

## Kırık sonrası oluşan kallusun devamlı kompresyonu tekniği ile primer kırık iyileşmesi (Deneyisel araştırma)

Bener Şen <sup>(1)</sup>, Mehmet Çakmak <sup>(2)</sup>, Fahri Seyhan <sup>(3)</sup>, Abdullah Göğüş <sup>(4)</sup>, Ömer Taşer <sup>(2)</sup>

*Bu deneysel çalışmada taze kırıkların tedavisi amacıyla kompresyon osteosentezinin tarafımızdan geliştirilen bir modifikasyonu uygulandı. 16 adet tavşanın sağ tibialarına subperiostal osteotomi yapıldı ve İllizarov tipi eksternal sirküler fiksatöre adepte edildi. 8 adet tavşanın alındığı kompresyon grubunda postoperatif 12. günden itibaren fragmanlar komprese edildiler. Toplam 1.4 mm kompresyon yapıldı. Kontrol grubunda ise (8 tavşan) ameliyat sonrası dönemde hiçbir işlem yapılmadan fragmanlar nötral konumda tutuldu. Deneye postoperatif 7. haftada son verildi.*

*Çalışma esnasında klinik, radyolojik (konvansiyonel, BT), sintigrafik (dinamik, statik) ve histopatolojik incelemeler yapıldı. Osteotomize fragmanların kompresyonunun yapıldığı deney grubunda 3. haftadan itibaren konsolidasyon gelişti ve eksternal kallus yapımı olmaksızın primer kırık iyileşmesi sağlandı. Kontrol grubunda ise 5. haftadan itibaren, yoğun eksternal kallus yapımı aracılığı ile konsolidasyon gelişti.*

*Deney verilerinin genel incelenmesi sonucunda, uyguladığımız devamlı ve rijit kompresyon sayesinde, sekonder kırık iyileşmesine oranla, iyileşme zamanının yarı yarıya kısaltıldığı, primer kırık iyileşmesinin de önemli ölçüde aktive edildiği belirlendi. Histopatolojik ve radyolojik sonuçlar istatistikî analizler ile de desteklendi ( $p < 0.01$ , S).*

**Anahtar kelimeler:** Kırık, kırık fiksasyonu, kırık iyileşmesi, osteosentez

### Primary fracture healing by continuous callus compression technique after fresh fractures

*A new modification of compression osteosynthesis which was designed for treatment of fresh fractures is described in this study. Right tibiae of 16 rabbits were osteotomized subperiosteally and Ilizarov type external circular fixators adapted to the fragments. In the experimental group (n=8) compression was begun at the 12th day postoperatively and a total of 1.4 mm interfragmental compression was done. In the control group (n=8) fragments were held in neutral position, without any axial movement during the postoperative period. This study was stopped at the end of the 7th postoperative week.*

*Clinical, radiological (x-ray, CT), scintigraphical (dynamic and static) and histopathological examinations were performed in this study. In the experimental group, fragment consolidation was achieved at the end of the 3rd week. At the end of the study, fracture healing was seen without external callus by way of primary fracture healing in the experimental group. In the other group consolidation was seen at the 5th week with excessive periosteal new bone formation.*

*In conclusion, in the compression group the fracture healing period was shortened by half compared to the group secondary fracture healing. Primary fracture healing was significantly activated by the rigid and continuous compression technique. Statistical analysis supported histologic and radiological results ( $p < 0.01$ , S).*

**Keywords:** Fracture, fracture fixation, fracture healing, osteosynthesis

1932'de Key ile başlayan kompresyon osteosentezi uygulamalarının histomorfolojik özellikleri Krompecher (1935) tarafından açıklanmaya çalışılmış, 1948'de Charnley'in kompresyon artrodezi yöntemini takiben Eggers (1951), kontakt-kompresyonu faktör tanımlamasını ileri sürmüştür. AO grubunun geliştirdiği kompresyon plak ve ekipmanının 1960 senesinden itibaren geniş kullanım alanı bulmasıyla değişik tiplerde plak ve cihazlar geliştirilerek kompresyon osteosentezi uygulamaları yaygınlaştırılmıştır (1, 2, 9, 10).

Yaptığı biomekanik araştırmalarla Pauwels 11 kırık, bölgesindeki değişik fiziksel streslerin histomekanik özelliklerini tanımlamıştır. Ona göre kırık fragmanlarının kompresyon stresi altında kalmaları sonucunda, retiküler kemik aracılığı ile lameller kemik formasyonu elde edilmektedir. Kırık tedavilerinde eksternal fiksatör kullanımı 19. yüzyılda başlamıştır (9). Genellikle açık kırıklarda uygulama alanı bulmasına karşın, son zamanlarda kapalı kırık tedavilerinde de indikasyon bulunduğu bildirilmektedir (3, 4, 7). Kendi geliştirdiği ekster-

(1) Diyarbakır Üniv. Tıp Fak. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Yrd. Doçenti

(2) İst. Üniv. Tıp Fak Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Doçenti

(3) İst. Üniv. İst. Tıp Fak. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Profesörü

(4) İst. Üniv. İst. Tıp Fak. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi

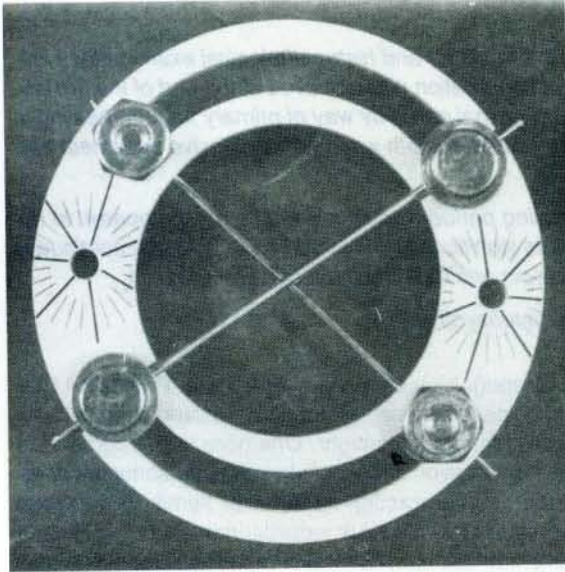
X Bu çalışmanın Histopatolojik değerlendirilmesi, İst. Üniv. Onkoloji Enstitüsü Arş. Görevlisi Vakur Olgaç tarafından, sintigrafik incelemeler ise İst. Üniv. Tıp Fak. Nükleer Tıp Bilim Dalından Dr. Semih Doğan tarafından yapılmıştır.

nal fiksatorü ile Ilizarov<sup>9</sup>, primer kırık tedavisinde çok iyi sonuçlar bildirmektedir. De Bastiani<sup>5</sup> ise lateralize tip fiksatorü ile kırık fragmanlarının kompresyonunu sağlayarak %94 oranında klinik başarı elde etmiştir.

Kırık fragmanlarının kompresyonu amacıyla uygulanan invaziv yöntemlerin komplikasyonlarını elimine etmek, indikasyon yelpazesini genişletmek ve kırık tedavilerindeki başarı oranını arttırmak amacıyla planlanan bu deneysel araştırma dinamik kompresyon osteosentezinin bir modifikasyonu ile ilgilidir. Taze kırıklarda oluşan kallus dokusunun devamlı ve rijit kompresyonu ile kırık iyileşmesi arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla tavşan tibiaları üzerinde deneysel incelemeler yapılmıştır.

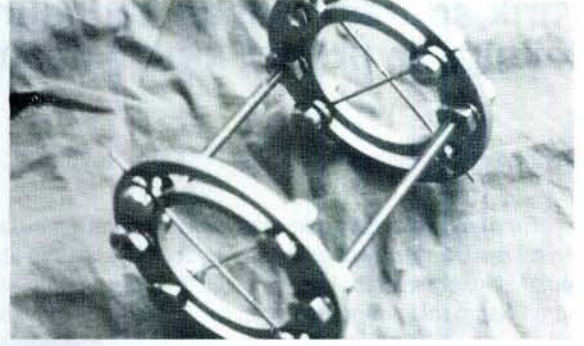
### Gereç ve yöntem

Araştırma İ. Ü. Deneysel Tıp Araştırma ve Uygulama Merkezinde (DETAM) gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan eksternal sirküler fiksator Ilizarov fiksatorünün bir modifikasyonudur. Tarafımızdan özel olarak tavşan bacaklarına uygun şekilde yaptırılmıştır. 2 adet halka, 4 adet 1.5 mm Kirschner teli, telleri halkalara tesbit eden 8 adet klemp ve halkaları birbirlerine bağlayan 2 adet yivli bardan ibarettir. Barların yiv genişliği (hatve) 0.7 mm'dir. Halkaları barlara tesbit eden vidaların 1 tur çevrilmesiyle halkalar aksiyel planda 0.7 mm yer değiştirmektedir. 1/7 tur çevirme ile halkalar 0.1 mm yer değiştirme yapabilmektedir (Resim 1 a,b).



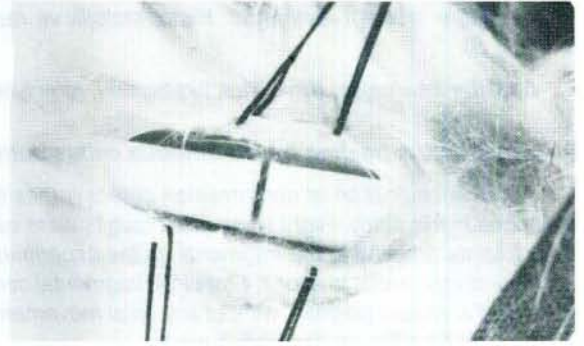
Resim 1 a

Deneylerde 16 adet genç erişkin Yeni Zelanda tipi albino tavşan kullanıldı (12 haftalık, ortalama 1850 gr). Bütün tavşanların sağ tibialarına, açık ether anestezisi ve profilaktik ceftriaxone (50 mg/kg/gün, 3 gün süre ile) baskısı altında ameliyatlarda yapıldı. Steril şartlar altında



Resim 1 a,b Deneyde kullandığımız Ilizarov tipi eksternal sirküler fiksator.

anterolateral yaklaşım ile girildi. Tibiofibuler birleşme yerinin hemen distalinden, el testeresi ile subperiostal tam transvers osteotomi yapıldı (Resim 2).

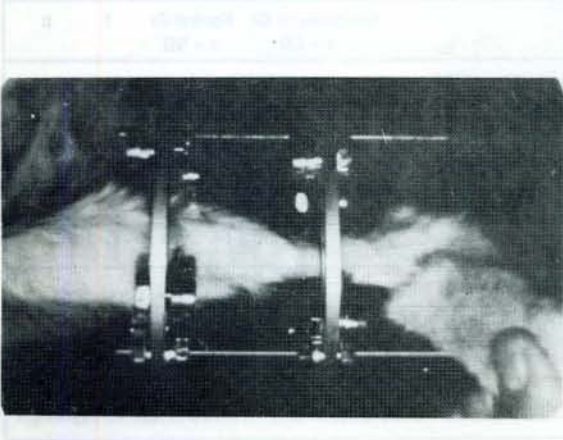


Resim 2: Subperiostal osteotominin uygulanışı

Osteotomi sonrası her bir fragman iki adet 1.5 mm K teli ile (aralarında horizontal planda 45-60° açı ve aksiyel 4 mm mesafe kalacak şekilde) fiksatorü adapte edildi. Tibia ve fiksator uzun eksenlerinin birbirlerine paralel ve bacakların halka merkezinde olmasına özen gösterilerek nötral konumda (temas veya kompresyon olmaksızın) repozisyon sağlandı. Anatomik yapıya uygun olarak katlar kapatıldı (Resim 3).

Ameliyat sonrasında günlük tıbbi bakım ve temizlikleri yapılan tavşanlar % 21 oranında protein içeren yem ile beslendiler. Su içmeleri serbest bırakıldı. Toplam 16 tavşandan 8 tanesi kompresyon kalan 8 tanesi de kontrol grubuna rastgele seçildiler. Deney grubunda fragmanların kompresyonu postoperatif 12. günde (radyolojik olarak kallus görülmesi ile birlikte), ilk gün 0.5 mm, takip eden 9 günde 0.1 mm/gün (tek seferde) oranında yapıldı. Kompresyon işlemi takiben 15 gün süre ile fragmanlar nötral konumda tutuldular. Kontrol grubunda ise ameliyat sonrası dönemde fragmanlar, hiçbir işlem yapılmadan nötral pozisyonda tutuldu. Postoperatif 3. ve 5. haftalarda her iki gruptan ikişer, 7. haftada da dörder tavşan sakrifiye edildi.

Deneyin akışı içerisinde tavşanlar klinik olarak takip



Resim 3: Tavşan krusuna cihazın adaptasyonu.

edildiler. Aktivite, infeksiyon, fragman konsolidasyonları açısından incelendiler. Radyolojik incelemeler ameliyat öncesi ve sonrasında yapıldı. Ayrıca postoperatif 12, 22, 32. ve 47. günlerde yapıldı. Sakrifikasyonlardan sonra elde edilen tibia örnekleri üzerinde toplu halde CT incelemeleri yapıldı. Radyolojik inceleme yöntemlerinde fragmanların uzun eksendeki 15°'den az açılanmaları ve transvers planda % 35'den fazla olan karşılaşmalar kabul edildi. Kallus formasyonu (periostal, bridging-köprüleme, intermediate ve endosteal), osteotomi seviyesinde trabeküler devamlılık ve osteotomi hattının görünümünü kalitatif olarak değerlendirilerek 1-12 arasında skorlandırmayı takiben "nonparametrik Mann-Whitney U test" ile istatistiksel açıdan incelendi. Ayrıca konvansiyonel radyografilerde osteotomi hattının 5 mm proksimal ve distalindeki toplam 10 mm'lik alanda gelişen kallus dokusunun kantitatif ölçümleri yapılarak, her iki grupta değişik haftalarda mevcut kallus miktarları (mm<sup>2</sup>) "unpaired student t test" ile incelenerek gruplar arasında farklılık olup olmadığı araştırıldı.

Osteotomi bölgelerinin kanlanma ve osteoblastik aktiviteleri dinamik ve statik sintigrafiler yöntemleri ile 99m Tc-MDP kullanılarak incelendi. Osteotomize tibialar (sağ) aynı tavşanın sağlam tibiası (sol) ile mukayese edildi. Postoperatif 22., 32. ve 47 günlerdeki incelemelerde 3 mCi aktivitesindeki 99m Tc-MDP kulak venasından bolus tarzında injekte edildikten sonraki ilk 60 sn.'deki aktiviteler kanlanma ölçümü amacıyla, 2 saat sonraki aktiviteler ise geç faz uptake değerlerini ölçmek amacıyla gama sayıcı ile sayıldı. Kanlanma ile ilgili sayımlar (R/L/ L X 100) formülü ile, uptake neticeleri ise R/L formülü ile değerlendirildi. Kompresyon (2 tavşan) ve kontrol (2 tavşan) grupları sintigrafik verileri "unpaired student t testi" ile karşılaştırıldı.

Sakrifikasyon ile elde edilen tibia örnekleri 1 ay süre ile formaldehit solusyonunda bekletildi. Daha sonra sodyum sitrat ile tamponlanmış formik asitte dekalsifiye edildiler. Hazırlanan parafin bloklardan 5-7 mikron kalınlığında alınan örnekler (koroner planda) H-E ile boyanarak ışık mikroskopunda incelendi. Değerlendir-

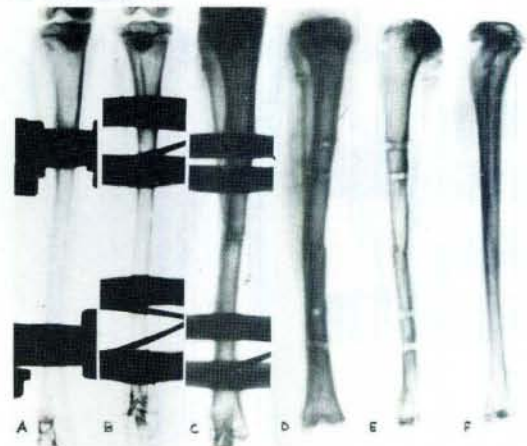
meler osteotomi bölgesindeki yeni oluşan kemik trabeküllerinin özellikleri, fibröz ve kırık doku varlığı, damarlanma, osteon formasyonu, osteoblastik ve osteoklastik aktiviteler ile periostal yeni kemik yapımı gibi histolojik kriterlerin kalitatif incelemeleri ile yapıldı. Verilerin skorlandırılmasından sonra "nonparametrik Mann-Whitney U test" ile gruplar arasında farklılık olup olmadığı araştırıldı.

## Sonuçlar

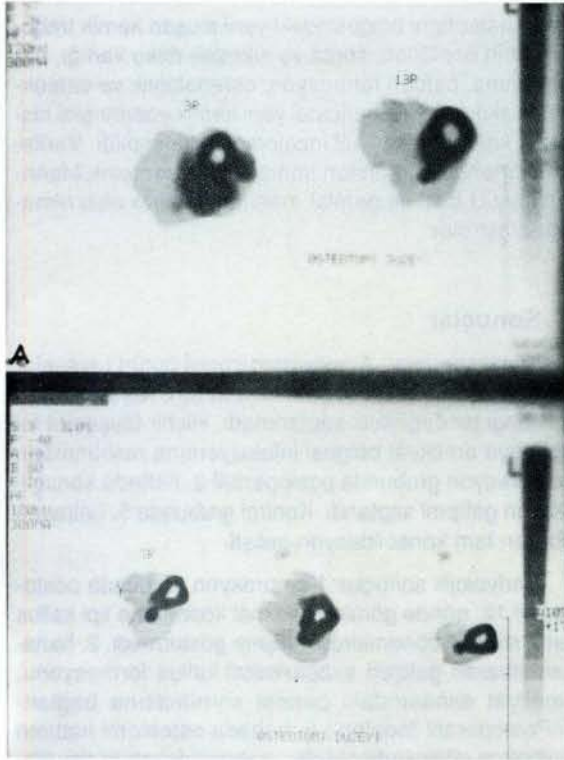
**Klinik sonuçlar:** Ameliyattan sonra bütün tavşanlar ekstremitelerini aktif olarak kullandılar. Yaşamlarında herhangi bir değişiklik saptanmadı. Hiçbir tavşanda tel dibi veya ameliyat bölgesi infeksiyonuna rastlanmadı. Kompresyon grubunda postoperatif 3. haftada konsolidasyon gelişimi saptandı. Kontrol grubunda 5. haftadan itibaren tam konsolidasyon gelişti.

**Radyolojik sonuçlar:** Kompresyon grubunda postoperatif 12. günde görülen minimal köprüleme tipi kallus daha sonraki dönemlerde gelişme göstermedi. 2. haftadan itibaren gelişen subperiostal kallus formasyonu, ameliyat esnasındaki periost sıyrılmasına bağlandı. Postoperatif (postop.) 5. haftada osteotomi hattının kaybolma eğiliminde olduğu, trabekülasyonun devamlılık kazandığı belirlendi. 7. haftada ise medüller kanalın açılmaya başladığı, osteotomi hattında tam birleşme olduğu saptandı (Resim 4. a, b, c, d, e, f).

CT incelemelerinde ise herhangi bir kallus gelişimine rastlanmadı (Resim 5 b). Kontrol grubunda ise 3. haftadan sonra yaygın subperiostal yeni kemik yapımı vardı. Intermediate ve endosteal kallus yapımı yok denecek kadar azdı. Postop. 5. ve 7. haftalarda osteotomi



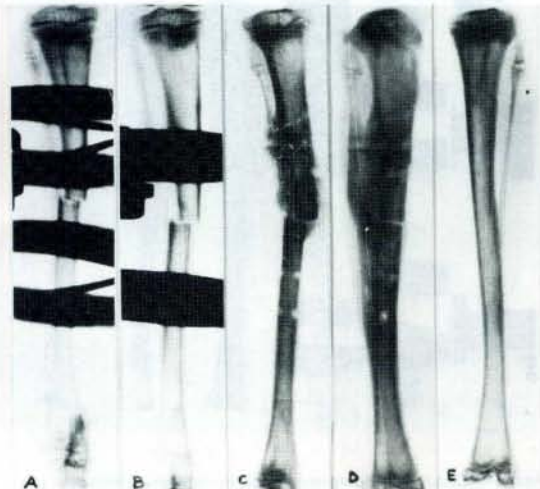
Resim 4 a,b,c,d,e, f: Kompresyon grubu radyografi örnekleri; (A) Ameliyat sonrası kontrolü, (B) postoperatif (postop.) 12. gün, (C) postop.3. hafta, (D) postop. 7. hafta AP, (E) postop. 7. hafta LAT, (F) deney sonunda sağlam (sol) tibia.



Resim 5 a,b: (A) Kontrol grubu osteotomi bölgesi CT kesitleri, yoğun periostal kallus yapımı. (B) Kompresyon grubu osteotomi bölgesi kesitlerinden periostal kallus dikkati çekmemekte.

bölgelerinde birleşme yoktu. Temadiyet eksternal kallus ile sağlanmıştı (Resim 6 a, b, c, d, e). CT incelemelerinde de yoğun periostal kallus yapımı dikkati çekti (Resim 5 a).

3 haftadaki kalitatif radyolojik verilerin incelemesinde gruplar arasında anlamlı farklılığa rastlanmadı ( $p>0.05$ ). Postop. 5. ve 7. hafta verilerin karşılaştırılmasında ise kompresyon ve kontrol grupları arasında an-



Resim 6. a,b,c,d,e: Kontrol grubu radyografi örnekleri; (A) Ameliyattan hemen sonraki kontrol, (B) Postop. 12. gün, (C) Postop 5. ve (D) 7. haftalar, (E) deney sonunda sağlam (sol) tibia görüntüsü

	Kompresyon Gr. x + SD	Kontrol Gr. x + SD	t	p
Periostal kallus formasyonu (mm <sub>2</sub> )	8.417± 3.25	25.125 ± 11.44	3.439	<0.01 S

\* Değerlendirme istatistiki unpaired t test ile yapılmıştır

Tablo 1: Kantitatif radyolojik sonuçlar

	U	P
Postoperatif 3. hafta	8	>0.05 NS
Postoperatif 5. hafta	0	<0.01 S
Postoperatif 7. hafta	0	<0.01 S

\* Bu inceleme "nonparametrik Mann-Whitney U test" ile yapılmıştır

Tablo 2: Kalitatif radyolojik sonuçların istatistiksel incelenmesi

lamlı derecede farklılık olduğu belirlendi ( $p<0.01$ ). Radyolojik sonuçlar toplu halde Tablo 1 ve 2'de sunulmuştur. Buna göre periostal kallus yapımı kompresyon grubuna oranla kontrol grubunda çok fazla olarak saptandı ( $p<0.01$ , S). Sintigrafik sonuçlar: Deney süresinde yapılan tüm incelemelerde her iki grup sağ (deney) tibialarında sol tibialara oranla belirgin bir kanlanma artışı saptandı (Resim 7a, Tablo 3). Aynı artış geç faz uptake (osteoblastik aktivite) değerlerinde de mevcuttu (Resim 7 b), (8, 9), (Tablo 3). Ancak her iki grup değerlerinin karşılaştırılmasında kanlanma ve osteoblastik aktiviteler arasında anlamlı farklılık olmadığı belirlendi ( $p>0.05$ , NS).

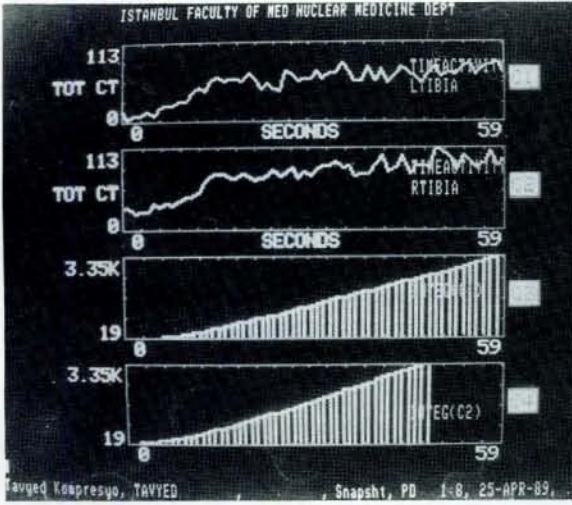
	Kompresyon Gr. ort. ±SD (sayım)	Kontrol Gr. ort. ± SD (sayım)	t	p	
Kanlanma ((RT./LT.)/LT.)	0.260±0.045	0.147±0.327	0.839	>0.05 NS	
Geç faz uptake	Osteotomi Bölg. (RT./LT.)	1.128±0.098	1.206±0.055	1.420	>0.05 NS
	Tüm bacak (RT./LT.)	2.370±0.720	2.827±0.342	1.390	>0.05 NS

\* Bu incelemede "unpaired Student's t test" kullanılmıştır.  
T.: Tibia

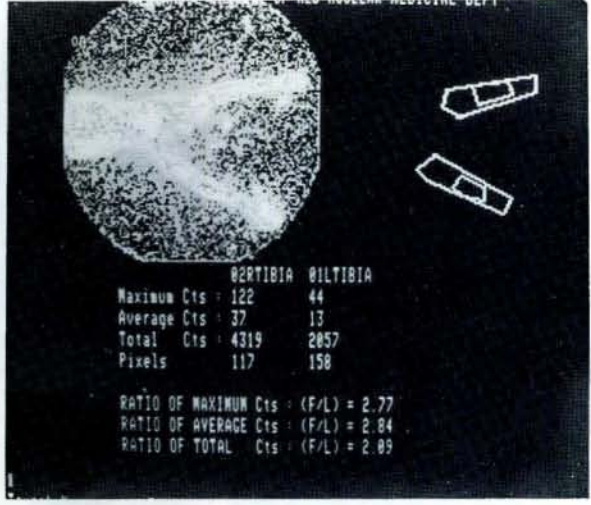
Tablo 3: Kompresyon ve kontrol gruplarında 99 m Tc-MDP ile yapılan sintigrafik sonuçları

Histolojik sonuçlar: Postop. 3. haftada kontrol grubu osteotomi bölgelerinde fibröz ve kıvrıkdak doku varlığı ile yoğun subperiostal yeni kemik formasyonu vardı. Yeni kemik trabekülleri daha zayıf ve karmaşık yönlendirmekte ve birbirleriyle anastomoz yapma eğilimindeydi. Buna karşın kompresyon grubunda sıkı apozisyon nedeni ile osteotomi çizgisi çok az seçilmekteydi ve komşu bölgelerden yaklaşan havers kanalları varlığı dikkati çekti. Nekrotik, fibröz veya kıvrıkdak doku mevcudiyetine rastlanmadı. Subperiostal yeni kemik yapımı ise minimal düzeydeydi.

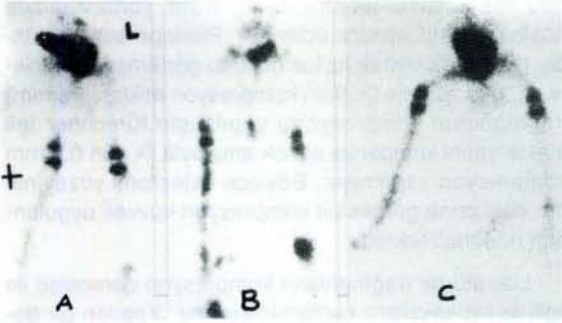
Postop. 5. ve 7. hafta takiplerinde; kompresyon grubunda fragmanlar arasında uzun eksene paralel yönelmiş, kalıp, yeni kemik trabekülleri ile tam bir birleşme olduğu saptandı. Subperiostal kallus minimaldi ve fib-



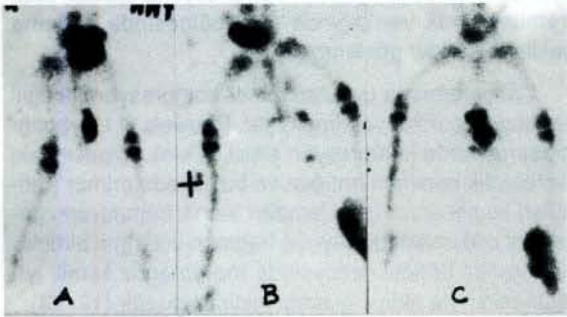
Resim 7 a, b: Kompresyon grubunda, osteotomi bölgesindeki kanlanma(A) ve geç faz uptake artışlarını gösteren bilgisayar ekran görüntüleri



Resim 8 a,b,c: Statik sintigrafik incelemeler; bu incelemede postoperatif 22. (A), 32. (B) ve 47. (C) günlerdeki uptake artışları (Kontrol grubu).



Resim 9 a,b,c: Statik sintigrafik incelemelerde; postoperatif 22. (A), 32. (B) ve 47.(C) günlerde kompresyon grubundaki uptake artışları



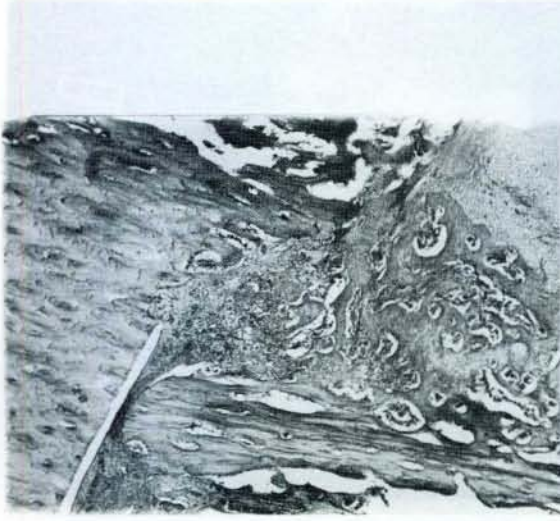
Resim 10: Kompresyon grubunda, postoperatif 7. haftadaki osteotomi bölgesinde normale çok yakın doku iyileşmesi sağlandı. H-E, X 80.



Resim 11: Kompresyon grubunda postoperatif 7. hafta; korteksteki tam birleşme trabeküler kemikle sağlanmış ve osteotomi bölgesinde havers sistemleri gelişmişti, H-E, X 32.



röz veya kıkırdak oluşumu yoktu. Rezorbsiyon ve apozisyon çizgileri ile kemik eksenine paralel osteon formasyonu da ileri derecede gelişmişti. Medüller bölgede normale yakın sellüler aktivite belirlendi (Resim 10,11). Bu dönemde kontrol grubunda kırık uçları arasındaki birleşme osteoid doku aracılığı ile gerçekleşmişti. Tra-



Resim 12: Postoperatif 7. haftada, kontrol grubu osteotomi bölgesi; her iki fragman arasında gerçek birleşme yok, temadiyet subperiostal yeni kemik (kallus) yapımı aracılığı ile sağlanmaktadır, H-E, X 32.

bekülasyon kalınlaşmış ve uzun eksene paralel dizilim ön plana çıkmıştı. Yoğun subperiostal kallus yapımı ise devam ediyordu. Histolojik bulguların istatistiki olarak inceleme sonucunda her iki grup arasında anlamlı derecede farklılık olduğu saptandı ( $u=31.55$ ,  $p<0.01$  S).

## Tartışma

Kırık veya osteotomize fragmanların kompresyonu ile elde edilen tedavi sonuçlarının mükemmelliği üzerinde herhangi bir tereddüt bulunmamaktadır (1, 2, 10, 11, 12). Buna karşın kompresyon amacıyla açık redüksiyon ve implant kullanım indikasyonları infeksiyon, doku ödemi ve cilt sorunları gibi istenmeyen durumlarda sınırlandırılmaktadır. Ayrıca vida-plak üniteleri ile kompresyon uygulama yöntemlerinin de kendilerine özgü çeşitli dezavantajları bilinmektedir. Özellikle biomekanik açıdan sorunlar henüz giderilememiştir (2, 5, 12).

Kompresyon osteosentezi yöntemi ile kırık tedavilerinde indikasyon yelpazesini genişletmek, mevcut komplikasyonları elimine etmek, uygulamada kolaylık sağlamak ve başarı oranlarını yükseltebilmek amacıyla osteotomi sonrasında oluşan kallus dokusunun tedrici ve rijit kompresyonunu içeren bu deneysel araştırma yapılmıştır.

Wu (13) kırık iyileşmesi ile stabilite arasında önemli derecede ilişki olduğunu belirtmiş ve yaptığı deneysel araştırmada rijit fiksasyon sağlayan eksternal fiksatör (lateralize tip) ile daha erken ve kaliteli kırık iyileşmesi sağlamıştır. Benzer olarak Ilizarov (7, 8) kendi geliştirdiği eksternal sirküler fiksatör ile halka sayısı artırıldığında daha iyi stabilizasyon ve kırık iyileşmesi sağlanacağını bildirmektedir.

Deneyimizde kullanılan eksternal sirküler fiksatör, aksiyel planda fragmanların kompresyonunu sağla-

abilecek kapasitededir. Mevcut fiksatörümüz ile yapılan tespit kompresyonu efekti ile birleştiğinde gerçek bir stabilite sağlamıştır. Aksine kontrol grubunda kompresyon yapılmadığından yeterli stabilite sağlanamamıştır. Buna neden olarak kullanılan fiksatörün tespit teli sayısının yetersizliği düşünülmektedir. Deneyde, kontrol grubunda saptanan yoğun periostal kallus yapımı fragmanların hareketliliğinin delilidir. Kullandığımız cihazın halka ve K-teli sayılarının artırılması işlemi, cihaz ağırlığının artması ve bunun da tavşanlar için elverişli olmayacağı gerekçesi ile yapılmamıştır.

De Bastiani (3, 4) taze kırıklarda lateralize tip eksternal fiksatör kullanarak kompresyon osteosentezi yapmaktadır. Yazar fiksatör uygulamasını takip eden 3. haftada, radyolojik olarak kallus dokusunun görülmesini takiben, fiksatörün kilit vidalarını gevşeterek hastanın ekstremitesine yük vermesine izin vermektedir. Bu durumda etkili şekilde kompresyon uygulaması hasta inisiyatifine terk edilmekte ve kompresyon etkinin kontrolü söz konusu olmamaktadır. Bizim yöntemimizde hasta inisiyatifini elimine edilmiştir. Postoperatif 12. günde, radyolojik olarak kallus dokusu görülmesiyle birlikte, 10 gün süre ile (toplam kompresyon miktarı 1.4 mm) fragmanların kompresyonu yapılmıştır. Kirschner teli elastikiyetini kompanse etmek amacıyla ilk gün 0.5 mm kompresyon yapılmıştır. Böylece osteotomi yüzeyinin her noktasına gerçek bir kompresyon kuvveti uygulandığı düşünülmektedir.

Literatürde fragmanların kompresyon dereceleri ile ilgili kesin kayıtlara rastlanılmamıştır. Yapılan bir deneysel araştırmada koyun tibiasına vida-plak üniti ile 100 kgf kompresyon yapılmış ve başlangıç kompresyonunun kırık kaynamasına paralel olarak, 3 ay sonra etkisini % 50 oranında yitirdiği belirlenmiştir (10).

Başka bir deneysel çalışmada ise vida-plak üniteleriyle aşırı derecede yapılan kompresyonu takiben ekstremiteye yük verildiğinde plak bölgesinde patlama şeklinde kırıklar gözlenmiştir (5).

Çalışmamızda uyguladığımız kompresyon ile ilgili kantitatif ölçümler yapılmamıştır. Pauwels (11), yaptığı araştırmalarda kompresyon etkisi ile kırık bölgesindeki hidrostatik basıncı artırdığını ve bu sayede primer (retiküler) kemik aracılığı ile lameller kemik formasyonu geliştiğini bildirmektedir. Ayrıca fragman uçlarının birbirlerine temas etmesi neticesinde membranöz kemik iyileşmesinin de aktive olacağı bildirilmektedir (12, 13).

Deney verilerimizin incelenmesi sonucunda kompresyon grubunda tam stabilite ve fragman uçlarının gerçek teması sağlanmıştır. Sonuçta belirgin bir kallus dokusu gelişmeksizin primer kemik kaynaması elde edilmiştir. Kanımızca burada hidrostatik basınç artışı sonucunda aktive edilen retiküler kemik iyileşmesinin yanında membranöz kırık iyileşmesi de rol oynamaktadır. Bununla birlikte kompresyon grubunda görülen minimal subperiostal kemik yapımı ameliyat esnasındaki periost sıyrılmasına bağlanmaktadır. Kontrol grubunda

ise kompresyon faktör olmadığından stabilite daha azdır ve fragman uçlarındaki temas yeterli değildir. Sonuçta sekonder kırık iyileşmesinin karakteristik bulguları ön plandadır.

Kırıklar ve osteotomiler sonrasında bölgenin kanlanma ve osteoblastik aktivite değerlerindeki artışlar bilinen gerçeklerdendir (12). Bu konuda yaptığı çalışmalarda Hughes 6'de 99m Tc-MDP ile osteotomi sonrasında kanlanma ve geç faz uptake artışlarını göstermiştir.

Çalışmamızda yaptığımız sintigrafik inceleme sonuçları literatür ile tam bir uyum göstermektedir. Her iki grupta osteotomi yapılan tibialarda kanlanma ve geç faz uptake'lerde belirgin bir artış dikkati çekmektedir. Her iki grubun karşılaştırmasında istatistiksel bir fark yoktur. Başka bir deyişle kompresyon uygulaması osteotomize bölgenin kanlanmasına ve osteoblastik aktivitesine iyi kötü yönde herhangi bir etki yapmamıştır.

Literatürde kompresyon amacıyla uygulanan plak-vida üniteleri ile kemik beslenmesinin bozulabileceği, plak altındaki kortekste atrofi gelişebileceği belirtilmektedir (12). Histolojik incelemelerimizde bahsi geçen etkilere rastlanılmamıştır. Kompresyon uygulanan tibia kesitlerinde herhangi bir nekrotik veya atrofik dokuya rastlanılmamıştır.

Öte yandan eksternal fiksator uygulamalarının en önemli komplikasyonları arasında tel/çivi dibi infeksiyonları ve gevşeme sorunlarının başta geldiği bildirilmektedir (9, 12, 13). Aksi olarak Ilizarov (7) kendine özgü fiksatorü ile tel dibi infeksiyonların fazlaca sorun olmadığını, ve ayrıca gevşeme sorunu ile karşılaşmadığını da bildirmektedir. Çalışmamızda gevşeme veya infeksiyon sorunları ile karşılaşılmamıştır.

Deneyimizde kırık kaynamasına ilişkin elde edilen sonuçlar literatür ile uyum göstermektedir (1, 4, 6, 7, 10, 12, 13). Klinik radyolojik, histolojik ve sintigrafik yöntemlerle yapılan incelemeler sonucunda, kompresyon grubunda primer kemik iyileşmesini destekleyen önemli bulgular mevcuttur. Postop. 7. haftada radyolojik olarak kırık çizgisi kaybolmuş, medüller kanal açılmış ve kemik trabekülasyonu devamlılık kazanmıştır. Sekonder kırık iyileşmesinde 12.-14. haftalarda görülmesi beklenen (12) bu bulgular ışığında uyguladığımız "devamlı kompresyon" yöntemi ile kırık kaynama hızının % 100 oranında arttırıldığı söylenebilir. Bu düşünce histolojik veriler ile de kuvvetle desteklenmektedir.

## Sonuç

Özel boyutlarda yaptırılmış Ilizarov tipi eksternal sirküler fiksator ile tavşan tibialarına yapılan osteotomi sonrasında oluşturulan kallus dokusunun devamlı ve ri-

jit kompresyonu ile primer kırık iyileşmesi sağlanmış ve iyileşme hızının % 100 oranında arttırılabileceği belirlenmiştir.

Osteosentezlerde fragmanların mutlak stabilitesi ve temasının sağlanabilmesi için kompresyon efektine ihtiyaç vardır. Osteotomi sonrasında oluşan kallus dokusunun tedrici rijit kompresyonu ile elde edilen primer (retiküler) kırık iyileşmesi yanında, fragmanların gerçek teması neticesinde membranöz kemik iyileşmesinin de aktive edildiği düşünülmektedir. Bu yöntemin klinikte uygulanması ile implant kullanılarak yapılan daha invaziv kompresyon osteosentezlerinin kendilerine özgü komplikasyonları elimine edilebilecek ve indikasyon alanı genişletilebilecektir. Ayrıca kullandığımız fiksatorün lokal anestezisi ile de uygulanabilirliği önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Son olarak ideal kompresyon oranına erişebilmek ve klinik uygulamalardaki güvenilirliği arttırabilmek amacıyla ileri araştırmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

1. Charnley, J. : Compression arthrodesis of the ankle and shoulder. J. Bone Joint Surg. 33-B: 180, 1951.
2. Crenshaw, A. H. (ed): Campbell's Operative Orthopaedics. Seventh Edition. The C. V. Mosby Company; St. Louis, Washington, D. C., Toronto 1987, pp: 527.
3. De Bastiani, G., Aldegheri, R., Brivio, R. L.: Dynamic axial fixation; A rational alternative for the external fixation of fractures. Int. Orthop., 10: 95-9, 1986.
4. De Bastiani, G., Aldegheri, R., Brivio, R. L.: The treatment of fractures with a dynamic axial fixator. J. Bone Joint Surg., 66-B: 538-45, 1984.
5. Göksan, M. A.: Kişisel görüşmeler, İstanbul, 1989.
6. Hughes, S., Khan, R., Davies, R., Lavender, P.: The uptake by the canine tibia of the bone-scanning agent 99m Tc-MDP before and after an osteotomy. J. Bone Joint Surg. 60-B: 579-82, 1978.
7. Ilizarov, G. A.: Kişisel görüşmeler, İstanbul, 1989.
8. Ilizarov, G. A.: The tension stress effect on the genesis and growth of tissues; Part I; The influence of stability of fixation and soft tissue preservation. Clin Orthop. and Related Res., 238: 249-81, 1989.
9. Mears, D. C.: External Skeletal fixation. Baltimore/London: Williams and Wilkins, 1983, pp: 1-33.
10. Müller, M. E., Allgöwer, M., and Willenegger, H.: Manual of Internal fixation. New York, Springer-Verlag, Inc., 1970.
11. Pauwels, F.: Biomechanics of the normal and diseased hip. Springer-Verlag, New York, 1976.
12. Weisman, B. N. W., Sledge, C. B.: Orthopedic Radiology. Philadelphia, W. B. Saunders Company, Page: 1-70, 1986.
13. Wu, J. -J., Shyr, H. S., Chao, E. Y. S., Kelly, P. J.: Comparison of osteotomy healing under external fixation devices with different stiffness characteristics. J. Bone Joint Surg., 65-A: 1258-64, 1984.

## Yazışma adresi

Yrd. Doç. Dr. Bener Şen

Diyarbakır Üniv. Tıp Fak. Ortopedi ve Travmatoloji

Anabilim Dalı 21280 Diyarbakır