar öncelikle konservatif tedavi ile alçıya alma ile başlatılmış ve ameliyat için mutlak endikasyon olmadıkça fonksiyonel alçı kullanılarak yönetilmiştir. Ancak, Denard ve ark.⁵ kırık konservatif tedavi yönetiminin kırık kaynamama ve malunion açısından cerrahi tedaviden önemli ölçüde daha yüksek bir orana sahip olduğunu belirtmiş ve cerrahi tedavinin belirgin komplikasyon olmaksızın konservatif tedaviden daha iyi olduğunu ifade etmişlerdir. Buna karşılık, hastalarımızın yalnızca %20,89'unun konservatif yönetimle yanlış kaynama veya kırık kaynamaması yaşadığı, bu da HSK'lar için ilk tercih olarak konservatif tedaviyi destekleyen bir seçenek olduğunu göstermektedir.

Ancak, HSK'ların konservatif yöntemlerle tedavisinin başarılı olmasına rağmen, birçok çalışma özellikle proksimal üçte birdeki oblik humerus kırıklarının cerrahi müdahale gerektirdiğini belirtmiştir^{4,12,13}. Çalışmamızda da, yanlış kaynama veya kırık kaynaması nedeniyle cerrahiye yönelik tedavi uygulanan tüm hastalarımızın proksimal humerusta oblik kırıkları vardı. Ayrıca, Koch ve ark.¹⁴ humerusun transvers kırıklarının yanlış kaynama açısından daha yatkın olduğunu ve genellikle cerrahi gerektirdiğini belirtmiştir. Ancak, çalışmamızda, transvers kırıklar konservatif tedavi ile iyi kaynama gösterirken, oblik kırık grubunda cerrahiye ihtiyaç duyulmuştur.

Özellikle proksimal üçte birdeki oblik HSK'ların konservatif yöntemlerle yanlış kaynama açısından daha yatkın olduğu konusunda önceki çalışmaların da benzer kanıtları vardır ve bu durumda hastanın yaşı önemli bir faktör olarak belirtilmiştir^{15,16}. Buna karşılık, Ali ve ark.⁴ bu özel kırık tipinde, hastanın yaşı gözetilmeksizin yanlış kaynama oluşabileceğini bulmuşlardır. Çalışmamızda, 60 yaşın üzerindeki hastalar, proksimal oblik HSK geçirdikten sonra yanlış kaynamaya yatkındılar.

Ayrıca, AO sınıflandırmasına göre kırığın tipine bakılmaksızın HSK'larda kaynamayı sağlamak için tek kriterin şaftın içindeki kırık yerinin proksimalde olup olmaması olduğu rapor edilmiştir¹¹. Biz de çalışmamızda proksimal üçte birdeki kırıkların yanlış kaynama eğiliminde olduğunu gördük. Proksimal üçte birdeki kırıkların, özellikle oblik tipi, konservatif olarak kaynamamaya yatkındır. Ancak, neden proksimal üçte bir humerus kırıkları, özellikle oblik tipi, konservatif olarak kaynamaz ve cerrahi gerektirir henüz belirsizdir. Walker ve ark.¹⁰ bunun nedeninin bu bölgenin deltoid ve pectoralis major adlı iki güçlü kasın eklem yerlerinin arasında olması ve bu kasların farklı yönlerde doğru çekerek kırık bölgesini dağıtma eğiliminde olması olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla, rotasyonel hizalama korunsa da kırık uçları arasında boşluk olması durumunda, kas araya girme durumunun dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir. Önemli bir boşluk olduğunda, kırık atrofik bir yanlış kaynama eğilimindedir. Çalışmamızdaki sonuçlar, özellikle proksimal bir üçte bir humerus kırıklarının konservatif olarak yönetilmesi durumunda eğilimin yanlış kaynama yönünde olduğunu ve özellikle yaşlı hastalarda bu durumun daha da belirgin olduğunu doğrulamaktadır.

Çalışmamıza benzer şekilde, Decomas ve Kaye¹⁷ HSF hastalarında kaynama olmama durumunu çoklu faktöriyel analiz ile inceleyerek obezite, sigara içme öyküsü, metabolik kemik hastalığı, kardiyovasküler hastalık, kısa oblik kırıklar, açık kırıklar ve şaftın proksimal üçte birindeki kırıkların potansiyel risk faktörleri olduğunu doğrulamışlardır. Buna göre, bu hastaların konservatif tedavi ile yönetilmesinin kaynama olmama riskini artırdığını ve dolayısıyla cerrahi olarak doğrudan yönetilmeleri gerektiğini belirtmişlerdir¹⁷. Sonuçlarımız da benzer şekilde,

özellikle yaşlı hastalarda, HSF'lerin proksimal üçte birindeki kırıkların konservatif yönetimi durumunda kaynama olmama eğiliminde olduğunu doğrulamaktadır.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızda hastaların kırık kaynamasını etkileyebilecek diabetes mellitus, hipotiroidizm, obezite ve sigara içme gibi hastalıklar gibi hastanın tıbbi geçmişi göz önünde bulundurulmamıştır; bu bilgilerin eksikliği sonuçlarımızın uygulanabilirliğini sınırlar. Ayrıca, kırıklar AO sınıflandırmasına göre sınıflandırılmamıştır. Kırık iyileşmesi konusunda non-union olgularını kırık sınıflarına göre karşılaştıran daha büyük çalışmalara ve hastanın kişisel özellikleri ile ilgili daha fazla faktörü içeren çalışmalara ihtiyaç vardır.

SONUÇ

Sonuçlarımız, humerus proksimal veya orta üçte birdeki oblik (kısa veya uzun olanlar) shaft kırıklarının özellikle hastanın kadın ve 60 yaşın üzerinde olması durumunda cerrahi tedavi için mutlak endikasyon haline gelme eğiliminde olduğunu doğrulamaktadır. Bu hastalarda, klinisyenler kemik kaynamasını ve iyileşmeyi sağlamak için konservatif yöntemleri kullanmadan hemen cerrahiye yönelmelidirler.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Yerel Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (protokol no: 2023.77.04.13, tarih: 25/04/2023).

Hasta Onayı: Retrospektif çalışmadır.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: M.A., Konsept: M.A., Dizayn: M.A., Veri Toplama veya İşleme: M.A., Analiz veya Yorumlama: F.U., Literatür Arama: F.U., Yazan: M.A.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

KAYNAKLAR

1. Cole PA, Wijdicks CA. The operative treatment of diaphyseal humeral shaft fractures. *Hand Clin.* 2007;23:437-48.
2. Spiguel AR, Steffner RJ. Humeral shaft fractures. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2012;5:177-83.
3. Tytherleigh-Strong G, Walls N, McQueen MM. The epidemiology of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80:249-53.
4. Ali E, Griffiths D, Obi N, Tytherleigh-Strong G, Van Rensburg L. Nonoperative treatment of humeral shaft fractures revisited. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24:210-4.
5. Denard A Jr, Richards JE, Obremskey 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;33.
6. Sarmiento A, Kinman PB, Galvin EG, Schmitt RH, Phillips JG. Functional bracing of fractures of the shaft of the humerus. *J Bone Joint Surg Am.* 1977;59:596-601.
7. Zagorski JB, Latta LL, Zych GA, Finnieston AR. Diaphyseal fractures of the humerus. Treatment with prefabricated braces. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70:607-10.
8. Latta LL, Sarmiento A, Tarr RR. The rationale of functional bracing of fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;28-36.
9. Ekholm R, Tidermark J, Törnkvist H, Adami J, Ponzer S. Outcome after closed functional treatment of humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma.* 2006;20:591-6.
10. Walker M, Palumbo B, Badman B, Brooks J, Van Gelderen J, Mighell M. Humeral shaft fractures: a review. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20:833-44.
11. Toivanen JA, Nieminen J, Laine HJ, Honkonen SE, Järvinen MJ. Functional treatment of closed humeral shaft fractures. *Int Orthop.* 2005;29:10-3.
12. Rutgers M, Ring D. Treatment of diaphyseal fractures of the humerus using a functional brace. *J Orthop Trauma.* 2006;20:597-601.
13. Ring D, Chin K, Taghinia AH, Jupiter JB. Nonunion after functional brace treatment of diaphyseal humerus fractures. *J Trauma.* 2007;62:1157-8.
14. Koch PP, Gross DF, Gerber C. The results of functional (Sarmiento) bracing of humeral shaft fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11:143-50.
15. Gallusser N, Barimani B, Vauclair F. Humeral shaft fractures. *EFORT Open Rev.* 2021;6:24-34.
16. Kehtari S, Gallusser N, Vauclair F. Mise au point sur les fractures diaphysaires de l'humérus [Update on humeral shaft fractures]. *Rev Med Suisse.* 2020;16:2421-5.
17. Decomas A, Kaye J. Risk factors associated with failure of treatment of humeral diaphyseal fractures after functional bracing. *J La State Med Soc.* 2010;162:33-5.