

**T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ MÜDÜRLÜĞÜ**

**KÖPEKLERDE DENEYSEL OLARAK OLUŞTURULAN  
TİBİA DEFEKTLERİNİN ONARIMINDA SİRKÜLER  
EKSTERNAL FİKSATÖR CİHAZI KULLANIMI**

(Doktora Tezi)

108124

**Arş.Gör. Mustafa KÖM**

F.Ü. VETERİNER FAKÜLTESİ  
CERRAHİ ANABİLİM DALI

108124

DANIŞMAN

**Doç. Dr. Sait BULUT**

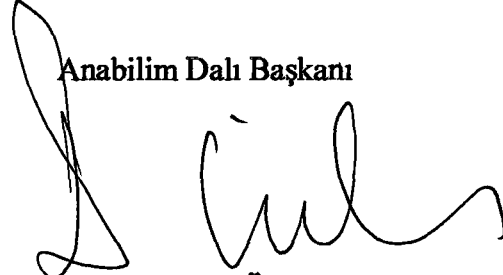
**T.C. YÜSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**2001  
ELAZIĞ**

II. ONAY SAYFASI  
MÜDÜRLÜK ONAYI


  
Prof. Dr. Filiz ÖCAL

Bu tez Doktora Tez standartlarına uygun bulunmuştur.

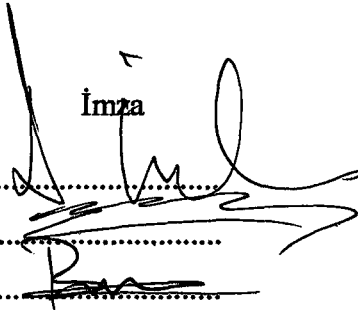
Anabilim Dalı Başkanı  
  
Doç. Dr. Emine ÜNSALDI

Tez tarafımdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman

  
Doç. Dr. Sait BULUT

Doktora Sınav Jüri Üyeleri

1. Doç. Dr. Emine ÜNSALDI.....  
2. Doç. Dr. Sait BULUT.....  
3. Doç. Dr. Bahtiyar BAKIR.....
-   
İmza

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa No</b>
<b>1. ÖNSÖZ</b>	I
<b>2. GİRİŞ</b>	1
<b>2.1. Sirküler Eksternal Fiksator Sisteminin Tarihçesi</b>	1
<b>2.2. Sirküler Eksternal Fiksator Sistemin Komponentleri</b>	2
<b>2.3. Distraksiyon Osteogenezisinin Biyolojisi</b>	9
<b>2.4. Distraksiyon Osteogenezisinin Histolojisi</b>	10
<b>2.5. İllizarov Kortikotomisi</b>	13
<b>2.6. Sirküler Eksternal Fiksatorlerin Biyomekaniği</b>	17
<b>2.7. Distraksiyon Osteogenezisinin Endikasyonları</b>	19
<b>2.8. Sirküler Eksternal Fiksator ile Defektli Kırıkların Tedavi Prensipleri</b>	20
<b>2.9. Sirküler Eksternal Fiksatorün Genel Uygulama Prensipleri</b>	21
<b>2.10. Sirküler Eksternal Fiksatorün Uygulama Komplikasyonları</b>	27
<b>3. MATERYAL ve METOT</b>	32
<b>4. BULGULAR</b>	36
<b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ</b>	42
<b>6. KAYNAKLAR</b>	51
<b>7. ÖZET</b>	58
<b>8. SUMMARY</b>	59
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>	60
<b>10. TEŞEKKÜR</b>	61
<b>11. RESİMLER</b>	62

## 1. ÖNSÖZ

Güntümüze kadar trafik kazaları ve ateşli silah yaralanmaları, kemik enfeksiyonu ve tümör rezeksiyonları sonucunda uzun kemiklerin geniş defektlerinin tedavisinde pek çok yöntem kullanılmış olmasına rağmen ortopedinin bu önemli sorununa kesin bir çözüm getirilememiştir. Kemikteki maddi kayıplı bölgeyi doldurmak için bölgeye otojen, allojen, ksenojen greftleri ve çeşitli inorganik maddelerin uygulaması teknikleri ortopedinin önemli bir bölümünü oluşturur.

Sirküler eksternal fiksatorü kullanarak distraksiyon osteogenezisi tekniği daha az invaziv, kemik greftlemeye gerek duyulmadan son yıllarda beşeri alanda yaygın olarak kullanılarak çeşitli konjenital ve edinsel ortopedik problemler kolay ve düşük komplikasyonla tedavi edilebilmektedir. Veteriner ortopedi de sirküler eksternal fiksatorleri kırık fiksasyonu, angüler deformite düzeltmeleri ve kemik defektlerinin onarımında büyük ilgi görmüştür.

Bu çalışmada köpeklerde deneysel olarak oluşturulan tibianın diyafizer defektlerinde sirküler eksternal fiksatorü ile kemik kaydırma tekniği uygulanarak sonuçları klinik, radyografik ve histopatolojik olarak değerlendirilmiştir.

## 2. GİRİŞ

### 2.1. Sirküler Eksternal Fiksator Sistemin Tarihçesi

Eksternal fiksator 1840'de Jean Francois Malgaigne tarafından "Griffe" adını verdiği fiksator cihazı ile başlamıştır. Daha sonra Parkhill (1897), Albin Lambotte (1907), Ombredanne (1912), Putti (1921), Roger Anderson (1934), Robert Hoffmann (1938), Anderson (1950) ve Wagner (1970) kendi eksternal fiksatorlerini geliştirmişlerdir (8). Eksternal fiksasyon komplikasyon oranının yüksek oluşu nedeniyle; II. Dünya Savaşına kadar yaygın olarak kullanılmamış, savaş sonrası çalışmaların artması ile büyük bir gelişim kazanmıştır.

İlk başarılı kemik uzatma operasyonu 1905 yılında Codvilla ile başlamıştır (8,68). Batı dünyası ekstremite uzatmaları için çalışmalar yaparken Gavriil Abromovich İlizarov (1951) Sibiryanın Kurgan şehrinde savaş sonrası komplikasyonları kendi fiksatorü ile tedaviye çalışıyordu. İlizarov bir eksternal fiksator bulmakla kalmamış ortopedi de çığır sayılan distraksiyon osteogenezisinin temel esaslarını ortaya koymuştur. Diz artrodezi için taktığı fiksatorün, hastanın yanlışlıkla kompresyon yerine distraksiyon yapması ve bunun sonucunda yeni kemik oluşumunun görülmesi ile deneysel çalışmalara başlamıştır. Geliştirdiği bu teknik ile, daha önce tedavisinin mümkün olmadığı varsayılan birçok hastalık başarı ile tedavi edilmiştir. İlizarov' un batı dünyası ile ilk tanışması, 1981'de 22. İtalyan AO toplantısı ile olmuş ve bu toplantıda "Açık Kırıkların Tedavisi", "Posttravmatik Osteomyelitin Tedavisi" ve "Ekstremitte Uzatmaları" adlı tebliğleri ile ortopedistler arasında büyük ilgi uyandırmıştır. İtalya'nın Lecco şehrinde 1982 yılında bir grup ortopedist **ASAMİ** (The Association for the Study and Application of the Methods of Ilizarov) topluluğunu kurarak sistemin gelişimi ve yaygınlaştırılması amacı ile çeşitli çalışmalar yapmışlardır (8,54). İtalya'da yayılması ile birlikte İlizarov'un Fransa, Portekiz, İspanya, İsviçre, ABD'deki AO toplantılarına çağırılması ile ünü tüm dünyaya yayılmıştır. Kuzey Amerika' da Mc Even, Frankel ve Sarmiento ilk uygulayıcıları olmuşlardır. Paley ve Aronson, klinik ve deneysel çalışmalarla sistemin geliştirilmesine büyük katkılar sağlamışlardır (4,6,60,62).

Veteriner ortopedi de ilk olarak sirküler eksternal fiksasyon Ferretti ve Latte' nin yayınları ile başlamış ve Lesser, Marcellin-Little, Thommasini, Yanoff, Lewis'in çalışmaları

ile yaygınlaşmıştır (25,44,45,50,71,77). Ülkemizde de ilk sirküler eksternal fiksasyon Olcay ve Bilgili (1996) tarafından uygulanmıştır (53).

De Bastiani ve ark. (1,20), 1987'de monolateral eksternal fiksator kullanarak proksimal submetafizler kortikotomi ile yetişkinlerde 14 gün, çocuklarda ise bir haftalık bir bekleme periyodundan sonra distraksiyona başlamış ve kallotasis veya kallus distraksiyonu adını verdikleri bir yöntem geliştirmişlerdir.

## **2.2. Sirküler Eksternal Fiksator Sistemin Komponentleri**

Sirküler eksternal fiksator sınırsız sayıda konfigurasyonla bir araya getirilebilen parçalardan oluşan modüler bir sistemdir (Şekil 1). Sirküler eksternal fiksatorün elemanları; primer ve sekonder komponentler olarak iki bölümde toplanır. Primer komponentler; bitmiş fiksator iskeletine katılan standart bölümlerdir. Bunlar halka, transfiksasyon telleri ve tel tutuculardır. Sekonder komponentler ise rod, bağlantı plağı, menteşe, vida ve somun gibi fiksatorü kurmak için kullanılan özel elemanlardır (11,12).

### **Halkalar**

İlizarov sisteminin temel komponentleridir. Düz bir yüzey ve üzerinde birçok delik bulunan tam, yarım, 5/8, omega ve delikli ark gibi halka çeşitleri vardır. Halkalar birbirlerine ve kemiğe bağlandıklarında fiksator kemiği dıştan taklit eder (11,12,34).

Halkalar, transfiksasyon telleri (K-telleri) ve sistem için gerekli diğer yardımcı elemanların birleştirilmesi sonucunda sistemin çatısı oluşturulur (34).

**Tam Halkalar:** Orjinal bir ilizarov setinde 12 değişik çapta halka bulunur. Küçük hayvan ortopedisinde 30-120 mm çapındaki halkalar kullanılmaktadır (11,34,51). Tam halkalar iki yarım halkanın birleştirilmesi sonucunda da elde edilebilir (12). Bu halkalar radius-ulna ve tibia'nın distali için idealdir. Üzerlerindeki delikler sayesinde 360°'lik çerçevede K-tellerini tutar (12,72).

Fiksasyon amacıyla alüminyum alaşımlı iki yarım halka kullanılacaksa halkalar sırt sırta birleştirilerek sağlamlaştırılır ve birbiri üzerine döndürülerek istenilen halka oluşturulur (11,12,34). Kemik fragmanların rotasyonunu sağlamak için, iç içe iki halka yerleştirilmesi gerekebilir. Bu durumda iç halka ile dış halka arasında 20 mm fark olmalıdır (30,72).

**Yarım Halkalar:** Yarım halkalar 80–240 mm. arasında 11 değişik çaptadır. İki yarım halkanın uçlarının karşılıklı olarak birleştirilebilmesine olanak sağlayan basamakları

mevcuttur (12,30). Yarım halkalar anatomik lokalizasyonlara göre tek olarak kullanılabilirler gibi kısa plaklarla at nalı, düz veya açılı kombinasyonlarda da kullanılabilirler. Ayrıca yivli ve yuvalı klemplerle T şeklinde veya iki yarım halka arasına kısa plak eklenerek oval tam halka şeklinde de birleştirilebilir (11,12,34). Bu halkalar radius-ulna, humerus, femurun 1/3 distal ve orta kısımlarında uygulanırlar (11,30).

**Omega veya 5/8 Halkalar:** Omega halkalar uçları dışa doğru kıvrılmış halkalardır. Özellikle omuz bölgesinde kullanılır. Ekleme hareket açısı sağlar (11,12,30).

5/8 halkalar ekleme yakın bölgelerde hareketi engellemek ve yaraya daha kolay ulaşmayı sağlamak amacı ile tibianın kompleks kırıkları, distal humerus ve femurda kullanılır. Köpeklerde proksimal radius-ulna ve tibiada da kullanılmaktadır (11,12,30).

**Delikli Arklar:** Uçları normalden uzun ve kalın halkalardır. Normal yarım halkalardan farklı delikleri bulunan iki sıralı büyük plaklardır. Çapları 80 ila 260 mm'dir. Yarım pin fiksasyonu için üst femur ve humerusta kullanılır (11,30).

#### Transfiksasyon Telleri (Kirscher Telleri)

Kemik fragmanlarının halkaya tutturulmasını sağlar. Bu teller birçok bakımdan klasik kirschner tellerinden farklıdır. Özel sertliği ve elastikiyeti olan paslanmaz çelikten üretilmiştir (11,12). Tel seçiminde kemiğin dansitesi, ihtiyaç duyulan fiksasyon rijiditesi, ekstremitenin çapı ve hedeflenen tedavi önemli kriterlerdir. Kalın tellerin tutulum sertliği, telin çapının dördüncü kuvveti ile doğru orantılı olduğundan fiksatörün daha stabil olmasını sağlar (31). K-telleri 1.0 mm ve 2.0 mm arasında değişen çaptadırlar. Kedi ve 5 kg'dan küçük köpeklere 1.0 mm.'lik, 5-15 kg için 1.4 mm.'lik, 15-30 kg için 1.6 mm.'lik, 30-45 kg için 1.8 mm.'lik , 45 kg ve daha ağır köpekler için ise 2.0 mm.'lik teller kullanılmaktadır (25,44,51). Trokar uçlu teller kanselöz, bayonet uçlu teller ise kortikal kemikte kullanılır (11,12,34).

#### Stoplu ( zeytinli-olive ) Teller

Normal K-telleri ile aynı çapta ve ortasında değişik şekillerde kıvrımlar bulunan tellerdir.

Başlıca stabiliteyi arttırmak, deformite düzeltilmesinde destek noktası görevini görmek, fragmanın redüksiyon veya kompresyonunu sağlamak amacı ile kullanılmaktadır (31). Düz teller kemiği geçtikten sonra sirküler, twisting veya bayonet şekiller verilerek stoplu tel şeklinde kullanılabilir (44). Stoplu kısmı telin çapından büyük olduğu için bistüri ile küçük

bir deri ensizyonu yapılır. Stabilizasyon amacıyla kullanıldığında telin boncuk kısmı ilk önce tespit edilir, karşı halkaya gerilir. Kemik fragmanını hareket ettirmek amacıyla kullanıldığında ise boncuklu uç serbest bırakılır ve karşı uç yivli bir distraksiyon mekanizmasına birleştirilir (11,31,34,44).

#### Schanz Vidaları

Schanz vidaları 4-5 mm çapındadırlar ve femoral arklara tekli veya çoklu vida tutucular ile tesbit edilirler. Üst ekstremitenin proksimal kısımlarında kullanılan ve uçları yivli olan vidalardır (34).

#### Rodlar ( çubuklar )

Setteki en önemli sekonder komponentlerdendir (11,12,30,34). Bunlar 4 çeşittir.

**Yivli Rodlar:** Bunlar 30-400 mm uzunluğunda olup vida çapına eşit sayıda yiv içerirler. Ara bağlantısız uzun yivli rodler, ekstremitte myofasiyal yapılarının karşı gerilimi sonucu eğilebilirler (11,12,31).

**Yarıklı Rodlar:** Ucunda 20 mm uzunluğunda delik bulunan bu rodler interfragmenter kompresiyon ya da kemik transportasyonunda gerilim uygulamak için kullanılırlar. Bu özellik herhangi bir kırık hattında istenen kuvvetin uygulanabilmesi için büyük avantaj sağlar (11,12,31,34).

**Teleskopik Rodlar:** İçleri tüp şeklindedir. İki halka arasındaki mesafe çok uzun olduğunda, fiksatorün şeklini korumak, mesafeyi ayarlamak ve sistemin rijitidesini arttırmak için kullanılır. Yivli çubuğun teleskopik tüpe girdiği yerdeki somun, uzatma sırasında uzunluğunu korur, somunun çevrilmesi ile uzama veya kısılma sağlanır (11,12,34).

**Dereceli Teleskopik Rodlar:** Son yıllarda geliştirilen, distraksiyonu daha kolaylaştırmak amacı ile kullanılan bir roddur. Bu rodlerin bir ucunda dört yüzlü, yivli yapısı vardır; her bir yüz bir, iki, üç ve dört noktayla işaretlenmiştir. Rodun tüpü delikli olup mm olarak işaretlenmiş olduğundan distraksiyon daha kolaydır (11,12,30,34).

#### Klempeler (Rondela-Postlar)

Klempeler 1,2,3,4 deliklidir. Uzunlukları 25, 35 ve 45 mm' dir. Yivli veya yuvalı olabilir. Yivli klemp somunla, yuvalı klemp ise civata ile tespit edilir. Bir çift tek delikli

klemple, düz yüzleri birbirlerine bakacak şekilde vidalanınca iki kol aynı düzlemde olan menteşeyi oluşturur ( 12).

Klemler sisteminin en yararlı komponentidir. Aynı çapta olmayan halkaların bağlantısını sağlamak ve sistemin stabilitesini arttırmak için kullanılır. Tellerin halka düzleminden uzakta tespitini sağlar. Bir halkaya tespit edilen tek delikli klemler halkaya rotasyon, halkanın itme-çekme ve kemik transportasyonu için kullanılır (11,12,34).

#### Kelepçeler

Bunlar İlizarov'un tel fiksasyonu için geliştirdiği ilk elemanlardır. Tel herhangi bir açıdan kelepçe ile halka veya plak arasına yerleştirilip sıkıştırılabilir. Kelepçede yivli rod tespiti için yuva vardır. Bu kısım halka veya plağın herhangi bir tarafında bir elemanı tesbit etmek için kullanılır (12).

#### Plaklar

Düz Plaklar: Basit 2 delikliden 14 delikliye kadar değişirler. Plakların uçları yivli rodla sonlanan 150 ile 250 mm arasında değişen uzunluklara sahiptirler. Plak tel bağlama ve yükseltme yanısıra birleştirici ve destek elemanı olarak da kullanılmaktadır. Kısa plakla küçük halka çapı büyütülebilir . Plak lateral distraksiyon ile kemik genişletilirken tel tespit noktaları olarak görev yapar. Plaklar stabil destek elemanı olup halkaların birbiriyle açılmasını ve yer değiştirmesini aynı anda sağlar (11,30).

Bükülmüş (Twisted) Plaklar: Fiksasyon düzleminin  $90^0$  rotasyonu için kullanılır. Bunlar konfigürasyonun konveks tarafındaki açılmanın düzeltilmesini sağlar. Deformitenin karşı tarafında halkalara bir çift bükülmüş plak yerleştirilir ve tek delikli klemler plağa tesbit edilir (12,30).

Eğri Plaklar: Yarım halkaları uzatmak veya genişletmek için kullanılır (11,30).

#### Pullar

Düz pullar fikse edilecek yüzeyler arasındaki mesafenin uyumunu sağlar. Yarıklı pullar yarıklı tel tutucuların fiksasyonunda kullanılır. Dişli pullar bir yüzeyinde radial olarak yerleştirilmiş dişler ile diğer yüzeyinde geniş U şeklinde bir girintiye sahiptir. Bunlar dişli olan klemlerle karşılıklı olarak yerleştirildiğinde rijit fiksasyon sağlar. Sferik pullar sisteme yeni girmiş olup çift olarak kullanılırlar. Halkanın alt ve üst bölgelerine yivli rodlarla bağlandığında  $7.5^0$  lik bir angulasyon kazandırır (11,12,34).

## Vida ve Somunlar

Vida sistemin tüm parçalarının birbirine birleştirilmesini sağlayan komponenttir. Vidalar 6 mm çapında olup her santimetresinde 10 yiv içerirler. Tam bir dönüş vidayı 1 mm hareket ettirir. Uzunlukları 10, 16 ve 30 mm'dir. Somunlar iç yüzeyleri yivli olup vida, rod, klemp ve K-tutucularının sisteme tutturulmasını sağlar. Vida kafası ve somunlar 10'luk anahtara uygundur (11,12,34).

### Fiksasyon Vidaları (K-Tutucular)

Bu vidalar telleri tespit etmek için kullanılır. Delikli, oluklu veya delikli-yuvalı şekilde olabilirler. (12,30).

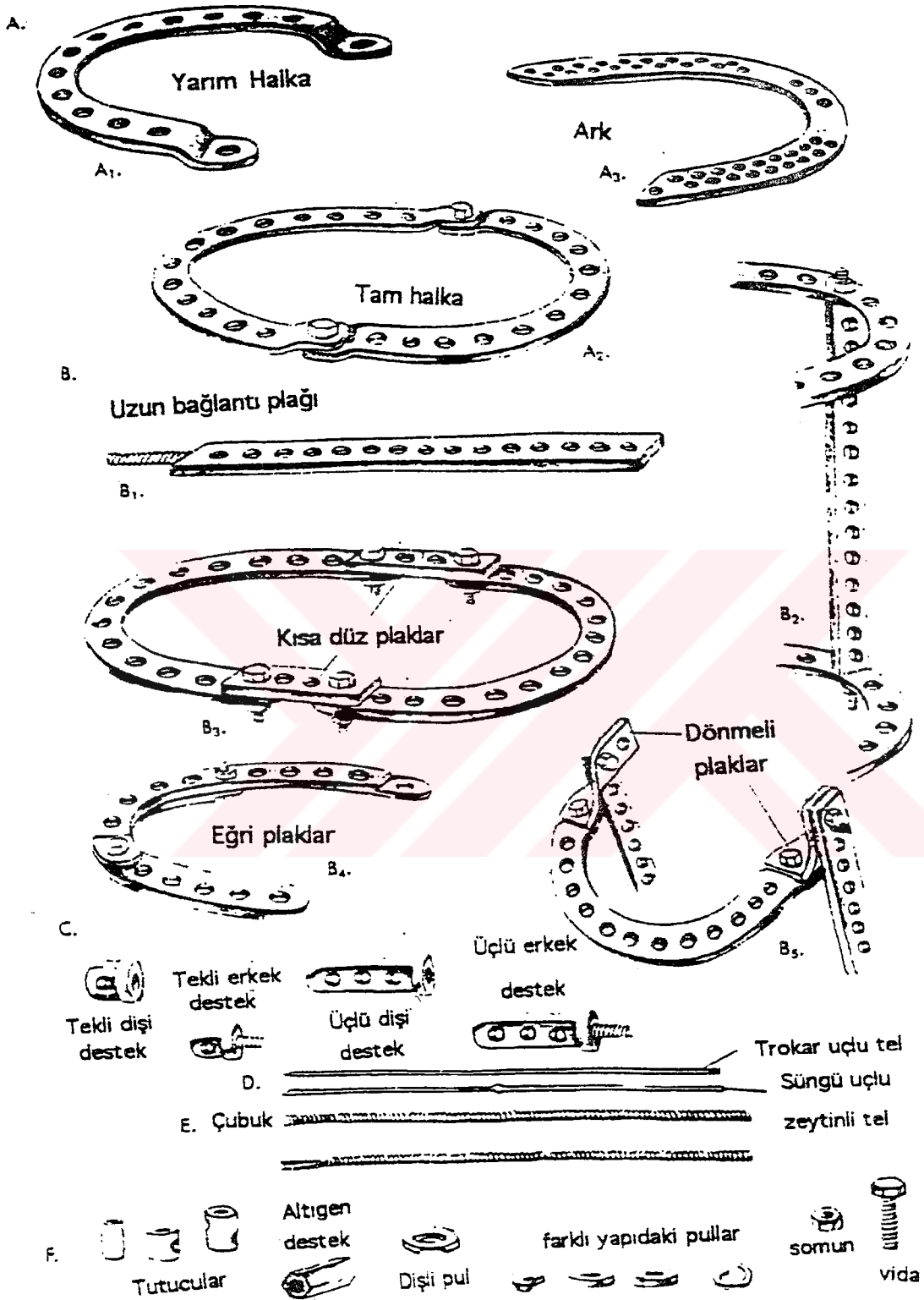
### Yivli Soketler (Yuvalar)

Yivli yuvalar 20, 30, 40 ve 60 mm uzunluğundadır. Bir çeşit uzun, altı kenarlı somundur. İçerisinden rod geçmesine uygun, ortasında, aksiyel bir yivli delik bulunur. Yarım pin uygulanmasında, tespit noktasının iki halka düzleminde yükseltilmesini veya iki rodun dik olarak yerleştirilmesini sağlar (30,34).

Halka birçok elemanla dolmuşsa, yuva yardımıyla başka elemanlar yerleştirilebilir. Gerekirse yuvaya kısa bir vidayla kısa bir plak yerleştirilerek halkanın dış kenarının dışında bir tesbit noktası sağlanır (34).

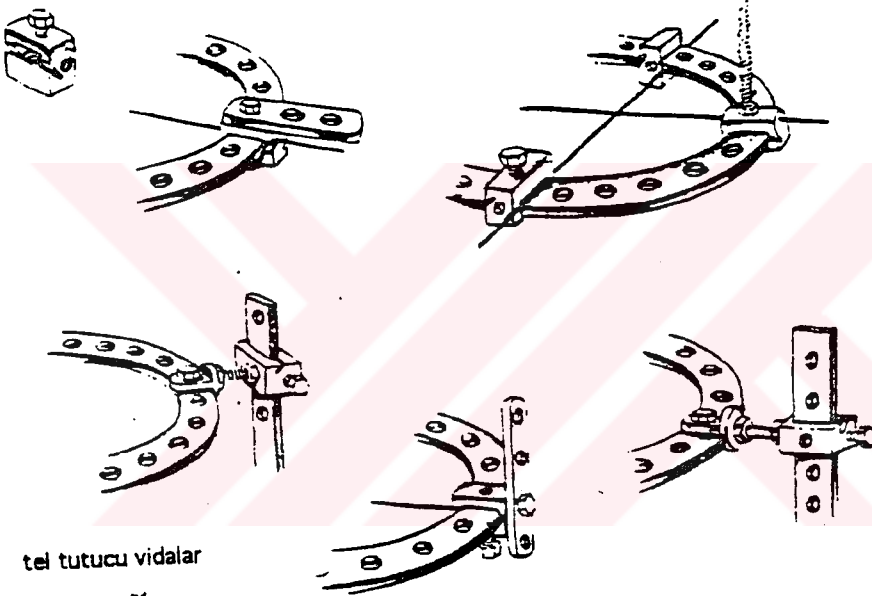
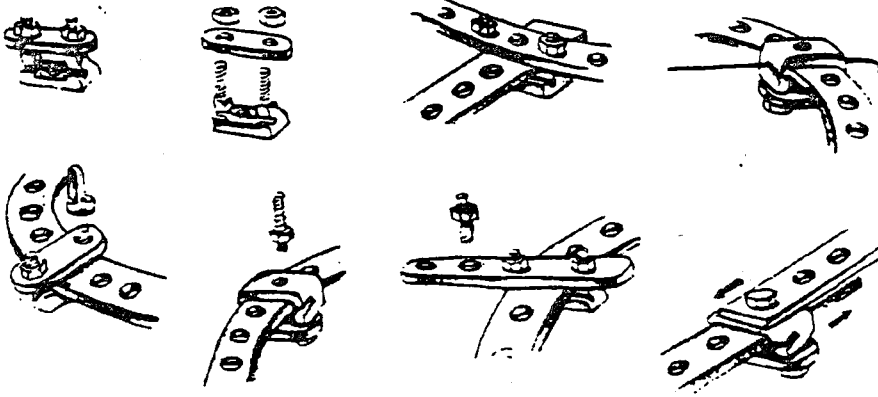
### Tel Gerdiriciler

İlizarov sisteminin en önemli komponentlerinden biridir. Standart tel gerdiriciler, tel tespit noktasında halkaya uyum sağlayacak şekilde tel vidayla sıkıştırılır ve kanat şeklindeki kollar çevrilerek tele gerilim uygulanır. Kanatsız gerdiricilerde, çevirme işlemi ingiliz anahtarı ile yapılır. Son zamanlarda kullanılan 50-130 kg gerilim kuvvetini gösteren skalası olan dinamometrik tel gerdiricileri kullanılmaktadır (11,34).

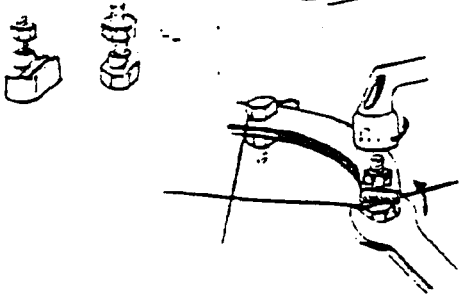


Şekil.1: Sirküler Eksternal Fiksator Komponentleri

## G. Tel tutucu plaklar



## I. tel tutucu vidalar



Şekil.1: Sirküler Eksternal Fiksator Komponentleri

### 2.3. Distraksiyon Osteogenezisinin Biyolojisi

Aleksandro Codvilla'nın 1905'de kemik uzatmasını 4 safhaya (osteotomi, stabilizasyon, distraksiyon ve konsolidasyon) ayırarak başladığı süreç zamanla büyük gelişme göstermiştir (8). Distraksiyon osteogenezisi üzerine çeşitli çalışmalar sonucunda bir takım temel prensipler ortaya konmuştur (35,36,41,79). Canlı dokulara dereceli distraksiyon uygulandığında belli doku yapılarının aktif büyümesine ve rejenerasyonuna olanak sağlayan "gerilim-stres" olarak bilinen uyarıcı stresler ortaya çıkar. Yavaş ve sabit gerilimle karşı karşıya kalan dokular proliferatif ve biyosentetik hücrel fonksiyonlarla karakterize kan akımının yeterliliği ve yük vermenin uyarıcı etkisi ile bir metabolik aktivasyona girer. Bu olaya distraksiyon osteogenezi denir (5,14,54,69).

Birçok araştırmacı (3,7,15,35,36,42), distraksiyon osteogenezisinde yeni oluşan kemik dokusunu etkileyen faktörleri birçok biyolojik ve biyomekanik çalışma sonucunda ortaya koymuştur. Fiksasyon stabilitesi, kortikotomi seviyesi, kortikotomi sırasında yumuşak doku hasarının derecesi, bekleme periyodu, distraksiyon oran ve frekansı, distraksiyon sonrası kortikalizasyon için gereken nötral fiksasyon dönemi ve ekstremitenin normal fizyolojik kullanımı distraksiyon osteogenezisinde optimal koşulları etkileyen faktörlerdir (5,26,37,63,67,74,79).

Kemik fragmentlerinin stabil fiksasyonu, eksternal fiksasyonla distraksiyon aralığını dolduran doku tipini belirleyen en önemli faktörlerden biridir (35,36,41,79).

Uzun kemiklerin metafizer bölgelerindeki osteoblastik aktivite diyafizer bölgeye oranla daha yüksek olduğundan metafizer bölgeden yapılan kortikotomilerde konsolidasyon daha hızlı olmaktadır. Eskiden orta diafizde yapılırken şimdi metafizer bölgeden yapılan osteotomiler tercih edilmektedir. Bunun iki avantajı vardır. Birincisi osteogenezisde aktif osteoblastların metafizer kansellöz kemikte yoğunlaşması, ikincisi ise bir yapının eğilme kuvvetlerine mekanik direncin çapının karesi ile doğru orantılı oluşudur. Metafizer bölge diyafizer bölgenin iki katı olduğundan direnç dört kat artmaktadır. Bu direnç uzatma sonrası internal ve eksternal desteklere gereksinimi azaltır (7,17,40,41). Periost, endost, kemik iliği ve yumuşak doku hasarı en aza indirildiğinde osteojenik aktivite daha da artmaktadır (7,27,35-37,62,70).

Bekleme periyodu, kortikotomi ile distraksiyonun başlangıcı arasında görülen ilk kallus oluşumunun ortaya çıkması için geçen zamandır. Bekleme periyodu kortikotomi sırasında

oluşan hematoma organizasyonu, fibröz matrisin erken vaskülarizasyonu ve damarların rekanalizasyonu için gereklidir. Kortikotomi sırasında çevre dokulara verilen hasar derecesine, hastanın yaşına, uzatma, deformite düzeltme veya kemik transportasyonuna bağlı olarak bu süre 2 haftaya kadar uzayabilir (21,29,35,51,76). Operasyondan hemen sonra başlanan distraksiyonda, oluşan kallus dokusunda duraklama görülür. Gençlerin yaşlılara oranla bekleme periyodu daha kısadır (69,74,75).

Distraksiyon oranı, kortikotomi uçlarına günlük uygulanan distraksiyonun milimetre olarak ifadesidir. Distraksiyon frekansı, eşit aralıklarda günlük yapılacak distraksiyon sayısıdır. İlizarov (36,37), distraksiyon osteogenezisinin prensiplerini ortaya koyarken distraksiyon oran ve frekansının rolünü de araştırmış, sonuçta günde bir milimetre oran ve 4 seansta gerçekleştirilen distraksiyonun optimum osteogenezisi sağladığı ve bunun otodistraktör kullanılarak birçok seansta yapılmasının oluşturduğu proliferatif, metabolik ve biyosentetik değişikliklerin embriyonik-fötal büyüme sırasındaki karakteristik gelişimlere çok benzediğini göstermiştir.

Distraksiyon periyodu sonrasında konsolidasyon için nötral fiksasyon dönemi gereklidir. Bu süre kemik kalitesine göre değişmekle beraber yeni kemik ve medüller formasyon için en az 6 hafta kadardır (37,74).

Tedavi sırasında ekstremitelerin kullanılması, eklem hareketleri ve ekstremitenin kan akımı açısından önemlidir. Distraksiyon osteogenezisi uygulanan bir ekstremitede kan akımı, değişik çalışmalarda 4-10 kat arasında artmaktadır. Kan akımının artmasında ekstremitenin kullanımının önemli bir rol oynadığına inanılmaktadır (3,14,27,35-37).

#### **2.4. Distraksiyon Osteogenezisinin Histolojisi**

Kemik dokusu optimal koşullarda yapılan osteotomi, fiksasyon ve distraksiyon ile daha önceden bilinmeyen biyolojik plasite özellikleri göstermiştir.

Biyokimyasal, elektron mikroskopik ve hücre morfolojisi çalışmaları sonucunda kortikotomi sonrası kırık iyileşmesine benzer yangısal bir reaksiyon görülür. Epifizer büyüme plağından farklı, yalancı büyüme plağına benzer proksimal ve distale doğru ossifiye aktif fibröz büyüme plağı şeklindeki rejenere kemik, kırık ara dönemi geçirmeden, intramembranöz kemikleşme gösterir (3,21,35,36).

Distraksiyonun başlangıcında fibroblastlara benzeyen hücreler distraksiyon aralığında görülürler. Kollojen fibrilleri distraksiyon yönüne paralel ve distraksiyon aralığının proksimal ve distalinde yoğunlaşırlar. Kollojenin çevresinde oluşan yeni kapiller de distraksiyon yönüne paralel dizilim gösterir (3,21,41). Bu fibroblastlara benzeyen hücrelerde bol miktarda endoplazmik retikulum, hücre çekirdeğinde nukleolus, embriyolojik ve fetal doku gelişiminde görev alan Tip 2 kollojenoblastların diğer karakteristik özelliklerine rastlanmıştır (35-37,79). Fibroblastta benzeyen hücrelerde yüksek düzeyde bir biyosentetik aktivite, osteoblastlarda ileri derecede metabolik aktivite ve protein sentezi vardır. İnteramembranöz kemikleşme ile oluşan immatür kemik longitudinal interfibriller kompartmanlarda büyümektedir. Bunu sağlayan 2 yapı mevcuttur. Birinci osteoblastlar her zaman uzayan kapiller damarların yanında yerleşir. İkinci distraksiyonun etkisi ile kollojen fibriller oluşan immatur kemiğe kafes görevi görmektedir (5,64). İmmatür fibroblastlara benzeyen hücreler osteoblastlara dönüşür ve sonra longitudinal yönelim göstererek immatür trabekülaların uçları ile aynı hizada yeni osteoid doku oluşturur. Kapillerle beraber osteoid oluşturan osteoblastlar görülür. Distraksiyonla birlikte yeni oluşan osteoid doku osteoid doku içeren lameller kemik dokuya dönüşür. Bu da distraksiyon aralığının her iki ucunda kortikal kemiğe dönüşür (3,5,36,79).

Ultrastruktürel düzeyde distraksiyon aralığındaki hücreler embriyonik, fetal ve neonatal ekstremitelerde gelişimi ve büyümesi sırasında izlenen hücresel değişikliklerle ortak bazı özellikler taşır. Mitokondri, endoplazmik retikulum, nükleoller, golgi kompleksi ve diğer yapıların proliferasyonu ve hipertrofisi birçok dokuda izlenmiştir (35).

Distraksiyonun başlangıcında fibrovasküler yapının immatür vasküler sinüzoidler ve kollojen köprüler oluşturmak için kendini, distraksiyon yönüne organize ettiği görülür. Kollojen ağ, tendon gibi daha yoğun, ancak az vasküler bir durum alır (5,21,34).

Distraksiyonun 1. haftasında 6-7 mm' lik distraksiyon aralığındaki yeni oluşan longitudinal trabekülalar arasında "Fibröz İnterzon (FİZ)" denen bir ara bölge vardır. Avasküler fibröz doku, kollojen lifleri arasında yerleşen iğ şeklinde fibroblastlar içeren yapıdır. Osteosit ve osteoblastlar mevcut değildir (5,34,41,64).

Distraksiyonun 2. haftasında fibröz interzonun proksimal ve distal tarafında vasküler sinüzoidlere komşu kümeler halinde osteoblastik hücreler ortaya çıkar. Kollojen demetleri osteoid benzeri bir matriks ile kaynaşır. İkinci haftanın sonunda osteoid doku mineralize

olarak primer mineralizasyon öncüsü adı verilen kemik spiküllerini oluşturur. Bunlar merkez fiz hattına doğru yönelmişlerdir. Bu doku korteks, periost ve endost olarak bütün kesilen yapıları içerir. Radyografik olarak lüsent aralık şeklinde görülür (5,34,41,64,74).

Distraksiyonun 3. haftasındaki osteojenik yapılanmada kemik spiküllerinin uzaması, mikrokolon formasyonu, fibröz interzonun ossifikasyonu göze çarpar. Ossifikasyon, kemik spiküllerinin uzaması ile oluşan yeni kemik spiküllerinin etrafında ince duvarlı bir yapı olarak devam eder (5,34,41,64).

Distraksiyonun 4. haftasında fibröz interzon hızlı bir şekilde ossifiye olur. Aralık tam köprüleşir ve kalın bir mikrokolon oluşur (5,34,41,64).

Distraksiyonun 6. haftasında ve yük vermenin etkisi ile konsolidasyon döneminde vasküler sinuzoidler köprüleşir ve fibröz interzonun hızla mineralizasyonu sonrasında mikrokolon haline dönüşmesi ile aralık kapanır. Korteks ve medüller kanal remodele olur. Kemik lameller ve laküner özellikler gösterir. Kemik kolonlar arasındaki fibrovasküler doku normal ilik dokusuna dönüşür (5,34,41,64).

Konsolidasyon periyodunda sentral büyüme bölgesi ossifikasyona uğrar. Kortikalizasyon meydana gelerek medüller kanal açılır, damarlar incelik, lameller kemiğin depo edilmesi ile osteonlar oluşturulur. Bu olaylar daha yavaş seyirlidir. Rejenere kemik normal korteksten ayrılmayacak bir korteks oluşturur. Remodelizasyon fazında trabeküller kemik yerini kortikal kemiğe bırakır. Bu sürecin tamamlanması yıllarca sürebilir. Esas korteks ve yeni kemik rejenerasyonunun havers remodelizasyonu hayvanlarda 2-3 ay, insanlarda 4-6 ayda başlar. Medüller elemanlar hayvanlarda 4.aydan itibaren görülür. Remodelizasyonun tamamlanması hayvanlarda 5-7 ay, insanlarda 12-24 aydır (74).

Hücrel proliferasyon hızındaki artışla birlikte metabolik aktivite de artar. İlizarov, pirofosfat birikiminin distraksiyon fazında büyük ölçüde arttığını, nötral fiksasyon fazında ise karşı ekstremitedeki değerlerin 1.5-1.7 kat azaldığını göstermiştir (35,36).

İskelet kasında mitokondriler hipertrofiye olur ve hacimleri artar. Aktin ve miyozin miyoflamentleri aktif olarak sentezlenir. Nükleus aktivitesi artmış, nükleolus hipertrofiye olmuş ve derin karyolemma invaginasyonları oluşmuştur. Distraksiyonun geç aşamasında kas kondüktif sisteminin elementlerinin yanı sıra miyotübül ve miyofilamentler oluşur (34-36).

Bağdokusunda genişlemiş granüler endoplazmik retikulum, yüzeysel ribozomların artışı, golgi cisimciklerin büyümesi gözlenmiştir. Nukleus volümlerinde üç kat, granüler endoplazmik retikulumda dört kat artış ve nukleusta aktive olmuş protein sentezini gösteren kromatin yoğunlaşması saptanmıştır. Fibroblastların sitofilament hipertrofisi ve formasyon artışı görülür (34-36).

Optimal distraksiyonla 2 tip kapiller damarlar görülür. Birincisi; geniş lumen ve endoteliyalde açılmaların varlığı ile karakterize sinüzoidal kapillerler. İkincisi; dar lumenli ve devamlılığı olan epitel ile karakterize transport kapillerleridir. Yeni oluşan damarlar, multipl perfore edici damarlar aracılığı ile yumuşak doku bölgesini çevreleyen damarla anostomoz yaparlar. Bu yoğun anjiogenik aktivite, distraksiyonun longitudinal ya da transversal olmasından bağımsız olarak ortaya çıkar (3,34-36).

Sinir dokusunda interkalar büyüme ve yeni sinir fibrilleri oluşumu saptanmıştır. Erken dönemde aksonlarda akson büyüme konileri oluşur. Aksoplazma içinde düz endoplazmik retikulum, myelin benzeri cisimcikler ve multipl kristal mitokondriler içerdikleri saptanmıştır. Geç dönemde ise lenfosit sitoplazmik sürecin aksonu tamamen çevirerek mezakson oluşturması ile karakterize sinir fibril differansiyasyonu izlenir (34-36).

Distraksiyondaki kan akımı normale göre % 160-330'a kadar artar, daha sonra ise normalden % 30-40 fazla değere kadar azalır. Lenf akımı distraksiyon öncesi latent dönemde azalır, distraksiyonun üçüncü günü artmaya başlayarak 14. günde normale döner (34-36).

## **2.5. İizarov Kortikotomisi**

Distraksiyon osteogenezisinin temel prensiplerinden biridir. Kortikotomi terimini perkutan kortikal osteotomi anlamında ilk kullanan bilim adamının İizarov olduğu kabul edilmektedir (14,27,62,67).

Transversal, longitudinal, oblik, parsiyel, splinter, spiral gibi osteotomi konfigürasyonları uygulanmaktadır (14,62,67).

Osteotomi sırasında kan dolaşımı korunduğunda en kısa sürede ve en iyi kemik rejenerasyonu elde edilebilmektedir. Periost, endost ve kemik iliğinin osteogenezise ve kallus oluşumuna katkısının büyük olduğu gösterilmiştir (21,35,42,62,67,79).

Kemiği kesmek için kullanılan enerji osteotomiyi etkileyen bir diğer faktördür. Yüksek devirli elektrikli testere kemik ve çevre yumuşak dokularda ısı nekrozuna neden olur.

Osteotom veya gigli'nin tel testeresi ile yapılan kesme işleminde kemik hasarının daha az olduğu görülür (51,62).

Transversal ve oblik kortikotomiler, kemik uzatmaları, angüler deformite düzeltmeleri ve kemik transportasyonunda çok sık kullanılır. Transversal kortikotomi aynı kemikte farklı seviyelerden de yapılabilir. Atrofik nonunionların tedavisinde başarılı sonuç verir. Bu kortikotomide distraksiyon aralığının radyografileri daha kolay değerlendirilebilir (14,67).

Longitudinal kortikotomi, tibia ve ulnada atrofik bacağın kuvvetlendirilmesi ve kemik kalınlaştırılması gerektiren durumlarda başarı ile uygulanır. Distraksiyon osteogenezisinde bacadaki kapiller kan dolaşımı arttığından iskemik bacak ve trofik deri ülserlerinin tedavilerine yardım eder (62,67).

Splinter kortikotomi, deri defektleri ve osteomiyelik kemik boşlukları doldurmak amacı ile uygulanır. Kaynama yokluğunun olduğu bölgede köprü oluşturur (62,67).

Spiral ve oblik osteotomiler distraksiyon boyunca kortikal apozisyon avantajı taşır ve aksiyel sapma eğilimini azaltır. Kemik rejenerasyonu daha fazla bir yüzey alanına sahiptir (62,67).

### **Kortikotomi Tekniği (Üçgen Kemik Tekniği)**

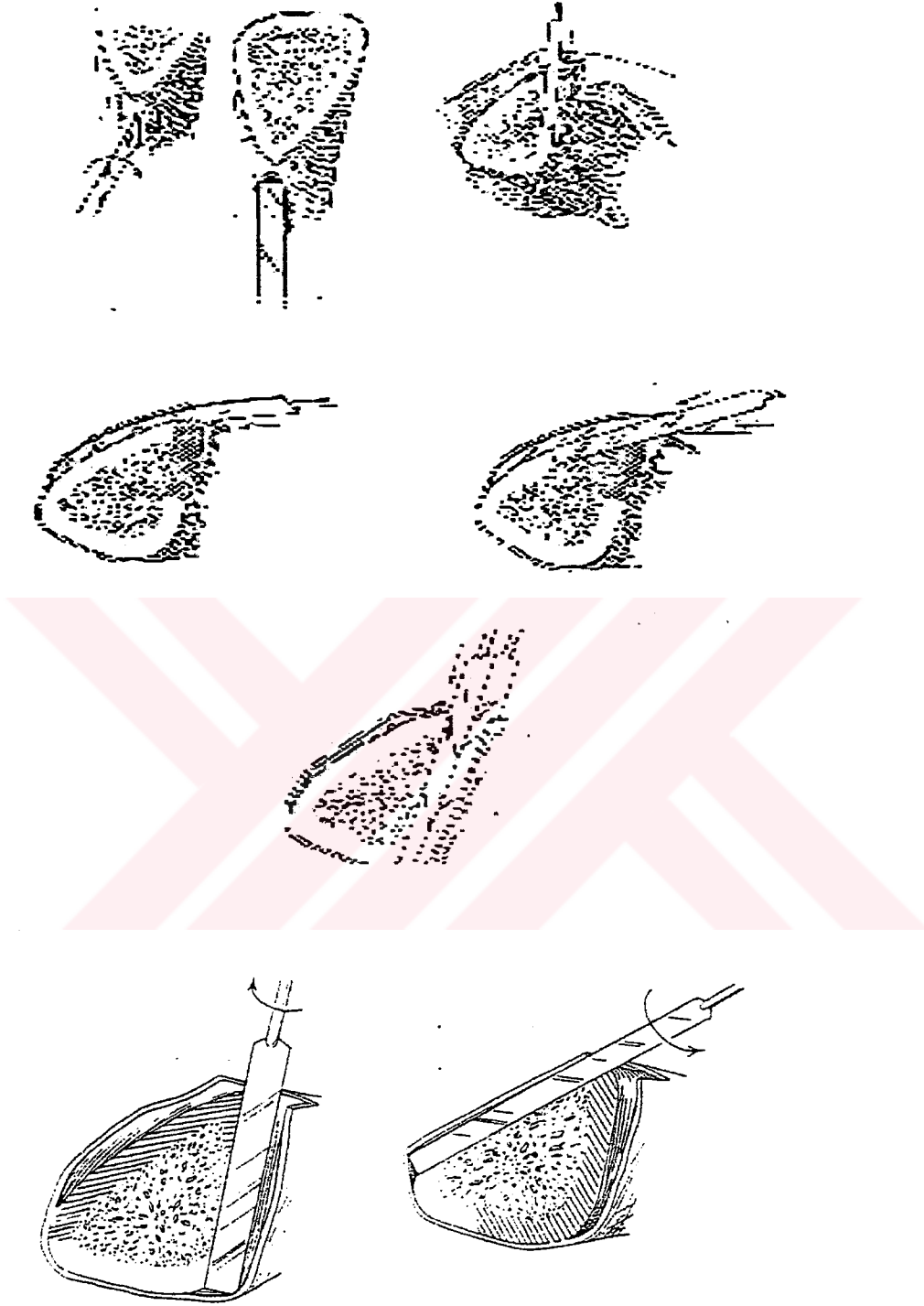
Kesiti üçgen şeklinde olan tibia, ulna ve radius ta perkutan subperiostal yapılan kortikotomidir (Şekil 2).

Proksimal ve distal fiksasyon blokları çıkarılır. İstenilen düzeyde crista tibialis üzerinde antero-lateralinden 10 mm'lik longitudinal ensizyon yapılır. Deri, derialtı bağdokusu ve periost kemiğe kadar ayrılır. Periost medial ve laterale doğru ince, küt periostal elevatörle kaldırılır. Beş mm'lik osteotom kemiğe kadar longitudinal olarak sokulur. Tibia antero-posterior olarak medullaya ulaşınca kadar kesilir. Osteotom lateral tarafa doğru yönlendirilir. Bu yönde lateral korteksin yarısına kadar kesilir. Periosteal elevatör tibiann yönüne dikkat edilerek medial kenardan subperiostal yerleştirilir. Lateral kortekste oluşturulan çentiğe ¼ inç'lik osteotom sokulur, medial ve postero-medial korteks kesilir. Osteotom ilerletilirken korteksten gelen sese dikkat edilir. Bu kortikal ses kaybolursa ya meduller kanala girmiş ya da periostun dışına çıkmıştır. Elevatör periost lateral tarafına yerleştirilir ve elevatörün ucunun altında kalan korteks ve postero-lateralde kalan korteks kısımları kesilir. Daha sonra osteotoma ingiliz anahtarı takılır ve osteotom 90<sup>0</sup> döndürülür.

Böylece tibiannın posterior korteksinde kırık meydana getirilir. Aynı işlem medial kenarda da yapılır. Her iki işlemde de bir kırılma sesinin duyulmasından sonra dış rotasyonel osteoklazi yapılır. Fiksator kortikotomiden sonra tekrar biraraya getirilir. Tam kortikotominin olduğunu görebilmek için halkalar üzerinden 5 mm.'lik bir distraksiyon yapılarak radyografisi çekilir. Halkalar eski konumuna getirilir. Deri ensizyonu dikişlerle kapatılır (8,27,62,67).

Ayrıca tibia kortikotomisi için perkutan gigli testere tekniği de önerilmiştir. Subperiostal yerleştirilen giglinin tel testeresi ile kesildiğinden periost, damar ve sinir hasarı az olur. Rotasyonel osteoklaziye gerek yoktur. Fiksatorün proksimal ve distal halkaları tekrar çıkarılmaz. İnkomplet kırık riski yoktur. Tam bir transversal kortikotomi yapıldığında radyografik kontrolleri kolaydır. Tek dezavantajı operasyon esnasında daha fazla kişiye gerek duyulmasıdır (62).





Şekil 2. Tibianın Kortikotomi Tekniği

## 2. 6. Sirküler Eksternal Fiksatorlerin Biyomekaniği

Kırık sahasındaki biyomekanik koşulları eksternal fiksatorün mekanik özellikleri belirlemektedir. Kırık iyileşmesi ve tam bir remodelizasyon için optimal biyomekanik özellikler halen tam olarak bilinmemektedir. Kırık iyileşmesini ve remodelizasyonu stimüle ettiği kanıtlanan tek faktör siklik aksiyel mikromosyon (dinamizasyon)'dur. Deneysel ve klinik araştırmalar sonucunda, postoperatif 1. günde başlatılan dinamizasyonun kırık iyileşmesini hızlandırdığı, kırık uçları arasındaki makaslanma, kırık iyileşmesini engellediği görülmüştür (2,26,35,60,79). Bu nedenle optimal eksternal fiksator eğilme, torsiyon ve makaslanmaya karşı koyarken uzunluk kaybı olmaksızın siklik aksiyel mikromosyon da sağlamalıdır (35,60). Sirküler eksternal fiksatorler unilateral ve bilateral eksternal fiksatorlerle karşılaştırıldığında, daha fazla nonlinear aksiyel sertlik ve isotropik mekaniksel özelliklere sahiptirler (48,60).

Fiksasyonun, tedavi boyunca mekanik konfigürasyonun bozulmadan korunmasına stabilite, fiksatorü etkileyen kuvvetlere karşı gösterdiği mekanik cevaba rijidite denir (54).

Değişik eksternal fiksatorlerin mekanik özelliklerinin karşılaştırıldığı araştırmalarda, tek düzlemlilik fiksator parametrelerinin birbirine çok benzer olduğu gösterilmiştir. Tek düzlemlilik fiksatorler, çivi düzleminde lateral eğilmeye dirençli olmalarına karşın çiviler  $90^{\circ}$  lik bir düzlemde eğilme ve torsiyona nisbeten daha az dirençlidir. İki düzlemlilik fiksatorler ise bütün düzlemlerde eşit stabilitededir. Sirküler eksternal fiksatorleri, eğilme-makaslamada diğer fiksatorlere benzerken bükülme-makaslamayı çok daha iyi tolere ederler. Sirküler eksternal fiksatorlerin lateral ve medial bükülmeleri daha azdır (26,60).

Kemikten sentralize, çemberden sentralize olmayan sirküler eksternal fiksator konfigürasyonlarında bükülme stabilitesi azdır. Sirküler eksternal fiksatorün  $90^{\circ}/90^{\circ}$  konfigürasyonunda lateral bükülme stabilitesi,  $45^{\circ}/135^{\circ}$  konfigürasyonundan daha az olarak ortaya çıkmaktadır. Stoplu K-tellerinin eğilme ve bükülme stabilitesini arttırmasına rağmen torsiyonel stabiliteyi arttırmamaktadır. Aksiyel yüklenme  $90^{\circ}/90^{\circ}$  kemik ve çember sentralize sirküler eksternal fiksasyon uygulamalarında, aksiyel stabilite en yüksek bulunmuştur. Tel gerginliği arttırıldığında aksiyel kompresyon altında aksiyel stabilite de artmaktadır (60). Stoplu K-tellerinde aksiyel stabilite sirküler eksternal fiksasyonlarında artmamaktadır. İki çember arasındaki mesafe arttıkça torsiyonel yer değiştirme daha fazla olmaktadır (48). Sirküler eksternal fiksatorlerin en dikkati çeken özelliği kemik uçları arasındaki boşluğun

eğilmeyle kapanmasını kontrol etmesi, ama aksiyel yük altında elastik olarak dinamik olmasıdır (15,26,48,60).

Sirküler eksternal fiksator sisteminin stabilitesini etkileyen ekstrinsik faktörler: Halka çapı ve sayısı, halka materyalinin kompozisyonu, halkaların konfigürasyonu, tel sayısı, tel çapı, tele uygulanan gerilim, tellerin oriyantasyonu ve tel tipi'dir (15,26,43,48,52,60).

Halka çapı arttıkça kullanılan tel uzunluğu da artacağından stabilite azalmaktadır. Halka çapı yüklenmenin bütün şekillerine etki etmesine rağmen daha çok aksiyel yüklenmeye etki etmektedir (28,48). Halka çapının 4 cm artırılmasında 1000 Newton'luk aksiyel yüklenmede %77, 500 Newton da ise % 86 kayıp olmaktadır. Halka çapı 120 cm' den 160 cm' ye çıkarıldığında aksiyel yüklenmede % 30' luk bir kayıp meydana gelmektedir (48,60).

Paslanmaz çelikle, alüminyum ve karbon kompoze halkalar daha hafif olmasına rağmen paslanmaz çelik halkalar daha incedir. Bu farklı materyaller aksiyel ve bükülme stabilitesine % 5 oranında bir etkiye sahiptirler (26,48).

Halka bloklarının konfigürasyonu ve her bir fragmandaki fiksasyon sayısı, stabilitede önemli bir etkiye sahiptir. Her bir fragmanda çift halka kullanımı, tek halkaya oranla daha fazla bir stabilite oluşturur Halka konfigürasyonu uygulanacak olan anatomik bölgeye göre değişir. (15,48,55,60).

Fiksasyonda kullanılan tel sayısı stabiliteyi arttırmaktadır (26,43,48,60). Tel kuvvet ve dayanıklılığı, tel çapı ile doğru orantılıdır. Torsiyonel stabilitede en önemli etkiye sahip olan faktör tel çapıdır. Torsiyonel stabilitesinde eşit gerilim uygulanmış 1.5 cm ile 1.8 cm'lik tellerin karşılaştırılmasında, 1.8 mm'lik telin % 10-20 oranında stabilitesi artmaktadır (15,48,54,60).

Tel geriliminin düşük aksiyel yüklenmede, aksiyel stabilite başta olmak üzere bütün fiksator rijiditesi üzerine etkisi vardır (2,48,60). Sirküler eksternal fiksatorlerde kullanılan tellerin eğilme noktası  $120 \text{ kg/mm}^2$  'dir. 1.5 mm'lik telin 210 kg, 1.8 mm'lik telin ise 305 kg'dır. Tellerin bükülme noktasından % 50'yi geçmemesi gerekir. 1.5 mm'lik tel için önerilen gerilim 90 kg, 1.8 mm'lik tel için ise 130 kg' dır (43,54). İntakt bir sistemde tellerin geriliminin 60 kg dan 120 kg çıkarılmasında sistem stabilitesi % 10 oranında artar (28,54).

Stoplu tel kullanımı, kemiğin translasyonunu minimize ederek önemli derecede stabilite ve aksiyel sertlik sağlar. Bu teller tek yönlü stabilize ettiği için genel olarak çok yönlü tel kullanımı gereklidir. Stoplu tel kullanımı kemiğin translasyonunu azaltarak stabiliteyi artırır (43,48,54,60).

İntrinsik faktörler ise; kemik uçları arasındaki doku alanları, kemik uçları arasında oluşan yıkıcı kuvvetlerin mekanik yönü ve büyüklüğü, kemik uçları arasındaki doku modülleri, kemik uçları arasındaki mesafenin uzunluğu ve kemiği çevreleyen yumuşak dokuların gerilimi'dir (26,28,35,43,48,60).

## 2. 7. Distraksiyon Osteogenezisinin Endikasyonları

Distraksiyon osteogenezisinin sonuçları olağanüstü olmasına rağmen etki mekanizması esrarını korumaktadır. Endikasyon alanlarından önemli bir kısmı geniş rağbet görmesine rağmen bazıları da pek yaygınlaşmamıştır (10,34,54).

Sirküler eksternal fiksatörlerin ve distraksiyon osteogenezisinin endikasyon alanları:

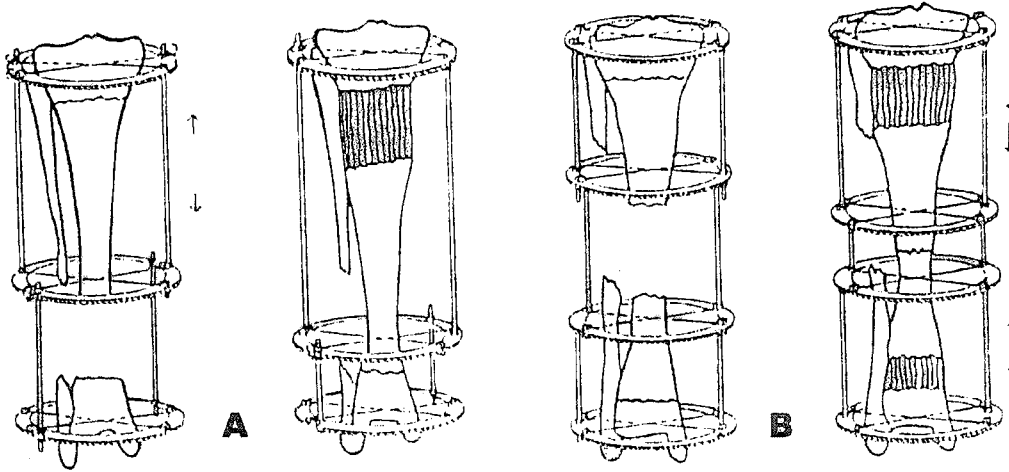
1. Ekstremitte uzatmaları,
2. Diyafizer, metafizer ve pek çok epifizer kapalı parçalı kırıklar,
3. Büyük kemik, sinir, damar ve yumuşak doku defektlerinin greftlemeye gereksinim duyulmaksızın tek seanslı tedavileri,
4. Uzun kemiklerin veya eklemlerin deformiteleri,
5. Konjenital veya travmatik pseudoartrozların perkutan tek seanslı tedavileri,
6. Fonksiyonel veya kozmetik nedenlerden ötürü kemik kalınlaştırılması,,
7. Eklem kontraktürlerinin perkutan düzeltilmesi,
8. Osteoartrit vakalarında uygulanan osteotomilerde tesbit veya repozisyonun sağlanması,
9. Perkutan eklem artrodezi ve eklem artrozlarının tedavisi,
10. Soliter kemik kistleri veya benzer lezyonlardaki defektlerin doldurulması,
11. Enfekte kemikler üzerindeki yeni kemik oluşumunu uyarak enfekte nonunionların tedavisi,
12. Mandibula hipoplazisi ve benzeri lezyonların tedavisi,

13. Akondroplazik ve diğer cücelik vakalarının tedavisi,
14. Perthes ve avasküler nekrozların ve dinamik kalça çıkıklarının tedavisi,
15. Tedavileri gecikmiş kalça çıkıklarında kullanımı sayılabilir (10,12,34,37).

### 2.8. Sirküler Eksternal Fiksator ile Defektli Kırıkların Tedavi Prensipleri

Ekstremitte boyunun uzatılmasına “eksternal”, ekstremitte uzunluğunda değişiklik yapmadan defekti ortadan kaldırmak için kemiğin yumuşak dokular arasından uzatılmasına “internal” uzatma denir (8,54). Proksimal veya distal fragmana uygulanan kortikotomiyi takiben defekt yönünde yumuşak dokular arasından internal uzatma uygulanması ile defekt ortadan kaldırılabilir. Fiksatorün proksimal ve distal halkaları stabil olup ortadaki transport halkası hareketli’dir. Transport halkası aksiyel yönde kemik boşluğuna doğru kaydırılarak boşluk doldurulabilir. Böylece kaydırılan kemiğin hem distraksiyon osteogenezisi ile hemde transformasyonel osteogenezisi ile iyileşmesi sağlanır. Uzunluk kaybı ile birlikte kemik defekti varsa internal ve eksternal uzatma birbiri ardına veya aynı anda uygulanabilir (1,54,58,59,73).

Tek düzlemde kompresyon-distraksiyon “monofokal”, bir düzlemde distraksiyon, ikinci düzlemde kompresyon “bifokal”, iki kortikotomi bölgesinde distraksiyon ve defekt bölgesinde kompresyon için “trifokal” tedavi terminolojisi kullanılır. Trifokal yönteminin avantajı tedavi süresini yarıya indirmesidir (Şekil 3). (59).



Şekil 3. Kemik Transportasyon Teknikleri A. Bifokal, B. Trifokal

Kemik transportasyonundaki eksternal fiksasyonun biyomekanik amaçları;

- 1.Kemik uçlarına stabil bir fiksasyon sağlamak
- 2.Kemik uçlarının hareketini sağlamak
- 3.Hedef bölgede kompresyon uygulamaktır (4).

Fiksator kemik ve yumuşak dokunun geniş bir alanındaki mekanik özelliklere sahip non-linear, elastik ve visko-elastik materyallerin yer aldığı karmaşık bir mekanik sistem oluşturur. Kemik deplasmanları reaksiyon kuvvetleri meydana getirerek tel geometrisinde bozulmalara sebep olur. Kemik kuvvetleri ve deplasmanları tel kuvvetleri ve deplasmanları ile eşitlenince sistem denge haline ulaşır. Bu teller daha rijit olan halka ve yivli bağlantı rodlarına göre küçük birer yay gibi hareket ederler (4).

Fiksator osteojenik bölge etrafına gücü aktarabilecek ve transportasyon sırasında oluşan mekanik kuvvetlere karşı koyabilecek şekilde yerleştirilmelidir. Bu yapının rotasyonel sağlamlığını sağlamak amacıyla ek halkalar yerleştirilebilir. Fiksatorün yapısının ikinci amacı kemiğin kontrollü hareketini sağlamaktır.

Transportasyon işlemi sonucunda hedef bölgede transformasyonel osteogenezisi başlatmak için kompresyona başlanır. Transportasyon işlemi stoplu tel/eğik rod, transport halkası ve eğimli stoplu teller/transport halkası şeklinde yapılabilir (4).

## **2. 9. Sirküler Eksternal Fiksatorün Genel Uygulama Teknikleri**

Sirküler eksternal fiksasyon uygulama teknikleri tam olarak bilinmeden yapılan operasyonlar sonrasında katatofik sonuçların ortaya çıkması kaçınılmazdır (9).

**Planlama:** Operasyon öncesinde planlamanın iyi yapılması gereklidir. Fiksator olgu üzerinde denenerek halka çapı, anatomik bölgeye uyumu, yapılacak tedavinin şekline, patoloji ve yumuşak dokuların durumuna göre hazırlanır (9,32,54).

**Halka Çapının Seçilmesi:** Sirküler eksternal fiksator sisteminde mümkün olan en küçük halkaların kullanılması gerekir. Postoperatif dönemde yumuşak dokularda oluşabilecek ödem nedeni ile halkalar arasında en az 2-3 cm'lik bir boşluk bulunmalıdır (72).

Temelde kullanılacak halka modeli 2 blok, 4 halka'dan oluşur. Halkalar en az 3 bağlantı rodu ile bağlanmalıdır. Genel olarak ekleme yakın yerler dışında tam halka kullanılmalıdır. Eklem yerlerinde ise 5/8, delikli ark ve omega halkalar kullanılabilir

(11,12,25,51). Halkanın tolere edilebilmesi için uygun boyut, hizada ve eşit çapta olması gerekir. Küçük halkalara kısa plak eklenmek süreti ile çap farkları giderilebilir (43,72). Kullanılacak rod boyları tedavi planına göre uygun seçilmelidir. Halkalar arasındaki mesafenin uzun olması durumunda teleskopik rodlar tercih edilmelidir (11). Uygun hazırlanmamış fiksator stabilitesinin yetersiz olması durumunda ise sadece kemik oluşumunu azaltmakla kalmaz, aynı zamanda ağrıya da neden olur. Bacağın fonksiyonel kullanılamaması sonucunda eklem hareketlerinde kısıtlanma, yük vermeme, osteoporoz, çerçevede gevşeme olur ve tedavi süresi uzar (34,72).

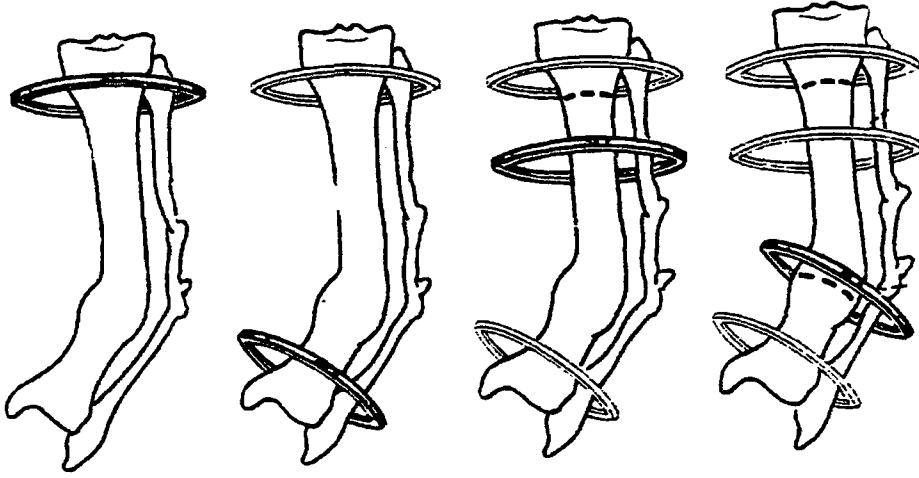
**Halkanın Pozisyonu ve Kurulumu:** Halkalar kemiğin uzun eksenine dik, rodlar ise paralel olarak yerleştirilmelidir. Her fragmandaki halkalar arasındaki mesafe 3 cm'den az olmamalıdır. Rodlar halkalardaki K-tutuculara yakın yerleştirilmelidir. Bu noktaya dikkat edilmemesi sonucunda kemik uçları arasında translasyon deformitesi ortaya çıkar. Seviye ve inklinasyondan ayrı olarak aynı fiksator üzerindeki değişik halkalar, aynı düzlem üzerinde dizilmelidir. Bütün halkaların üzerindeki deliklerin aynı düzlem üzerinde olması gerekir. Bu şekilde kemiğin uzun ekseni ile bütün halkalar aynı düzlemde olmalıdır. Böylece deformitelerin düzeltilmelerinin kontrollü bir şekilde yapılmasına olanak sağlanır (34). Halkalar, kullanım amaçlarına göre değişik şekilde kurulabilmektedir (Şekil 4), (9,25).

**1.Ana Proksimal Destek Halkası:** Sistemin yükünü taşıyan ve merkez görevi gören halkadır. Bu halka proksimal fragmandaki mesafeyi arttırmak ve daha stabil olmasını sağlamak için en sağlam proksimal yerden yerleştirilmelidir.

**2.Transport Halkası:** Kırık, osteotomi, pseudoartrozlu bölgede distraksiyon-kompresyon uygulamalarında kullanılan hareketli halkadır. Defektli bölgelerdeki hattın yaklaşık 3 cm uzaklıkta ve proksimal fragmanın sağlam distal bölgesine yerleştirilir.

**3.Ana Distal Destek Halkası:** Distal fragmanın esas halkası olduğundan eklem hareketlerini engellemeyecek şekilde eklem hattı üstünden yerleştirilen hareketsiz halkadır.

**4.Referans Halkası:** Anatomik aksa dik olarak distal sistemin proksimalinde ve kırık uçlarına 3 cm uzaklıkta yerleştirilen halkadır.



**Şekil 4: Halkaların Kurulumu**

**Tel ve Pinlerin Kullanımı:** Sirküler eksternal fiksatördeki uygulanacak tel sayısı, geçiş pozisyonu vakaya özgü tasarlanmalı ve belirli prensipler içerisinde düşünülmelidir. Başarılı bir uygulama için dikkatli tel ve pin geçme tekniğinin uygulanması gerekir. Transfiksasyon telleri ekstremitenin güvenli bölgelerinden geçirilmelidir. Bunun için fiksatör uygulanacak bacağın topografik anatomisinin iyi bilinmesi gerekir (15,18,31,55).

**Transfiksasyon Tellerin Yerleştirilmesi:** Sirküler eksternal fiksasyon uygulamasının en önemli bölümlerinden biridir. Bu tip fiksatörlerde ince çaplı tel uygulamasının yumuşak doku, kemik ve kemik iliğini daha az travmatize etmesi, enfeksiyon riski, tellerin çıkarılması sonucunda oluşan skar dokusu ve eksternal kontaminasyonun daha az olması gibi avantajları vardır (12,31,54).

Tellerin sayısı her fiksasyon düzeyinde iki veya daha fazla olmalıdır. Maksimum stabilite için her fiksasyon halkasından birbirini  $90^{\circ}$  açı ile kesen iki tel kullanılır. K-tellerinin kemiği  $90^{\circ}$  açı ile geçmemesi fiksatör stabilitesini azaltır. Bu nedenle ya ek tel kullanılması ya da halkanın fiksasyon düzlemine oblik ek teller yerleştirilmesi gereklidir. Aralarındaki açı en az  $30^{\circ}$  olmalıdır (12,31).

Topografik anatomiye dikkat edilerek K-tellerinin giriş ve çıkış yerleri tespit edilmelidir. Telin giriş ve çıkış yerleri önemli nörovasküler yapılardan en az 2 cm uzaklıkta olmalıdır. Böylece postoperatif dönemde oluşabilecek pseudoanevrizma ya da nöroma'ya engel olunur. Telin giriş veya çıkış noktasında aşırı kanama olması damarın delindiğini gösterir. Bu durumda tel çıkarılmalı ve yeri değiştirilmelidir. Kanama durdurulur. Sinir

penetrasyonunun operasyon esnasında tanınması güçtür. İlgili kas grubunda fasikülasyon telin bir sınırı zedelediğini gösterir. Tel çıkarıldığı zaman sinirdeki zedelenme iyileşir (12,34,54).

Teller geçirilirken doku nekrozundan kaçınmak gerekir. Teller perforatör çalıştırılmadan önce yumuşak dokudan kemiğe kadar düz bir şekilde itilir. Daha sonra perforatör çalıştırılır ve sık aralıklarla durdurularak soğuması beklenir, karşı korteksi geçince perforatör çıkarılır. Bu aşamada teli elle geri çekerek stabilitesi kontrol edilir, tel geriye doğru hareket etmiyorsa stabilite iyidir. Bu geri çekme işleminde korteksten çıkması halinde bir başka yerden yeniden gönderilir (9,31). Stabilizasyondan emin olunca ekstremiteye yakın bir yerden pense ile tutulur ve penseye çekiçle vurularak karşı kortekten ve yumuşak dokudan geçmesi sağlanır. Böylece bölgedeki yumuşak dokuların telden uzaklaşması sağlanmış olur. Transfiksasyon telleri elektrikli bir dril ile kemikten geçerken telin ilerlemesine direnç gösteren kortikal kemik ısı oluşmasına neden olur. Bu kemiği daha da sertleştirir ve telin ucunun ilerlemesine daha fazla bir direnç gelişir. Tel ekstremitenin karşı tarafından çıktığında üzerinde duman varsa veya parmaklar arasında kolay tutulmayacak kadar sıcaksa geri çekilmeli, soğutulmalı ve başka bir yerden tekrar geçirilmelidir (9,12,31).

Transfiksasyon telleri motorlu bir matkap ile yerleştirilirken fleksibilite özelliğinden dolayı bazen eğilebilir ve bu tel geçirilirken ucuna yakın bir yerden elle tutularak stabilize edilir. Telin eğilmesini, eldivene sarılmasını önlemek ve teli soğutmak amacıyla tel alkol, antiseptik veya antibiyotik solusyonuna batırılmış küçük bir gazlı bez ile tutulmalıdır (9,12,31).

Bir tendonun yanından tel geçirilirken tendo transfiksasyonu önlenmelidir. Basit bir teknikte tendo palpe edilerek tam yeri ve trasesi belirlenir. Transfiksasyon teli bir elle tutulur, operatör diğer eliyle tendonun pozisyonunu palpe eder ve teli deriden kemiğe doğru ilerletir, kemiğe temas ettirmeden tendonun bağlı olduğu kas oynatılır. Telin ucu tendodan geçmişse kas hareket ettirildiğinde tel de hareket eder. Bu durumda tel geri çekilir ve farklı pozisyonda geçirilir (54).

Transfiksasyon tellerinde fiksator bacak üzerinde iken hareket genliğinin kontrol edilmesi gerekir. Komşu eklem hareketi tel çevresindeki derinin gerilmesine neden oluyorsa yeni bir tel yerleştirilmelidir. Transfiksasyon teli yerleştirilirken kas gruplarının maksimum

fonksiyonel uzunlukta olması, ekstremitenin tam fonksiyon görmesini ve eklem hareketinin de kısıtlanmamasını gerekir (9,31,34).

**Tellerin Halkaya Tutturulması:** Tel ile halka arasında 3 olasılık vardır. Tel halka deliğın tam orta noktasından geçiyorsa delikli bir K-tutucu ile halkaya tutturulur. Tel halka deliğın bir kenarına yakın geçiyorsa çentikli bir K-tutucu ile halkaya tutturulur. Tel halkadaki her iki delik arasından geçiyorsa fiksasyon plağı ile halkaya tutturulur.

Tel halkaya uzak bir konumda ise klemp ile halkaya tutturulur. Tel halkaya tutturulurken eğilmesi durumunda, kemik uçlarında translasyon ve deride yırtılmalara neden olur (11,31).

**Deri Pozisyonu:** Transfiksasyon tellerinin geçirilmesinde derinin pozisyonu da bir diğeri sorundur. Tel yerleştirilmeden önce deri uygun eklem hareketi yönünde kaydırılır (31).

Tel geçirildikten ve halka konfigürasyonu da tamamlandıktan sonra komşu eklemlerin hareket genliğini kısıtlayan yumuşak doku gerilimi varsa telin giriş veya çıkış noktası değıştirilmelidir (34). Tellerin deriye giriş ve çıkış yerleri parmakla desteklenmelidir. Deri uygulanacak işleme göre hareket ettirilmelidir. Distraksiyon planlanan bir işlemde deri kortikotomi bölgesine doğru itilmeli, kompresyon da ise deri kompresyon bölgesinden uzaklaştırılmalıdır. Böylece distraksiyon veya kompresyon sırasında telin deriyi kesmesi, skar oluşumu ve ağrı azaltılmış olur (9).

**Pin Geçirilmesi:** Sirküler eksternal fiksator sisteminde yivli pinlerle de fiksasyon sağlanabilir. Catagni ve Catteneo tarafından sisteme adapte edilmiştir. (17).

Bölgeye küçük bir ensizyon yapılır ve küt olarak kemiğe kadar bağdoku açılır. Yumuşak dokuların schanz vidalarına sarılması önlenmelidir. El perforatörü karşı korteksi geçince işleme son verilir. Bu işlem sırasında sık aralıklarla perforatör durdurularak pinin soğuması sağlanır. Böylece enfeksiyon riski ortadan kaldırılmış olur (17).

**Uygun Tel Gerilimi:** Yeterli stabilizasyon için ince K-tellerinin her iki ucunun tespit edilmesi gerekir. Stabilitate sağlamak ve uzatma sırasında intrensik doku direncine karşı koymak için tellere yeterli gerilim uygulanması gerekir.

Gerilmiş tellerde vibrasyon az olduğundan yumuşak doku ve kemik hasarı oluşmaz. Uygun gerilmemiş tellerde tel ile yumuşak doku ve kemik arasındaki vibrasyon etkisi ile

sürekli irritasyon ve enfeksiyona neden olur. Aksiyel yüklenmedeki mikromosyon tellerin trampren benzeri etkisiyle sağlanır (54).

Isı ve siklik yüklenme tel gerilimini etkileyen iki faktördür (2). Tel ısısı arttıkça gerilim azalır. Halka çapı arttıkça yeterli gerilim için tele uygulanması gereken kuvvet de artar. Gerilim miktarı hastanın ağırlığı, lokal kemik kalitesi, tedavi planı ve lokal çerçeve yapısına göre değişir (12). Farklı durumlar için belirli bazal gerilimler önerilir (Tablo 1).

**Tablo 1 . Tellere Uygulanan Bazal Gerilim Kuvvetleri**

Tel Çapı (cm)	Gerilim Oranı (kg)		
	Tam Halka	Yarım Halka	Klemp
1.00	25	30	30
1.20	60	30	30
1.40	30-60	30	30
1.60	60-90	30	30
1.80	60-90	30	30
2.00	60-90	30	30

Tel Germe Teknikleri: K-telleri aşağıdaki tekniklerle gerilebilir ( 11,25,34,45).

1. Yarıklı Tel Tutucu ile Germe: Tel halkanın iç bükey tarafından yarıklı tel tutucuya yerleştirilir. K-tutucuya bir anahtarla tesbit edilirken somunu sıkılır. Sıkıştırmanın son aşamasında her iki anahtar sıkıştırma yönünde 30-45 derece kadar çevrilir. Vida kafasının döndürülmesi ile tel vida kafası çevresinde sarılır ve germe etkisi meydana gelir. Teknik olarak oldukça kolaydır. Vida kafası döndükçe tel yolunun değişmesi sonucunda yumuşak dokuların gerilmesine ve ağrıya neden olabilir.

2. Eğim Verme (Tilt) Tekniği: Klemp halkanın üzerine gevşek olarak yerleştirilir. Fiksasyon vidası sıkıştırılmadan önce klempin halkanın merkezine mümkün olduğu kadar eğimli olması gerekir. Klemp birleştiren somun sıkıştırılırken klemp halka yüzeyine doğrultulur ve tel çekilerek bir gerilim oluşturulur. İki klemp kullanıldığında daha fazla gerilim oluşturulur.

3. Gerdirici Cihaz Tekniği: Bu teknikte tellere çok fazla gerilim uygulanabilir. Genel olarak dirençle karşılaştıktan sonra bir tam dönüş ile tele yeterli gerilim sağlanmış olur.

Yukarıdaki tekniklerle tellerde bir gerilim oluşturulur, fakat bu gerilimin miktarı saptanamaz.

4.Dinamometrik Tel Gerdirici: Kalibreli dinamometre sistemi İtalya'da gerçekleştirilmiştir. Dinamometre 50–130 kg'lık kuvveti ölçecek şekilde imal edilmiştir. Tele kolaylıkla uygulanabilir ve kolu saat yönünde döndürülerek istenen gerilim sağlanır.

Teller halkaya tespit edildikten sonra uçları 4-5 cm kalacak şekilde kesilir. Tel uçları çevreye takılmaması için halkanın içine doğru bükülür.

## 2. 10. Sirküler Eksternal Fiksatorün Uygulama Komplikasyonları

İlizarov tekniği ile tedavi edilen hastalarda önlenebilen pek çok komplikasyonlar ile karşılaşılır. Komplikasyonları operasyon sırasında, operasyon sonrası ve tedavi sonrası şeklinde 3 bölümde sınıflandırmak mümkündür.

Kas Kontraktürleri: Uzatma sırasında kastaki distraksiyona bağlı olarak kemik ve kasların uzamaya verdikleri farklı yanıtta dolayı ortaya çıkar. Kaslar kemiğe oranla daha uzun sürede uzamalarından dolayı kısa kalır. Nedeni fleksor ve ekstensor kas grupları arasındaki güç dengesizliğidir. Bu da kasların kontraktüre olmasına neden olur (61).

Bir başka görüş operasyon sırasında transfiksasyon tellerinin kas, tendo ve fasyadan geçmesi ağrıya neden olacağından eklem hareketlerinin tam yapılamaması, kontraktüre yol açar. (18,61).

Nörolojik Yaralanma: Sinir yaralanmaları cerrahi tekniğe veya distraksiyona bağlı olabilir. Topografik anatominin iyi bilinmesi ve tellerin güvenli anatomik bölgelerden geçirilmesi ile tele bağlı sinir hasarı önlenebilir. Operasyonun sonuna kadar pine bağlı sinir zedelenmesi anlaşılmazsa hasta şiddetli ağrılarla uyanır. Tanı bir başka metal nesneyle tele vurularak konulabilir. Tel sinirden geçiyorsa sinirin dağılım alanında parestezi oluşur. Bu durumda tel çıkarılır. (54,61).

Kortikotomi sırasında da nörolojik yaralanmalar meydana gelebilir. Direkt osteotom ile yaralanmalar olabileceği gibi osteoklazi manevrası sırasında da meydana gelebilir. Kortikotomiyi tamamlamak için yapılan internal rotasyon sonucunda da ortaya çıkabilir (61).

Distraksiyon osteogenezisi kurallarına uyulduğunda distraksiyona bağlı nörolojik yaralanmalar az görülür. Distraksiyona bağlı sinir zedelenmesi ile motor ileti hızında azalma ve parsiyel kas denervasyonu gelişir. Erken belirti ve bulguların tanınması önemlidir. İlk belirtiler hiperestezi ve ağrıdır. Bunu hipoestezi ve daha sonra kas kuvvetinin azalması ve paralizi izler. Erken tedavi edilirse paralizi gelişmez. Paralizi yoğun fizyoterapi ve ekstremitenin fonksiyonel yüklenmesi ile tedavi edilebilir. Distraksiyon hızı azaltılır veya distraksiyon bir hafta kadar durdurulur. Distraksiyona öncekinden daha yavaş bir hızla başlanır. Paralizi durumunda ekstremitenin tekrar kısaltılması gerekebilir. Motor kuvvet kaybı veya paralizi varsa ekstremitte kısaltılır (18,54,61).

**Eklemler Subluksasyonu:** Kalça ve diz eklemlerinde subluksasyon veya dislokasyon görülebilir. Genel olarak konjenital eklem instabilitesi neden olarak belirtilir. Kalçada asetabular yetmezlik veya femur proksimalinde koks valga deformitesi mevcut ise operasyondan önce iliak osteotomi ile femur başına destek oluşturulmalıdır. Kalça ve diz eklemlerinde fleksiyon kontraktürü mevcut ise öncelikle bunlar düzeltilmelidir. Tibia uzatmalarında proksimal ve distal tibio-fibular eklem tesbit edilmelidir. Fizyoterapi uygulanacak ilk tedavi yöntemidir. Bununla birlikte traksiyon ve splintleme eklenebilir (18,22,61).

**Aksiyel Deviasyon:** Uzatma sırasında ekstremitte segmentinin giderek deviye olma eğilimi vardır. Bu da kemiğin farklı taraflarındaki kas kuvvetlerinin dengesizliğinden kaynaklanır. Sapma yönü kemiğe ve osteotomi yerine bağlıdır (22,54,61).

Aksiyel deviasyonun bir diğer nedeni de instabilitedir. Fiksatorün yanlış yerleştirilmesi, tellerdeki gerilmenin ortadan kalkması veya tellerin kırılması sonucunda olabilir (18,61).

Kemik transportasyonu sırasında meydana gelen aksiyel deviasyonlarda hedef bölgeye yaklaşıncaya kadar beklenerek deviasyonun düzeltilmesi ile birlikte kemik uçları tazelenerek redüksiyon sağlanmalıdır (33,73).

**Vasküler Yaralanma:** Vasküler zedelenme operasyon veya distraksiyona bağlı olabilir. Operasyon sırasında bir tel arter veya venayı zedeleyebilir. Küçük çaplı teller kullanıldığında nadir olarak ortaya çıkar. Bu durum operasyon esnasında anlaşılırsa tel çıkarılır ve kanayan bölgeye gazlı bez uygulanır. Arter ve ven aynı anda yaralandığında arterio-venöz fistül oluşum riski mevcuttur. Tel artere çok yakın yerleştirildiğinde arterde intimal erozyon yaparak yalancı pseudoanevrizma'ya neden olur (18,22,61).

Tibia kortikotomisinde arter, fibula osteotomisinde ven zedelenebilir. Bu gibi durumlarda basit bir basınç ile sorun çözülebilir. Bazen gelişen hematoma sonucunda kompartman sendromu meydana gelebilir. Operasyon esnasında bu farkedilirse profilaktik fasiyotomi yapılır. Tibial kortikotominin subperiosteal niteliği nedeniyle kompartman sendromu çok ender olarak gelişir (54,61).

Pin Yolu Sorunları: Sirküler eksternal fiksasyonunda en sık görülen komplikasyondur. Bu problemin çoğu yüzeysel enfeksiyon şeklinde olup lokal yara bakımı ile iyileşmektedir. Pin yolu enfeksiyonunun bir nedeni de deri bariyerinin bozulması sonucunda mikroorganizmaların girişinin kolaylaşmasıdır. Bunlar pin-deri hareketi, deri ve kemik arasındaki yumuşak doku miktarı ve pin çapına bağlıdır. Pin-deri ve pin-kemik hareketini en aza indirmek için yeterli tel gerilimi uygulanmalıdır. Pin yolu sorunları daima dışardan içeriye doğru gelişir. Yumuşak doku inflamasyonu başlar, yumuşak doku ve sonunda kemik enfeksiyonu gelişir (18,22,54,61).

Dahl ve ark pin yolu enfeksiyonlarını 6 gruba ayırarak incelemişlerdir (18).

1. Derece (Normal) : Enfeksiyon yoktur. Haftalık tel bakımı

2. Derece (İnflamasyon): Günlük tel bakımı ve antibiyotik kullanımı

3. Derece (Seröz akıntı): Günlük tel bakımı ve antibiyotik kullanımı

4. Derece (Prulent Akıntı): Günde 2 kez tel bakımı ve antibiyotik kullanımı

5. Derece (Osteomyelitis): Telin kemiğe temas yerinde osteoliz mevcuttur. Tellerin çıkarılması ve parenteral antibiyotik kullanımı

6. Derece (Halka sekester): Tellerin çıkarılması ile sekestrektomi ve sistemik antibiyotik kullanımı önerilmektedir.

Tel yolu enfeksiyonunda en iyi tedavi komplikasyon gelişmeden erken dönemde önlemlerin alınmasıdır. İnflamasyon lokal tedavi ve yeterli tel gerilimi ile tedavi edilir. İnatçı enfeksiyonların, eklemde geçen tel çevresindeki enfeksiyonların ve pin giriş yeri çevresindeki sellülitin tedavisi için ilgili tel çıkarılmalıdır. Derin enfeksiyonlarda sistemik antibiyotik uygulanır (18,32).

Erken Konsolidasyon: Başlıca tam olmayan osteotomi ve uzun süreli bir bekleme periyodudur. Erken konsolidasyonun ilk belirtisi ağrıdır. Teller osteotominin her iki tarafında

konveks kenarları birbirine bakacak şekilde eğilir. Proksimal femur ve fibulada daha sık görülür. Fibuladaki erken konsolidasyon angulasyona neden olur. Erken konsolidasyonda konsolide kemik köprüsü rüptüre oluncaya kadar distrikte edilir. Bu sırada ani bir ağrıya dikkat edilmelidir. Alternatif olarak operasyonla kapalı rotasyonel osteoklazi denenir. Bunda da başarısız olduğunda perkutan kortikotomi yapılır (54,61).

**Gecikmiş Konsolidasyon:** Gecikmiş konsolidasyonun nedenleri iki gruba ayrılır. Teknik nedenler travmatik kortikotomi, başlangıçta diastaz uygulaması, periostun gereksiz yere travmatize edilmesi, instabilite ve çok hızlı distraksiyondur. Hastaya ilişkin nedenler ise enfeksiyon, metabolik bozukluk ve malnutrisyon sayılabilir (22,61).

Fiksator instabilitesi distraksiyon aralığında oluşan kemik dokusunun olgunlaşmasında gecikme ile ortaya çıkar. Gecikme rejenere kemik oluşuktan sonra meydana gelirse proksimal ve distal trabeküller arasındaki fibröz interzon genişler ve fiksator instabilitesi mevcut ise kemik trabekülleri dağınık görülür. Bu durumda teller kontrol edilerek gevşemiş olanlar gerilmelidir. Buna rağmen yeterli stabilite sağlanamazsa ek transfiksasyon telleri ile stabilizasyon artırılabilir. Bu koşullarda rejenere kemiği görmek güç olduğundan ultrasonografi önerilir. Distraksiyonun 2. haftasına kadar ultrasonografi yeni kemik oluşumu hakkında bilgi verebilir (22,54,61).

Gecikmiş konsolidasyon meydana gelirse önce kompresyonla yeni kemik oluşumu izleninceye kadar devam edilir. Bir diğer yöntem ise kompresyon-distraksiyon yapılarak yeni kemik trabekülasyonun görülmesi sağlanır (18,33,61).

**Refraktür:** Refraktür tam olmayan iyileşme sonucu kemiğin giderek aksiyel deviasyon göstermesi, tam bir kırık ya da uzunluk kaybı oluşması şeklinde tanımlanır. Fiksator çıkarılmadan önce distraksiyon aralığındaki rejenere kemik dokusunun dikkatli incelemesi ile komplikasyon önlenir (22,32,61). Rejenere kemikte komşu dokudakine benzer opasitede neokortikalizasyon saptanmadıkça cihazın çıkarılmaması tavsiye edilmektedir. Bu konuda "Cihaz bir gün erken çıkaracağına bir ay geç çıkar" deyimini her zaman hatırlanmalıdır (22,61).

**Eklem Sertliği:** Bu komplikasyonun nedeni kas kontraktürünün devamına veya uzatma sırasında eklem yüzeyinde artan basınca bağlı olarak meydana gelen dejenerasyon sonucunda oluşur. Kalıcı kontraktüre bağlı olarak gelişen gerçek bir komplikasyondur (22,61).

Fiksator takılıken bir eklemin daha sonra sertlik gösterebileceğinden şüphelenilirse cihaz henüz sertleşmemiş olan eklemi içine alacak şekilde modifiye edilerek eklem 5 mm. distrikte edilmelidir (61).

**Ağrı:** Eksternal fiksasyon uygulamasında en sık görülen komplikasyonlardandır. Operatif ağrı operasyonun ilk birkaç gününde telin geçtiği kasın kontraksiyonuna bağlı olarak oldukça şiddetli olabilir ve daha sonra azalır.

Uzatmanın erken döneminde görülen ağrı ise tellere ve kortikotomiye bağlıdır. Ağrının derecesi osteotomi sayısı ile doğru orantılıdır. Daha sonra görülen ağrı ise sinirin gerilmesine veya erken konsolidasyona bağlı olabilir. Ağrı en önemli komplikasyonlardan biridir. Çünkü tedavi planlarında değişikliklere veya tedavinin sonlandırılmasına yol açabilir (18,61).

**Redüksiyon Kaybı:** Daha çok uygulama sırasında teknik hataların bir sonucu olarak meydana gelir. Tellerin uygun gerilmemesi, postoperatif dönemde tel geriliminin azalması, bağlantı komponentlerinin iyice sıkılmaması ve postoperatif takiplerinin iyi yapılamaması sonucunda görülür (22).

**Ödem:** Uzatma sırasında artan arteriyel dolaşıma rağmen venöz ve lenfatik dolaşımın yetersizliği sonucunda oluştuğu düşünülmektedir. Herhangi bir sorun yaratmaz. Fiksatorün çıkarılmasından bir süre sonra kendiliğinden ortadan kaybolur (22,61).

**Kompartman Sendromu:** Bu sendrom özellikle proksimal tibial kortikotomiler sırasında görülür. Tanısını koymak güçtür. Şüpheli durumlarda kompartman içi basıncının ölçülmesi gerekir ve profilaktik fasyotomi yapılmalıdır (22,61).

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. MATERYAL

Deneme materyalini sağlıklı, değişik ırk ve cinsiyette ağırlıkları 20-32 kg arasında değişen 18 adet yetişkin sokak köpeği oluşturdu. Köpekler çalışmaya alınmadan önce endo ve ekto paraziter ilaçlamaları ve koruyucu kuduz aşıları yapıldı.

#### 3.2 METOT

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı Kliniğinde gerçekleştirildi. Operasyonlarda Boyle marka inhalasyon anestezi cihazı, Toshiba marka röntgen cihazı, yumuşak doku seti, ortopedi seti ve sirküler eksternal fiksator seti kullanıldı.

Sirküler eksternal fiksator setinde tam halka, 5/8 halka, 1.5 mm' lik K-telleri, rodlar, klemp, somun, civata, pul, kirschner tutucu, pin gerdirici ve 10 mm'lik ingiliz anahtarı bulunmaktaydı.

#### Operasyon Öncesi Planlama

Çalışmada kullanılan eksternal fiksator İlizarov tarafından geliştirilen sirküler modelin köpeklere modifiye edilmiş şeklidir (Resim 1,2). Sirküler eksternal fiksator cihazı dure alüminyumdan yapılmış olup iç çapı 100 mm, dış çapı 120 mm olan ve üzerinde bağlantı rodlarının geçmesine olanak sağlayan, birçok delikleri bulunan 3 adet tam ve 1 adet 5/8 halkadan oluşmuştur.

Operasyon öncesi dönemde tibianın radyografisi alındı. Rod boyları ve halka çapları belirlenerek olguya göre fiksator kuruldu. Sirküler eksternal fiksatorü kurulurken halkaların bağlantıları değişik uzunlukta olan 6 mm' lik 3 adet rod ile sağlandı. Kemik fiksasyonunda 1.5 mm 'lik 8 adet K-teli kullanıldı. Bu tellerin halkalara fiksasyonunda 16 adet K-tutucu ve tüm sistemde toplam 40 adet somun kullanıldı.

Operasyondan 12 saat önce köpekler aç bırakıldı. Köpeklerin sol bacağı genu ekleminin üstünden tarsal eklemin altına kadar tıraş edildi.

#### Anestezi

Olgulara 0.1ml/kg dozunda xylazine hydrochlorid im (Rompun, 23.32 mg/ml, Bayer) verilerek premedikasyon yapıldı. On dakika sonra 10 mg/kg dozunda ketamin hidroklorür im

(Ketanes, 100 mg/ml, Alke) olarak indüksiyon sağlandı. Endotrakeal entubasyon uygulanarak inhalasyon anestezisi'ne alındı. Bu amaçla % 1.5 oranında halothan (Halothan, Hoechst) verilerek anestezi sürdürüldü.

### **Hayvanın Operasyona Alınması**

Anesteziye alınan hayvan operasyon masasına sırtüstü yatırılarak tespit edildi ve operasyon yapılacak bölge polyvinylpropolidone iod'la (Baticon sol. % 10'lük, Adeka) dezenfekte edilerek steril serviyet ile örtüldü (Resim 3).

### **Sirküler Eksternal Fiksatorün Ekstremiteye Yerleştirilmesi**

Operasyonun ilk aşamasında sirküler eksternal fiksatorün son kez kontrolü yapıldı. İlk önce ana proksimal destek halkasına medio-oblik medialden ve latero-oblik kaudalden 2 adet K-teli yerleştirildi. Bu tellerin yerleştirilmesi sırasında patellar tendo'ya, a. tibialis ve v. tibialis'lere zarar verilmemesine dikkat edildi. K-telleri ana distal destek halkasına medio-oblik olarak fibula'nın kranialinden, latero-oblik ise m. tibialis kranialis ve m. ext. dig. longus tendosu arasından yerleştirildi. Referans halkasına medio-oblik olarak, v. saphena lateralis ile n. cutaneus surae lateralis fibula'nın kranialinden ve latero-oblik ise kaudalden yerleştirildi. Transport halkasına medio-lateral olarak kranialden, n. peroneus profundus, a. tibialis ve v. tibialis kranialis'den, latero-oblik ise kaudal'den yerleştirildi. Transport halkasındaki teller radyografik kontrollerin daha kolay yapılması amacıyla kemik parçasının 1/3 distal sınırına yerleştirilmesine dikkat edildi. Tellerin yerleştirilmesi sırasında kemiğe ulaşınca kadar elle, karşı korteksi geçinceye kadar kısa aralıklarla matkap kullanılarak ve daha sonra da çekiç ile vurularak karşı yumuşak dokularda ilerletildi. Bu işlem sırasında kortikal kemikte oluşan ısı nekrozlarına karşı teller alkol ile ıslatılmış gazlı bez ile tutularak ve pin-deri temas noktası alkol ile soğutulmaya çalışıldı. Bu tellerin kemiğin uzun eksenine dik, bölgesel anatomik yapının olanak verdiği ölçüde 60-90<sup>0</sup> açı ile yerleştirilmesine ve tellerin aynı halka düzleminde olmasına dikkat edildi. Teller ana proksimal destek halkasından başlanarak K-tutuculara yerleştirildi ve bir taraftaki somun sıkılarak tespit edildi (Resim 4). Teller K-tutucuları sıkılmayan bölgeden gerilim uygulanarak somunları sıkıldı. (Resim 5). Sirküler eksternal fiksatorün diğer tellerinde tespit ve gerilim uygulanarak fiksatorün tibiya fiksasyonu tamamlandı. Operasyon öncesi hazırlanan fiksatorün tibianın anatomik aksı doğrultusunda olmasına özen gösterilerek tespit edildi. K-tellerinin fazlalıkları kesildi ve uçları çevreye zarar vermemesi için kıvrıldı (Resim 6).

### **Defektin Oluşturulması**

Sol tibianın orta diyafizer bölgesine medial yaklaşımla 5 cm uzunlukta deri ensizyonu yapıldı ve derialtı bağdokusu ayrıldı. N. peronealis superficialis ile a. ve v. saphenous medialisin dallarına dikkat edilerek tibianın orta diyafiz bölgesine ulaşıldı. Gigli'nin tel testeresi ile düşük hızla 20 mm' lik bir kemik parçası çıkarıldı (Resim 7). Aynı zamanda fibula' dan da aynı ölçüde parça çıkarıldı. Bu işlem sırasında kemik nekrozlarına karşı bölge devamlı serum fizyolojik ile yıkandı. Operasyon bölgesi rutin cerrahi kurallarla kapatıldı.

### **Kortikotominin Yapılması**

Tibianın proksimal metafizer bölgesinden kranio-lateral yaklaşımla 3 cm' lik deri ensizyonu yapıldı (Resim 8). Derialtı dokular ayrıldıktan sonra periosta ulaşıldı. Periost longitudinal ensizyondan sonra ekartörlerle korundu. İnce bir osteotom ile sırayla lateral, medial ve kaudal kortekslerin kesilerek kortikotomi tamamlandı. Bu işlemler sırasında periosta zarar vermemeye çalışıldı. Kortikotomi tamamlandıktan sonra periost ve operasyon yarası rutin cerrahi kurallarla kapatıldı (Resim 9).

### **Operasyon Sonrası Uygulamalar**

Olguların operasyon sonrası takipleri Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Hastanesi Hospitalizasyon Ünitelerinde gerçekleştirildi. Olgulara yedi gün süreyle günde 1 flakon sefazolin sodyum im olarak (Cefamezin 1000 mg, Eczacıbaşı) uygulandı.

### **Klinik Uygulamalar**

Olguların yara ve pin bakımları günlük yapıldı. Pin dipleri alkol ile temizlenip Baticon'a emdirilmiş gazlı bezler ile temizlenerek kapatıldı. Olguların fiksatöre uyumu, yara iyileşmesi, topallık, pin yolu enfeksiyonu, eklem hareketleri, ödem, pin gevşemesi, fiksatörün stabilitesi ve nörovasküler yaralanmalar kontrol edildi. Olguların pin yolu enfeksiyonları pinlerin giriş ve çıkış kenarları ayrı ayrı değerlendirildi. Altı günlük bekleme periyodundan sonra transport halkası 12 saat ara ile 0.5 mm oranında günlük toplam 1.0 mm distale doğru kaydırıldı. Kaydırılan kemik parçası hedef bölgeye ulaşılınca distraksiyona son verildi ve distraksiyon dönemi tamamlandı. Yedi gün süre ile 0.5 mm oranında önce kompresyon-distraksiyon, 40 gün konsolidasyon ve daha sonra halkaları rodlara bağlayan somunlar gevşetilerek 17 gün süre ile dinamizasyon uygulandı.

Fiksatorün çıkarılması; bekleme, distraksiyon, konsolidasyon ve dinamizasyon dönemlerinden sonra alınan radyografilere göre kortikal kemik oluşumu görülünce çıkarılmasına karar verildi. Olgulara, xylazine hydrochlorid 0.1ml/kg im verilerek sedasyon sağlandı. Fiksatorün bütün somunları çıkarıldı. Tel ile deri temas yerleri temizlenerek tel bir pense yardımı ile tutularak çıkarıldı. Daha sonra telin çıkarıldığı bölgeler baticonla temizlendi.

### **Radyografik İnceleme**

Operasyon sonrası radyografilere alınarak distal kırık bölgesi ve kortikotomi hattının kontrolleri yapıldı. Bütün olguların düzenli olarak radyografilere alındı. Operasyon sonrası radyografilere göre kemik kaydırma işlemi başlatıldı. Radyografik inceleme distraksiyon aralığında ilk kemik dokusunun oluşumu, gelişimi ve kaydırılan kemiğin hedef bölgeye yönelimi ve distal bölgedeki kemik kaynaması incelendi.

### **Histopatolojik İncelemeler**

İki, 4 ve 6 aylık dönemlerde, 6 şar hayvan yüksek dozda anestezi madde verilerek ötenazi edildi. Olguların distraksiyon aralığını ve distaldeki kemik kaynama bölgesini içeren kemik dokusu örnekleri histopatolojik muayene için Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı'na gönderildi. Burada %10 luk formalin solusyonunda 24 saat süreyle tesbit edildi. Daha sonra %10 'luk 15 ml nitrik asit ve 10 ml formalin karışımları, distile su ile 100 ml'ye tamamlanan solusyonda dekalsifiye edilerek doku takip cihazına (Shandon,Citadel 1000) alındı. Hazırlanan parafin bloklarından kızaklı mikrotom ile (Reichert-jung, Histoslide 2000) 5-7 mikron kalınlığında kesitler alındı. Lamlara yerleştirilen kesitler parafinin giderilmesi için ksilol ve ardından %70 ile absöü arasında değişen alkol serilerinden geçirildi. HematoksilenαEosin ile boyanarak ışık mikroskobunda (Olympus BX50) incelendi. Histopatolojik incelemeler preparatların kod numaraları hakkında bilgi sahibi olmayan iki patolog tarafından distraksiyon aralığında oluşan kemik dokusunun gelişimi, yönelimi, vaskülarizasyon, kemiksel aktiviteler ve distal bölgedeki kırık kaynaması değerlendirildi.

Karşılaşılan problemler sorun, engel ve komplikasyon olarak değerlendirildi. Tedavi sırasında karşılaşılan ve tekrar operasyona gerek kalmadan yapılabilenler sorun, operasyonla düzeltilebiliyorsa engel ve sonucu etkileyenler ise komplikasyon olarak değerlendirildi.

#### 4. BULGULAR

Olguların operasyon öncesi hazırlık ve planlaması 80 dakika (70-95), operasyonlar ise 145 dakika (130-160) olarak belirlendi.

Bütün olguların izleme dönemine ait klinik, radyografik ve histopatolojik bulgular Tablo 2' de özet olarak verilmiştir.

##### **Klinik Bulgular**

Olguların sirküler eksternal fiksatörüne karşı bir reaksiyon göstermedikleri ve çok iyi tolere ettikleri görüldü. Fakat 2 ve 5 numaralı olguların fiksatörle sık sık uğraştıkları gözlemlendi.

Operasyon yaraları iyileşinceye kadar günlük olarak kontrol edildi. Altı numaralı olguda 5. günde, 8 numaralı olguda 3. günde defekt oluşturulan distal operasyon bölgesindeki dikişlerin açıldığı gözlemlendi. Bu olgulara tekrar dikiş konuldu. Bütün olguların operasyon dikişleri postoperatif 10. günde alındı.

Olguların pin bakımları fiksatör çıkarılıncaya kadar günlük olarak yapıldı. Hiçbir olgularda 3. haftaya kadar pin yolu enfeksiyonu görülmedi. Bütün olgularda 3. haftadan sonra değişik derecede görülen pin yolu enfeksiyonlarında pin-deri temas bölgeleri önce alkolle, daha sonra baticonla günde 2 kez temizlendi ve antibiyotik yapıldı. Uygulanan bu tedavi sonucunda birçok olguda pin dibi enfeksiyonların ortadan kalktığı saptandı. Bazı olgularda (1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11 ve 12 numaralı) 7. haftada pin diplerinde enfeksiyonun yeniden başladığı gözlemlendi. Sekizinci haftada 7, 8, 10, 11 ve 12 numaralı olguların ana proksimal destek ve transport halkalarındaki osteolizise neden olan 7 adet tel çıkarılarak farklı yerden yeni teller yerleştirildi.

Bütün olgularda genu ekleminden başlayarak ekstremitenin distaline doğru yayılan bir ödem gözlemlendi ve daha sonra azalmaya başladı ve 2. haftada kayboldu. Fakat bu ödemin kaybolması 1 ve 3 numaralı olgularda 4. haftaya, 9 ve 11 numaralı olgular ise 5. haftaya kadar devam etti.

Üç, 5, 6 ve 13 numaralı olgularda fiksatörün kranialindeki rodun uzun olmasına bağlı olarak ayağın ön yüzünün yaralandığı görüldü.

Postoperatif dönemin ikinci haftasında 1, 2, 3, 4, 5, 8 ve 11 numaralı olguların bacaklarını askıda tuttukları; 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 numaralı olguların ise ayaklarını hafifçe yere basarak kullandıkları gözlemlendi.

Birinci ayın sonunda 1 numaralı olguda orta derecede bir topallık, 2, 3, 4 ve 5 numaralı olgularda ise hafif derecede bir topallık gözlemlendi. Diğer olguların ise normal yürüdükleri saptandı.

İkinci ayın sonunda 1, 2, 3, 4, ve 5 numaralı olguların topallığının devam ettiği diğer olguların ise normal yürüdükleri gözlemlendi. Bu dönem sonunda 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 numaralı olgular ötenazi edildiler.

Dördüncü ayın sonunda 8 ve 11 numaralı olgu dışındaki bütün olguların normal yürüdükleri gözlemlendi. Bu olgularda fiksatorün çıkarılması sonrasında distal kaynama bölgesinin yeniden kırıldığı saptandı. Bu dönemde 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 numaralı olgular ötenazi edildiler.

Beşinci ve altıncı ayın sonunda bütün olguların normal yürüdükleri, koşma ve merdiven çıkma sırasında herhangi bir topallık gözlemlenmedi. Altıncı ayın sonunda 13, 14, 15, 16, 17 ve 18 numaralı olgular ötenazi edildiler.

Bütün olgularda 3 aylık döneme kadar kasların değişik derecede atrofiye oldukları gözlemlendi. Üçüncü aydan sonra atrofinin azalmaya başladığı saptandı.

Bir, 2, 5, 6, 7 ve 8 numaralı olgularda transport halkasına takılı tellerin distale kaydırma sırasında deri de yırtılmalar oluşturduğu gözlemlendi.

Eklem hareketleri beş numaralı olgu dışındaki bütün olgularda normal hareket kapasitesine sahipti. Sadece bu olguda ana proksimal destek halkasına kaudalden yerleştirilen telin genu eklemi içerisinden geçmesi sonucunda eklem hareketlerinde kısıtlama görüldü. Daha sonra bu tel çıkarıldı ve yeni tel yerleştirildi.

Kemik kaydırma işlemine 20 gün devam edildi. Distal hedef bölgeye ulaşılnca kaynamayı arttırmak amacı ile 7 gün 0.5 mm oranında kompresyon-distraksiyon uygulandı. Kırk günlük konsolidasyon periyodundan sonra 17 gün süre ile halkaları rodlara bağlayan somunlar gevşetilerek dinamizasyon uygulandı. Sirküler eksternal fiksatorün takılı olduğu süre 90 gün olarak belirlendi.

### **Radyografik Bulgular**

Olguların operasyondan sonra alınan radyografilerinde fiksator, kortikotomi hattı ve defekt bölgeleri kontrol edildi.

Bir, 6 ve 9 numaralı olgularda operasyon sonrası alınan radyografilerde kortikotomi yapılırken kaudal korteksin kırılmadığı gözlemlendi. Kaudal korteksin kırılması ile kortikotomi tamamlandı

İki, 4, 7 numaralı olgularda kortikotomi hattında açılma olduğu ve 2, 3 ve 8 numaralı olgularda parçalı kortikotomi hattı olduğu belirlendi.

Operasyon sonrası dönemde alınan radyografilerde 6 günlük bekleme periyodunun prematür kallus dokusunun oluşumu için yeterli olduğu görüldü (Resim 10) ve kemik kaydırma işlemine başlandı.

Distraksiyonun 7. gününde alınan radyografilerde distraksiyon hattında minimal opasite gözlemlendi (Resim 11). İlk kollojen fibrillerin 14. günde olduğu, yönelimlerinin distraksiyon yönüne paralel olduğu ve bunun periostan köken aldığı saptandı (Resim 12).

Distraksiyon sırasında bütün olgularda kortikotomi hattının proksimal ve distal bölgelerinden başlamak üzere radyodens bölgelerin olduğu, distraksiyonun bitiminden sonra bu alanların karşılıklı olarak birleştiği gözlemlendi. Distraksiyon aralığının ortasında bulunan 2-4 mm lik radyolüsent fibröz interzon hattının da distraksiyon sonunda kapandığı görüldü (Resim 13,14).

İkinci ayın sonunda distraksiyon aralığında sklerotik alanlar ve kemiksel köprülenme saptandı (Resim 15).

Üçüncü ayın sonunda korteks oluşumu görüldü (Resim 16).

Dördüncü ayda distraksiyon aralığının tamamen kemiksel formasyonla dolduğu korteks oluşumunun devam ettiği belirlendi (Resim 17).

Beşinci ve 6. ayda kortikalizasyonun tamamlanmış ve remodelizasyonun devam etmekte olduğu gözlemlendi (Resim 18, 19).

Distal kemik kaynama bölgesinde kemik defektinin kapanması sonrasında subperiostal kallus ve az oranda da endostal kallus görüldü. İlerleyen günlerde periostal ve endostal kallus konsolidasyonunun arttığı, kırık hattını tamamen kapattığı gözlemlendi (Resim 13, 14,15).

Üçüncü aydan itibaren korteks oluşumu saptandı (Resim 16).

Dördüncü aydan itibaren belirgin kortikal kemik devamlılığı mevcuttu (Resim 17).

Beşinci ve altıncı ayda korteksin oluştuğu ve remodelizasyonun devam ettiği gözlemlendi (Resim 18,19).

Sekiz ve 11 numaralı olgularda yeterli distal kemik kaynaması sağlanamadığı fiksatörün çıkarılması sonucunda distal fragmanda kırık meydana geldiği görüldü.

Bir, 2 ve 5 numaralı olgularda kemik kaydırma tekniğinin dikkatli bir şekilde yapılamaması sonucunda distal hedef bölgesinden sapma gözlemlendi.

### **Histopatolojik Bulgular**

İki aylık dönemin proksimal distraksiyon aralığı bölgesinde kırık uçlarından başlayan genç mezenkimal hücrelerden köken alan fibrosit ve fibroblastlardan oluşan damarlı bir fibröz doku bulunduğu, bu doku içerisinde kollojen fibrillerin distraksiyon yönüne paralel oldukları gözlemlendi (Resim 20). Genç mezenkimal hücrelerin osteoblastlara, yer yer de kondroblastlara transforme oldukları ve kemikleşmenin bu bölgelerden oluşmaya başladığı saptandı. Kemik trabekülleri arasında çok miktarda yeni damar oluşumu görüldü (Resim 21). Korteks oluşumu periostan köken alan yeni düzensiz kemik dokusu oluşumu görünümündeydi. Kemik iliği trabeküller arasındaki boşlukta hemen hemen tümüyle damardan zengin yağ dokusu ile dolu olduğu belirlendi.

İki aylık dönemin distal kaynama bölgesinde, periosttan köken alan, ortasında fibröz bağdokusu alanı, çok sayıda dilate ve konjesyon damar yapıları içeren, fibröz dokudan kaynaklanan yeni kemik dokusu görüldü. Fibröz bağ dokudaki kollojen fibrillerin kemiğin uzun eksenine dik olduğu, eksternal kallus içinde az sayıda kırık adacıkları olan minimal bir nekroz, medüllada fibröz bağdokusu ve hemorajik alanlar olduğu izlendi. Kemik uçları arasında dağınık trabeküller yapıları, eksternal kallusta trabeküller yapı kemiğin uzun eksenine paralel dizilim göstermekte olduğu trabeküller arasında hemen hemen tümüyle damardan zengin fibröz doku ile birlikte yağ dokusu alanları saptandı (Resim 22).

Dört aylık dönemin proksimal distraksiyon aralığı bölgesinde distraksiyon sonrası geçen süreye bağlı oluşan fibroblastik ve kondroblastik aktiviteler yerini osteoblastik ve osteoklastik aktiviteye bıraktığı, bazı alanlarda osteokondral ve hemen hemen bütün alanlarda kemiksel kaynama oluştuğu gözlemlendi. Yeni oluşan kemik trabekülleri distraksiyon yönüne

paralel dizilim göstermekte olup trabeküller arası boşlukta gevşek fibrö-adipöz doku oluştuğu belirlendi (Resim 23).

Dört aylık dönemin distal kaynama bölgesinde her iki kortikal kemik arasında trabeküller kemik ile tam bir birleşme olduğu gözlemlendi. Eksternal kallusun azaldığı trabeküller yapının daha sıkı bir dizilim gösterdiği, trabeküller arası boşluğun hemen hemen tümü ile gevşek bir fibrö-adipöz doku ile dolu yağlı kemik iliği mevcut olduğu saptandı (Resim 24).

Altı aylık dönemin proksimal distraksiyon aralığı bölgesinde kemik korteksinin oluşumu ve olgun kemik dokusu alanları gözlemlendi (Resim 25).

Altı aylık dönemde distal kaynama bölgesinde kortikal kemikleşme, medüller kanalın açıldığı ve yoğun yağlı kemik iliği ile dolu olduğu görüldü (Resim 26).

Karşılaşılan zorluklar sorun olarak onsekiz olguda pin dibi enfeksiyonu, üç olguda tam olmayan kortikotomi, üç olguda deviasyon gözlemlendi. Engel olarak bir olguda eklem içi tel yerleştirilmesi, beş olguda pin yolu enfeksiyonu saptandı. Sekel olarak iki olguda ise distal kaynama bölgesinde yeniden kırılma şekillendi.

Tablo 2: Olguların Klinik, Radyografik ve Histopatolojik Bulgulara Ait Bilgiler

Olgu No	Yaş, Cinsiyet, Ağırlık, Irk	Takip Süresi (gün)	Klinik Bulgular (Topallık)	Sorun, Engel ve Komplikasyon (S-E-K)	Radyografik ve Histopatolojik Bulgular	Sonuç
1	1 Yaş, Erkek, 20 kg, Alman Melez	60	++	PDE (S) % 62.50 Deviasyon(S) Tam olmayan kortikotomi (S)	Kaynama Tamamlanmamış	Orta
2	2 Yaş, Dişi, 26 kg, Alman Melez	60	++	PDE (S) % 68.75 Deviasyon (S)	Kaynama Tamamlanmamış	Orta
3	1.5 Yaş, Erkek, 30 kg, Kangal Melez	60	+	PDE (S) % 62.50	Kaynama tamamlanmamış	Orta
4	1.5 Yaş, Dişi, 25 kg, Alman Melez	60	+	PDE (S) % 56.25	Kaynama Tamamlanmamış	Orta
5	2 Yaş, Erkek, 32 kg, Kangal Melez	60	++	PDE (S) % 56.25 PDE (E) Deviasyon (S) Hatalı pin yerleştirilmesi (E)	Kaynama Tamamlanmamış	Orta
6	1 Yaş, Erkek, 20 kg, Alman Melez	60	-	PDE (S) % 50.00 Dikiş açılması Tam olmayan kortikotomi (S)	Kaynama tamamlanmamış	İyi
7	2 Yaş, Erkek, 21 kg, Alman Melez	120	-	PDE (S) % 43.75 PDE (E)	Kaynama Tamamlanmış	İyi
8	3 Yaş, Erkek, 28 kg, Kangal Melez	120	+++	PDE (S) % 43.73 PDE (E) Yeniden kırılma (K)	Distal bölgede kaynama sağlanamadı	Kötü
9	1 Yaş, Erkek, 21 kg, Alman Melez	120	-	PDE (S) % 37.50 Tam olmayan kortikotomi(S)	Kaynama Tamamlanmış	İyi
10	2 Yaş, Dişi, 24 kg, Alman Melez	120	-	PDE (S) % 37.50 PDE (E)	Kaynama Tamamlanmış	İyi
11	2 Yaş, Dişi, 26 kg, Kangal Melez	120	+++	PDE (S) % 31.25 PDE (E) Yeniden kırılma (K)	Distal bölgede kaynama sağlanamadı	Kötü
12	2 Yaş, Erkek, 21 kg, Alman Melez	120	-	PDE (S) % 31.25 PDE (E)	Kaynama Tamamlanmış	İyi
13	2 Yaş, Dişi, 25 kg, Alman Melez	120	-	PDE (S) % 25.00	Kaynama Tamamlanmış	İyi
14	1 Yaş, Erkek, 27 kg, Kangal Melez	180	+	PDE (S) % 12.50 PDE (E) Tam olmayan kortikotomi (S)	Kaynama Tamamlanmış	Orta
15	2 Yaş, Erkek, 25 kg, Kangal Melez	180	-	PDE (S) % 18.75	Kaynama tamamlanmış	İyi
16	1 Yaş, Erkek, 26 kg, Kangal Melez	180	-	PDE (S) % 18.75	Kaynama tamamlanmış	İyi
17	1 Yaş, Dişi, 21 kg, Kangal Melez	180	-	PDE (S) % 12.50	Kaynama tamamlanmış	İyi
18	2 Yaş, Erkek, 23 kg, Alman Melez	180	-	PDE (S) % 6.25	Kaynama Tamamlanmış	İyi

- : Topallık Yok, + : Hafif Dereceli Topallık, ++ : Orta Dereceli Topallık, +++ : İleri Dereceli Topallık  
PDE: Pin Dibi Enfeksiyonu

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Ateşli silah yaralanmaları, enfeksiyon, psödoartroz, travma ve kemik tümörünün geniş rezeksiyonları sonucunda oluşan maddi kayıplı kırıkların onarımı, ortopedistlerin yeni çözüm teknikleri aradıkları en önemli sorunların başında gelmektedir (1,8,17,68).

Bazı araştırmacılar (58,73), tibianın yerleşimi, anatomik yapısı, anterio-medialde kalın olmayan yumuşak dokular ile örtülmesinden dolayı maddi kayıplı kemik kırıklarının daha sık görülmesi ve sonucunda kırık hematomunun dışarı akması, yumuşak doku desteğinin yetersiz olması ve kan dolaşımının bozulması nedeniyle kırık iyileşmesinin güç ve komplikasyon oranının yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Distraksiyon osteogenezisi tekniğinin diğer tekniklere oranla kaynama yokluğu bölgesinde aksiyel dinamizasyon etkisiyle kan sirkülasyonun ve osteoblastik aktivitenin artması, enfeksiyonlarda antibiyotik kullanımını azaltması, aynı anda yumuşak doku defektlerinin onarılabilmesi, enfekte psödoartrozlu bölgelerin geniş bir alanının rezeke edilebilmesi, ekstremitte eşitleme sırasında angüler, rotasyonel, translasyonel deformitelerin anesteziye gerek olmadan düzeltilebilmesi, operasyon sonrası ekstremitenin erken dönemde kullanılmasına olanak vermesi sonucunda uzun dönem fiksasyonlarında görülen osteoporoz, kas atrofisi ve eklem sertliği gibi problemlerin daha az görülmesini sağlaması, kapalı redüksiyondan dolayı kemik ve yumuşak dokuları daha az travmatize etmesi gibi üstünlüklerinin olduğu bildirilmiştir (17,18,33,58,59,73).

Bazı araştırmacılar (16,18,20,65,68), sirküler eksternal fiksatör ve distraksiyon osteogenezisinde hastaların uyumunun tedavinin başarılı bir sonuca ulaşmasındaki en önemli faktörlerden biri olduğunu bildirmişlerdir. Birçok araştırmacı (25,39,46,66,71), hayvanların sirküler eksternal fiksatörleri çok iyi tolere ettiklerini ve herhangi bir sorunla karşılaşmadığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, köpeklerde sirküler eksternal fiksatöre ve kemik kaydırma sırasında çalışmayı etkileyebilecek herhangi bir sorunla karşılaşmadı. Sirküler eksternal fiksatörlerin köpeklerde güvenle kullanılacağı kanısına varıldı.

Sirküler eksternal fiksatörün ve distraksiyon osteogenezisinin özelliklerinin çok iyi bilinmesi, operasyon öncesi planlamanın hastaya göre iyi yapılması, operasyonda önemli

prensiplere dikkat edilmesi ve hastaların postoperatif yakın takibi sonucunda başarılı sonuçların alınmasının mümkün olduğu bildirilmektedir (9,16,34). Pablos ve ark (58), sirküler eksternal fiksator sistemi yapısının kompleks, uygulanmasının zor, ağır ve zaman alıcı olduğunu bildirmişlerdir.

Bu araştırma süresince aynı ekiple çalışma olanağı olmadığından operasyon süresini ve operasyon sırasında karşılaşılabilecek sorunları en aza indirmek için operasyondan önce sirküler eksternal fiksatorün montajı yapıldı. İlk olgularda preoperatif dönemin 95 dakika olduğu belirlenirken bu sürenin daha sonra olgu sayısının artması ile 70 dakikaya kadar indiği gözlemlendi. Operasyon süresi başlangıçta 160 dakika iken bu sürenin daha sonra 130 dakikaya kadar indiği görüldü. Fiksatorün operasyon öncesinde hazırlanmasının, operasyon süresini ve komplikasyon oranını azalttığı konusunda aynı kanaata varıldı. Nitekim olguların düz alüminyumdan yapılan halkalarının ve diğer komponentlerinin ağırlık bakımından bir sorun yaratmadığı görüldü.

Sirküler eksternal fiksatorler ile distraksiyon osteogenezisinin yeni kemik formasyonu için kontrollü mekaniksel distraksiyona izin veren ve başarılı bir şekilde uygulanabildiğine ait pek çok çalışma mevcuttur (4,15,33,38,64,77). İlizarov (35), osteotomi sonrası distraksiyon aralığını dolduracak dokunun tipinin büyük oranda fiksasyon stabilitesine bağlı olduğu yetersiz stabilitede az sayıda kırık adacağı, fokal hemorajik alanlar, fibröz doku gelişimi ve kemik gelişiminin oluşmadığını belirtirken rijit stabilitede ise konsolidasyon gecikmesine neden olduğu bildirmektedir.

Bu çalışmada, 4 halka ile kurulan fiksator konstrüksiyonunun kemik kaydırma tekniğinde, yeterli mekanik çerçeve sağladı. Bu, oluşan kallus dokusunun radyografik ve histopatolojik incelemeleri sonucunda normal kallus dokusunun oluşumunun belirlenmesi ile anlaşıldı.

Bazı araştırmacılar (2,15,26,31,35,55), sirküler eksternal fiksatorün kemik uçlarını tüm planlarda stabil ederken yeterli aksiyel mikro hareketlere izin verdiği, uzaysal 3 boyutlu rijit fiksasyon sağladığı ve kemik uçlarını halkalara tespit eden ince tellerin kullanılmasıyla da yumuşak doku, periost hasarı ve medüller kan akımının bozulmasının en az olacağını bildirmişlerdir. İlizarov (35,37), yivli vidaların kullanıldığı fiksatorlerin kemik ve çevre yumuşak dokuları daha fazla travmatize edebileceğini ve kemik iliği kanlanmasının bozulabileceğini bildirmiştir. Birçok araştırmacı (15,26,28,43,55,60), sirküler eksternal fiksatorün yüksek dirence sahip kranio-kaudal bükülmezlik, en düşük rijiditeye sahip

olduğunu ve bunun da kırık hattında aksiyel kompresyon güçlerine, kırık uçları arasında temas sonucu ağırlık yüklenimine ve erken mobilizasyona izin vererek kırık rejenerasyonunu stimüle eden dinamik osteosentez sistemi oluşturduğunu, hem fiksatörün uygulanması sırasında ve hemde sonrasında olabilecek bir deformitenin modüler yapısı sayesinde dereceli olarak ayarlanabilme özelliğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bazı araştırmacılar (30,72), halka ile ekstremité arasında en az 2 cm lik bir boşluğun bulunması ve eklem hareketlerini kısıtlamaması gerektiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, hedef bölgeden sapma gösteren 1, 2, 5 nolu olgularda, fiksatörün modüler yapısından dolayı kemik uçları karşı karşıya getirilerek hedef bölgeye ulaşması sağlandı. Çalışmada kullanılan 1.5 mm'lik K-telleri çıkarıldığı zaman tellerin geçtiği yerlerde kemik hasarının çok az olduğu görüldü. Çalışmada kullanılan 100 mm lik halkaların fiksatör uygulanırken genu eklemine arka tarafına gelecek ana proksimal destek halkasının 5/8 halka olmasına dikkat edildi. Bu şekilde eklem hareketlerini engellemediği görüldü. Halkaların bağlantısının eşit aralıkta 6 mm'lik 3 rod ile sağlanması sonucu, halka yüzeyinde kullanım için daha fazla bir alanın kaldığı, fiksatör kurulumunun daha kısa bir sürede ve kemik kaydırma işleminin daha kolay yapıldığı görüldü. Ancak uzun üç rodla bağlantıların kurulmasında rotasyonel osteoklazinin gerçekleştirilmesi sırasında bütün bağlantı rodlarının çıkarılması gibi bir dezavantajı bulunmaktadır. Olgulardaki halkaların kemiğe bağlantısını sağlayan normal 1.5 mm'lik tellerin güvenle kullanılabilmesi ve ağırlık taşımada herhangi bir sorun ile karşılaşmadığı görüldü. Tellere uygulanan gerilimin fiksatör stabilitesini bozacak bir sorunu ile karşılaşmadı.

Distraksiyon osteogenezisi sırasında oluşacak kemik dokusunu etkileyen faktörlerden biri olan osteotomi yeri hakkında çeşitli çalışmalar mevcuttur (7,20,35,59,79). İlizarov (37,38), kemik rejenerasyonu için metafizer bölgeden kortikotomi yapmayı tercih etmekte, fizise yakınlığı nedeniyle bu bölgedeki yumuşak dokuların distraksiyona daha iyi uyum sağladığını ileri sürmektedir. Steen ve Field (70), distraksiyon osteogenezisinde metafizer ve diyafizer osteotomileri karşılaştırdıkları deneysel çalışmalarında, radyolojik olarak metafizer osteotomilerde erken kemikleşme ve daha fazla osteojenik potansiyel görmelerine karşın biyomekanik testlerde metafizer osteotomilerin diyafizer osteotomilere oranla daha fazla instabil olduğu ve bu instabilitenin kemik rejenerasyonuna olumsuz etki yaparak metafizer bölgedeki osteojenik aktiviteyi azalttığını ileri sürmüşler ve heriki osteotomi arasında anlamlı

bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Birçok araştırmacı (1,4,23,34,78,79) distraksiyon osteogenezisinde metafizer kortikotomiyi tercih ettiklerini bildirmektelerdir.

Bu çalışmada da distal defekt bölgesine kaydırılacak olan kemik parçası daha fazla bir yüzey alanı oluşturmak için proksimal metafizer bölgeden yapılan kortikotomi ile oluşturuldu.

Birçok araştırmacı (8,27,35,62,67,70) distraksiyon osteogenezisinin en önemli teknik özelliklerinden birinin de kortikotomi tipi olduğunu bildirilmişlerdir. Epifizler distraksiyonla yapılan uzatmaların, daha kısa süreli ve daha az invaziv olması yanı sıra kaynama gecikmesi veya yokluğu gibi sorunlarda ortaya ıkınamaktadır. Fakat epifizlerin erken kapanma riski, eklem çevresi ve eklem içi transfiksasyon tel geçme riski taşıması gibi komplikasyonların şekillenmesinin kaçınılmaz olduğunu, kortikotomiyle uzatma komplikasyonlarının daha fazla olmadığı ve epifizyolizle büyütme plağı kapanması sorunu ozmlenene kadar kortikotomi uygulanmasının daha akılcı bir yol olduğunu bildirilmiştir (8,18,34). İlizarov (35,36), intramedüller besleyici damarların korunmasının, periostun korunması kadar kemik iyileşmesinde önemli olduğunu belirterek subperiostal bir kortikotomi yapılmasını tavsiye etmiş; kortikotomi sırasında medullaya zarar verilmemesi, periost ve endost'un korunmasının büyük önem taşıdığını bildirmiştir. Kojimoto ve ark. (42), transversal osteotomili deneysel çalışmasında, endost ve kemik iliğinin yeterli kallus oluşumu için zorunlu olmadığını periostun korunmasının daha önemli olduğunu bildirmektedirler. Delloye ve ark. (21), osteotomi ile kortikotomi arasında kemik iyileşmesi ve yeni oluşan kemik miktarı açısından belirgin bir farkın olmadığını bildirmektedirler. Birçok araştırmacı (27,42,67,75,78,79), tam osteotomiden sonra hızla arteriol dallanmanın yeniden oluştuğunu periosteal dolaşımın endosteal dolaşımdan daha fazla öneme sahip olduğunu vurgulamışlardır. Frierson ve ark.(27), İlizarov'un tanımladığı posterior korteksin rotasyon ile kırılmasının, genellikle g ve deplasmanının kaçınılmaz olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada kortikotomi sırasında periostu travmatize etmemeye zen gösterdik. Periostun kesildiği bölgenin konsolidasyon fazındaki radyografilerinde kortikal kemikte gecikme saptandı. Endost ve medüller kanalın travmatize edilmesi sonrasında kortikal kemikte bir konsolidasyon sorunu ile karşılaşılmadı. Bu da distraksiyon osteogenezisinde periostun, endost ve medüller kanalın korunmasından daha önemli olduğunu ve distraksiyon osteogenezisinde her zaman periostun mutlak olarak korunması gerektiğini doğrulamaktadır.

Rotasyonel osteoklazi ile kortikotominin tamamlanması yeterli deneyime sahip olunmaması, zaman alıcı ve kemik uçlarının karşı karşıya getirilememesi nedeniyle tercih edilmedi. Kortikotomi, ince bir osteotom ile lateral ve medial daha sonra kaudal kortekslerin kesilmesi ile tamamlandı. Bir, dört ve dokuz numaralı olgularda görülen tam olmayan kortikotomi yeniden operasyona alınarak tam kortikotomi yapıldı. Bu engel olarak değerlendirildi.

Operasyondan sonra distraksiyonun başlamasına kadar geçen 2-14 günlük bekleme periyodunun periost, endost ve kemik iliği ile yumuşak dokuların rekanalizasyonuna olanak sağlaması dışında kemik uçları arasında yeterli osteoblastik aktivitenin oluşmasını sağlamak olduğu bildirilmiştir (21,34,37,63,76,79). Kojimoto ve ark.(42), tam transversal osteotomi sonrası endosteal dolaşımın restorasyonu için 10 günlük bekleme periyodunun osteogenezis için yeterli olduğunu belirtmişler ve hastanın yaşına, hücresel ve damarsal yanıtın düzeyine, osteotomi bölgesinin seçimi ve osteotomi sırasındaki yumuşak doku hasarına, postoperatif kemik uçlarının pozisyonuna göre bekleme periyodunun azaltılıp arttırılabileceğini bildirmişlerdir. Goodship ve Kenwright (76), çalışmalarında bekleme periyodunu 7 gün olarak belirlemiş ve ekstraosöz kan dolaşımını düzenleyerek osteogenezisi teşvik edici önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. De Bastiani ve ark., 7-14 gün, İizarov 5-7 gün, Lewis ve ark. 2-6 gün, Marcellin-Little ve ark., 2-3 gün, Olcay ve ark., 2-6 günlük bir bekleme periyodunu önermektedirler (14,20,37,49,50,54).

Bu çalışmada, 6 günlük bir bekleme periyodu sonrasında kortikotomi bölgesinde yeterli kallus oluşumu görüldü. Distraksiyonda erken veya geç konsolidasyona ait bir sorunla karşılaşılma. Bu 6 günlük bekleme dönemi araştırmacıların görüşleri ile paraleldir.

Bazı araştırmacıların (20,41,74) klinik ve deneysel çalışmalarda günlük distraksiyon oran ve frekanslarına ait farklı uygulamaları bulunmaktadır. Alho ve ark., 1 mm/hafta, Delloye ve ark., 0.8 mm/36 saat, De Bastiani ve ark., 0.25 mm/12 saatlik distraksiyon uyguladıklarını bildirmişlerdir (20,21,63). Peltonen ve ark. (63), koyunlarda deneysel çalışmalarında günlük ortalama uzatma oranının 0.5-1.8 cm ( %3.3-%12 ) arasında olduğunu bildirmişlerdir. İizarov (37), günlük 0.50 mm'lik distraksiyon oranında osteogenezisin uzatma hızına erişeceğini ve prematür kemik konsolidasyonuna yol açabileceğini, 2.0 mm'lik distraksiyon hızının ise periost yumuşak dokuların hasar görmesine ve yetersiz kemik dokusu oluşumuna neden olabileceğini, en iyi kemik dokusu oluşumunun, günde 1.0 mm oranla otodistraktörle 60 defa yapılan distraksiyonda elde edildiğini bildirmektedir. Birçok

araştırmacı (6,23,29,33,38,46,69), günlük 0.25 mm'lik distraksiyon oranını günde 4 defa olarak uyguladıklarını bildirmişlerdir. Bazı araştırmacılar (23,24,45,47,49,77), veteriner ortopedideki uygulamalarında 2 veya 4 seansta günlük toplam 1 mm'lik distraksiyon oranı uyguladıklarını bildirmektedirler.

Bu çalışmada uygulanan 2 defa 0.5 mm' lik günlük 1.0 mm'lik distraksiyon oranının radyografik ve histopatolojik incelemeler sonucunda optimal oran olduğu görüldü. Hiçbir olguda kemik konsolidasyon sorunu ile karşılaşılmadı.

Distraksiyon osteogenezisine ait histolojik çalışmalarda hem endokondral ve hemde intramembranöz kemik iyileşmesi olduğu belirtilmiştir (3,5,21,35,63). Distraksiyon sırasında gelişen kallus dokusunun yavaş aksiyel distraksiyon ile büyüme plağına benzediği, doku uzamasının sadece merkezdeki bu bölgeden olduğu ve longitudinal fibrillerin diziliminin kuvvet vektörüne paralel olduğu grlmştir. Yeni kemik dokusu distraksiyon kuvvetine paralel olarak her iki kemik ucunda oluşmaktadır (3,5,21,29,37,79). Kojimoto ve ark. (42), deneysel çalışmalarında günde 2 defada 0.25 mm yapılan distraksiyon hızı ile önceki iki sklerotik zon, 4 haftada 3. sklerotik zon bulunduğu, radyolusent zonda longitudinal dizilmiş kırıkta ve fibröz doku, sklerotik zonda ise kansellöz kemik olduğunu ve endokondral ossifikasyon ile kemik gelişiminin meydana geldiğini bildirmişlerdir. Aronson ve ark.(3), Sirküler eksternal fiksator ve Wagner tipi eksternal fiksator ile yaptığı distraksiyon osteogenezisi sonucunda oluşan kemik dokunun histolojik incelenmesinde, sirküler eksternal fiksatorlerde oluşan dokunun distraksiyon yönüne paralel olduğu, Wagner tipi eksternal fiksatorlerinde ise kemik dokusunda aılanmaların olduğunu bildirmektedirler.

Bu çalışmada histopatolojik incelemeler sonucunda kemik trabekül oriyantasyonun gerilim-stres vektörüne paralel olarak geliştiği, osteoid dokunun paralel kolonları, sentral bölgeden her iki yöne doğru lameller kemiğe dönüştüğü, sentral büyüme tabakasının osteoid formasyon için hızla kollojen fibrilleri yapan elonge fibroblastik hücreleri içerdiği görüldü. Distraksiyon aralığı intramembranöz ve endokondral ossifikasyonla gerçekleşmiş trabeklar demetlerin distraksiyon yönü ile paralel oldukları grlmştir.

Birçok araştırmacı (8,19,22,59,61), sirküler eksternal fiksasyon tekniğinde diğer cerrahi işlemlerden farklı olarak cerrahi işlem sonuçlandığı zaman tedavi sonuçlanmaz, fiksatorün takılı olduğu sürece tedavi devam ettiğini bildirilmişlerdir. Paley (61), fiksator çıkarmadan zlen sorunların komplikasyon olarak tanımlanmaması gerektiğini bildirmiştir. Green (32),

tedavi sırasında karşılaşılan bütün sorunların komplikasyon olarak değerlendirilmesi gerektiğini bildirmiştir. Bazı araştırmacıların (16,18,19,32,33,45,61), komplikasyon oranlarının farklı olarak değerlendirilmesinin nedeni, tekniğin dünyada yeni kullanılmaya başlamış olmasıdır. Tekniği uzun zamandan beri kullanan araştırmacıların yayınlarında komplikasyon oranlarının düşük olduğu, yeni uygulayan araştırmacıların yayınlarında ise komplikasyon oranlarının yüksek olduğu bildirilmektedir. Uygulamaya başlandığı zaman bir öğrenme döneminin olduğu genel olarak kabul görmektedir. İlk 40-60 vakada karşılaşılan komplikasyon oranı % 120-150 arasında değişmekte, öğrenme döneminin ardından komplikasyon oranının düştüğü bildirilmektedir (22,61). Dahl ve ark. (19) tekniği uygulamaya yeni başlayan hekimlerin uygulamaya başlamadan önce teorik ve pratik kurallarını iyi öğrenmeleri, tekniği uygulayan uzmanlardan uygulama tekniklerini bizzat görmelerini ve başlangıçta basit vakaları seçmeleri gerektiği şeklinde tavsiyelerde bulunmaktadır. İlizarov (38), 215 tibia olgusunda, pin yolu enfeksiyonu, kortikotomi bölgesinde osteomyelit ve peroneal sinir felci gibi komplikasyonların % 19 oranında görüldüğünü bildirmektedir. De Bastiani ve ark. (20), 73 vakalık seride prematür konsolidasyon, pin osteolizi ve refraktür gibi komplikasyonların oranının % 14 olduğunu bildirmişlerdir. Alonso ve Regazzoni (1), komplikasyonları aksiyel dizilim bozukluğu, kemik rejenerasyonu yetersizliği, tel gevşemesi ve yumuşak doku enfeksiyonu olarak belirtmişlerdir. Paley (61), komplikasyonları eklem lüksasyonu, aksiyel deviasyon, kas kontraktürü, prematüre konsolidasyon, gecikmiş konsolidasyon, nörolojik ve vasküler yaralanma, pin dibi enfeksiyonu, mekanik aksam yetersizliği olarak belirtmiştir. Geç komplikasyon olarak da uzunluk kaybı, eğilme, refraktür ve eklem sertliğini bildirmiştir.

Bu çalışmada, ilk olgularda komplikasyonların yüksek oranda olduğu görülürken daha sonraki olgularda oranın azaldığı belirlendi. Çalışmada en sık ortaya çıkan problem pin yolu enfeksiyonuydu. Bütün olgularda değişik derecede pin yolu enfeksiyonu görülmesine rağmen uygun tel bakımları ile bir kısmı kontrol altına alındı. Tel bakımları günlük olarak alkol ile temizlendikten sonra batıca emdirilmiş gazlı bezler konuldu. Böylece tellerin çıkarılmasına kadar tel bakımlarının günlük yapılmasının en iyi yöntem olduğu ve steril gazlı bezler ile deri-tel arasındaki hareketin en aza indiği saptandı. Beş olguda pin yolu enfeksiyonu telin çıkarılmasını gerektirecek düzeyde kemik osteolizi şekillendiği saptandı. İnce ve gerilmiş tellerin kullanılması sonucunda yüzeysel olan bu enfeksiyonlar, fiksator konfigürasyonunun ana proksimal destek halkalarında daha şiddetli derecede gözlemlendi. Bu bölgede oluşmasının

nedeni bölgelerin yumuşak dokulardan zengin olması, matkabı yüksek devirle kullanılması ve pin bakımlarının kolayca yapılamamasına bağlandı. İki olguda fiksatorün çıkarılması sonrasında hedef bölgenin yeniden kırıldığı gözlemlendi.

Transkortikal pin uygulaması sırasında pin geçme düzeyleri ve pin geçme prensiplerine uyulmaması sonucunda nörovasküler yaralanmaların oluşabileceği, ödem ve kompartman sendromunun kaçınılmaz olduğu bildirilmiştir (13,31,34). Bilgili ve ark. (13,31), sirküler eksternal fiksasyon uygulamalarında en önemli sorunlardan biri de pin yerleştirme tekniği ve güvenli anatomik pin geçme düzeyleri olduğu bildirilmişlerdir.

Bu çalışmada, Bilgili ve arkadaşlarının tibia için pin geçme düzey ve pozisyonları ile ilgili hazırladıkları atlas dikkate alınarak pinlerin yerleştirilmesi gerçekleştirildi. Pin uygulamasına bağlı bazı olgular dışında nörovasküler yaralanmaya rastlanmadı. Bu sonuç, tibia bölgesindeki kesitsel anatomiye göre pin yerleştirme tekniğine uyulmasına bağlandı.

Bazı araştırmacıların (1,17,20,22,33,57,59), kemik transportasyonunda en sık karşılaşılan problem "docking site" olarak tanımlanan kaydırılan kemiğin ulaşacağı hedef bölgesinde oluşan kaynama sorunudur. Yine bazı araştırmacılar (33,57,59,73), İlizarov'un greftlemeyi doğru bulmamasına rağmen, greftlemenin kemik kaydırma tekniğinin ayrılmaz bir parçası olduğunu; kemik transportasyonu uyguladıkları kemik defektlerine ait klinik çalışmalarında kompresyon ile kırık uçlarını birleştirmeden önce kemik uçlarının yenilenmesinin gerektiğini vurgulamış ve psödoartroz alanlarının atrofik medüller kanalın kapalı olduğu vakalarda kemik uçlarının açılarak bölgenin greftlenmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Bazı araştırmacılar (1,17,33), hedef bölgenin greftlenmesinin fiksatorün kalma süresini kısaltacağını, defektin büyük olması durumunda greftleme için en uygun zamanın defekt boşluğunun 2 cm kaldığı zaman olduğunu belirtmişlerdir. İlizarov (38), defekt uçlarının düzensiz veya temas yüzeylerinin küçük olduğu vakalarda kemik kaydırma işlemi tamamlandıktan sonra kemik uçlarının debride edilmesi ile temas yüzeylerinin artırılması gerekebileceğini belirtmiştir. Bazı araştırmacılar (4,6,8,22,33,57,68), distal kaynama bölgesine kaynamayı arttırmak için siklik kompresyon-distraksiyon, perkutan dirilleme, sekesterin çıkarılması, ikinci bir osteotominin yapılması gibi farklı teknikler uygulanarak kaynamanın hızlandırılabileceğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada distal kaynama bölgesi, İlizarov'un prensipleri benimsenerek greft uygulaması yapılmadı. Distal bölgenin greftlenmesi ile kemik kaydırma tekniği uygulanan

çalışmalardaki iyileşme indeksleri karşılaştırıldığında, fiksatörün bacakta kalma süresinin uzun olduğu saptandı.

Segmental kemik transportunda bir diğer problem de, kaydırılan kemik parçasının yumuşak doku tarafından engellenmesidir (4,6,9,59). Paley ve ark. (59), frontal planda yapılacak ikinci bir osteotomiye önermektedir. Diğer bir önerileri ise deri altına Kirschner telleri göndererek negatif defekt oluşturarak yumuşak dokuların yavaşça yükseltilmesidir.

Bu çalışmada, 20 mm' lik bir kemik parçası çıkarıldıktan sonra kemik parçasının kaydırılması sırasında yumuşak dokular tarafından herhangi bir engel ile karşılaşılmadı. Fakat 1, 2, 5, 6, 7 ve 8 numaralı olgularda transport halkasındaki tellerin kemik kaydırma sırasında deriyi kestiği görüldü. Bu durumun, fiksatörün yerleştirilmesi sırasında transport halkasının geçtiği bölgedeki derinin yeterince proksimale doğru kaydırılmaması sonucunda oluştuğu kabul edildi ve sorun olarak değerlendirildi.

Sonuç olarak, köpeklerde deneysel olarak oluşturulan tibia defektlerinin sirküler eksternal fiksatörü kullanılarak yapılan kemik kaydırma tekniği ile onarımlarının, sistemin temel teknik ve prensiplerine uyularak operasyon öncesi, operasyon sırasında ve operasyon sonrasında yoğun çaba ve yakın takip gerektiren, tedavi sırasında beklenmeyen sorunların ortaya çıkabildiği ve artan bilgi ve deneyim ile sonucu etkileyebilen düşük komplikasyonlarla güvenle yapılabileceği kanısına varılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

1. **Alonso JE. and Regazzoni P.** (1990): The Use of the Concept with the AO/ASIF Tubular Fixateur in the Treatment of Segmental Defects. *Orthop Clin North Am.* 21, 4,655-665.
2. **Aronson J., Harrison B., and Cannon DJ.** (1988): Mechanical Induction of Osteogenesis: The Importance of Pin Rigidity. *J Pediatr Orthop.* 8, 396-401.
3. **Aronson J., Harrison BH., Stewart CL., and Harp JH.**(1989): The Histology of Distraction Osteogenesis Using Different External Fixators. *Clin Orthop and Rel Res.* 241,106-116.
4. **Aronson J., Johnson E., and Harp J.**(1989): Local Bone Transportation for Treatment of Intercalary Defects by the Ilizarov Technique. *Biomechanical and Clinical Considerations.* *Clin Orthop and Rel Res.* 243, 70-79.
5. **Aronson J.**(1991): The Biology of Distraction Osteogenesis. 42-52. eds. **A.Bianchi-Maiocchi and J.Aronson.** in: "Operative Principles of Ilizarov".Surgical Medi Video. Milan.
6. **Aronson J.**(1992): Cavitory Osteomyelitis Treated by Fragmentary Cortical Bone Transportation. *Clin Orthop and Rel Res.* 280, 153-160.
7. **Aronson J., and Shen X.**(1994): Experimental Healing of Distraction Osteogenesis Comparing Metepiphyseal with Diaphyseal Sites. *Clin Orthop and Rel Res.* 301, 25-30.
8. **Aronson J.**(1997): Limb-Lengthening, Skeletal Recontruction, and Bone Transportation with the Ilizarov Method. *J Bone and Joint Surgery.* 79/A, 8, 1243-1258.
9. **Asami Group** (1991): Basic Principle of Operative Technique. 65-72. eds. **A.Bianchi-Maiocchi and J.Aronson.**in: "Operative Principles of Ilizarov". Surgical Medi Video. Milan.
10. **Bianchi-Maiocchi A. and Aronson J.**(1991): Indication. 63-64. eds. **A.Bianchi-Maiocchi and J.Aronson.** in:"Operative Principles of Ilizarov".Surgical Medi Video. Milan.

11. **Bianchi-Maiocchi A.**(1991): Instrument and their Use. 9-32. eds. **A.Bianchi-Maiocchi, and J.Aronson.** in:"Operative Principles of Ilizarov". Surgical Medi Video. Milan.
12. **Bilgili H. ve Olcay B.**(1998): İlizarov'un Sirküler Eksternal Fiksasyon Sistemi. Bölüm1: Sistemin Tarihçesi,Bölgümleri,Endikasyonu ve Prensipleri.Vet Cer Derg.4,(3-4),62-67.
13. **Bilgili H., Çakır A., and Olcay B.**(1998): An Atlas for the Safe Insertion for Transcortical Wires using Ilizarov's Circular External Fixation System in a Tibia Model for Dogs. Vet Cer Derg. 5, (3-4), 109-113.
14. **Bilgili H. Kürüm B. ve Olcay B.**(2000): İlizarov'un Sirküler Eksternal Fiksasyon Sistemi. Bölüm II: Distraksiyon Osteogenezi. Vet Cer Derg. 6, (1-2), 95-100.
15. **Calhoun JH., Li F., Ledbetter BR., and Gill CA.** (1992): Biomechanics of the Ilizarov Fixator for Fracture Fixation. Clin Orthop and Rel Res. 280, 15-22.
16. **Cattaneo R.**(1991): Postoperative Management. 78-81. eds. A.Bianchi-Maiocchi and J. Aronson. in:"Operative Principles of İlizarov". Surgical Medi Video. Milan.
17. **Cattaneo R., Catagni M., and Johnson EE.**(1992): The Treatment of Infected Nonunions and Segmental Defects of the Tibia by Methods of Ilizarov.Clin Orthop and Rel Res.280,143-152.
18. **Dahl MT. and Fischer DA.**(1991): Lower Extremity Lengthening by Wagner's Method and Callus Distraction. Orthop Clin North Amer. 22, 4, 643-649.
19. **Dahl MT., Gulli B., Berg T.**(1994): Complication of Limb Lengthening. A Learning Curve. Clin Orthop and Rel Res. 301, 10-18.
20. **De Bastiani G., Aldegheri R., Renzi-Briwa L., and Trivella G.**(1987): Limb Lengthening by Callus Distraction (Callotasis). J Ped Orthop. 7, 129-134.
21. **Delloye C., Delefortrie G., Couelier L., and Vincent A.**(1990): Bone Regenerate Formation in Cortical Bone during Distraction Lengthening.Clin Orthop and Rel Res. 250, 34-42.
22. **Eldridge JC., and Bell DF.**(1991): Problems with Substantial Limb Lengthening. Orthop Clin North Am. 22, 4, 625-631.

23. **Elkins AD. and Morandi M.** (1993): The Ilizarov External Ring Fixator: Principles, Techniques, and Uses.1656-1661. (Ed): D. Slatter. (in): "Textbook of Small Animal Surgery". Second Edition. Pensilvania.
24. **Elkins AD., Morandi M., and Zembo M.**(1993): Distraction Osteogenesis in the Dog Using the Ilizarov External Ring Fixator. J Am Anim Hosp Ass. 29, 5, 419-426.
25. **Ferretti A.**(1991): The Application of the Ilizarov Technique to Veterinary Medicine. 551-570. eds. **A.Bianchi-Maiocchi** and **J.Aronson**. in: "Operative Principles of Ilizarov". Surgical Medi Video. Milan.
26. **Fleming B., Paley D., and Kristiansen T.**(1989): A Biomechanical Analysis of the Ilizarov External Fixator. Clin. Orthop. and Rel Res. 241, 95-105.
27. **Frierson M., İbrahim K., Boles M., Bote H., and Ganey T.**(1994):Distraction Osteogenesis. A Comparison of Corticotomy Techniques. Clin Orthop and Rel Res. 301, 19-24.
28. **Gasser B., Bobman B., Wyder D., and Schneider E.**(1990): Stiffness Characteristics of the Circular Device as Opposed to Conventional External Fixators. J Biomech Eng. 112,15-20.
29. **Gil-Albarova J., Pablos J., Franzeb M., and Canadell J.**(1992): Delayed Distractin in Bone Lengthening. Improved Healing in Lambs. Acta Orthop Scan. 63, 6, 604-606.
30. **Green SA.**(1990): Components of the Ilizarov System. Tech Orthop. 5, 1-11.
31. **Green SA.**(1990): The Use of Wires and Pins. Tech Orthop. 5, 12-19.
32. **Green SA.**(1991): Postoperative Management during Limb Lengthening. Orthop Clin North Amer. 22, 4, 723-734.
33. **Green SA., Jackson JM., Wall DM., Marinow H., and Ishkanian J.**(1992): Management of Segmental Defects by the Ilizarov Intercalary Bone Transport Method. Clin Orthop and Rel Res. 250, 136-142.
34. **Gülşen M., ve Onac E.**(1997): II. Temel İlizarov Kursu Ders Notları. Çukurova Üni. Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı. Adana.

35. **Ilizarov GA.**(1989): The Tension-Stress Effect on the Genesis and Growth of Tissues: Part I. The Influence of the Stability of Fixation and Soft-Tissue Preservation. Clin Orthop and Rel Res. 238, 249-281.
36. **Ilizarov GA.**(1989): The Tension-Stress Effect on the Genesis and Growth of Tissues:Part II. The Influence of the Rate and Frequency of Distraction. Clin Orthop and Rel Res.239,263-285.
37. **Ilizarov GA.**(1990): Clinical Application of the Tension-Stress Effect for Limb Lengthening. Clin Orthop and Rel Res. 250, 8-26.
38. **Ilizarov GA., and Ledyayev VI.** (1992): The Replcement of Long Bone Defects by Lengthening Distraction Osteotomy of one the Fragments. Clin Orthop and Rel Res. 280, 7-10.
39. **Jukema GN., Settner M., Dunkelmann G., Tilkorn P., Niemeyer OW., and Hierholzer G.**(1997): Hing Stability of the Ilizarov Ring Fixator in a Metacarpal Fracture of an Arabian Foal. Arch Orthop Trauma Surg.116, 5, 287-289.
40. **Karaharju-Suvanto T., Peltonen J., Kahri A., and Karaharju EO.**(1992): Distraction Osteogenesis of the Mandible. An Experimental Study on Sheep. J Oral Maxillafac Surg. 21, 118-121.
41. **Karaharju EO., Aalto K., Kahri A., Lindberg LA., Kallio T., Karaharju Suvanto T., Vauhkonen M., and Peltonen J.**(1993): Distraction Bone Healing. Clin Orthop and Rel Res. 297, 38-43.
42. **Kojimato H., Yasui N., Goto T., Matsuda S., and Shimomura Y.** (1988): Bone Lengthening in Rabbits by Callus Distraction. The Role of Periosteum and Endosteum. J Bone and Joint Surgery. 70/B, 4, 543-549.
43. **Kummer FJ.**(1992): Biomechanics of The Ilizarov External Fixator. Clin Orthop and Rel Res. 252, 11-14
44. **Latte Y.** (1997): 75 Application of the Ilizarov method. (Part 2). Euro J Comp Anim Pract. 7, 1, 64-84.
45. **Latte Y.** (1997): Application of the Ilizarov method in Veterinary Orthopaedic Surgery (Part 1). Euro J Comp Anim Pract. 7, 2, 26-50.

46. **Lesser AS.**(1994): Segmental Bone Transport for the Treatment of Bone Deficits. J Amer Anim Hosp Assoc. 30, 4, 322-330.
47. **Lesser AS.**(1997): İlizarov Technique. 950-963. Ed. Borjab, MJ. in: "Current Techniques in Small Animm Surgery".4th Edition. Williams&Wilkins. Balthimore.
48. **Lewis DD.,Bronson DG.,Welch RD., Samchukov ML., and Stallings JT.**(1998): Biomechanics of Circular External Skeletal Fixation. Vet Surg 27, 5, 454-464.
49. **Lewis DD, Radasch RM, Beale BS, Stallings JT, Welch RD, Samchukov ML, and Lanz OI.**(1999): Initial Clinical Experience with the IMEX Circular External Skeletal Fixation System-Part II: Use for Bone Lengthening and Correction of Angular and Rotational Deformities. Vet Comp Ortho Trauma 12, 3, 118-127.
50. **Marcellin- Little DJ., Ferretti A., Roe SC., and DeYoung DJ.** (1998): Hinged İlizarov External Fixation for Correction of Antebrachial Deformities. Vet Surg. 27, 231-245.
51. **Marcellin-Little DJ.**(1999): Fracture Treatment with Circular External Fixation. Vet Clin North Am: Small Anim Pract. 29, 5,1153-1170
52. **Nele U., Maffulli N., and Pintore E.** (1994): Biomechanics of Radiotransparent Circular External Fixators. Clin Orthop and Rel Res. 308, 68-72.
53. **Olçay B., Bilgili H., Utkan A.** (1996): Köpeklerde Sirküler Eksternal Fiksator (İlizarov Aparey) ile Tibia Kırıklarının Sağaltımları Üzerine Deneysel Çalışmalar. 26-28 Haziran. 5. Ulusal Veteriner Cerrahi Kongresi Kitapçığı. Kars.
54. **Olçay B., Bilgili H., Kürüm B., Çakır A., Theyse LFH., and Gül N.,** (2000): I. İlizarov Kursu. 15-17 Eylül 2000. Afyon Kocatepe Üniversitesi Vet Fak Cerrahi ABD.& Ankara Üniversitesi Vet Fak Ortopedi ve Travmatoloji BD. Afyon
55. **Orbay JL. and Frankel VH.**(1992): The Effect of Wire Configuration on the Stability of the İlizarov External Fixator. Clin Orthop and Rel Res. 279, 299-302.
56. **Owen MA.**(2000): Use of the Ilizarov Method to Manage a Septic Tibial Fracture Nonunion with a Large Cortical Defect. J Small Anim Pract. 41, 3,124 -127.
57. **Özsoy S. ve Mutlu Z.**(1998):Bir Köpeğin Tibia'sındaki Maddi Kayıplı Defekt'in İlizarov Tekniği Kullanarak Lokal Kemik Nakli ile Sağaltımı.Vet Cer Derg. 4, (1-2), 45-49.

- 58. Pablos J., Barrios C., Alfero C., and Canadell J.**(1994): Large Experimental Bone Defects Treated by Bone Transportation with Monolateral External Distractors. *Clin Orthop and Rel Res.* 198, 259-265.
- 59. Paley D., Catagni MA., Argnani F., Villa A., Benedetti GB., and Cattoneo R.**(1989): Ilizarov Treatment of Tibial Nonunions with Bone Loss. *Clin Orthop and Rel Res.* 241, 146-165.
- 60. Paley D.**(1991): Biomechanics of the Ilizarov External Fixator. 33-41. eds. **A. Bianchi-Maiocchi and J.Aronson.** in:“Operative Principles of Ilizarov”.Surgical Medi Video. Milan.
- 61. Paley D.**(1991): Problems, Obstacles and Complications of Limb Lengthening. 352-366. eds.**A.Bianchi-Maiocchi and J.Aronson.**in:“Operative Principles of Ilizarov”. Surgical Medi Video. Milan.
- 62. Paley D. and Tetsworth.**(1991): Percutaneous Osteotomies: Osteotome and Gigli Saw Technigues. *Orthop Clin North Am.* 22, 4, 613-624.
- 63. Peltonen J., Karaharju E., Aalto K., Alitalo I., and Hietaniemi K.**(1988): Leg Lengthening by Osteotomy and Gradual Distraction: An Experimental Study. *J Pediatr Orthop.* 8, 509-513.
- 64. Peltonen J., Kahri AI., Heikkila PS., Karaharju EO., and Aalto KA.**(1992): Bone Formation after Distraction Osteotomy of the Radius. *Acta Orthop Scand.* 63, 599-603.
- 65. Philips JH., Forrest, CR., and Gruss, JS.**(1992): Current Concept in the Use of Bone Grafts in Facial Fractures. *Basic Science Considerations. Clin Plas Surg.* 19, 1, 41-58.
- 66. Pistani JR., Miscioni H., Rodendo A., and David E.**(1997): Clinical Use of Ilizarov’s Compression Tecnique in the Treatment of a Septic Pseudoartrosis in a Calf. *Vet Comp Orthop Trav.* 10, 12-15.
- 67. Schwartzman V. and Schartsman R.**(1992): Corticotomy. *Clin Orthop and Rel Res.* 250, 37-47.
- 68. Simard S., Marchart M., and Mencio G.**(1992): The Ilizarov Procedure: Limb Lengthening and Its Implication. *Physical Therapy.* 72, 25-34.

- 69. Stallings JT, Lewis DD, Welch RD, Samchukov M, and Marcellin-Little DJ. (1998):** An Introduction to Distraction Osteogenesis and the Principles of Ilizarov. *Vet Comp Ortho Trauma.* 1, 2, 59-67.
- 70. Steen H and Fjeld TO. (1989):** Lengthening Osteotomy in the Metaphysis and Diaphysis. *Clin Orthop and Rel Res.* 247, 297-305.
- 71. Thommasini MD., Ehrhart N., Ferretti A. and Buracco P. (2000):** Bone Transport Osteogenesis for Limb Salvage. following Resection of Primary Bone Tumors: Experience with Six Cases (1991-1996). *Vet Comp Ortho Trauma* 13, 18-22.
- 72. Taylor IC. (1990):** Ring Size Selection. *Tech Orthop.* 5, 4, 13-17.
- 73. Tucker HL., Kendra JC., and Kinnebra TE. (1990):** Tibial Defects: Reconstruction using the Ilizarov as an Alternative. *Orthop Clin North Am.* 21, 4, 629-637.
- 74. Welch RD. and Lewis DD. (1999):** Distraction osteogenesis. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 29, 5, 1187-1205.
- 75. White SH. and Kenwright J. (1990):** The Timing of Distraction of an Osteotomies. *J Bone and Joint Surgery.* 72/B, 4, 356-361.
- 76. White SH. and Kenwright J. (1991):** The Importance of Delay in Distraction of Osteotomies. *Orthop Clin North Am.* 22, 4, 569-580.
- 77. Yanoff SR., Hulse DA., Palmer RH., and Herron MR. (1992):** Distraction Osteogenesis Using Modified External Fixation Devices in Five Dogs. *Vet Surg.* 21, 6, 480-487.
- 78. Yasui N., Kojimoto H., Shimizu H., and Shimomura Y. (1991):** The Effect of Distraction upon Bone, Muscle, and Periosteum. *Ort Clin North Am.* 22,4,563-568.
- 79. Yasui N., Kojimoto H., Sakaki K., Kitada A., Shimizu H., and Shimomura Y. (1993):** Factors Affecting Callus Distraction in Limb Lengthening. *Clin Orthop and Rel Res.* 293, 55-60.

## 7. ÖZET

Bu çalışmada, köpeklerde sirküler eksternal fiksator kullanılarak kemik kaydırma tekniği ile deneysel olarak oluşturulan tibia defektlerinin onarımı yapıldı. Sonuçlar klinik, radyografik ve histopatolojik olarak değerlendirildi.

Çalışmamızda değişik ırk, yaş ve cinsiyette 18 adet sokak köpeği kullanıldı. Sirküler eksternal fiksator 4 halka ve 3 adet bağlantı rodu ile kuruldu. Herbir halka aralarında 60 ile 90<sup>0</sup> açı olacak şekilde iki adet 1.5 mm'lik kirschner teli ile tibiaya tespit edildi. Tibianın diyafizer bölgesinden 20 mm'lik kemik parçası çıkarıldı. Kortikotomi tibianın proksimal kranialinden periost korunarak yapıldı. Altı günlük bekleme periyodundan sonra kemik kaydırma her 12 saatte 0.5 mm distale doğru 20 gün uygulandı. Kaydırma işlemi tamamlandıktan sonra yedi gün kompresyon-distraksiyon, 40 gün konsolidasyon ve 17 gün dinamizasyon uygulandı.

Olgular fiksatorle kolay uyum sağladılar. Pin yolu enfeksiyonu en yaygın komplikasyondur. Olgular ekstremitelerini postoperatif 2. haftada kısmen, 4. haftada tamamen kullandılar. Kas atrofisi karşı bacakla karşılaştırıldığında fiksator çıkarılıncaya kadar orta derece idi. Üçüncü aydan sonra atrofi azaldı. Ödem ilk 2 hafta gözlemlendi. Fiksator bozulması ve pin kırılması ile karşılaşmadı. Beş olguda pin gevşemesi sonucunda pinler değiştirildi.

Distraksiyon aralığındaki kollojen fibriller distraksiyonun 2. haftasında ve yeni kemik distraksiyon yönünde organize olduğu görüldü. Kollojen fibrillerin mineralizasyonu proksimal ve distal kemik uçlarından başladı. Bütün olgularda distraksiyon aralığı ve distal kaynama bölgesi normal gelişim gösterdi. Üç olguda tam olmayan kortikotomi, üç olguda deviasyon ve iki olguda ise distal bölgede yeniden kırık gözlemlendi.

Sirküler eksternal fiksatorü kullanarak yapılan kemik kaydırma tekniği ile tibianın diyafizer defektlerinin onarımı güvenle yapılabilmektedir.

## 8. SUMMARY

In this study, bone transport technique using circular external fixator were repaired experimentally induced tibial defects in dogs. The results were evaluated on the basis clinic, radiographic, and histopathologic.

Eighteen crossbred dogs of different races, ages and sexes were used. Circular external fixator was constructed with four rings and three connecting rods. Each ring was fixed to the tibia with two 1.5 mm kirchner wires with an angle of  $60^{\circ}$  to  $90^{\circ}$  between them.. About 20 mm long bone segment was removed from the middiaphysis of the tibia. Corticotomy was performed on the cranial aspect of the proximal tibia, preserving the periosteum. After a six days latency period, bone transport was performed at a rate 0.5 mm every 12 hours for 20 days. Following the completion of the transport, procedures like compression-distraction, consolidation and dinamisation were performed for 7, 40 and 17 days, respectively.

The fixators were well tolerated by these cases. Pin track infections were the most common complications. The cases is allowed up in the second postoperatif weeks partial weight bearing then fourth weeks full weight bearing. The muscles of the left extremity showed sings of atrophy as compared with the right extremity until removal of the fixator. These sings of atrophy were very slight at three monts after operation. Edema were observed first two weeks. Any cases were seen fixator deformation and wire breakage. Pin loosening was observed in five cases.

Collogen fibers in the distraction area was seen 2<sup>th</sup> weeks after distraction and new bone are organized in the direction of the distraction. Mineralization of collogen fibers started at the proximal and distal bone ends. Bone development in the distraction area and distal bone union was seen normally in all cases. It was observed in three cases incomplete corticotomy, in three cases deviation, and refracture in two cases in the distal bone region

Bone transport technique used circular external fixator can be satisfactorily used for the recontraction of large tibial defects in dogs.

## 9. ÖZGEÇMİŞ

1966 yılında Elazığ'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi tamamladıktan sonra Elazığ Ticaret Lisesini 1984 yılında bitirdim. 1985 yılında Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesine girdim. 1990 yılında mezun oldum. Askerliğimi tamamladıktan sonra 1994 Şubat döneminde Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsünün açmış olduğu doktora sınavını kazanarak F.Ü. Veteriner Fakültesi Cerrahi A.B.Dalı'nda doktora yapmaya başladım. 1998 yılında'da F.Ü. Veteriner Fakültenin açmış olduğu araştırma görevlisi sınavını kazandım. Halen aynı fakülte'de araştırma görevlisi olarak çalışmaktayım.

Evli ve 2 çocuk babasıyım.



## 10. TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmamın gerçekleşmesinde; yardımlarını esirgemeyen, karşılaştığım her türlü zorlukta, değerli katkı ve önerileriyle bana hep yön gösteren, bilimsel birikimlerinden yararlandığım ve cerrahi bilgi ve yeteneğimin gelişmesinde gösterdiği ilgi ve özveriyle tüm yaşamım boyunca unutmayacağım hocam Sayın Doç. Dr. Sait BULUT'a ve Doç. Dr. Emine ÜNSALDI'ya saygı ve şükranlarımı sunarım.

Ön çalışmalar esnasında yardımlarını esirgemeyen Ortopedi ve Travmatoloji uzmanı Sayın Dr. Osman Zeki ÖZERCAN'a, Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji A.B.D Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Erhan YILMAZ'a ve Histopatolojik bulguların değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Patoloji A.B.D Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Mehmet Reşat ÖZERCAN'a, Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim Hanifi ÖZERCAN ve Sayın Arş. Gör. Dr. Bengü ÇOBANOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

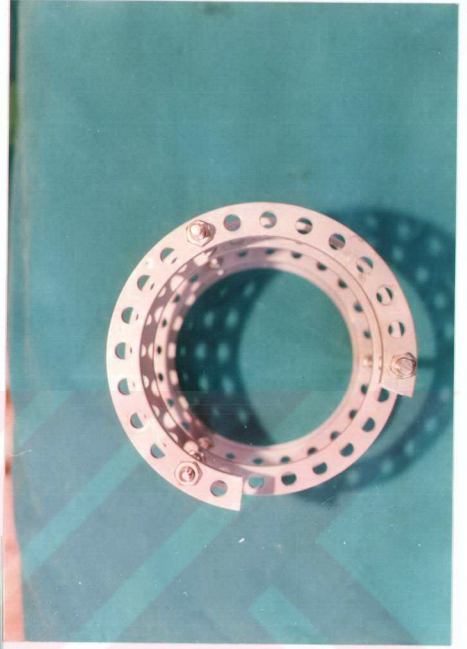
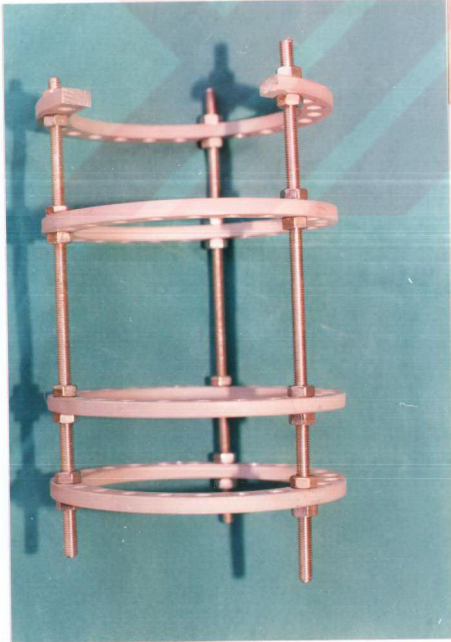
Tez çalışmamın başlangıç aşamasında, ilgilerinden dolayı İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi ABD Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Serhat ÖZSOY'a ve Sayın Arş. Gör. Zihni MUTLU'ya, Gülhane Askeri Tıp Akademisi Ortopedi ve Travmatoloji A.B.Dalı'ndan Sayın Prof. Tbp. Albay Mustafa BAŞBOZKURT'a, Sayın Yrd. Doç. Tbp. Yüzbaşı Mahmut KÖMÜRCÜ'ye ve Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi A.B.D. Ortopedi ve Travmatoloji Bilim Dalı'ndan Sayın Doç. Dr. Hasan BİLGİLİ 'ye teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca; Cerrahi Anabilim Dalı'mız tüm Öğretim Üyelerine ilgi ve desteklerinden dolayı, deneysel çalışmaların esnasında yardımlarını esirgemeyen Anabilim Dalı Arş. Gör. Dr. A. Said DURMUŞ'a ve Arş. Gör. C. Tayyar İŞLER'e, diğer tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım

Çalışmam sırasında eşim Fatoş'a ve kızlarım Elif ve Esra'ya desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım

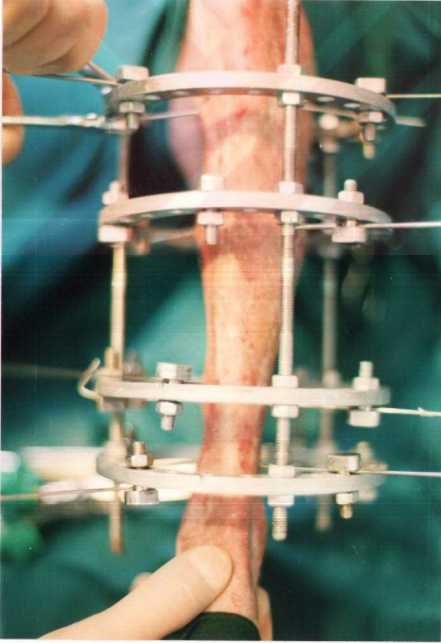
## 11. RESİMLER

**Resim 1.** Sirküler eksternal fiksatorünün  
üsten görünümü



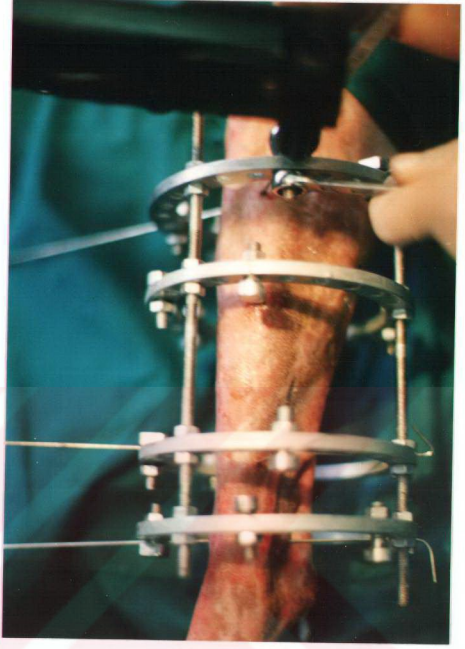
**Resim 2.** Sirküler eksternal fiksatorünün yandan  
görünümü

**Resim 3.** Tibianın operasyona hazırlanmış görünümü



**Resim 4.** Tellerin K-tutucuya tespiti

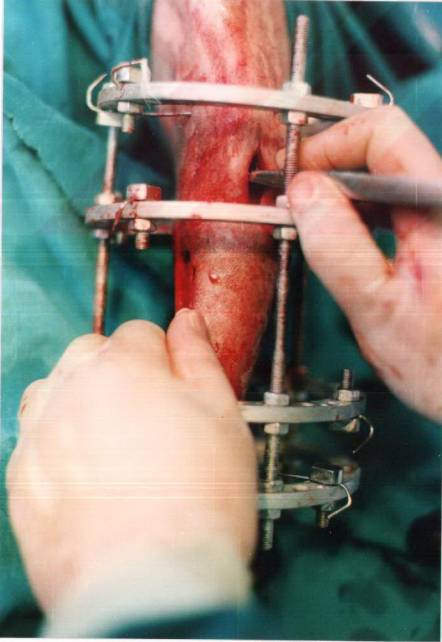
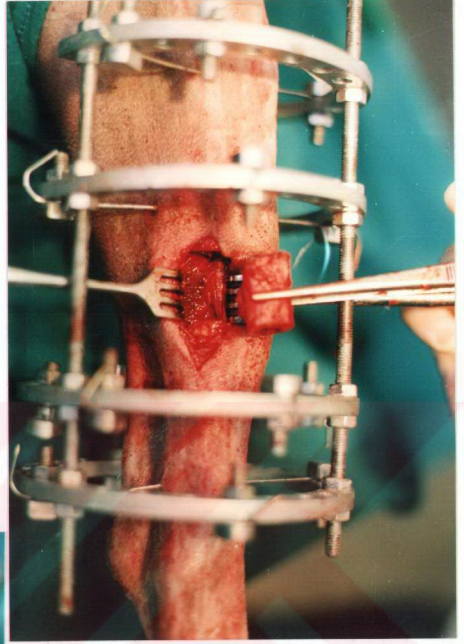
**Resim 5.** Tellere gerilim uygulanarak sıkılması



**Resim 6.** Fiksatorün yerleştirilmesinin tamamlanması



**Resim 7.** Tibiannn diyafizinden parça çıkarılması



**Resim 8.** Kortikotomi bölgesinin görünümü

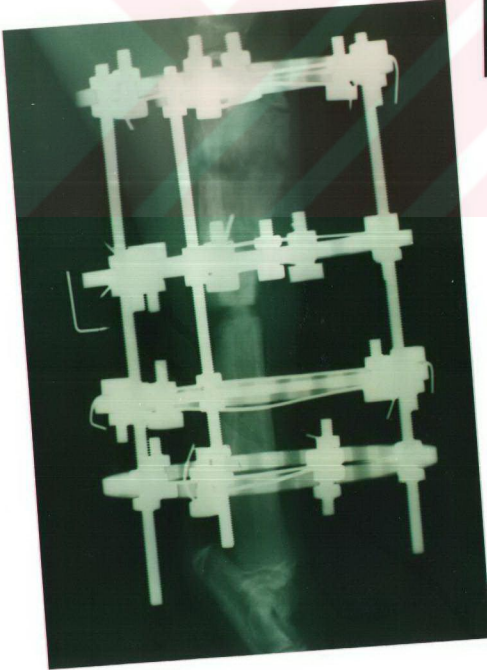
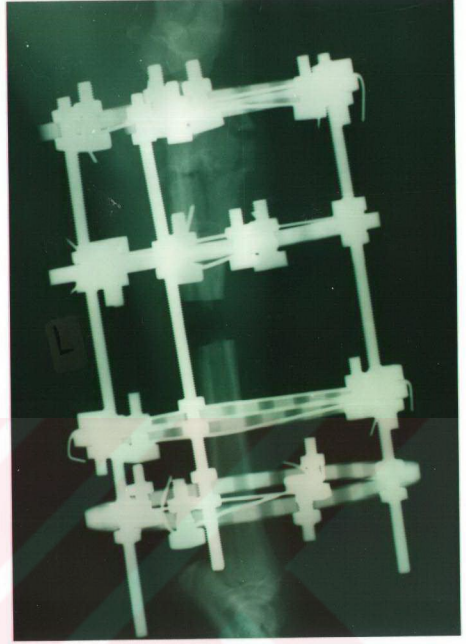
**Resim 9.** Operasyon yaralarının kapatılması



**Resim 10.** 15 numaralı olgunun distraksiyon öncesi radyografik görünümü

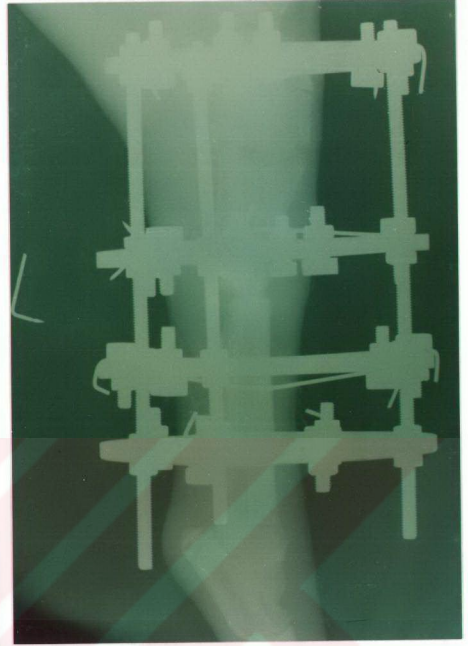
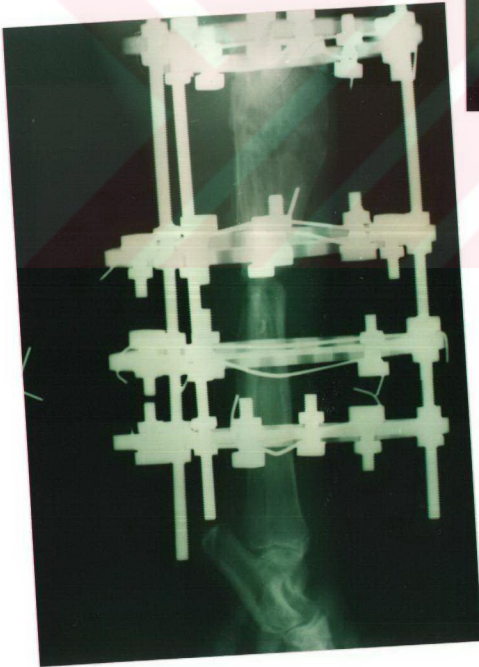


**Resim 11.** 15 numaralı olgunun distraksiyonun 7. gündeki radyografik görünümü



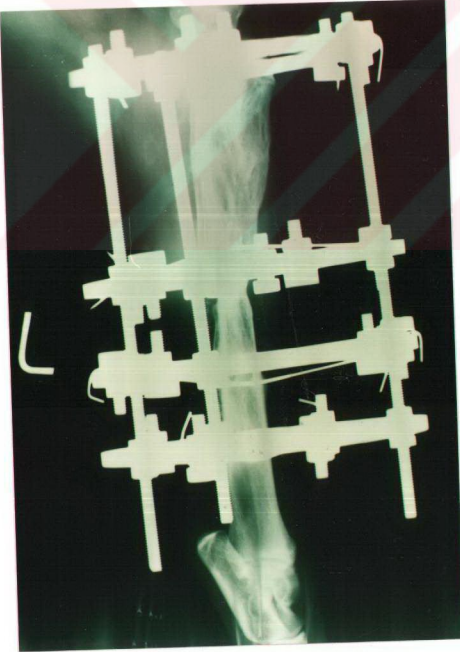
**Resim 12.** 15 numaralı olgunun distraksiyonunun 14. günündeki radyografik görünümü

**Resim 13.** 15 numaralı olgunun distraksiyonun 21. gündeki radyografik görünümü

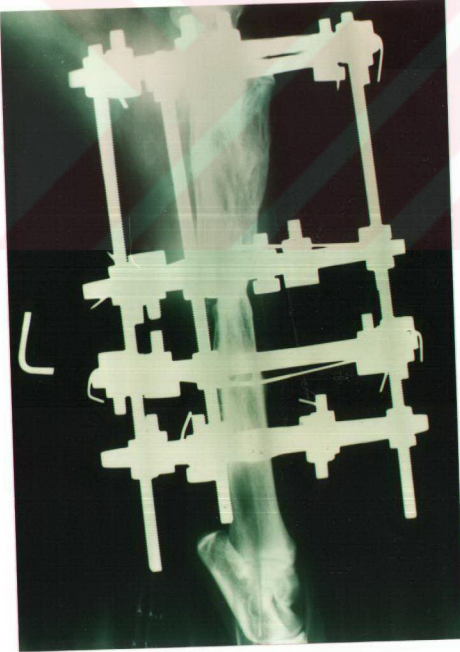


**Resim 14.** 15 numaralı olgunun distraksiyonun 30. gündeki radyografik görünümü

**Resim 15.** 15 numaralı olgunun distraksiyonun 60. gündeki radyografik görünümü



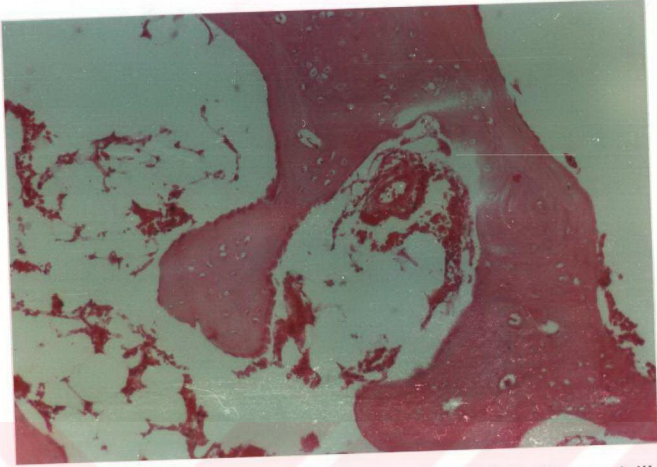
**Resim 16.** 15 numaralı olgunundistraksiyonun 90. gündeki radyografik görünümü



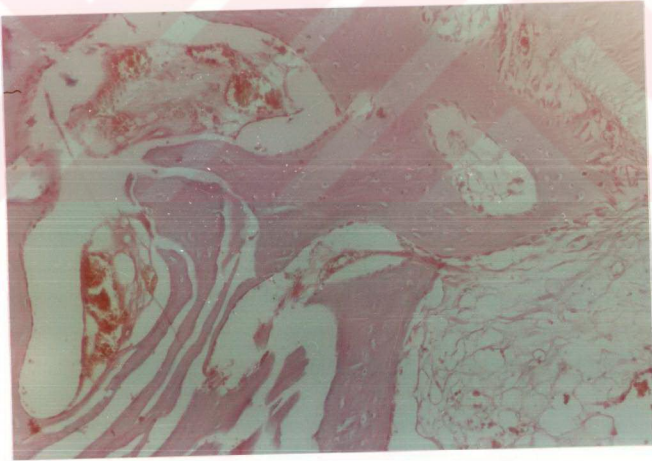
**Resim 19.** 15 numaralı olgunun distraksiyonun 180. gündeki radyografik görünümü



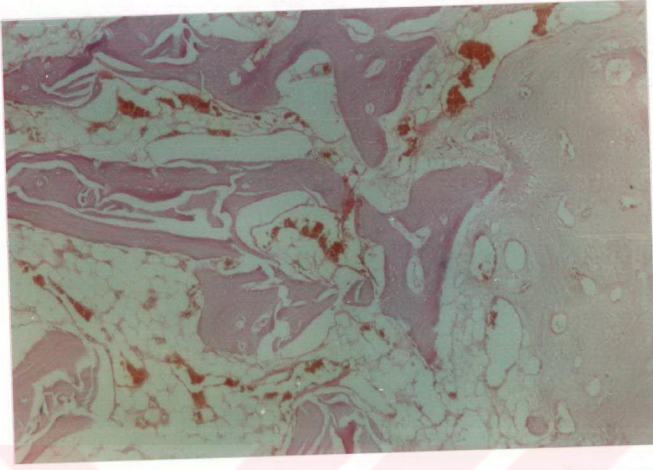
**Resim 20.** 5 numaralı olgunun distraksiyon aralığının 60. gündeki histopatolojik görünümü. Distraksiyon yönüne paralel kollajen fibriller (kf) ve yeni oluşan kemik dokusu (yk). HE x40



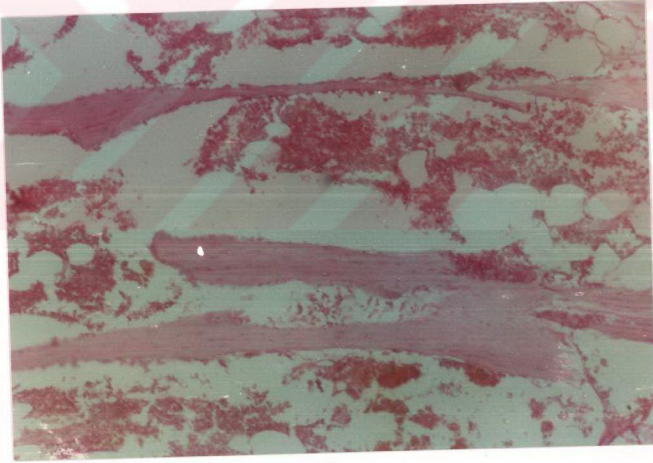
**Resim 21.** 5 numaralı olgunun distraksiyon aralığının 60. gündeki histopatolojik görünümü. Yeni kemik trabekülü ve arada damar oluşumu. HEx100



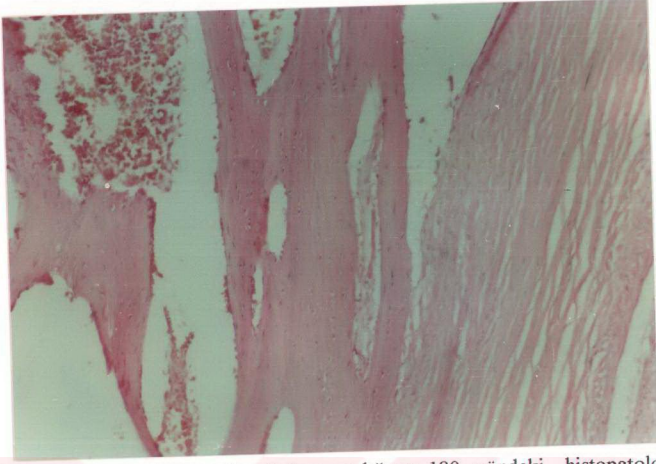
**Resim 22.** 5 numaralı olgunun distal kaynama bölgesinin 60. gündeki histopatolojik görünümü. Kemik uzun eksenine paralel dizilim gösteren yeni kemik trabekülleri ile trabeküller arasında damardan zengin fibröz ve yağ dokusu. HEx100



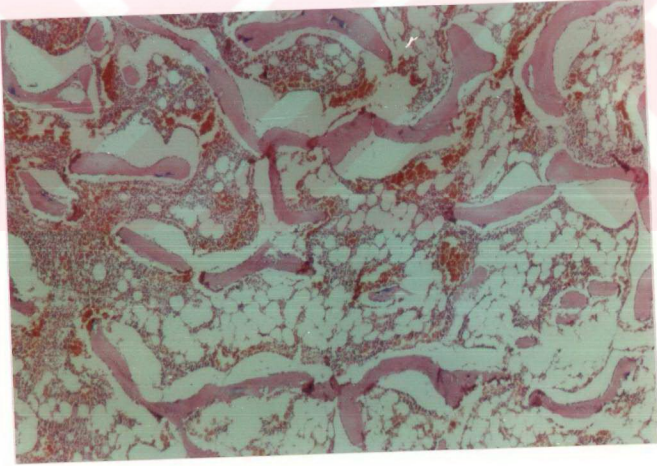
**Resim 23.** 10 numaralı olgunun distraksiyon aralığının 120. gündeki histopatolojik görünümü. Distraksiyon yönüne paralel dizilim gösteren yeni kemik trabekülleri arasında damardan zengin gevşek fibro-adipöz dokusu. HEx 40



**Resim 24.** 10 numaralı olgunun distal kaynama bölgesinin 120. gündeki histopatolojik görünümü. Yeni kemik trabekülleri arasında gevşek fibro-adipöz doku ile yeni kemik iliği elemanları. HEx100



**Resim 25.** 17 numaralı olgunun distraksiyon aralığının 180. günündeki histopatolojik görünümü. Yeni kemik dokusu ile korteksin olgunlaşması. HEx 100



**Resim 26.** 17 numaralı olgunun distal kaynama bölgesinin 180. günündeki histopatolojik görünümü. Olgunlaşmış kemik trabekülleri arasında yağlı kemik iliği. HE x40