

# Retrograd İntramedüller Çivileme ile Femur Distal Nonunion Tedavisinde Otogreft Gerekli mi?

## *Is Autograft Necessary in the Treatment of Femur Distal Nonunion with Retrograde Intramedullary Nailing?*

Sefa KEY<sup>1</sup>, Şükrü DEMİR<sup>2</sup>, Murat GÜRGER<sup>2</sup>, Erhan YILMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bingöl Devlet Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Bingöl, Türkiye

<sup>2</sup> Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji AD, Elazığ, Türkiye

### Özet

**Amaç:** Distal femur kırıklarında günümüzde sık kullanılan kilitli plaklar sonrasında gelişen nonunion tedavisi için retrograde intramedüller çiviler ile tedavi edilen hastalarda otogreft kullanımının kaynama süresi ve diz fonksiyonları üzerine etkisini değerlendirmek.

**Gereç ve Yöntemler:** Çalışmada reamerize intramedüller çivi ile tedavi edilmiş distal femur kaynaması olmayan 18 hastanın verileri retrospektif olarak incelendi. Çalışmaya femur 1/3 distalinde nonunion olan ve aktif enfeksiyon bulgusu olmayan tüm hastalar dahil edildi. Dokuz ay sonunda kaynama bulgusu olmayan ve implant yetmezliği görülen reamerize intramedüller çivi ile tedavi edilmiş hastalar incelendi. Kaynama değerlendirmesi ve diz fonksiyonları değerlendirildi. Sürekli değişkenler Student t testi kullanılarak karşılaştırıldı. P değeri <0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

**Bulgular:** Hastaların ortalama takip süresi 24.7 (12-36) ay idi. Üç hastada varus deformitesi komplikasyon olarak izlendi. Hastaların Mize skoru esas alınarak 12'sinde iyi sonuç 3 hastada mükemmel, 3 hastada makul sonuç elde edildi. Ortalama kaynama sürelerine bakıldığında 5.2 (4-7) ay idi. Operasyon öncesi maksimum 91.7 (10-120) derece olan diz fleksiyonu, operasyon sonrası ortalama maksimum diz fleksiyonu 106 (70-120) derece bulundu. Otogreft kullanımında kaynama süresi bakımından anlamlı farklılık gözlenmedi.

**Sonuç:** Distal femur nonunionlarda tedavi seçeneği olarak retrograde intramedüller çiviler ile başarılı sonuçlar alınabilir. Otogreft kullanımı kaynama süresi açısından sonucu etkilemese de bu konuda daha fazla çalışma yararlı olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Femur distal nonunion, Femur distal plak, Retrograde intramedüller çivi

### Abstract

**Objective:** To evaluate the effect of auto graft use on union time and knee functions in patients treated with retrograde intramedullary nails for the treatment of nonunion after locking plates, which are commonly used today in distal femur fractures.

**Materials and Methods:** A retrospective study of 18 manufacturers with no intramedullary internal localization and no femoral union was studied. All people with nonunion in the 1/3 distal and without active signs are taken care of. At the end of 9 months, no sign of union and grown with intramedullary civilian after implant training were examined. Evaluation and value of union were evaluated. Continuous concordances Student's t-test compared. P value <0.05 was considered significant.

**Results:** The mean follow-up period of the patients was 24.7 (12-36) months. Varus deformity was observed as a complication in 3 patients. Based on the Mize score of the patients, good results were obtained in 12 patients, excellent results in 3 patients, and reasonable results in 3 patients. Considering the mean union times, it was 5.2 (4-7) months. The mean maximum knee flexion was 91.7 (10-120) degrees preoperatively and 106 (70-120) degrees postoperatively. No significant difference was observed in terms of union time in auto graft use.

**Conclusions:** Successful results can be obtained with retrograde intramedullary nails as a treatment option in distal femoral nonunions. Although the use of auto graft does not affect the result in terms of union time, more studies on this subject would be beneficial.

**Keywords:** Femur distal nonunion, Femur distal plate, Retrograde intramedullary nail

**Yazışma Adresi:** Sefa KEY, Bingöl Devlet Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, 12000, Bingöl, Türkiye

**Telefon:** 05372227396 **e-mail:** sefa\_key@hotmail.com

**ORCID No (Sırasıyla):** 0000-0003-3620-936X, 0000-0002-1709-3851, 0000-0002-7510-7203, 0000-0003-1066-3337

**Geliş tarihi:** 22.11.2021

**Kabul tarihi:** 22.11.2021

**DOI:** 10.17517/ksutfd.1027239

## GİRİŞ

Distal femur kırıklarının tüm kırıkların %1'inden azını ve tüm femur kırıklarının %4-6'sını oluşturur (1). Suprakondiler femur kırıkları, yüksek enerjili kazalar sonucu genç hastalar ve osteoporotik olan yaşlı hastalarda yaygın olarak görülür. Ayrıca total diz artroplastisi veya total kalça artroplastisi sonrasında distal femurun periprostetik kırıklarında bir artış tanımlanmıştır (2). Distal femur kırıkları için operatif tedavi standart iken, cerrahi olmayan tedavi sınırlı durumlar için tercih edilmektedir. Cerrahi fiksasyonda kilitli plaklar dinamik kondiler vidalar ve çiviler kullanılabilir (3). Biyolojiyi korumak amaçlı son yıllarda minimal invaziv tekniklerin kullanımı giderek artmaktadır (4). Kilitli bir kondiler plak, bu kırıkların başarılı tedavisinde anahtar faktörlerden biri olan daha stabil fiksasyon sağlar. Kilitli implantlar tipik olarak osteoporozlu hastalarda, medial korteksin restore edilemediği hastalarda endikedir (5). Komplikasyonlar arasında yer alan nonunion (kaynamama) için birçok faktör vardır. Hasta ile ilişkili olabileceği gibi implant uygulama tekniği nonunion ile ilişkili faktörler arasındadır. Tütün kullanımı, vasküler hastalıklar, diyabet, maligniteler gibi komorbid durumlar nonunion için risk faktörleridir. Açık kırıklar, geniş kırık alanı, ciddi yumuşak doku hasarı riski arttıran diğer durumlardır (6). Femur distal kırıklarında kilitli plaklar için %20'ye yaklaşan kaynamama oranları bildirilmiştir (7). Parçalı distal femur kırıklarında köprüleme tekniği kullanılarak minimal invaziv teknikle plaklı osteosentez yapılabilir. Kırık alanı kallus dokusuyla dolar ve kaynama gerçekleşir. Yeterli stabilite olduğu durumlarda cerrahi dışı bazı yöntemler de kullanılabilir (8). Fakat cerrahi dışı yöntemler lokal sorunlara ve diz sertliği gibi komplikasyonlara neden olurlar. Cerrahi tedavi seçimiyle özellikle kilitli plak uygulaması sonrasında meydana gelen kaynamamalarda rekanalizasyon uygun bir yöntemdir. Özellikle retrograd uygulanan femur çivileri sklerotik medullayı rekanalize etmekte ve bu bölgenin kaynamama tedavilerinde kullanılan bir cerrahi tekniktir (9). Distal femur kaynamamalarını tedavi ederken, nihai hedef aynı anda yeterli kan akışını korurken stabil redüksiyon elde etmektir. Çeşitli tedavi seçenekleri mevcuttur ve bunlar bir şekilde distal femur kırığının başlangıç tedavisine bağlıdır (3). Distal femur kaynamamaları, birden fazla tedavi yönteminin olduğu bir komplikasyondur. Sabit açılı plak ve otogreft kullanılarak açık redüksiyon internal fiksasyon (ORIF) ile tedavinin iyi sonuçları verdiği; kemik grefti kullanılan veya kullanılmayan intramedüller çivileme (IMN) ve eksternal fiksasyon ortopedik cerrahlar için makul alternatifler olmaya devam etmektedir (10). Distal femur kaynamama tedavisinde otogreft kullanımı başarılı sonuçlar vermektedir (11). Bununla beraber yine femur distal kırıkların tedavisinde, kemik grefti uygulanmayan ve dinamik olarak kilitlenen, oyulmuş bir çivileme

ile başarılı sonuçlar alındığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (12). Bu çalışmanın amacı distal femur kırıklarında günümüzde sık kullanılan kilitli plaklar sonrasında gelişen nonunion tedavisi için retrograde intramedüller çivilerin tedavi etkinliğini değerlendirmektir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

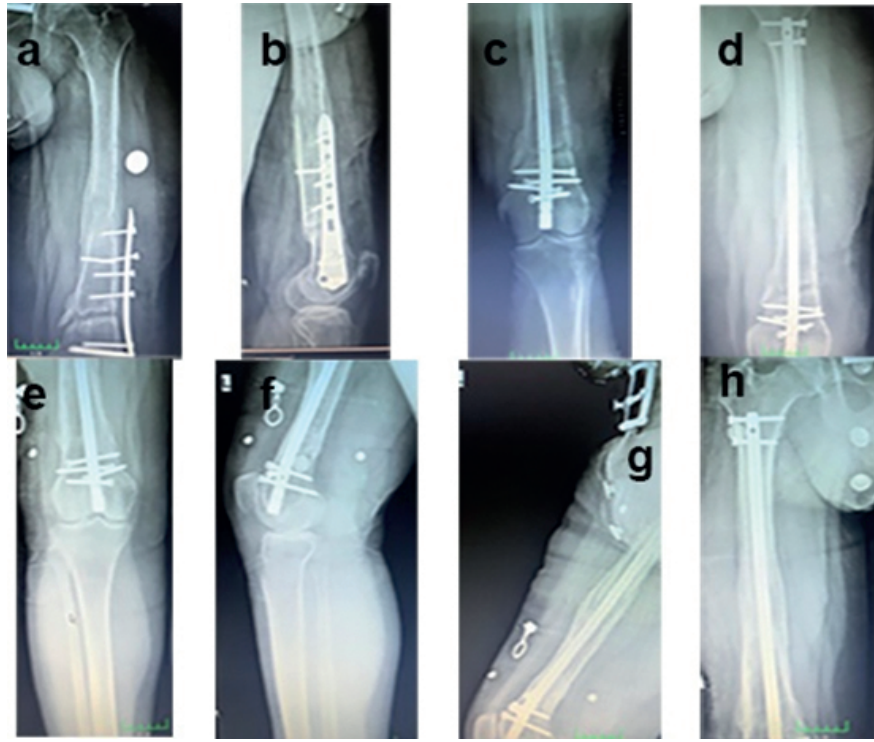
Çalışmaya Fırat Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulunun 04.02.2021 tarihli oturumu 2021/02 -32 karar no'lu onayının ardından başlandı. Çalışmada 2010-2020 tarihleri arasında reamerize intramedüller çivi ile tedavi edilmiş distal femur kaynaması olmayan 18 hastanın verileri retrospektif olarak incelendi. Hastaların kaynama sürelerine, kaynama durumlarına bakıldı. Diz fonksiyonları modifiye Mize skoru kullanılarak değerlendirildi (13). Diz fleksiyon kaybı <10 derece, ağrısız yürüyüş, varus-valgus olmaması olanlar mükemmel sonuç olarak değerlendirilirken; >20 derece fleksiyon kaybı, >10 derece ekstansiyon kaybı, 5 derece varus-valgus deformitesi, minimal ağrı kriterlerinden birinden fazlasını taşımayanlar iyi sonuç olarak değerlendirildi (14).

### Ekleme ve Hariç Tutma Ölçütleri

Çalışmaya femur 1/3 distalinde nonunion olan ve aktif enfeksiyon bulgusu olmayan, AO Tip 3A sınıfı olan ve ek hastalığı bulunmayan tüm hastalar dahil edildi. Dokuz ay sonunda kaynama bulgusu olmayan ve implant yetmezliği görülen reamerize intramedüller çivi ile tedavi edilmiş hastalar incelendi. Tüm hastalara radyolusen bir masada benzer cerrahi teknik uygulandı. Tüm hastalar tek merkezde ve aynı cerrahi ekip tarafından opere edildi. Daha önce revizyon geçiren ve kaynama elde edilemeyen 4 hastada otogreft kullanıldı.

### Kırık Tipleri ve Takibi

Kırıklar AO sınıflama sistemi kullanılarak sınıflandırıldı; AO Tip A3 sınıfı olan hastalar değerlendirilmeye alındı. Kaynama değerlendirmesi 3 veya 4 kortekste solid kaynama dokusu ve yürürken ağrı olamaması olarak esas alındı (15,16). Ağrısız ağırlık taşıma ve köprü kallus oluşumu, kırık kaynamasının klinik ve radyografik kanıtıdır. Bu nedenle kaynamama tanısı için tipik kriterler, yük taşımada kırık bölgesinde ağrı ve kırıktan itibaren en az altı ay süreyle kaynamanın gerçekleşmemesi ve üç ay boyunca gözle görülür progresif radyolojik iyileşme kanıtı olmaması nonunion olarak kabul edildi (7). Radyolojik değerlendirmede anteroposterior (AP), yan grafiler postoperatif, 2. 4. ve 6. ay grafileri değerlendirildi (**Resim 1**). Ağrı değerlendirmesi için Vizüel Analog Skala (VAS) kullanıldı.



**Resim 1.** 54 yaşında erkek hasta Tip A3 femur distal nonunion tedavi olgusu; kesin tedaviden altı ay sonra, hastanın ağırlık taşıma ve aktivitede ağrısı yok a) Distal femur kırığı nonunion tedavi öncesi AP grafi, b) Distal femur kırığı nonunion tedavi öncesi yan grafi c) Retrograde intramedüller çivi ile nonunion tedavisi sonrası AP grafi, d) Postoperatif 2. ay AP grafi, e) Postoperatif 4. ay AP grafi, f) Postoperatif 4. ay yan grafi, g) Postoperatif 6. ay yan grafi, h) Postoperatif 6. ay AP grafi

### Cerrahi Teknik ve Postoperatif Bakım

Hastalar supin pozisyonda masaya alınmış, önceki implantların çıkarılması için gerekli açılımlar yapılmış ve tüm implantlar çıkarılmıştı. Diz anteriorundan 3cm'lik longitudinal bir insizyonun ardından patellar tendon split ayrılarak femur trohlear oluk tanımlandı. Diz 45 derece fleksiyonda iken giriş deliği açıldı ve kılavuz teli distalden proksimale doğru gönderildi. Ardından reamerizasyon ve sonrasında retrograd femoral kilitli çivi (Russell-Taylor kilitli çivi; Smith&Nephew, Memphis [TN], ABD) uygulandı. Dört hastada iliak otogreft ile augmentasyon yapıldı. Redüksiyon ve implant konumlandırmaya yardımcı olmak için C-kollu floroskopi kullanıldı. Greftleme için kemik anterior iliak krestten alındı ve uygulandı. Hastalara profilaktik antibiyotik ve aktif mobilizasyona kadar venöz tromboemboli profilaksisi uygulandı. Postoperatif hastalara ilk gün pasif eklem hareket açıklığı (ROM) egzersizlerine izin verildi. İlk 3 hafta kontrollü yüklenmeye sonrasında tam yüklenmeye geçildi. Tüm hastalara 2. haftadan itibaren aktif diz hareketleri başlandı.

### İstatistiksel Analiz

Analizler SPSS (Statistical Package for Social Sciences; SPSS Inc., Chicago, IL) 20 paket programında değerlendirilmiştir. Çalışmada tanımlayıcı veriler ka-

tegorik verilerde n, % değerleri, sürekli verilerde ise ortalama, standart sapma, medyan, minimum-maksimum değerleri ile gösterilmiştir. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk testi ile değerlendirilmiştir. İkili grupların karşılaştırılmasında Student t-testi kullanılmıştır. Operasyon öncesi ve sonrası maksimum açı arasındaki fark bağımlı gruplarda t testi ile gösterilmiştir. Analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak kabul edilmiştir.

### SONUÇLAR

Hastalar incelendiğinde 13 erkek 5 kadın hasta şeklinde dağılım gösteriyordu. Çalışmada kadınların yaşı ( $59 \pm 22.5$ ) erkeklerin yaşından ( $38.5 \pm 15.7$ ) yüksek bulunmuştur ( $p=0.042$ ). Hastaların ortalama takip süresi 24.7 (12-36) ay idi. Üç hastada varus deformitesi komplikasyon olarak izlendi. Hastaların Mize skoru esas alınarak 12'sinde iyi sonuç 3 hastada mükemmel, 3 hastada makul sonuç elde edildi. Hastaların ilk yaralanmaları ile son operasyonları arasında geçen ortalama zaman 13.4 (10-24) ay idi. Ortalama kaynama sürelerine bakıldığında 5.2 (4-7) ay idi. Operasyon öncesi maksimum 91.7 (10-120) derece, operasyon sonrası ortalama maksimum diz fleksiyonu 106 (70-120) derece idi ( $p=0.007$ )(**Tablo 1**).

**Tablo 1. Hasta verileri, sonuçlar ve otogreft-kaynama süresi ilişkisi**

	Mean	SD	Median	Minimum	Maximum
Yaş	44.2	19.5	41.0	22.0	85.0
İlk Yaralanma ile Son Operasyon Arasındaki Süre (Ay)	13.4	3.2	12.5	10.0	24.0
Önceki Cerrahi Sayıları	1.5	0.6	1.0	1.0	3.0
Kaynama Süresi (Ay)	5.2	0.9	5.0	4.0	7.0
Operasyon Öncesi Maksimum Diz Fleksiyonu	91.7	34.3	100.0	10.0	120.0
Operasyon Sonrası Maksimum Diz Fleksiyonu	106.1	16.5	110.0	70.0	120.0
Takip (ay)	24.7	6.5	24.0	12.0	36.0
<b>Otogreft -kaynama süresi ilişkisi</b>	<b>Kaynama Süresi (Ay)</b>				
Otogreft (p=0.158)	Mean	SD	Median	Minimum	Maximum
Kullanılan	5.8	0.5	6.0	5.0	6.0
Kullanılmayan	5.0	1.0	5.0	4.0	7.0

SD: Standart deviasyon

Otogreft kullanılan ve kullanılmayan hastaların cerrahi öncesi ve sonrası maksimum diz fleksiyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi. Otogreft kullanılmış olan hastaların cerrahi sonra-

sında kaynama zamanlarına bakıldığında 5.8 (SD:0.5; Min-Max 5-6) ay iken otogreft kullanılmamış olan hastaların 5 (SD:1.0; Min-Max: 4-7) ay olduğu görüldü (Tablo 2).

**Tablo 2. Çalışma verileri ve ölçümler**

Hasta no	Yaş	Cinsiyet	Otogreft	İlk yaralanma ile son operasyon arasındaki süre (ay)	Önceki cerrahi sayıları	Kaynama süresi (ay)	Operasyon öncesi maksimum diz fleksiyonu	Operasyon sonrası maksimum diz fleksiyonu	Takip süresi (ay)
1	55	Erkek	Kullanılmadı	11	1	6	90	110	24
2	22	Erkek	Kullanıldı	24	3	5	100	100	24
3	71	Kadın	Kullanılmadı	12	1	6	20	80	36
4	85	Kadın	Kullanılmadı	14	1	7	10	70	36
5	22	Erkek	Kullanılmadı	13	1	4	110	120	24
6	70	Erkek	Kullanıldı	12	3	6	110	110	24
7	54	Erkek	Kullanılmadı	15	1	6	110	110	24
8	23	Erkek	Kullanılmadı	10	1	5	100	110	24
9	68	Kadın	Kullanılmadı	14	1	5	100	120	24
10	27	Erkek	Kullanılmadı	10	1	4	110	110	12
11	33	Kadın	Kullanılmadı	11	1	4	90	100	24
12	27	Erkek	Kullanılmadı	12	1	4	100	120	12
13	51	Erkek	Kullanılmadı	14	1	5	120	120	24
14	44	Erkek	Kullanıldı	16	2	6	30	70	36
15	38	Kadın	Kullanılmadı	13	1	5	120	120	24
16	31	Erkek	Kullanılmadı	12	1	4	110	110	24
17	46	Erkek	Kullanıldı	16	2	6	120	120	24
18	29	Erkek	Kullanılmadı	12	1	5	100	110	24

## TARTIŞMA

Femur distal kaynamamaları sık görülmezler; ancak karşılaşıldığında hastanın yaşam kalitesi üzerine ciddi etkileri vardır. Tedavisinde birçok zorlukla karşılaşılabilir (16). Çoğunlukla ağrı ve diz fonksiyonlarında azalma ile bulgu verirler. Ayrıca kaynamamalara genelde kemik kaybı, düşük kemik kalitesi, geniş yumuşak doku skarları eşlik eder. Distal femur kaynamamalarının optimal tedavisi hakkında fikir birliğinin olmadığı ve kemik grefti olan veya olmayan çeşitli implantların kullanımını içeren tedavi yöntemleri mevcuttur (10). Distal femur kaynamamalarında sıklıkla metafizer parçalanmalar olduğu izlenmektedir (16). Çalışmamızda yer alan hastaların bu grup içerisinde yer aldığı görülmektedir. Retrograde intramedüller çiviler ve kilitli plak osteosentezi, distal femur kırıkları için kullanılan iki ana tedavi tekniğidir. Kırık paterninin belirlenmesi ve preoperatif planlama, her iki yöntem için de gereklidir. Hierholzer ve ark. çalışmalarında kırık iyileşmesi, kaynamama oranı için iki implant tipi arasında sonuçlarda fark olmadığını gösterdiler (17). Distal femur kilitli plakları özellikle düşük kemik kalitesi olan parçalı kırıklarda iyi sonuçlar verdiğini bildiren çalışmalar mevcuttur (20). Ancak kilitli plakların aşırı rijit fiksasyonun kırık bölgesinde hareketi azaltabildiğini ve bunun da kallus oluşumunu baskılayabildiğini bildiren çalışmalar mevcuttur (19). Bizim çalışmamızda kaynamama olan hastaların başlangıç tedavisi kilitli plak olarak görülmekteydi. Retrograde çivileme, uygun stabilitesi sağlar ve alt ekstremitenin bilateral veya çok segmentli kırıklarında başarıyla implante edilebilir. Retrograd femoral çivi sistemlerinin avantajları arasında küçük insizyon nedeniyle yumuşak doku koruması, sınırlı kan kaybı ve artan stabilite sayılabilir. Ayrıca biyomekanik olarak yük paylaşımı avantajı da vardır. Yine yapılan bir çalışmada femur distal primer kırıklarında kilitli retrograd çivi, kilitli olmayan retrograd çivi ve plak tespiti arasında radyografik, kemik dansitometrisi ve klinik sonuçlar için anlamlı fark olmadığı gösterildi (20). Çalışmamızda femur distal nonunion tedavisinde retrograde intramedüller çivi ile tedavi edilen hastalar değerlendirildi. Kaynamama tedavisinin amacı, kemik oluşumuna elverişli mekanik stabilite ve biyolojik koşulların sağlanması ve sürdürülmesi aynı zamanda bu ortamı sağlamaktır. Distal femur kırıklarında kaynama kemik grefti eklenerek veya eklenmeden çok çeşitli tespit türleri ile gerçekleştirilebilir. Tekniğin seçimi, kaynamama tipine ve fragmanların hizalanmasının yeterli olup olmadığına bağlıdır (21). Otojen kemik grefti, kemik iyileşmesini arttırmada altın standart olarak kabul edilmiştir; hastanın kemik çerçevesini sağlayarak osteogenezi, osteoindüksiyonu ve osteokondüksiyonu kolaylaştırır. Ancak otojen kemik grefti uygulanan ve yüksek kaynama

oranları sağlanamayan çalışmalar bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda femur distal kaynamaması olan ve retrograde intramedüller çivi ile tedavi edilen hastalarda otojen greft kullanımının kaynama zamanı üzerine istatistiksel olarak anlamlı etki etmediği gözlemlendi. Distal femur kaynamamalarının tedavisinden sonraki fonksiyonel sonuçlarla ilgili yayınlanmış az sayıda rapor vardır. Gardner ve ark. çalışmalarında postoperatif diz fonksiyonlarında belirgin iyileşme olduğunu bildirdiler (16). Çalışmamızda operasyon öncesi ve operasyon sonrası ortalama maksimum diz fleksiyonu değerlendirildiğinde anlamlı artış olduğu görüldü ve hastaların Mize skoru esas alınarak 12'sinde iyi sonuç 3 hastada mükemmel, 3 hastada makul sonuç elde edildi. Distal femur kaynamamaları, birden fazla tedavi yönteminin mevcut olduğu komplikasyonlardır. Otogreft kullanılarak ORIF ile tedavinin en iyi sonuçları verdiğini göstermektedir. Kemik grefti olan veya olmayan retrograde intramedüller çivi ile tedavi günümüzde iyi sonuçlar alınabilecek tedavi seçeneklerinden biridir. Çalışmanın daha büyük vaka serileri ile yapılması, kaynama zamanı ile birlikte kaynama derecelerinin değerlendirilmesi çalışmanın eksik yönleri olarak değerlendirilebilir. Aynı zamanda radyolojik değerlendirmede rutin BT (bilgisayarlı tomografi) değerlendirmesi benzer çalışmalar için faydalı olabilir.

**Etik Kurul Onayı:** Çalışma Fırat Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulunun 04.02.2021 tarihli oturumu 2021/02 -32 karar no'lu onayı alınarak ve 1975 Helsinki Bildirgesi'ne uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

**Çıkar Çatışması ve Finansman Beyanı:** Bu çalışmada çıkar çatışması yoktur ve finansman desteği alınmamıştır.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Fikir / Konsept: Ş.D, Tasarım: S.K / Veri Toplama: S.K / Analiz: M:G / Literatür inceleme: Makalenin yazılması: S.K

## KAYNAKLAR

1. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury*. 2006;37(8):691-697.
2. Jahangir AA, Cross WW, Schmidt AH. Current management of distal femoral fractures. *Current Orthopaedic Practice*. 2010;21(4):193-197.
3. Chan DB, Jeffcoat DM, Lorich DG, Helfet DL. Nonunions around the knee joint. *Int Orthop*. 2010;34(2):271-281.
4. Gwathmey FW Jr, Jones-Quaidoo SM, Kahler D, Hurwitz S, Cui Q. Distal femoral fractures: Current concepts. *J Am Acad Orthop Surg*. 2010;18(10):597-607.
5. Gautier E, Sommer C. Guidelines for the clinical application of the LCP. *Injury*. 2003;34Suppl 2:63-76.
6. Calori GM, Albisetti W, Agus A, Iori S, Tagliabue L. Risk factors contributing to fracture non-unions [published correction appears in *Injury*. 2007;38(10):1224.

7. Henderson CE, Lujan TJ, Kuhl LL, Bottlang M, Fitzpatrick DC, Marsh JL. 2010 mid-America Orthopaedic Association Physician in Training Award: Healing complications are common after locked plating for distal femur fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(6):1757-1765.
8. Hannouche D, Petite H, Sedel L. Current trends in the enhancement of fracture healing. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83(2):157-164.
9. Wu CC. Retrograde dynamic locked nailing for femoral supracondylar nonunions after plating. *J Trauma.* 2009;66(1):195-199.
10. Ebraheim NA, Martin A, Sochacki KR, Liu J. Nonunion of distal femoral fractures: A systematic review. *Orthop Surg.* 2013;5(1):46-50.
11. Wang JW, Weng LH. Treatment of distal femoral nonunion with internal fixation, cortical allograft struts, and autogenous bone-grafting. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85(3):436-440.
12. Oh JK, Bae JH, Oh CW, Biswal S, Hur CR. Treatment of femoral and tibial diaphyseal nonunions using reamed intramedullary nailing without bone graft. *Injury.* 2008;39(8):952-959.
13. Mize RD, Buchholz RW, Grogan DP. Surgical treatment of displaced, comminuted fractures of the distal end of the femur. *J Bone Joint Surg Am.* 1982;64(6):871-879.
14. Sabharwal S, Kumar A. Methods for assessing leg length discrepancy. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(12):2910-2922.
15. Kempf I, Grosse A, Beck G. Closed locked intramedullary nailing. Its application to comminuted fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67(5):709-720.
16. Gardner MJ, Toro-Arbelaez JB, Harrison M, Hierholzer C, Loric DG, Helfet DL et al. Open reduction and internal fixation of distal femoral nonunions: Long-term functional outcomes following a treatment protocol. *J Trauma.* 2008, 64:434-438.
17. Hierholzer C, Von Ruden C, Potzel T, Woltmann A, Bühren V. Outcome analysis of retrograde nailing and less invasive stabilization system in distal femoral fractures: A retrospective analysis. *Indian J Orthop.* 2011,45:243-250.
18. Scolaro J, Ahn J. Locked plating in practice: Indications and current concepts. *Univ Pa Orthop J.* 2011,21:18-22.
19. Zhang J, Yin W, Qiu Y, Shen Y, Cao S, Wang J. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2018;32(1):36-39.
20. Meccariello L, Bisaccia M, Ronga M, et al. Locking retrograde nail, non-locking retrograde nail and plate fixation in the treatment of distal third femoral shaft fractures: radiographic, bone densitometry and clinical outcomes. *J Orthop Traumatol.* 2021;22(1):33.
21. Megas P. Classification of non-union. *Injury.* 2005, 36 (Suppl 4):30-37.