

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
VETERİNERLİK CERRAHİSİ ANA BİLİM DALI



**KEDİ VE KÖPEKLERİN UZUN KEMİK KIRIKLARININ
SAĞALTIMINDA KİLİTLİ PLAKLARIN EKSTERNAL
OLARAK UYGULANMASININ KLİNİK, RADYOGRAFİK VE
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Doktora Tezi

Kâmil Serdar İNAL

Danışman

Prof. Dr. Ahmet ÖZAK

Bu tez çalışması Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından
PYO.VET.1904.19.004'nolu proje olarak desteklenmiştir

SAMSUN
2021

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans/doktora/sanatta yeterlik tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

İmza

30 /07 / 2021

Kâmil Serdar İNAL

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : Kedi ve Köpeklerin Uzun Kemik Kırıklarının Sağaltımında Kilitli Plakların Eksternal Olarak Uygulanmasının Klinik, Radyografik ve Bilgisayarlı Tomografi ile Değerlendirilmesi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 17.06.2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 2

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

İmza

30 /07/ 2021

Prof. Dr. Ahmet ÖZAK

ÖZET

KEDİ VE KÖPEKLERİN UZUN KEMİK KIRIKLARININ SAĞALTIMINDA KİLİTLİ PLAKLARIN EKSTERNAL OLARAK UYGULANMASININ KLİNİK, RADYOGRAFİK VE BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Kâmil Serdar İNAL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Veterinerlik Cerrahisi Ana Bilim Dalı

Doktora, Temmuz/2021

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ÖZAK

Veteriner ortopedide kırık stabilizasyonunda, kilitli plak ve eksternal fiksator sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntemlerin uygulanabilmesi için plak ve eksternal setinin bulunması gerekir. Kilitli plakların eksternal olarak uygulanabilirliği ek bir sete ve ekipmana ihtiyaç duymadan hem plak hem de eksternal fiksasyon uygulamasını mümkün kılar. Bu tez çalışmasının amacı, travma sonrası uzun kemik kırığı meydana gelen kedi ve köpeklerde kilitli plakların eksternal olarak uygulamasının klinik, radyografik ve bilgisayarlı tomografik olarak değerlendirilmesidir.

Travma sonrası uzun kemik kırığı meydana gelen 15 kedi ve 15 köpek bu tez çalışmasının materyalini oluşturdu. Kapalı veya sınırlı açık redüksiyon yöntemi ile kilitli plaklar eksternal olarak uygulandı. Operasyondan sonra 1., 10., 30., 60., 90. günlerde ve plak çıkarıldığında, klinik ve radyografik değerlendirmeler yapıldı. Klinik değerlendirmede, topallık skorlaması ve radyografik değerlendirmede, kaynama skoru ve kallus/korteks oranı ölçüldü. Operasyondan sonra, 30. gün ve plak uzaklaştırıldığında alınan bilgisayarlı tomografi görüntülerinde, kırık hattında kallus alanı, Hounsfield değeri (HU), kemiğin hacmi ve kırık hattına en yakın proksimal ve distal iki vida arasında kalan kemiğin hacmi ölçüldü. Yapılan skorlamalar ve ölçümler istatistiksel olarak değerlendirildi.

Kırıkların dağılımı, kedilerde: 13 tibia, 5 radius/ulna ve köpeklerde: 12 tibia, 3 radius/ulna şeklindeydi. Operasyondan sonra 10. gün olguların %69,7'sinde 1 ve 2 topallık skoru görülürken, 30., 60. ve 90. günlerde olguların çoğunda topallık skorunun 1 olduğu görüldü ($P<0,01$). Radyografik skorlamada 30. günde olguların %48,5'nin 3 skoru, 60. günde %48,5'nin 2 skoru ve 90. günde %72,7'sinin 1 skoru aldığı belirlendi ($P<0,01$). Kallus/korteks oranının plak çıkarılana kadar arttığı plak çıkarıldıktan sonra azaldığı görüldü ($P<0,01$). Bilgisayarlı tomografi ölçümlerinde, kallus alanı ve HU değeri 30. günden plak çıkarılana kadar artış gösterdiği anlaşıldı ($P<0,01$). Operasyondan sonra ölçülen kemik hacminin 30. günde ve plak çıkarılana kadar artış gösterdiği görüldü ($P<0,01$). Birinci ayda ve plak çıkarıldığında kallus alanı ve kemiğin hacimsel değişimleri arasında pozitif bir korelasyon belirlendi.

Sonuç olarak kilitli plakların eksternal olarak uygulanması kedi ve köpeklerin tibia radius/ulna diyafiz kırıklarında alternatif bir yöntem olarak kullanılabileceği, özellikle kapalı olarak redükte edilebilen kırıklarda kolaylıkla uygulanabildiği ve hastalarda fonksiyonel iyileşmenin elde edildiği görüldü.

Anahtar Sözcükler: Bilgisayarlı tomografi, biyolojik osteosentez, eksternal fiksasyon, kilitli plak, kırık iyileşmesi.

ABSTRACT

CLINICAL, RADIOGRAPHICAL AND COMPUTED TOMOGRAPHY EVALUATIONS OF THE EXTERNAL APPLICATION OF LOCKING PLATES IN THE MANAGEMENT OF LONG BONE FRACTURES IN CATS AND DOGS

Kâmil Serdar İNAL

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Veterinary Surgery

Ph.D, July/2021

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ÖZAK

Locking plate and external fixators are commonly used for fracture stabilization in veterinary orthopaedics. Both techniques require specialized equipment in order to be used. If locking plates are applied as external fixators, one set of specialized equipment may be used to perform both internal and external fixation. This thesis aims to evaluate the clinical, radiological and computed tomography findings of long bone fractures treated in dogs and cats with externalized locking plates.

The study material was composed of 15 dogs and 15 cats brought with traumatic long bone fractures. Locking plates were applied externally with zero or minimal exposure. Clinical and radiographic evaluations were made at 1st, 10th, 30th, 60th and 90th days postoperatively and when the plate was removed. The degree of lameness was scored during clinical evaluation, and callus formation and bone healing scores and callus to cortex ratios were graded with radiographic examinations. In addition, callus area at the fracture line, available bone volume and bone volume at the working length, Hounsfield unit (HU) values were measured with CTs taken after the surgery, the 1st month and after plate removal. These values were statistically evaluated.

The long bone fracture distribution in the study was 13 tibia, 5 radius-ulna in cats and 12 tibia and 3 radius-ulna in dogs. Lameness scores of 1 or 2 were seen at 69.7% of patients at first 10 days, while most patients have a score of 1 at the 30th, 60th and 90th-day evaluations ($P<0.01$). The radiographic score was 3 in 48.5% of cases on the 30th day, 2 for 48.5% on the 60th day and 1 for 72.7% on the 90th day ($P<0.01$). The callus-cortex ratio increased after the plate was implanted but receded after plate removal ($P<0.01$). The callus area and HU value was increased after the 30th day and continued to rise until the plate was removed ($P<0.01$). Bone volume was increased on the 30th day and continued to increase until plate removal ($P<0.01$). A positive correlation was determined between the volumetric changes in the bone and callus area on the 30th day and the day of plate removal.

As a result, externalized locking plates are a viable alternative for managing the diaphyseal tibia and radius-ulna fractures of cats and dogs. The results were better if closed reduction could be performed and functional recovery was seen in all cases.

Keywords: Biological osteosynthesis, computed tomography, external fixation, fracture healing, locking plate.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Üçüncü sınıfta bir öğrenciyken kendisine doktora yapmak istediğimi söylediğim andan itibaren, dikiş uygulamasından spinal cerrahiye kadar bildiğim her şeyi öğreten, bilgi ve tecrübesinden her gün yararlandığım, bu tez çalışmasının her aşamasında desteğini esirgemeyen yoluma her zaman ışık olmuş bana cerrahiye sevdiren, örnek aldığım kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Ahmet ÖZAK'a, eğitimimin her aşamasında bilgi ve tecrübesinden yararlandığım cerrahide bakış açımın gelişmesine katkı sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Cenk YARDIMCI başta olmak üzere Prof. Dr. Özlem NİSBET'e ve Dr. Öğr. Üyesi Kâmil SAĞLAM'a, lisans ve lisansüstü eğitimim sırasında destek ve abiliğini esirgemeyen sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Taylan ÖNYAY'a, doktora eğitimim boyunca birlikte çalışmaktan gurur duyduğum, tez olgularının ameliyatları, postoperatif bakımları ve bilgisayarlı tomografi çekimleri sırasında yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. B. Deniz ERSOY, Araş. Gör. Elif BAĞATIR, Araş. Gör. Melis GÖL, Vet. Hek. M. Suat YILMAZ, Vet. Hek. Ozan ADIYAMAN, Vet. Hek. Serap ABADAN, Uzm. Vet. Hek. Deniz KORKMAZ'a ile cerrahi ailesinin tüm lisansüstü öğrencilerine, bu tez çalışmasında bilgisayarlı tomografi çekimlerinde yardımlarını esirgemeyen Radyoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Murat DANACI, radyoloji teknisyeni Didem AY ve çalışma arkadaşlarına, verilerin istatistiksel analizinde yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Filiz AKDAĞ'a, asistanlığım boyunca gerektiğinde ellerinden gelen katkıyı sağlayan Prof. Dr. Mehmet TÜTÜNCÜ ve Prof. Dr. Murat GÜZEL'e, bilgi ve tecrübesiyle bu tez çalışmasına katkı sağlayan değerli jüri üyeleri Prof. Dr. Kemal ATUNATMAZ ve Prof. Dr. Barış KÜRÜM'e, bu tez çalışması için gerekli olan kilitli plakların tasarım ve üretimini sağlayan Travmavet® firmasına ve Dr. Sinan ULUSAN'a,

Lisans eğitimimin başında tanıştığımızdan beri benimle birlikte her türlü zorluğa göğüs geren yardım ve desteğini ömür yanımda görmek isteyeceğim sevgili eşim Sinem İNAL'a ve şu an farklı telaşları olan ailemizin yeni üyesi 28 günlük canım kızım Doğa'ya, hayatım boyunca arkamda desteğini sürdüren, bugünlere gelmemde büyük emeği olan canım annem Nesrin İNAL'a ve rahmetli güzel babam İbrahim Yaşar İNAL ile sevgili ablam Nurcan İNAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasını PYO.VET.1904.19.004'nolu araştırma projesi olarak destekleyen Ondokuz Mayıs Üniversitesi BAP birimine teşekkür ederim.

Kâmil Serdar İNAL

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	İ
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	İİ
ÖZET.....	İİİ
ABSTRACT	İV
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XIV
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Radius ve Ulna'nın Anatomisi	3
2.1.1. Radius'un Anatomisi	3
2.1.2. Ulna'nın Anatomisi	3
2.1.3. Radius ve Ulna'yı Çevreleyen Başlıca Kaslar.....	4
2.1.4. Ön Kolun Nörovasküler Anatomisi	5
2.2. Tibia'nın Anatomisi.....	5
2.2.1. Tibia'yı Çevreleyen Başlıca Kaslar	6
2.2.2. Tibia'nın Nörovasküler Anatomisi	6
2.3. Biyomekanik Kavramlar	6
2.3.1. Kortikal Kemiğin Materyal Özellikleri.....	7
2.3.2. Kansellöz Kemiğin Materyal Özellikleri.....	8
2.3.3. Kırık Biyomekaniği	8
2.4. Kırık Sınıflandırılması.....	9
2.4.1. Kırık Tipleri	10
2.5. Kemik İyileşmesi.....	10
2.5.1. Gerinim Teorisi ve Kırık İyileşmesi	10
2.5.2. Sekonder Kemik İyileşmesi	11
2.5.3. Primer Kemik İyileşmesi	13
2.6. Redüksiyon Yöntemleri.....	14
2.6.1. Açık Anatomik Redüksiyon	15
2.6.2. Biyolojik Osteosentez.....	15
2.7. Kırık Fiksasyon Yöntemleri	17
2.7.1. Eksternal Fiksasyon Yöntemi	17
2.7.2. İnternal Fiksasyon Yöntemi.....	29

2.7.3. Kilitli Plakların Eksternal Uygulanması.....	44
3. MATERYAL VE YÖNTEM	47
3.1. İstatistiksel Analiz	56
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	57
4.1. Kedi ve Köpeklerin Eşkal Bilgileri	57
4.2. Etiyoloji, Kırılan Kemik, Kırığın Tipi ve Travmadan Sonra Geçen Süre.....	59
4.3. Klinik, Radyografik ve Bilgisayarlı Tomografi Bulguları	63
5. TARTIŞMA.....	93
6. SONUÇ	111
KAYNAKLAR.....	114
EKLER.....	126
Ek 1. Etik Kurul Kararı	126
ÖZ GEÇMİŞ.....	127

SİMGELER VE KISALTMALAR

3D:	Üç boyutlu
A:	Arter
AO:	Osteosentez sorunları için çalışma grubu (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen)
BT:	Bilgisayarlı tomografi
cm³:	Santimetre küp
CRI:	Sabit oranlı infüzyon
DCP:	Dinamik kompresyon plağı
ESF:	Eskternal fiksasyon
HU:	Hounsfield birimi
Ke:	Kedi
Kö:	Köpek
Kr/kd:	Kraniyo/kaudal
L:	Sol
L/L:	Latero/lateral
LC-DCP:	Sınırlı temas eden kompresyon plağı
LCP:	Kilitli kompresyon plağı
M:	Muskulus
mm²:	Milimetre kare
MIPO:	Minimal invaziv plak osteosentez
N:	Nervus
N/A:	Bilinmiyor
ORIF:	Açık redüksiyon internal fiksasyon
Ort:	Ortalama
P:	Proksimal vida deliği
PC-Fix:	Noktasal temaslı fiksasyon
PSD:	Plak vida dansitesi
R:	Sağ
R/U:	Radius/Ulna
SH:	Salter Harris
TK:	Trafik kazası
V:	Vena
YD:	Yüksekten düşme
WL:	Çalışma uzunluğu
Δ:	Delta
ΔL/L:	Kırık fragmentleri arasındaki mesafe değişimi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Kortikal kemik ve kanselloz kemiğe yük uygulandığında yük/yer değiştirme eğrisinin görünümü (Cross, 2012)	8
Şekil 2.2.	Kemik üzerine etki eden kuvvetlerin görünümü	9
Şekil 2.3.	Diyafiz kırık tiplerinin görünümü; a: basit kırık, b: kama kırığı ve c: kompleks kırık (Unger et al., 1990).....	10
Şekil 2.4.	Sekonder kemik iyileşmesinin aşamaları (Rubin, 2001)	12
Şekil 2.5.	Sekonder kemik iyileşmesinde onarım ve yeniden şekillenme fazlarının şematik görünümü (Stroncek and Reichert, 2008).....	13
Şekil 2.6.	Primer Gap'lı kemik iyileşmesinde, onarım ve yeniden şekillenme fazlarının şematik görünümü (Stroncek and Reichert, 2008).....	14
Şekil 2.7.	Primer Gap'sız kemik iyileşmesinde onarım ve yeniden şekillenme fazlarının şematik görünümü (Stroncek and Reichert, 2008).....	14
Şekil 2.8.	Eksternal fiksasyon çerçevesinin şematik görünümü (Palmer, 2012)	19
Şekil 2.9.	Tip 1a ve Tip 2 ESF konfigürasyonları ile yarım ve tam pin uygulamalarının şematik görünümü (Palmer, 2012)	20
Şekil 2.10.	Köpek radius'unda güveli koridorların görünümü. a: mediyal, b: lateral ve c: kraniyalden görünümü. Güvenli (açık), tehlikeli (koyu) ve güvenli değil (en koyu) bölgelerin görünümü (Marti and Miller, 1994b).....	22
Şekil 2.11.	Köpek antebrahiyum'unda transversal anatomik kesit seviyelerinin gösterimi (Marti and Miller, 1994b).....	23
Şekil 2.12.	Köpek antebrahiyum'unda a: birinci ve b: ikinci seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli koridorların görünümü (Marti and Miller, 1994b)	24
Şekil 2.13.	Köpek antebrahiyum'unda a: üçüncü ve b: dördüncü seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli aralıkların görünümü (Marti and Miller, 1994b)	24
Şekil 2.14.	Köpek antebrahiyum'unda a: beşinci ve b: altıncı seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli aralıkların görünümü (Marti and Miller, 1994b)	25
Şekil 2.15.	Köpek tibia'sında transversal anatomik kesit seviyelerinin gösterimi (Marti and Miller, 1994a)	26
Şekil 2.16.	Köpek tibia'sında güveli, tehlikeli ve güvenli olmayan koridorların görünümü. a: mediyal, b: lateral ve c: kraniyal'den görünüm. Güvenli (açık), tehlikeli (koyu) ve güvenli değil (en koyu) bölgelerin görünümü (Marti and Miller, 1994b).....	26
Şekil 2.17.	Köpek tibia'sında a: birinci ve b: ikinci seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli aralıkların görünümü (Marti and Miller, 1994a)	27
Şekil 2.18.	Köpek tibia'sında a: üçüncü ve b: dördüncü seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli aralıkların görünümü (Marti and Miller, 1994a)	28
Şekil 2.19.	Köpek tibia'sında a: beşinci ve b: altıncı seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli aralıkların görünümü (Marti and Miller, 1994a)	29
Şekil 2.20.	Hansmann'nın plağının görünümü (Hansmann, 1886)	30

Şekil 2.21.	a: Lane'nin 6 delikli kemik plağının görünümü (Museum, 2020) ve b: Lane'nin plağındaki korozyonun görünümü (Uhthoff et al., 2006).....	31
Şekil 2.22.	Lambotte'nin plağının görünümü (Uhthoff et al., 2006).....	32
Şekil 2.23.	Eggers plağının görünümü (Industries, 2020)	32
Şekil 2.24.	a: PC-fix plağının uzun kesitinin görünümü ve b: kilitli mandibular rekonstrüksiyon plağı ve vidayı plağa kilitleyen üçüncü elamanın görünümü (Sutter and Raveh, 1988; Tepic and Perren, 1995).....	33
Şekil 2.25.	Birleşik plak deliklerinin a: bir plakta (LCP) ve b: Unilock sistemde görünümü (Sommer, 2003).....	34
Şekil 2.26.	Kansellöz ve kortikal vidanın şematik görünümü (Johnston et al., 2012).....	35
Şekil 2.27.	Kırık stabilizasyonunda kullanılan genel 3,5 mm vida tiplerinin görünümü. a: Kortikal vida, b: kansellöz vida, c: parsiyel yivli kansellöz vida, d: parsiyel yivli kortikal vida, e: kanüllü vida ve f: kendi yivini açabilen vida.....	35
Şekil 2.28.	a: Kilitli olmayan vidanın kemiğe uygulanması ve plak kemik arasında meydana gelen kuvvetin görünümü (oklar) ve b: kilitli plaklarda uygulanan vidanın sağladığı anguler stabilizasyonun şematik görünümü (oklar) (Johnston et al., 2012).....	36
Şekil 2.29.	Kilitli ve geleneksel vidalar arasındaki yiv ve gövde çapı farkının görünümü	37
Şekil 2.30.	DCP'nin interfragmental kompresyon yapmasına izin veren vida deliğinin uzun kesitinin görünümü (Schatzker et al., 1998).....	37
Şekil 2.31.	DCP çeşitleri. a: 2,0 mm, b: 2,7 mm, c: 3,5 mm dar, d: 3,5 mm geniş, e: 4,5 mm dar, f: 4,5 mm geniş (Johnston et al., 2012)	38
Şekil 2.32.	a: DCP ve b: LC-DCP'nin periosteum temas yüzeylerinin görünümü (Johnston et al., 2012).....	39
Şekil 2.33.	Kilitli plak tiplerinin görünümü. a: Açılı ve b: sabit açılı vida uygulamaya izin veren plakların görünümü.....	40
Şekil 2.34.	Farklı kilit mekanizmalarının görünümü. a: Vida başı direkt olarak kilitlenen AO kilit sistemi ve b: Vida kilitlemek için ek aparat kullanılan Zimmer'in kilitli plak sisteminin görünümü (Cronier et al., 2010)	40
Şekil 2.35.	a: Geleneksel plakta plak yüzey ilişkisinin (oklar) ve b: Kilitli plakta anguler stabilizasyonun model üzerinde görünümü	41
Şekil 2.36.	Bükülme kuvvetine (oklar) maruz kalan plakların görünümü. a: Geleneksel plaktaki vidaların sıralı olarak yerinden çıkması ve b: Kilitli plaktaki vidaların tek gövde olarak davranışının model üzerinde gösterimi.....	41
Şekil 2.37.	Plak vida oranının kırık fragmentleri üzerindeki görünümü (Hipp and Hayes, 2009)...	42
Şekil 2.38.	Kırık fragmentleri arasındaki mesafenin a: dar ve b: geniş olduğu durumlarda, plağın maruz kaldığı gerinin görünümü (Gautier and Sommer, 2003)	43
Şekil 2.39.	Vücut ağırlığını taşıma sırasında, a: Kilitli olmayan plak ve b: Kilitli plakta yük aktarımının görünümü (Wagner and Frigg, 2009).....	44
Şekil 3.1.	Kediler için kullanılan 2,4 ve 2,7 mm kilitli plak setinin görünümü (Travmavet Midi set)	48

Şekil 3.2.	Köpekler için kullanılan a: 3,5 mm ve b: 4,5 mm kilitli plak setleri.....	48
Şekil 3.3.	Kedi tibia kırığında kullanılan hizlama pinin (Beyaz ok) intra operatif görünümü	50
Şekil 3.4.	Kapalı redüksiyon ile tibia'ya kilitli plağın eksternal uygulamasının aşamaları. a: kırık hattının kanül ile belirlenmesi, b: plağın konumlandırılması, c: tibia için bükülen plağın yandan görünümü, d: pozisyon pensi ile redükte edilen kırığın skopi altında görünümü, e: uzak-uzak vida uygulamasının ensizyon aşaması ve f: kılavuz ile kemiğe delik açılması, g: uzak-uzak vida uygulamasından sonra skopi ile yapılan kontrol, h: diğer vidalar uygulandıktan sonra görünüm, ı: plak deri mesafesinin ölçümü, i: ve j: bütün sistemin skopi ile kontrolü ve operasyondan sonra alınan k: mediyo/lateral ve l: kraniyo/lateral radyograflerin görünümü.....	52
Şekil 3.5.	BT çekiminde hastanın pozisyonu a: lateralden ve b: dorsalden.....	54
Şekil 3.6.	Olgu 9'a ait BT görüntüsünde transversal kesitte kırık hattının belirlenmesi için a: transversal, b: koronal ve c: sagittal kesitlerin eş zamanlı değerlendirilmesi.....	54
Şekil 3.7.	Kallus korteks oranını ölçümünün şematik görünümü (D: kallusun en geniş noktasının çapı, d: korteks çapı) (Grigoryan et al., 2003).....	55
Şekil 4.1.	Köpek ırk dağılımı.....	57
Şekil 4.2.	Kedi cinsiyet dağılımı.....	58
Şekil 4.3.	Köpek cinsiyet dağılımı.....	58
Şekil 4.4.	Kedi ve köpeklerin vücut ağırlıklarının dağılımı.....	59
Şekil 4.5.	Yüksekten düşen kedilerin katlara göre dağılımı	59
Şekil 4.6.	Köpeklerde etiyolojinin dağılımı.....	60
Şekil 4.7.	Kırılan kemikler ve kırık tipleri.....	61
Şekil 4.8.	Kedi ve köpeklerde kırık lokalizasyonu.....	61
Şekil 4.9.	Olgu 10'a ait kapalı redüksiyonun operatif görünümü. a: redüksiyon sonrası, b: plak uygulaması sırasında ve c: plak uygulaması sonrası görünüm. d: kr/kd ve e: m/l skopi görüntüsü	64
Şekil 4.10.	Radius/ulna'ya sınırlı açık redüksiyon uygulanan olgu 30'a ait operatif ve postoperatif görünüm. a: kırık hattına yaklaşım, b: pozisyon pensi ile geçici stabilizasyon, c: plak uygulaması sonrası kırık hattının görünümü, d: postoperatif ön kolun görünümü ve e: postoperatif radyografik görünüm	65
Şekil 4.11.	Operasyon süreleri	67
Şekil 4.12.	Köpeklerde bacağı ilk kullanım zamanının görünümü	68
Şekil 4.13.	Kedilerde bacağı ilk kullanım zamanının görünümü.....	68
Şekil 4.14.	a: Olgu 8'in post op 7. gün ve b: olgu 9'un post op 4. gün klinik görünümü	69
Şekil 4.15.	Olgu 8'a ait operatif ve radyografik görünüm. a: Operasyonda kapanan medullar kanalın açılması. b: preoperatif m/l ve c: preoperatif kr/kd radyografik görünüm. d: operasyondan sonra alınan kr/kd radyografik görünüm. e: Plak uzaklaştırıldıktan hemen sonra alınan kr/kd radyografik görünümü.....	69

Şekil 4.16.	Olgu 9'a ait operatif ve radyografik görünüm. a: Operasyonda kapanan medullar kanalın açılması. b: preoperatif m/L ve c: preoperatif kr/kd radyografik görünüm. d: operasyondan sonra alınan kr/kd radyografik görünüm. e: Plak uzaklaştırıldıktan sonra alınan kr/kd radyografik görünüm.....	69
Şekil 4.17.	Olguların postoperatif dönemdeki topallık ve radyografik skorları.....	72
Şekil 4.18.	Postoperatif farklı günlerde kallus/korteks oranı. a, b, c, d ve e aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0,01$).....	73
Şekil 4.19.	Postoperatif 10., 30., 60. ve 90. günde kallus/korteks oranı.....	74
Şekil 4.20.	Olguların plak çıkarılma günleri	74
Şekil 4.21.	Olgu 10'a ait radyografi ve klinik görünüm. a: preoperatif kr/kd radyografik görünüm. Postoperatif, b: 1. gün kr/kd, c: 1. ay kr/kd, d: 1. ay m/l, e: 2. ay kr/kd, f: 3. ay kr/kd, g: 2. ay m/l ve h: 3. ay m/l radyografik görünüm. ı: 1. gün klinik görünüm.....	75
Şekil 4.22.	Olgu 13'e ait radyografik görünümler. Preoperatif a: kr/kd ve b: m/l. Operasyondan sonra c: m/l ve d: kr/kd. Postoperatif e: 7. gün kr/kd ve f: 14. gün kr/kd. Postoperatif 27. gün plak uzaklaştırıldıktan sonra g: kr/kd ve h: m/l	76
Şekil 4.23.	Olgu 15'e ait operatif, klinik, radyografik ve 3D görünümler. a: sınırlı açık redüksiyonun ve b: tibia'nın görünümü. Postoperatif klinik, c: ve k: 30. gün klinik görünüm. Preoperatif d: m/l ve h: kr/kd radyografik görünüm. Postoperatif, 1. gün e: m/l ve ı: kr/kd, 54. gün i: ve j: kr/kd, f: m/l radyografik görünüm. g: operasyondan hemen sonra l: 54. gün 3D görünüm.....	77
Şekil 4.24.	Plak uzaklaştırıldığında ve postoperatif 90. günde radyografi skoru.....	78
Şekil 4.25.	Plak uzaklaştırıldığında ve postoperatif 90. günde kallus korteks oranı.....	78
Şekil 4.26.	Postoperatif 1. ayda ve plak çıkarıldığında ölçülen kallus alanı ve HU değerlerinin ortalaması. a, b aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0,01$)	79
Şekil 4.27.	Postoperatif 1. ay ve plak uzaklaştırıldığında alınan BT görüntülerinde kallus miktarı. 80	
Şekil 4.28.	Postoperatif 1. ay ve plak uzaklaştırıldığında alınan BT görüntülerinde HU değerleri.. 80	
Şekil 4.29.	Olgu 8'e ait transversal kesit BT görüntüleri. a: postoperatif 1. ay ve b: plak uzaklaştırıldığında kırık hattında yapılan alan ölçümünün görünümü	81
Şekil 4.30.	Olgu 21'in sol tibia'sına ait transversal kesit BT görüntüleri. a: postoperatif 1. ay ve b: plak uzaklaştırıldığında kırık hattında yapılan alan ölçümünün görünümü	81
Şekil 4.31.	Postoperatif belirtilen günlerde kemik hacmi ve WL hacminin ortalamaları. a,b,c aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0,01$)	82
Şekil 4.32.	Operasyondan sonra hemen, 1. ay ve plak uzaklaştırıldığında kemiğin hacmi	83
Şekil 4.33.	Olgu 15'e ait 3D model. Operasyondan hemen sonra ve plak uzaklaştırıldığında alınan BT görüntülerinden elde edilen 3D modelin ve kallusun (yeşil) görünümü. a: kranial'den, b: kaudal'den, c: mediyal'den ve d: lateral'den görünüm.....	85
Şekil 4.34.	Minör komplikasyonların olgu sayılarına göre dağılımı.....	86
Şekil 4.35.	Olgu 29'a ait postoperatif görüntüler. a: operasyondan hemen sonra kolun lateralden görünümü. b: postoperatif 10. gün kolun lateralden görünümü (siyah ok başı vida dibinde	

- akıntı). c: postoperatif 30. gün ve d: postoperatif 47. gün plak çıktıktan sonra kolun klinik görünümü..... 86
- Şekil 4.36. Olgu 30'a ait postoperatif görüntüler. a: Operasyondan hemen sonra kolun lateralden görünümü. b: Postoperatif 8. gün kolun kraniyolateralden görünümü. c: Postoperatif 14. gün kolun klinik görünümü. d: Plak uzaklaştırılmadan önce ve e: sonra kolun klinik görünümü..... 87
- Şekil 4.37. Olgu 24'e ait postoperatif görünüm. a: operasyondan hemen sonra, b: 3. gün, c: 10. gün, d: 29. gün ve e: plak çıkarıldıktan sonra tibia'nın mediyal'den görünümü 87
- Şekil 4.38. Olgu 21'e ait radyografik ve operatif görünüm. a: preoperatif kr/kd radyografi, b: sağ tibia'nın kapalı redüksiyonu, c: sol tibia'nın kapalı redüksiyonu ve d: postoperatif kr/kd radyografik görünüm 88
- Şekil 4.39. Olgu 21'e ait postoperatif klinik ve radyografik görüntüler. Sol tibia'nın; a: 5. gün, b: 10. gün, c: 10. gün debridman sonrası ve d: 83. gün plak çıkarıldığında klinik görünümü. Sağ tibia'nın; e: 5. gün (siyah ok ve ok başı nekrotik alan), f: 10. gün, g: 10. gün debridman sonrası ve h: 54. gün klinik görünümü. ı: Postoperatif 90. gün kontrol radyografisi 89
- Şekil 4.40. Olgu 7'nin ilk operasyon sonrası klinik ve radyografik görünümü. Preoperatif a: m/l ve b: kr/kd radyografik görünüm. Postoperatif, 1. gün c: kr/kd ve d: m/l, f: 1. ay, g: 2. ay ve h: 3. ay kr/kd radyografik görünüm. Postoperatif 95. gün plak çıkarıldıktan sonra ı: kr/kd ve i: m/l radyografik görünüm. e: plak çıkarılmadan önce klinik görünüm..... 90
- Şekil 4.41. Olgu 7'nin ikinci operasyonu sonrası radyografik ve klinik görüntüleri. Operasyondan hemen sonra alınan a: m/l ve b: kr/kd radyografik görünüm. Postoperatif; c: 30. gün, d: 56. gün ve e: 90. gün kr/kd radyografik görünüm. f: Postoperatif 90. gün m/l radyografik görünüm. h: Postoperatif 90. gün klinik görünüm..... 91
- Şekil 4.42. Olgu 14'e ait görüntüler. Preoperatif a: m/l b: kr/kd radyografi, c: intraoperatif görünüm, d: postoperatif P3'nolu vidanın transversal kesitte görünümü. Postoperatif kr/kd radyografiler e: operasyondan hemen sonra, f: 5. gün, g: 5. gün kırık yeniden redükte edildikten sonra radyografik görünüm. Plak çıkarıldığında h: m/l ve ı: kr/kd radyografik görünüm. i: plak çıkarıldığında tibia'nın 3D görünümü..... 92

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1.	Radyografik kaynama skoru (Hammer et al., 1985).....	55
Tablo 3.2.	İyileşmenin klinik değerlendirilmesi	55
Tablo 3.3.	Komplikasyonların sınıflandırılması.....	56
Tablo 4.1.	Olgulara ait eşkal, etiyoloji, kırılan kemik, lokalizasyonu, kırık tipi ve travmadan sonra geçen süre	62
Tablo 4.2.	Eşlik eden lezyonlar ve uygulanan tedavi yöntemleri	63
Tablo 4.3.	Radius/ulna kırıklarında plak uygulama yönleri	65
Tablo 4.4.	Stabilizasyonda kullanılan plak ve vidaların ayrıntıları.....	66
Tablo 4.5.	Radyografi skorlarının istatistiksel verileri.....	70
Tablo 4.6.	Topallık skoru	71
Tablo 4.7.	BT verilerinin birbirleri arasında korelasyon ilişkisi	84

1. GİRİŞ

Kedi ve köpeklerde travma sonucunda uzun kemik kırıkları sıklıkla meydana gelir. Bu kırıkların oldukça küçük bir bölümü cerrahi müdahale gerektirmeden iyileşebilir. Çoğu kırığa cerrahi stabilizasyon yapmak gerekir.

Geçmişten günümüze kadar birçok cerrahi yöntem geliştirilmiş ve kırık stabilizasyonunda kullanılmıştır. Kırık stabilizasyon yöntemi seçiminde, göz önünde bulundurulması gereken bazı faktörler vardır. Bu faktörlerin başında kırığın tipi gelir. Unutulmaması gereken bir konu her kırığın kendine has bir şekli olduğudur. Sadece bu parametre ile bile uygulanabilecek stabilizasyon yöntemleri sıralanabilir. Ancak cerrahın tecrübesi de stabilizasyon yönteminin seçiminde önemli bir kriterdir. Daha az tecrübe gerektiren basit kırıklara temel yöntemlerle yaklaşılırken, kompleks kırıklarda tecrübe önem kazanmaktadır. Stabilizasyon yöntemi seçiminde unutulmaması gereken bir diğer nokta ise hasta sahibinin bu yöntemlerin hangisini karşılayabileceğidir. Pahalı implant kullanımı gerektiren yöntemler maalesef her hasta sahibi tarafından karşılanamamaktadır. Bu faktörlerin dışında hasta mizacı da kırık stabilizasyon yöntemini belirlemede etkin bir kriterdir. Agresif karakterli hastalarda, eksternal fiksasyon gibi günlük bakım gerektiren uygulamalar tam anlamıyla yapılamayıp çeşitli komplikasyonların görülmesine neden olabilir. Benzer bir şekilde hasta sahibinin hastasına olan ilgisi de postoperatif dönemdeki başarıyı etkileyen önemli bir unsurdur.

Bir kırık birden fazla yöntemle stabilize edilebilir. Bahsedilen parametreler göz önünde bulundurularak, imkanlar dahilinde en uygun yöntem tercih edilmelidir. Medulla içi pin uygulaması, plak, eksternal fiksasyon ve bu yöntemlerin kombinasyonları günümüzde sıklıkla tercih edilen kırık stabilizasyon yöntemleridir (Piermattei et al., 2006). Kırık stabilizasyonunda en iyi “tek bir” yöntem bulunmamaktadır. Her bir yöntemin kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Eski ve günümüzde hala kullanılan medulla içi pin uygulaması, redükte edilemeyecek kadar küçük parçalı kırıklarda plak kadar sıkı stabilizasyon sağlayamazlar (Piermattei et al., 2006). Oldukça güçlü bir stabilizasyon yöntemi olan plağın uygulanabilmesi için bazı ekipmanlara gereksinim duyulur. Benzer bir şekilde eksternal fiksator uygularken de çeşitli ek malzemelere ihtiyaç duyulur.

İmplantların uygulanmasıyla elde edilen klinik sonuçlar doğrultusunda, implantlar değişime uğramış ve gelişimi sürmüştür. Bu implantlar arasında plaklar, günümüze kadar sürekli olarak gelişimini sürdürmüştür. İlk plak örneklerinde

korozyon önemli bir sorun iken, kompresyon yapabilen plaklarda ise kaynama gecikmesi ve plak uzaklaştırıldıktan sonra yeniden kırıkların meydana gelmesi gibi önemli problemler bulunmaktaydı (Uthoff et al., 2006). Bu temel sorunlar, vida başı plağa kilitlenebilen “kilitli plakların” geliştirilmesine neden olmuştur. Ayrıca tam anatomik redüksiyon yerine biyolojik osteosentez fikrinin ortaya çıkmasıyla, kompresyon yapan plaklar yerine periosteuma temas etmeyen kilitli plaklar daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Bu özellikleri sayesinde kemiğe çok yakından uygulanan eksternal fiksatöre benzetilmektedirler. Kilitli plakların eksternal fiksatöre benzerliği bu tez çalışmasının amacına ilham olmuştur. Bu tez çalışmasında, biyolojik osteosentez ve minimal invaziv plak osteosentezde başarılı bir şekilde kullanılan kilitli plaklar, deri üzerinde belirli bir mesafeden Tip I eksternal fiksator gibi uygulanmıştır. Bu uygulamanın temel avantajı, kilitli plak seti olan ve yeterli beceriye sahip veteriner hekimlerin, uygun kırıklarda bu plakları eksternal fiksator olarak da başarıyla uygulayabilecek olmasıdır. Bu yöntemde plak kemiğe normal bir eksternal fiksatörden çok daha yakın uygulanacağından, eksternal fiksatöre göre daha sıkı bir stabilizasyon sağlayacaktır. Ayrıca eksternal fiksasyon sistemlerinin avantajlarını da barındırdığından, biyolojik osteosentez uygulamasına yeni bir bakış açısı getirecektir. Veteriner ortopedide kilitli plakların eksternal kullanımıyla ilgili sınırlı bilgi vardır (Klos et al., 1995; Montgomery et al., 2011; Nicetto and Longo, 2017; Nicetto and Longo, 2019). Orta ve uzun dönem sonuçları, karşılaşılan zorluklar, komplikasyonlar ve uygulanabilirliği konusunda yeterli olgu sayısına sahip çalışma yoktur. Bu tez çalışmasıyla, kedi ve köpeklerde kilitli plakların eksternal olarak kullanımının sonuçları belirlenerek eksternal fiksatöre bir alternatif olarak bildirilecektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Radius ve Ulna'nın Anatomisi

2.1.1. Radius'un Anatomisi

Radius, ön kolu oluşturan uzun kemiklerdendir. Radius'un proksimal ucunda kaput radi adı verilen ve üzerinde fovea kapitis radi olarak adlandırılan bir eklem yüzü yer alır. Bu eklem yüzü humerus'un distali ile bir eklem meydana getirir. Fovea kapitis radi'nin üzeri eklem kıkırdağı ile örtülüdür. Bu eklem kıkırdağı radius'un ulna'ya bakan yüzüne kadar devam ederek radius ulna arasındaki eklemi oluşturur (Dursun, 2008a).

Kaput radi'nin hemen altındaki daralan bölgeye kollum radi denir. Kollum radi üzerinde yer alan tuberositas radi'ye biceps braki ve brakialis kasları yapışır. Radius'un distal bölümünde trochlea radi yer alır ve bu bölüm karpal kemiklerle eklenir. Radius'un distal ucunda insisura ulnaris olarak isimlendirilen bir eklem yüzü bulunur. Bu eklem yüzü ulna'nın distal ucuyla eklenir (Dursun, 2008a).

Radius'un ön ve arka yüzey olmak üzere iki yüzü bulunur. Ön yüzeye fasiyes kraniyalis denir ve öne doğru dış bükeydir. Arkaya doğru bakan yüzey ise fasiyes kaudalis olarak adlandırılır ve iç bükey seyreder (Dursun, 2008a).

2.1.2. Ulna'nın Anatomisi

Ön kolun arkasında yer alan uzun bir kemiktir. Radius'a göre daha ince bir yapıdadır. Proksimal kısmı, en kalın olduğu bölgedir. Ulna'nın proksimal kısmında radius'u aşan bölge olekranon olarak adlandırılır. Olekranon'un üstünde tuber olekrani adı verilen bir uç bulunur. Tuber olekrani üzeri bursa subkutanea olekrani ile çevrilidir. Triceps braki kası, tuber olekrani üzerine tutunur. Olekranon'un ön kısmında processus ankoneus olarak isimlendirilen bir uç kısım bulunur. Bu bölge humerus'un distalinde yer alan fossa olekrani'ye girer. Olekranon'un ön yüzünde insisura trochlearis olarak adlandırılan, yarım ay şeklinde bir eklem yüzü yer alır. Bu bölge kondilus humeri ile eklenir (Dursun, 2008a). İnsisura trochlearis'i alttan sınırlayan ve ulna'nın her iki yanından uzanan iki uç yer alır. Bu uçlara processus koronoideus lateralis ve processus koronoideus medialis denir (Fox, 2012). Koronoid prosesler vücut ağırlığını taşımada görev alır (Mason et al., 2005).

2.1.3. Radius ve Ulna'yı Çevreleyen Başlıca Kaslar

2.1.3.1. M. biceps brachii

Humerus'un ön kısmında yer alır. Tuberkulum supraglenoidale'den başlar ve radius üzerinde tuberositas radii üzerine yapışır. Dirsek ekleminin bükülmesinden sorumludur ve N. musculokutaneus tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.3.2. M. brachialis

M. biceps brachii'nin altında yer alan kas, kollum humeri'den başlar ve tuberositas radii üzerine yapışır. Dirsek ekleminin bükülmesine yardımcı olur ve N. musculokutaneus tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.3.3. M. triceps brachii

Skapula arkasında yer alan kas, ulna'nın üst kısmında tuber olekrani'ye yapışır. Dirsek ekleminin gerilmesine yardımcı olur ve N. radialis tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.3.4. M. flexor carpi radialis

Ön kolun radius'a yakın kısmında bulunur. Humerus'un epikondilus medialis'inden başlar ve metakarpus'un arka ve üst kısmında sonlanır. Karpal eklemin bükülmesini sağlar ve N. medianus tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.3.5. M. flexor carpi ulnaris

Ön kolun iç bölümünde yer alan bu kas, humerus'un epikondilus medialis ve tuber olekrani'den başlangıcını alır ve os karpı aksesoryum'a yapışarak sonlanır. Bilek ekleminin gerilmesine yardımcı olur ve N. ulnaris tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.3.6. M. flexor digitorum superficialis

Ön kolun arka tarafında bulunur ve humerus'un epikondilus medialis'inden başlayarak 2.,3.,4. ve 5. falanks media'lara yapışarak sonlanır. Parmak eklemlerinin bükülmesinde yardımcı olur ve N. medianus tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.3.7. M. flexor digitorum profundus

Ön kolun arka yüzeyinde yer alır. Başlangıç kısımları humerus'un epikondilus medialis, radius'un palmar yüzeyi ve ulna'nın üst kısmıdır. Beş kırığe ayrılır ve falanks distallere yapışarak sonlanır. Parmak eklemlerinin bükülmesine yardımcıdır ve N. medianus tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.3.8. M. extensor carpi radialis

Ön kolun ön ve dış bölümünde yer alır. Humerus'un distalinden başlar ve os metakarpale 2 ve 3 üzerinde sonlanır. Metakarpusların gerilmesini sağlar ve N. radialis tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.3.9. M. extensor digitorum communis

Dirsek bölgesinden başlar ve falanks distalise kadar uzanır 2., 3., 4. ve 5. parmakların falanks distalislerinde sonlanır. Parmakların gerilmesini sağlar ve N. radialis tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.3.10. M. extensor digitorum lateralis

Epikondilus lateralis'in üst kısmından başlar ve 3., 4., ve 5. parmakların falanks distalislerine yapışır. Parmakların gerilmesini sağlar ve N. radialis tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.3.11. M. extensor carpi ulnaris

Epikondilus lateralis'den başlar ve 5. metakarpus seviyesinde sonlanır. Karpal eklemin gerilmesi sağlar ve N. radialis tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.1.4. Ön Kolun Nörovasküler Anatomisi

Ön kol kaslarının vaskülarizasyonu mediyan arterin dalları tarafından sağlanmaktadır. Ön kolun üst kısmında mediyan arter, intraosseöz arter dallarını verir ve radio ulnar oluğun içinde dorsal intraosseöz olarak seyreder. Mediyan arter ön kolun distal bölümünde radial ve ulnar arterlere ayrılır. Ön kolun geriliminden sorumlu kasların hepsi radial arter tarafından beslenirken bükülmesinden sorumlu olan kaslar ise ulnar arter tarafından beslenir. Mediyan ve ulnar sinir ön kolun bükülmesini sağlayan kasları, radial sinir ise ön kolun gerilmesini sağlayan kasları innerve eder (Dyce et al., 2010).

2.2. Tibia'nın Anatomisi

Tibia, üzerinde femur ve altında ossa tarsi ile eklemlenen vücudun en uzun ikinci kemiğidir. Üst kısmı daha büyüktür (Dursun, 2008a). Tibia'nın üst ucu sagittal düzlemde hafif konveks iken transversal düzlemde üçgenimsi bir yapıdadır. Üst eklem yüzü her biri yaklaşık olarak eşit alana sahip kondilus medialis ve lateralis ayrılır. Ancak kondilus medialis oval ve kondilus lateralis hemen hemen sirkülerdir. Sagittal düzlemde eminensiya interkodilaris olarak bilinen bölge tibia'yı iki eklem alanına ayırır. Bu iki bölge femurun kondilus lateralis ve kondilus medialisleri ile eklemlenerek femoro-tibial eklemi oluşturur (Evans, 1993). Kondilus lateralisin dış yanında fibula'nın eklemlenmesi için bir eklem yüzü bulunur (Dursun, 2008a).

Tuberositas tibia lig. patellare'nin bağlanmasına hizmet eden dört köşeli, tibia'nın kraneo-proksimalinde yer alan büyük bir yapıdır (Evans, 1993). Tuberositas tibia'dan aşağı doğru inildikçe keskin kenarlı krista tibia adı verilen bir bölge ile karşılaşılır. Tibia'nın alt ucu kohlea tibia olarak adlandırılır. Bu alt ucun iç tarafında malleus medialis adı verilen bir çıkıntı bulunur. Benzer bir şekilde tibia'nın alt ucunun dış bölümünde yer alan çıkıntı, malleus lateralis olarak isimlendirilir. Tibia'nın alt ucu tarsal eklemlerle eklenir (Dursun, 2008a).

2.2.1. Tibia'yı Çevreleyen Başlıca Kaslar

2.2.1.1. M. tibialis cranialis

Tibia'nın ön ve dış tarafında bulunmaktadır. Başlangıç kısmını krista tibia'nın üst kısmından alır. Os tarsale I ve metatarsus II'de sonlanır. Ayak bileğinin bükülmesinden sorumludur ve N. peroneus (fibularis) profundus tarafından innerve edilmektedir (Dursun, 2008a).

2.2.1.2. M. extensor digitorum longus

Femurun kondilus lateralis'inin yan kısmından başlar ve 2., 3., 4. ve 5. falanks distalislerde sonlanır. Parmakların gerilmesine yardımcıdır ve N. peroneus (fibularis) profundus tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.2.1.3. M. gastrocnemius

Tibia'nın arka tarafında yer alır ve femurun alt ucundan köken alır. M. soleus ile birleşip aşil tendosunu oluşturur ve tuber kalkanei üzerine yapışarak sonlanır. Aşil tendosunun yapısına ayrıca biceps femoris, semitendinosus ve fleksor digitorum superfisiyalis kaslarının aponörotik uzantıları da katılır. Ayak ekleminin gerilmesinden sorumludur ve N. tibialis tarafından innerve edilir (Dursun, 2008a).

2.2.2. Tibia'nın Nörovasküler Anatomisi

A. femoralis ve a. safena araka bacağı besleyen ana damarlardır. Femoral arter tibia'nın uç kısmında ikiye ayrılır, a. safena fasya kruris üzerinde derinin hemen altında yer alır (Dursun, 2008b). Siyatik sinirin dallarından biri olan n. tibialis, gastrokinemius kasının innervasyonu ve topuk ekleminin arkaya bakan yüzünün innervasyonundan sorumludur. Fibular sinir, tibia'nın ön yüzünün yan kısmında seyreder ve tibialis kraniyalis ile ekstensor digitorum longus kaslarını innerve eder (Dursun, 2008c).

2.3. Biyomekanik Kavramlar

Kemik dokunun maruz kaldığı kuvvetlerin anlaşılması ve kırık iyileşmesi için gereken biyomekanik koşulların sağlanabilmesi için bazı temel biyomekanik

kavramların anlaşılması gerekmektedir (Cross, 2012).

Gerilim (Stress) ve gerinim (Strain): Gerilim, birim alan başına uygulanan kuvvettir. Bu kuvvetin birimi Newton'dur ve N/m^2 ile ifade edilmektedir. Gerinim ise gerilim uygulanan bir cismin, gerilim uygulamadan önceki haliyle karşılaştırıldığında, şeklini hangi oranda değiştirdiği olarak tanımlanır (Cross, 2012). Kırık için düşünüldüğünde gerinim, kırık boşluğundaki uzunluk değişiminin kırık boşluğu uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir. Kırık boşluğu gerinimi olarak belirtilen bu ifade $\Delta L/L$ ile bulunur (Egol et al., 2004). Gerinim yüzde ile belirtilir ve bu ifade şekli klinik olarak daha kullanışlı bir ölçüm skalası olarak kabul edilir (Cross, 2012; Egol et al., 2004). Stabilite kırık hattındaki gerinimin miktarını, gerinim ise kırığın nasıl iyileşeceğini belirler (Egol et al., 2004). Küçük kırık boşluğu bulunan kırıklar yüksek gerinim yüzdesine sahiptir. Kırık iyileşmesi için gerinimin düşük tutulması gerektiğinden, küçük kırık boşluğuna sahip kırıklarda kırık iyileşmesi gecikebilir. Bu nedenle kırık tedavisinde amaç, kırık boşluğu ile birlikte gerinimi de azaltmaktır (Cross, 2012).

Mukavemet (Strength) ve sertlik (Stiffness): Mukavemet, bir cismin herhangi bir deformasyona uğramadan dayanabileceği en yüksek kuvveti ifade eder. Sertlik ise bir cisme kuvvet uygulandığında cismin deforme olma oranını belirtir (Cross, 2012; Egol et al., 2004).

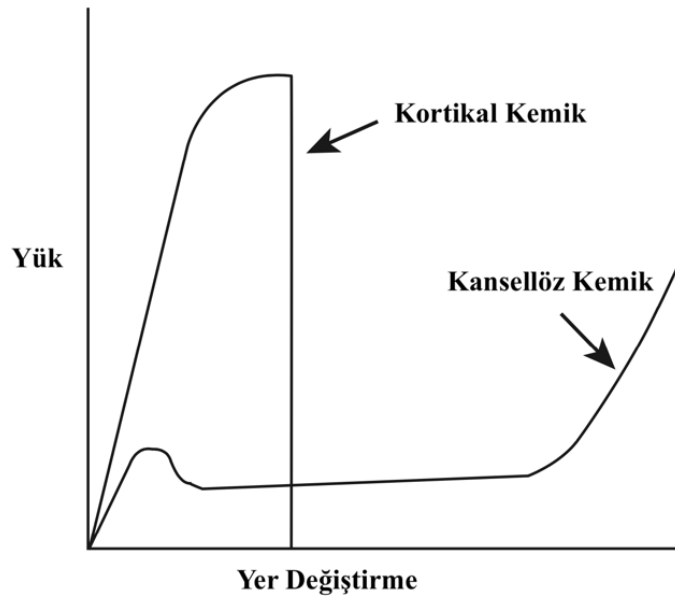
Bir cisme kuvvet uygulandığında cisim, uygulanan bu kuvvete bir yere kadar mukavemet gösterir ve devamında esneklik sınırı olarak adlandırılan bir noktaya ulaşılır. Bu noktadan sonra şekil değiştirme başlar cisim geri dönüşümsüz olarak deforme olur. Bu kalıcı deformasyon, plastik deformasyon olarak adlandırılır (Cross, 2012).

2.3.1. Kortikal Kemik Materyal Özellikleri

Kortikal kemik, yapısından dolayı oldukça kırılıgandır. Üzerine uygulanan kuvvete bağlı olarak kısa süreli bir plastik deformasyon sonrasında kemik kırılmaktadır. Kortikal kemiğin fazlaca enerji depoladığı yüksek enerjili travmalarda, depolanan yüksek miktardaki enerji kompleks kırıklara ve daha fazla yumuşak doku hasarına neden olur. Ancak düşük gerilimler sonucu meydana gelen kırıklarda, daha az enerji depolandığından daha az yumuşak doku hasarı ve daha basit kırıklar meydana gelir (Cross, 2012).

2.3.2. Kansellöz Kemiğin Materyal Özellikleri

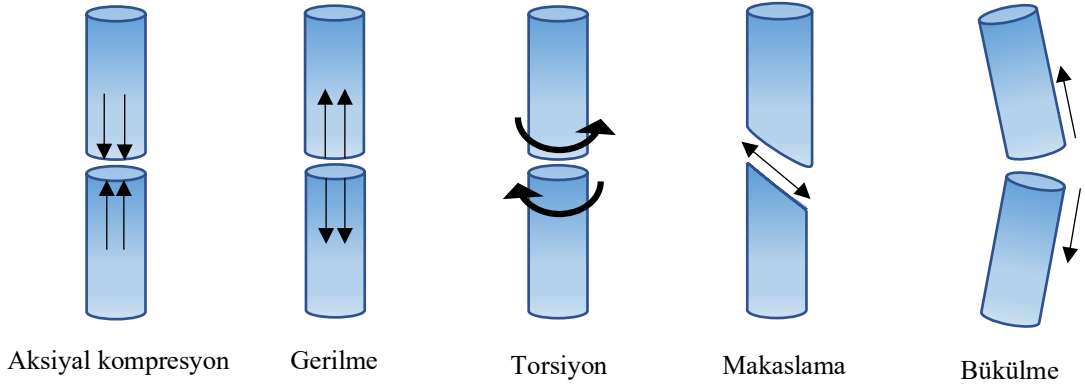
Kansellöz kemik poröz yapıda olduğundan, kortikal kemiğe göre daha zayıftır. Gerilim yer değiştirme eğrisi başlangıçta kısa bir plastik deformasyon gösterir ve kortikal kemiğin %10'nundan daha az bir sertliğe sahiptir. Ancak esneklik sınırına bakıldığında, kortikal kemiğe göre çok uzun bir plastik fazı bulunmaktadır. Bu faz kansellöz kemiğin yapısındaki trabeküllerin kademeli olarak kırıldığını gösterir. Kademeli olarak kırılan trabeküller, kemik içinde üst üste birikerek kemik iliğini tamamen doldurduğunda, eğri tekrar yukarı yönelir ve artan sertliği ifade eder. Sonuç olarak, kansellöz kemikte görülen uzun plastik deformasyon fazı, kompresyon altında emilen enerjinin nasıl kortikal kemik enerjisini aşabileceğini açıklamaktadır (Cross, 2012) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Kortikal kemik ve kansellöz kemiğe yük uygulandığında yük/yer değiştirme eğrisinin görünümü (Cross, 2012)

2.3.3. Kırık Biyomekaniği

Kırığın anatomik lokalizasyonu ve kırığı meydana getiren kuvvetler tedavi yöntemini belirlemede önemlidir. Kemik, üzerine etkiyen kuvvetlerin etkisiyle deformasyona uğrar. Başlangıçta elastik bir deformasyon gözlenir. Bu noktada kemikte mikro kırıklar ve çatlaklar görülür. Elastik deformasyonun görüldüğü nokta esneklik sınırı olarak adlandırılır. Esneklik sınırını aşan kuvvetler kemiği kırmaktadır (Carter and Spengler, 2002). Kemik üzerine beş temel kuvvet etki etmektedir. Bu kuvvetler: aksiyal kompresyon, gerilme, torsiyon, makaslama ve bükülme kuvvetidir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Kemik üzerine etki eden kuvvetlerin görünümü

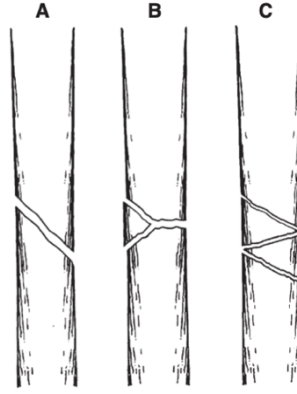
Aksiyal kuvvetler, kemiğin uzun eksenine paralel olarak etki eden kuvvetlerdir. Gerilme/çekme kuvveti, kemiği uzatma eğilimindeyken kompresyon kuvvetleri kemiği kısaltma eğilimindedir. Makaslama kuvveti olarak adlandırılan bir diğer kuvvet ise özellikle oblik kırıklarda meydana gelmekte ve iki yüzeyin birbiri üzerinde kayması olarak tanımlanmaktadır. Rotasyon, kemiğin uzun ekseninde dönmesi olarak belirtilmektedir. Kemik üzerine etki eden kuvvete göre bir yüzeyinde gerilim oluşurken diğer yüzeyinde bükülme meydana gelir (Johnston et al., 2012).

2.4. Kırık Sınıflandırılması

Kırık sınıflandırılması kırığın şiddetinin anlaşılmasını, hekimler arasında daha rahat iletişim kurulmasını, tedavi seçeneklerinin ve prognozun değerlendirilmesini kolaylaştırır. Küçük hayvan ortopedisinde kırık sınıflandırılması uzun kemiklerde, sakral ve pelvik kırıklarda yapılmaktadır. Bütün sınıflandırma sistemi, alfa numerik kod sistemine dayanmaktadır. İlk hane kırığın anatomik yerini ifade etmektedir. Uzun kemikler 1 ile 4 arasında numaralandırılırken, 5 numara sakrum ve 6 numara pelvisi ifade etmektedir (Voss and Montavon, 2009a).

“Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen” (AO) kuruluşu 1000’nin üzerinde kırığı değerlendirerek bir sınıflandırma sistemi ortaya koymuştur (Unger et al., 1990). Bu sınıflandırma sistemi etkilenen kemiğin metodolojik tanımını, kırığın lokalizasyonunu, kırığın tipini ve morfolojisini içermektedir. Sırasıyla uzun kemikler: Humerus 1, radius/ulna 2, femur 3 ve tibia/fibula 4 olarak numaralandırılır. Her uzun kemik proksimal, orta ve distal bölümlere ayrılır. Kırık morfolojisi, kırığın şiddeti ve doğal stabilitesine göre sınıflandırılır ve A, B ve C harfleri ile gösterilir. Ayrıca her harf de kendi içinde kemiğin parçalanma derecesi ve tipine göre üç gruba ayrılmaktadır

(Unger et al., 1990) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Diyafiz kırık tiplerinin görünümü; **a**: basit kırık, **b**: kama kırığı ve **c**: kompleks kırık (Unger et al., 1990)

2.4.1. Kırık Tipleri

Kemik üzerine etki eden kuvvetlerin yönü ve enerjisi, meydana gelecek kırığın tipini direkt belirler. Aksiyal kompresyon kuvvetleri oblik kırıklara, bükülme kuvvetleri transversal kırıklara (bükülme yüzeyinde kama veya kelebek kırıkları), torsiyon kuvvetleri spiral kırıklara ve gerilme kuvvetleri transversal avulzyon kırıklarına neden olur (Voss and Montavon, 2009a).

Kemiğin maruz kaldığı kuvvetin hızı da kırık tipi üzerinde etkili olur. Kemik, ateşli silah ve motorlu taşıt travması gibi hızlı bir kuvvete maruz kaldığında, kemiğin sertliği ve maksimum mukavemeti artmaktadır. Böylece kemik daha fazla enerjiyi absorbe eder. Bunu bir sonucu olarak absorbe edilen yüksek enerji daha sonra çevre dokulara yayılmaktadır. Kuvvetin hızlı veya yavaş bir şekilde uygulanmasının farklı sonuçları olur. Benzer kuvvet yavaş olarak kemiğe uygulandığında daha basit kırıklar gözlenirken, hızlı uygulandığında kemiklerde daha çok parçalı kırıklar ve yumuşak doku hasarları görülür. Kemik niteliği göz önünde bulundurulduğunda, genç hayvanlarda daha çok basit kırıklar gözlenirken, yetişkin hayvanlarda kemik daha sert olduğundan parçalı kırıklar daha sık görülmektedir (Voss and Montavon, 2009a).

2.5. Kemik İyileşmesi

Kırık iyileşmesinin temel amacı, kırılan kemiği kırılmadan önceki haline getirecek şekilde iyileştirip eski fonksiyonunu tekrar kazandırmaktır (Cross, 2012).

2.5.1. Gerinim Teorisi ve Kırık İyileşmesi

Gerinim, kırık fragmentleri arasındaki mesafe değişiminin, fragmentler arası boşluğa bölünmesiyle bulunur ($\Delta L/L$). Stabilitate, kırık hattındaki gerinimi belirlemektedir. Kırık hattındaki aşırı hareketlilik gerinimin arttırarak kaynama

yokluğuna neden olmaktadır. Fragmentler arası boşluğun az olduğu kırıklar, fragmentler arası boşluğun fazla olduğu parçalı kırıklara göre daha yüksek gerinime sahiptirler (Egol et al., 2004). Bu durum, fragmentler arası boşluğun az olduğu kırıklarda, bütün hareketin tek bir aralıkta olması ve bu nedenle de gerinimin bu aralıkta fazla olmasıyla açıklanır. Parçalı kırıklarda ise hareket her fragmentte ayrı ayrı meydana geldiğinden daha düşük gerinim oluşur. Yüksek gerinim, instabilitenin fazla olduğu durumlarda görülür ve kaynama yokluğunun nedenleri arasındadır. Kırık hattındaki boşluğun fazla olduğu veya aşırı derecede stabilize edilen kırıklarda da çok düşük gerinim meydana gelir. Böyle bir durumda da sınırlı bir kallus meydana gelerek kaynama yokluğu görülebilir. Bu durumun düzeltilmesi için kırık hattındaki boşluğun azaltılması ve rijit stabilizasyonun daha esnek hale getirilmesi gerekir (Association, 2020).

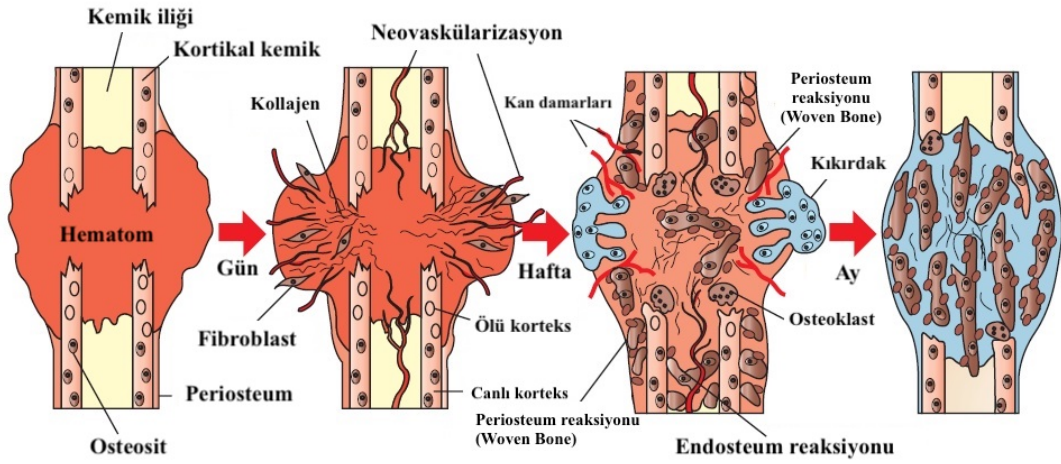
Kırık boşluğu gerinimi %2'nin altında olduğuunda primer kemik iyileşmesi, %2-%10 arasında olduğuunda sekonder kemik iyileşmesi ve %10'dan fazla olduğuunda kaynama yokluğu meydana gelir. Kemik oluşumu için ideal olan gerinimin %2'den az olması gerekir (Egol et al., 2004).

2.5.2. Sekonder Kemik İyileşmesi

Kırık iyileşmesi, diğer dokularda da olduğu gibi klasik doku iyileşme aşamalarıyla gerçekleşir. İyileşme yangısal faz, onarım fazı ve yeniden şekillenme fazı olmak üzere üç bölümde tamamlanır. Kırık oluşumu sonrasında, hasar gören kan damarlarından kırık hattına kan dolar ve bu kan hematoma dönüşür, kırık hattına gelen yangı hücreleri ve çeşitli doku faktörlerinin salınımı ile yangısal faz başlar. Bu akut fazı takiben onarım fazı başlamaktadır. Endosteum, periosteum ve çevre yumuşak dokulardan gelen pluripotent mezenşimal hücreler fibroblast, kondroblast ve osteoblastlara farklılaşırlar. Kapiller damarların gelişimi onarım sürecinin sürdürülmesi için gereklidir. Mezenşimal hücreler ile kapiller damarlar birlikte granülasyon dokusunu oluşturur (Cross, 2012; Piermattei et al., 2006).

Onarım fazında, kırıkta belirli bir noktaya kadar kaynama sağlandıktan sonra, yeniden şekillenme aşaması süreci devralmaktadır. Bu aşamada, oluşan kemik dokusunun fazlası rezorpsiyona uğrar ve yeni meydana gelen kemik dokusu "Havers kanallarının" yeniden şekillenmesiyle yavaş yavaş lamellar kemiğe dönüşmektedir. Yeniden şekillenme süreci zaman almaktadır ve kemik "Wolff yasasına" göre eski haline en yakın hale gelmektedir. Bu süreç yıllarca sürebilir (Cross, 2012; Piermattei

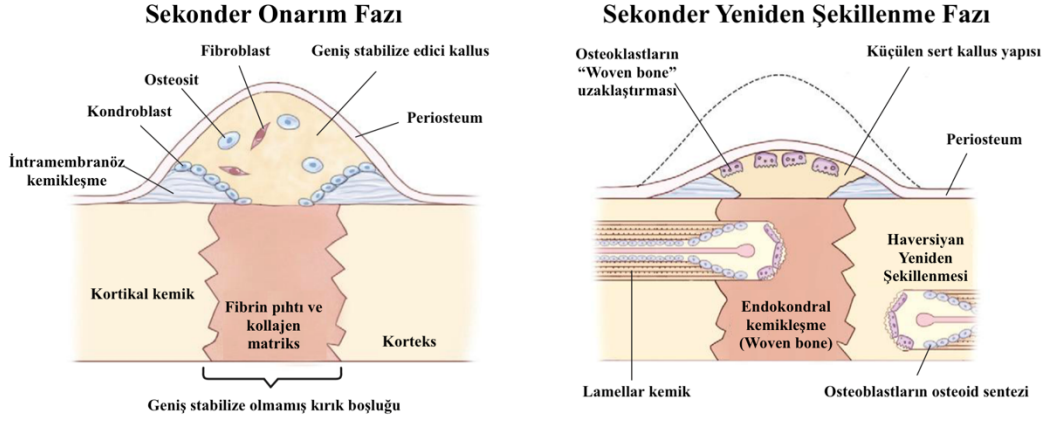
et al., 2006) (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Sekonder kemik iyileşmesinin aşamaları (Rubin, 2001)

Çoğu zaman kemik iyileşmesinin normal seyri olarak kabul gören sekonder kemik iyileşmesi, kallusun giderek sertlik kazandığı kallus ile iyileşme şeklidir. Açık redüksiyon ve internal fiksasyon kullanımının başlamasından önce bütün kırıkların bu şekilde iyileştiği bildirilmektedir (Cross, 2012; Piermattei et al., 2006).

Kırık hematomu oluşumunu takiben 4 gün içinde meydana gelen granülasyon dokusu stabilite sağlayan ilk dokudur. Granülasyon dokusu olgunlaştıkça bağ doku miktarı giderek artar. Kallus dokusu başlangıç aşamasında organize olmamış zayıf bağ doku lifleri barındırmasına rağmen, zaman geçtikçe bu lifler daha organize ve daha katı bir hale gelirler. Kallus, meydana geldikten sonra kırık hattının çevresinde genişlemektedir. Kallus çapındaki bu artış kırığın bükülmeye olan direncini artırır. Gerininin de azalmasıyla bağ doku giderek daha da sertleşir ve önce fibrokartilaginöz dokuya sonrasında da kıkırdak dokuya dönüşür. Gerinimdeki sürekli azalma sayesinde, kıkırdak doku endokondral kemikleşmeye uğrayarak yerini kemik dokuya bırakır. Ancak bu aşamada oluşan kemik doku dokunmuş kemik “woven bone” olarak adlandırılan bir dokudur ve sağlıklı kemik dokusundan yapı itibariyle farklılıkları bulunmaktadır. Bu aşamadan sonra, kemik oluşumun sürdürülebilmesi için fragmentler arası gerininin %2’den daha az olması gereklidir. Yeniden şekillenme fazında “woven bone” olarak adlandırılan bu kemik doku yavaş yavaş lamellar kemik yapısına dönmekte ve havers kanalları tekrar yerini almaktadırlar (Cross, 2012) (Şekil 2.5).



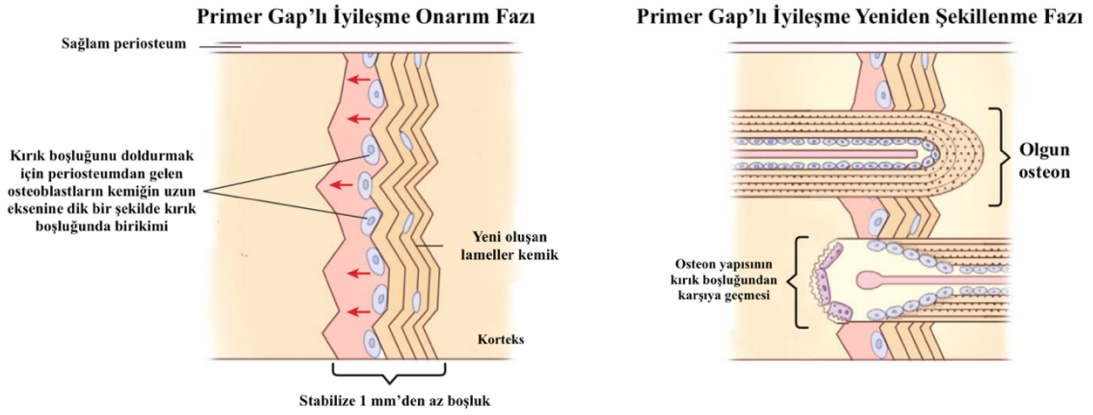
Şekil 2.5. Sekonder kemik iyileşmesinde onarım ve yeniden şekillenme fazlarının şematik görünümü (Stroncek and Reichert, 2008)

2.5.3. Primer Kemik İyileşmesi

Primer kemik iyileşmesi, stres kırıklarının doğal iyileşmesi sırasında meydana gelmektedir. Cerrahi müdahaleyle de sekonder iyileşmenin aşamaları atlanarak kemik primer olarak iyileşebilir. Rijit kırık stabilizasyonu sayesinde, fragmentler arası gerinim düşük tutulduğunda lamellar kemik oluşumu ve havers kanal sistemi yeniden şekillenmesi görülmektedir. Primer kemik iyileşmesi için gereken iki ana fiziksel şart bulunmaktadır. Bunlar, kırık fragmentleri arasındaki gerinimin %2'nin altında olması ve kırık boşluğunun 1 mm'den az olması olarak belirtilmektedir (Cross, 2012).

2.5.3.1. Gap'lı Primer Kemik İyileşmesi

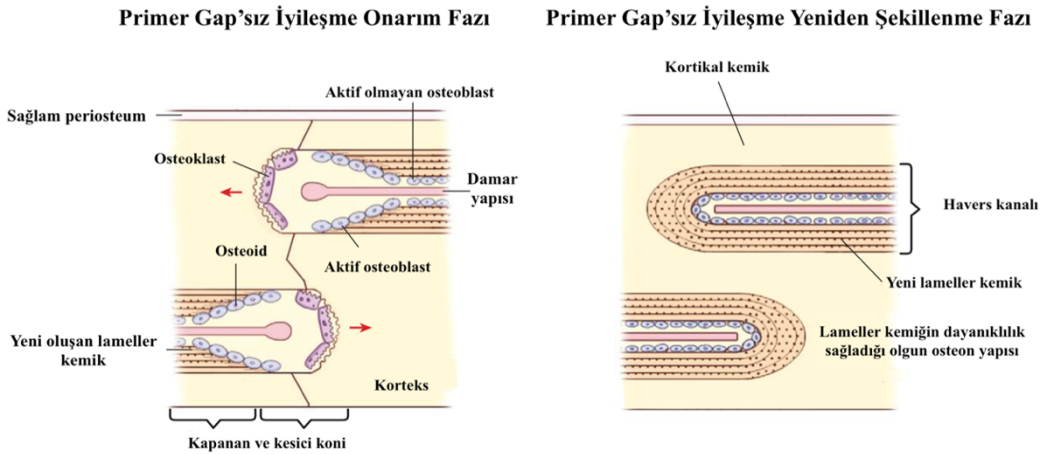
Kırık fragmentleri arasındaki boşluk 1 mm veya daha az olduğunda, iyileşmenin başında lamellar kemik yapısı oluşmaktadır. İyileşmenin başlangıç aşamasında, kırık boşluğu içinde hematoma meydana gelmektedir. Birkaç gün içinde lamellar kemik yapısı, kırık dokusuna dönüşmeden direkt olarak kırık fragmentleri uçlarında birikmektedir. Meydana gelen lamellar kemik yapısı önce, kemiğin uzun eksenine dik olacak şekilde yönlendirilmekte ve bu sayede stabiliteye sınırlı bir katkı sağlamaktadır. İyileşmenin üçüncü haftasında havers kanalları yeniden şekillenerek osteon yapıları kırık boşluğundan karşıya geçmeye başlar (Şekil 2.6). Yeni oluşan lamellar kemik yapılarının rezorpsiyonu ile uzunlamasına yerleşen osteonlar ile değiştirilirler (Cross, 2012).



Şekil 2.6. Primer Gap'lı kemik iyileşmesinde, onarım ve yeniden şekillenme fazlarının şematik görünümü (Stroncek and Reichert, 2008)

2.5.3.2. Temaslı (Gap'sız) Primer Kemik İyileşmesi

Kırık kemik fragmentleri, herhangi bir hareket olmaksızın direkt olarak temas halinde olduklarında gap'sız primer kemik iyileşmesi meydana gelir. Kırık fragmentleri arasında boşluk hiç olmadığından, gap'lı primer kemik iyileşmesinde olduğu gibi lamellar kemik dokusunun oluşup kemiğin uzun ekseninde dik olarak dizilmesine gerek kalmaz. Havers kanallarının yeniden şekillenmesi direkt olarak kırık fragmentleri boyunca meydana gelir ve kırık hattı kemiğin uzun eksenine paralel olarak konumlandırılan osteonlar ile birleşir (Şekil 2.7). Primer kemik iyileşmesi klinik olarak ele alındığında, gap'lı ve gap'sız iyileşmenin birlikte görüldüğü bir durumdur (Cross, 2012).



Şekil 2.7. Primer Gap'sız kemik iyileşmesinde onarım ve yeniden şekillenme fazlarının şematik görünümü (Stroncek and Reichert, 2008)

2.6. Redüksiyon Yöntemleri

Kırık sınıflandırılması yapıldıktan sonra redüksiyon yöntemi ve uygulanacak stabilizasyon yöntemi belirlenir. Eldeki parametreler doğrultusunda en uygun

redüksiyon yöntemi tercih edilmelidir. Anatomik rekonstrüksiyon gerekliyse, primer kemik iyileşmesini sağlamak için kırık fiksasyonunda AO esasları uygulanması gerekmektedir. Açık redüksiyonun istenmediği veya uygulanması mümkün olmayan durumlarda biyolojik osteosentez teknikleri, sekonder kemik iyileşmesini desteklemek için uygulanabilir (Johnston et al., 2012).

2.6.1. Açık Anatomik Redüksiyon

Transversal, oblik, segmental, minimal parçalı ve eklem içi kırıklar açık anatomik rekonstrüksiyona uygun kırıklar olarak bildirilmektedir. Ancak açık anatomik redüksiyon sağlayabilmek için kırık kemik fragmentlerinin yeterli manipülasyonu ve redüksiyonu yapıp, rijit bir fiksasyon yöntemi ile sabitlenmesi gerekir. Bunları sağlamak için de geniş yumuşak doku diseksiyonuna ihtiyaç duyulur. Bu redüksiyon yönteminde, yumuşak doku hasarı ve periosteum ile kırık hematomunda iyatrojenik hasar kaçınılmaz bir şekilde meydana gelir ve potansiyel olarak iyileşmeyi engellemiş olur (James, 2014; Perren, 2002).

Eklem içi kırıklarda eklem yüzeylerinin restorasyonu esas olmasına rağmen, diyafiz kırıklarında bu durumun gerekliliği, biyolojik osteosentezin ilerleyişi ile artık önemini kaybetmeye başlamıştır (Johnston et al., 2012).

2.6.2. Biyolojik Osteosentez

Parçalı diyafiz kırıklarının tedavisinde, tam anatomik redüksiyon yerine kemik iyileşmesini sağlayacak biyolojik potansiyelin korunması gerektiği görüşü öne sürülmektedir. Kırık tedavisinde bu konseptte biyolojik osteosentez adı verilir (Hulse and Aron, 1994; Perren, 2002).

Biyolojik osteosentezde, rijit kırık stabilizasyonu yerini esnek stabilizasyona bırakır. Çevre yumuşak dokuların korunarak fonksiyonel hızlı iyileşmenin sağlanması amaçlanır (Palmer, 1999).

Kırık iyileşmesinde, kırık hattının yumuşak doku ve vasküler desteği oldukça önemlidir. Parçalı diyafiz kırığının tam anatomik redüksiyonu amaçlandığında, redüksiyon ve stabilizasyon için yapılacak bütün manipülasyonların daha fazla yumuşak doku ve vasküler hasar oluşturacağı bilinmektedir. Bu kırıklarda, kırık hattındaki kan akımı ve yumuşak dokular korunarak, yapılacak redüksiyon sayesinde biyolojik osteosentez sağlanabilir. Böylece kırık iyileşmesinde denge, anatomik redüksiyondan biyolojik osteosenteze doğru kaydırılacaktır (Aron et al., 1995; Hulse et al., 1997; Palmer, 1999). Cerrahi önceliklerdeki bu değişim biyolojik osteosentezin temelini oluşturur (Allgöwer et al., 1991; Frey and Olds, 1981; Johnson et al., 1998;

Palmer, 1999).

Biyolojik osteosentezin esasları:

Minimal invaziv cerrahi yaklaşımlarının tercih edilmesi.

Vasküler hasarı minimize eden rijit fiksasyon sistemlerinin kullanılması.

İmplant uygularken en az travma oluşturacak yöntemin seçilmesi.

Kansellöz kemik grefti kullanılması.

Gerektiğinde fiksasyon sisteminin kademeli olarak sökülmesi.

Bu esaslar “aç ama dokunma” prensibi kullanılarak veya minimal invaziv osteosentez olarak adlandırılan, çeşitli minimal invaziv cerrahi teknikler kullanılarak da uygulanabilir (Johnston et al., 2012).

2.6.2.1. Aç Ama Dokunma Prensibi (Open But Do Not Touch)

Bu prensip biyolojik osteosentez yönteminin en temel hali olarak tanımlanır. Bu yöntemde kırık hattına yaklaşıırken tam açık bir yaklaşım uygulanmaz ve kırık hematomu korunarak sadece ana fragmentler hizalanır (Johnston et al., 2012).

Kırık fragmentlerinin redüksiyonu ve hizalanması, intramedullar implantlar veya kemik tutucu forsepsler ile kullanılarak yapılabilir. Aç ama dokunma prensibi, sınırlı da olsa açık bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu yöntemde yumuşak dokuların az da olsa manipülasyonu ve vasküler hasarı kaçınılmazdır (Johnston et al., 2012).

2.6.2.2. Sınırlı Açık Teknik (Miniexposure)

Sınırlı açık teknik, açık redüksiyon yöntemine göre daha az invaziv bir yöntem olarak tanımlanır. Bu yöntemde kırık hattı üzerinden yapılacak küçük ensizyon ile proksimal ve distal kırık fragmentlerinin manipülasyonu sağlanır. Yöntemin uygulanmasındaki amaç, ana kırık kemik fragmentlerinin hizalanması veya anatomik redüksiyon olarak bildirilmektedir (James, 2014).

2.6.2.3. Kapalı Yöntem

Bu yöntemde, kırık hattına herhangi bir ensizyon yapılmadığından hem yumuşak dokuların hem de kemik dokunun biyolojik ortamı korunmaktadır. Bu yöntemde amaç, anatomik redüksiyondan ziyade kırık kemik fragmentlerinin fonksiyonel hizalanmasıdır. Bu yöntemin özellikle tibia ve radius ulna'nın parçalı kırıklarında uygulanabilir bir yöntem olduğundan bahsedilmektedir (James, 2014).

2.6.2.4. Minimal İnvaziv Osteosentez

Bu yöntemde, kırık hattı açığa çıkarılmamakta ve kırık hattından uzakta yapılan küçük ensizyonlarla kapalı redüksiyon ve fiksasyon uygulanmaktadır (Williams and Schenk, 2008). Kırık iyileşmesi için uygun biyolojik ortamın sağlanmasında, minimal

invaziv osteosentezin etkili olduğu bildirilmektedir (Leunig et al., 2000). Ancak bu yöntemde, kırık fragmentlerini direkt görmeden, redüksiyon ve stabilizasyon yapıldığından, uygulama tecrübe gerektirmektedir. Bu yöntemde redüksiyon yapılırken amaç, anatomik değil fonksiyonel redüksiyondur. Fonksiyonel redüksiyonda, kemiğin uzunluğu yeniden sağlanır ve frontal, sagittal ve aksiyal düzlemde doğru bir şekilde hizalanır (Leunig et al., 2000; Peirone et al., 2020). Etrafi yoğun kas ve yumuşak doku ile çevrili olan kemiklerde, bu yöntemi uygulamak zordur. İyatrojenik komplikasyonların ve hatalı hizalamanın önüne geçmek ve implantın doğru bir şekilde uygulanabilmesi için ameliyatlarda floroskopi kullanılması önerilmektedir (Peirone et al., 2020). Ayrıca minimal invaziv osteosentez uygulamalarında, bölgenin anatomisi ve implant uygulanacak bölgedeki güvenli koridorların iyi bilinmesi gerekmektedir (Barnhart, 2020; Palmer, 2012).

2.7. Kırık Fiksasyon Yöntemleri

Kırık fiksasyon yöntemleri temel olarak üç ana başlıkta incelenir. Bacağa direkt olarak uygulanan atelli bandajlar, kemiğe uygulanan fiksasyon materyalleri (intramedullar pin, eksternal fiksator ve kemik plakları) ve kompresyon uygulamalarıdır (lag vidası, serklaj/interfragmental serklaj, germe bandı ve kompresyon plağı) (Piermattei et al., 2006).

2.7.1. Eksternal Fiksasyon Yöntemi

Eksternal fiksasyon (ESF) 1930 ve 1940'lı yıllarda veteriner hekimlikte kullanılmasına rağmen 1990'lara kadar popülerlik kazanmamıştır (Palmer et al., 1992). Eksternal fiksasyonun uzun kemik kırıklarında kullanımı temel olarak, proksimal ve distal kırık fragmentlerine fragment başına 2-4 pin uygulanması ve bu pinlerin dışarıdan bir bara veya roda tutturulması prensibine dayanır (Stader, 1937). Bu aparatların hepsi çerçeve olarak adlandırılmaktadır (Piermattei et al., 2006).

Stabil ve stabil olmayan kırıklarda, açık kırıklarda, ateşli silah yaralanmasına bağlı meydana gelen kırıklarda, osteotomilerde, kaynama gecikmesi veya kaynama yokluğunun tedavisinde, bazı eklemlerin artrodezinde ve ligament veya tendo rekonstrüksiyonu sonrasında bazı eklemlerin stabilizasyonunda ESF kullanılmaktadır (Kwan et al., 2014; Lincoln, 1992; Yardımcı et al., 2011; Yardımcı et al., 2018).

Yöntemin uygulama kolaylığı, açık ve kapalı yöntemlerle uygulanabilirliği, açık yöntemle uygulandığında kırığa minimal yaklaşma ihtiyaç duyması, kırık bölgesinde yara olduğunda yaranın yanındaki sağlıklı deri üzerinden uygulanabilirliği ve yaraya pansuman uygulamak için kolayca erişim imkânı vermesi, diğer internal fiksasyon

yöntemleriyle birlikte kullanabilmesi ve kolayca bir şekilde uzaklaştırılabilmesi ESF'nin temel avantajları arasında sayılmaktadır (Piermattei et al., 2006).

Eksternal fiksasyonlarda kullanılan deri ve kemik arasına penetre olan fiksasyon pinleri, nörovasküler veya muskulo-tendinöz yapılara zarar verebilir. Ayrıca postoperatif dönemde pin dibi bakımı gibi oldukça önemli bir bakıma ihtiyaç duyulmasının yanı sıra, eksternal olarak yerleştirilen çerçevenin hasta veya hasta sahibine zarar verebilecek potansiyeli bulunmaktadır. Bunlar ESF'nin dezavantajlarını oluşturmaktadır (James, 2014).

2.7.1.1. Eksternal Fiksasyon Çeşitleri

Eksternal fiksasyonların çeşitleri arasında lineer, akrilik, sirküler, semi sirküler ve hibrid sistemler yer almaktadır. Lineer ESF sistemlerinde kemiğe uygulanan pinler, metal veya karbon fiberden imal edilmiş lineer bir bağlantı roduna, pin tutucularla tutturularak kullanılır. Akrilik ESF sistemlerinde kemiğe uygulanan pinler, akrilik vasıtasıyla birbirlerine bağlanır. Akrilik hem pin tutucu hem de bağlantı rodu görevini üstlenmektedir. Sirküler ESF'de halka şeklinde üzerinde delikleri bulunan barlar, birbirlerine yivli bağlantı rodlarıyla tutturulurlar. Bu sistemlerde pinler halkalara, pin tutucularla bağlanır. Semi sirküler ESF sistemlerinde de benzer ancak uygulama tek düzlem ile sınırlıdır. Hibrid ESF sistemleri ise birden fazla ESF sisteminin bir arada kullanılmasıyla meydana gelen sistemler olarak tanımlanır (Anderson et al., 2003; Farese et al., 2002; Palmer, 2012).

2.7.1.2. Eksternal Fiksasyon Bileşenleri

Eksternal fiksasyonların temel bileşenleri arasında pinler, bağlantı barları, bar tutucu kısaçlar ve pin tutucu yer alır. Pinler çoğunlukla paslanmaz çelik alaşımdır ve kemiğin her iki korteksinden geçecek şekilde uygulanır. Pin tutucular, kemiğe uygulanan pinleri bağlantı barları üzerine sabitlemek için kullanılır (Palmer, 2012; Piermattei et al., 2006).

Eksternal fiksasyonda pin kullanımında, yivsiz pinler kemiğe uygulandığında kolayca yerinden çıkabildiği için sirküler sistemler dışında çoğunlukla yivli pinler tercih edilir (Aron et al., 1986; Palmer et al., 1991).

Geleneksel ucu yivli negatif profile sahip pinlerde, yivli bölgeden yivsiz bölgeye geçişin keskin olmasının, bu pinlerde yorgunluk kırıklarına predispozisyon oluşturduğu bildirilmiştir (Palmer and Aron, 1990). Pozitif profile sahip pinlerin, 1990'lı yıllarda veteriner ortopedide kullanılmaya başlandığı bilinmektedir. Ayrıca bu pinlerin kemik içinde tutma gücünün daha fazla olduğundan ve kırılmaya daha

arasındadır. Komşu eklemlerin hareketini kısıtlamamak adına yarım halkalar veya arklar kullanılabilir (Marcellin-Little, 1999).

Sirküler eksternal fiksasyon çerçevelerinde halkalar yivli rodlara, 90° olacak şekilde bağlanır. Sirküler çerçeveler kemiğe, gerilmiş 1-1,6 mm teller ile sabitlenir. Genellikle her halka iki telle sabitlenir. Tel uygularken, kemikte tellerin çakışmasını önlemek için bir teli halkanın üstünden diğerini halkanın altından uygulamak önerilir. Teller direkt yivli roda veya halkaya, üzerinde telin geçeceği oluk bulunan pullar (bazı sistemlerde pin tutucular) vasıtasıyla sabitlenir. Bu sistemde kullanılan pinlerin sertliği gerdirilerek arttırılır. Bu işlem için gerdirici adı verilen bir aparata ihtiyaç duyulur (Marcellin-Little, 1999). Bu işlem sayesinde 1,6 mm çapındaki bir pin 4 mm çapında yarım pin kadar sert bir hale gelir (Aronson et al., 1988). Bu sistemlerde fiksasyonun stabilitesini arttırmak amacıyla yarım pinler de kullanılmaktadır. Yarım pinler halkalara pin tutucularla bağlanır. Bu bağlantı elemanı aslında orijinal “Ilizarov yönteminde” yer almaz. Bunun femur ve humerus kırıklarında kısa fragmentleri stabilize edebilmek için geliştirildiği bildirilmektedir (Green, 1991). Bu fiksatörler SESF ve lineer ESF sisteminin birleşimi olduğundan hibrid eksternal fiksatörler olarak adlandırılırlar (Marcellin-Little, 1999).

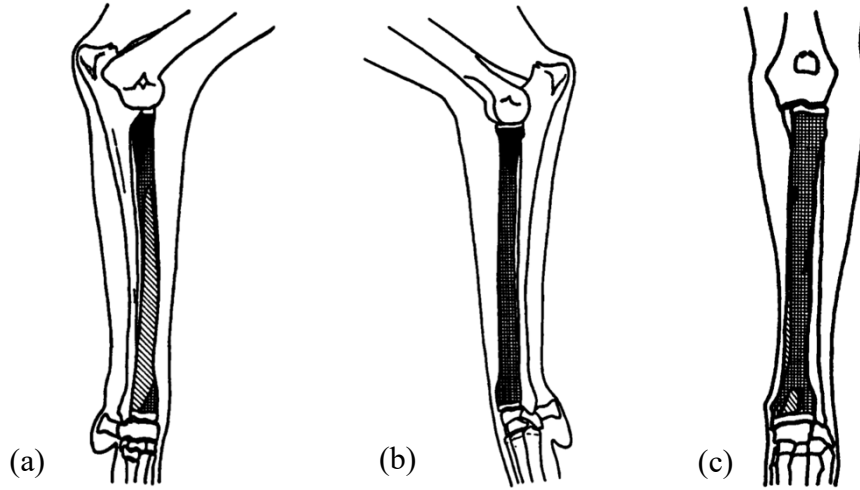
Sirküler eksternal fiksasyon sistemlerinin ayarlanabilir yapıda olmaları, minimal invaziv olarak uygulanabilirliği ve mekanik özellikleri nedeniyle kendine özgü bir yapısı bulunmaktadır. Bükülme ve torsiyon kuvvetlerine olan direnci, diğer ESF sistemlerine benzemesine rağmen, aksiyal kuvvetlere olan direncinin lineer ESF sistemlerinden daha düşük olduğu bildirilmiştir (Fleming et al., 1989). Sirküler eksternal fiksasyon sisteminde hastanın yürümesi sırasında meydana gelen aksiyal mikro hareketliliğin, kırık iyileşmesine katkı sağladığından bahsedilir (Kenwright et al., 1991).

2.7.1.4. Pin Uygulamasında Güvenli Koridorların Kullanımı

Kırık stabilizasyonunda pin ve telleri uygularken, büyük kas gruplarına ve nörovasküler yapılara hasar vermektan kaçınmak için bölgedeki güvenli koridorların iyi bilinmesi gerekir. Köpeklerin uzun kemiklerinde pin uygulanacak koridorlar güvenli, tehlikeli ve güvensiz bölgeler olarak tanımlanmıştır. Bu koridorlar, uzun kemiklerin transversal kesiti üzerinden anlatılmıştır (Marti and Miller, 1994a, 1994b). Genel olarak, uzun kemiklerin kaudal yüzeylerinde yer alan büyük kas gruplarının varlığı nedeniyle, bu yüzeylerden pin uygulanması önerilmez (Palmer, 2012).

Radius: Köpeklerde radius'un mediyal yüzeyi, tek güvenli koridor olarak

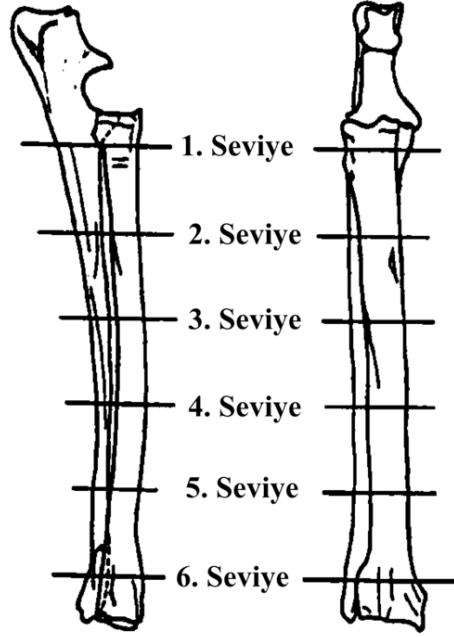
tanımlanır (Şekil 2.10). Pronator teres kası radius'un proksimal üçte birlik kısmında yer alır. Pronator teres kasının insersiyonundan, distal radius'un prosesus stiloideus medialisine kadar olan kısım, radius'un mediyal sınırını oluşturur ve kalan kısımdan radius deri altından palpe edilebilir. Bu kısım radius'un distal üçte ikilik kısmını temsil eder (Marti and Miller, 1994b).



Şekil 2.10. Köpek radius'unda güvenli koridorların görünümü. **a:** mediyal, **b:** lateral ve **c:** kraniyalden görünümü. Güvenli (açık), tehlikeli (koyu) ve güvenli değil (en koyu) bölgelerin görünümü (Marti and Miller, 1994b)

Ön kolu besleyen ana damarlar brakial arter ve ven, pronator teres kası ile üzeri kapatılan kollum radi'nin mediyalinde, mediyanus siniri ile birlikte kaudo-distal doğrultuda oblik olarak ilerler. Radial sinirin motor kolu supinator kasının altında, kollum radi'nin lateralinden karşıya geçer (Marti and Miller, 1994b).

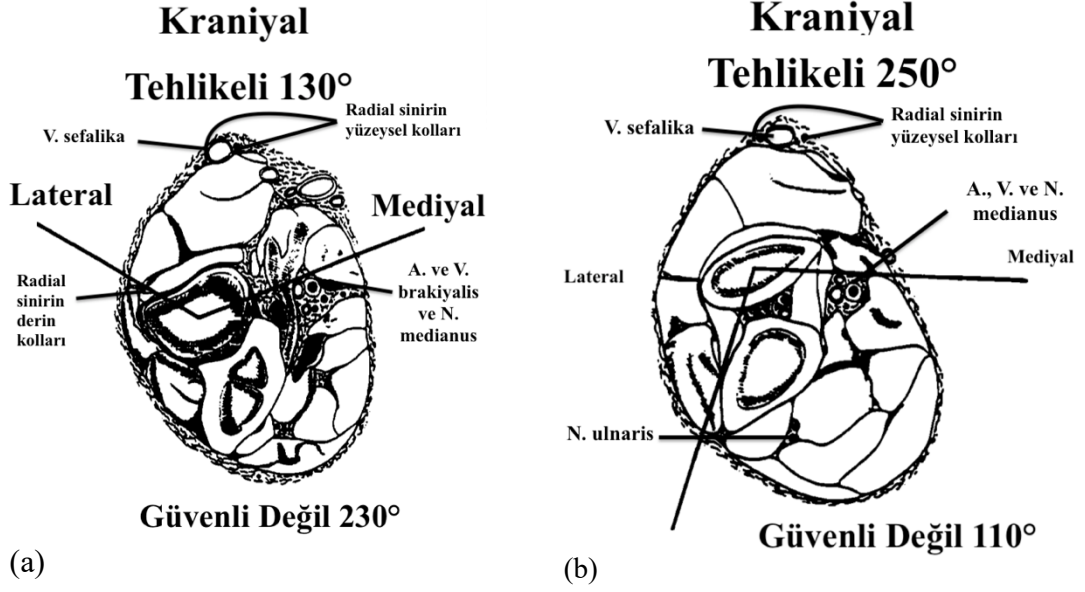
Radius'da güvenli koridorlar belirlenirken radius, altı ayrı seviyeye ayrılarak ve transversal anatomik kesitler halinde incelenerek risk faktörleri ortaya konmuştur (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Köpek antebrahium’unda transversal anatomik kesit seviyelerinin gösterimi (Marti and Miller, 1994b)

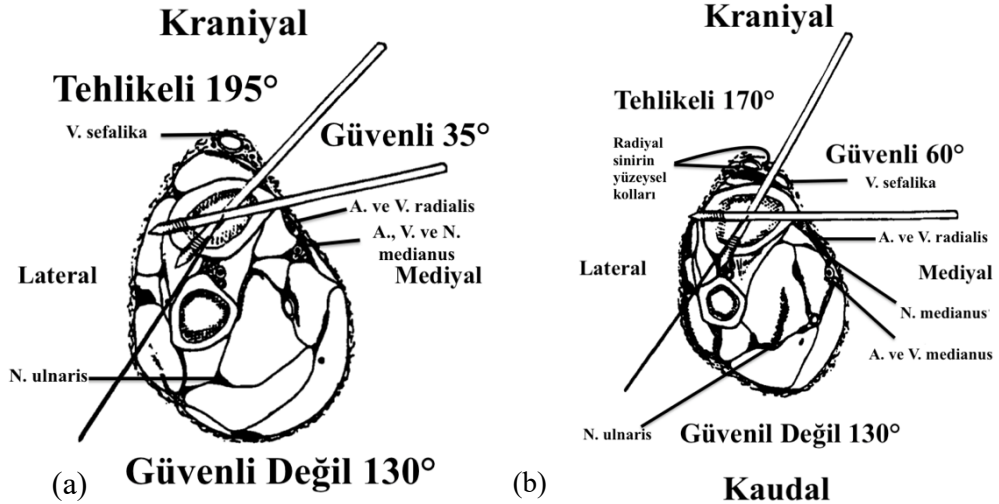
Köpek radius’u birinci seviyede tamamen kas dokusu ile çevrili olduğundan güvenli koridor yoktur. Riskli bölge, radial sinirin derin kolları ve brakial venanın mediyali ile sınırlandırılan kranial 130° ’lik bir bölge olarak tanımlanır. Geriye kalan 230° ’lik bölge güvenli olmayan koridor olarak belirtilmektedir. Güvenli olmayan koridor, medyan, ulnar sinir ile brakial damarlar gibi önemli nörovasküler yapıları barındırır (Marti and Miller, 1994b) (Şekil 2.12a).

İkinci seviye, pronator teres kasının distal üçte birlik kısmının başlangıcı ile kesişir. Bu bölgede de radius’un güvenli koridoru yoktur. Ancak bu seviyede riskli bölgenin, laterale doğru genişlediği görülmektedir. Bu seviyede radial sinirin derin kolları daha derinde yer aldığından, riskli bölge 250° olarak belirtilmektedir (Marti and Miller, 1994b) (Şekil 2.12b).



Şekil 2.12. Köpek antebrachiyum'unda **a**: birinci ve **b**: ikinci seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli koridorların görünümü (Marti and Miller, 1994b)

Üçüncü seviyede, radius'un mediyalinde güvenli bölge başlar. Bu seviyede güvenli koridor 35° olarak belirtilirken, tehlikeli koridorun 195° olduğu bildirilmiştir. Güvenli olmayan bölge radial arter ve venin, radius mediyalinden kraniyaline doğru geçtiği yer 130° 'lik bir bölge olarak tanımlanmıştır (Marti and Miller, 1994b) (Şekil 2.13a).

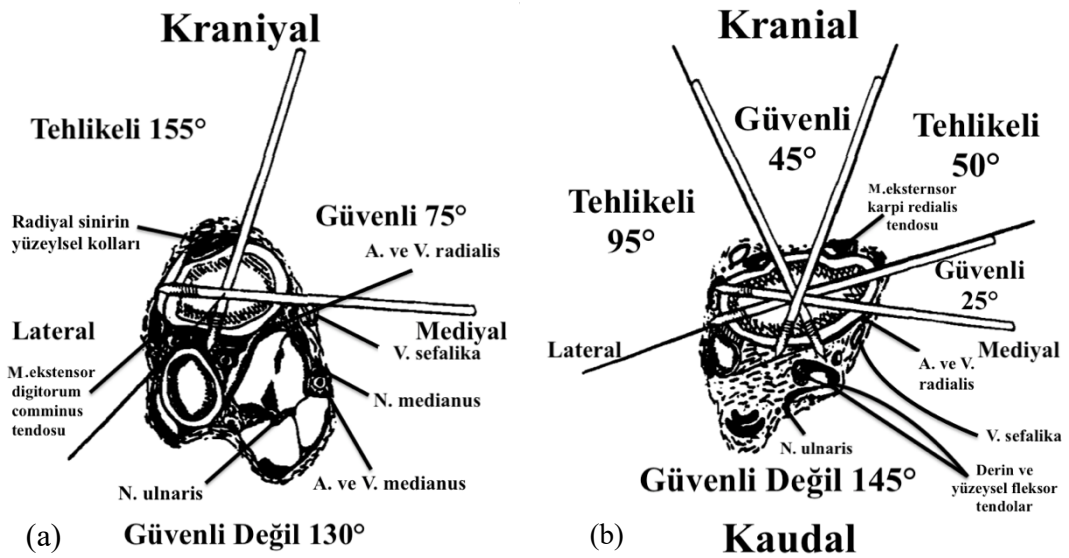


Şekil 2.13. Köpek antebrachiyum'unda **a**: üçüncü ve **b**: dördüncü seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli aralıkların görünümü (Marti and Miller, 1994b)

Dördüncü seviyede, ekstensor karpi radialis kası incelenerek tendo halini aldığından bu seviyede güvenli koridor 60° 'ye kadar artış gösterir. Riskli bölgenin 170° 'dir. Bu seviyede radial arter ve ven, radius diyafizinin kaudo-medial sınırında

yer aldığından güvenli koridor, güvenli olmayan koridorun yerini alır. Güvenli olmayan koridor 130°'dir (Marti and Miller, 1994b) (Şekil 2.13b).

Beşinci seviyede, güvenli koridor 75°'ye kadar artış gösterir. Tehlikeli koridorun bu seviyede 155° olduğu bildirilmiştir (Şekil 2.14a). Altıncı seviyede güvenli koridor, m. abduktor pollisis longus kası tendosunun varlığı nedeniyle 25°'ye kadar düşer. Bu seviyede, kraniyal bölgede yer alan ikinci bir güvenli bölge bulunur. Radius'un kraniyal tehlikeli koridoru ile ekstensor karpi radialis ve m. ekstensor digitorum kommunis kası tendosu arasında kalan bölge ikinci güvenli olarak tanımlanmakta ve 45° olduğu bildirilmektedir (Marti and Miller, 1994b) (Şekil 2.14b).

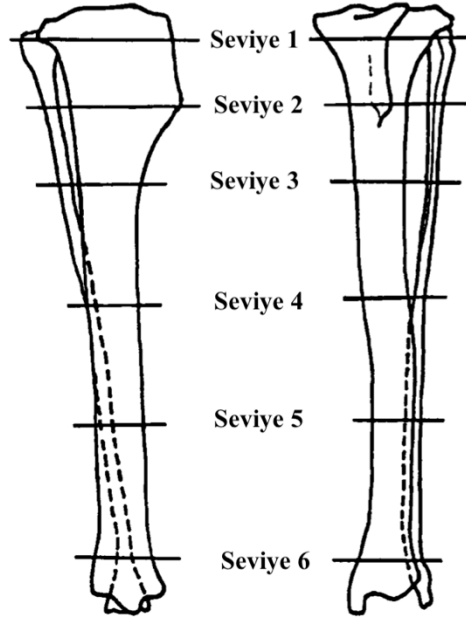


Şekil 2.14. Köpek antebrahiyum'unda **a**: beşinci ve **b**: altıncı seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli aralıkların görünümü (Marti and Miller, 1994b)

Radius ve ulna'da ESF uygulaması yapılırken, pin uygulanacak en uygun bölgenin üzerinde daha az yumuşak doku barındıran kraniyo-mediyal bölge olduğu bildirilmiştir. Tip 1b ESF uygulamasında ikinci çerçeve için kraniyo-lateral bölgenin uygun olduğu ve Tip-II ESF için de mediyo-lateral düzlemin uygun olduğu bildirilmektedir (James, 2014).

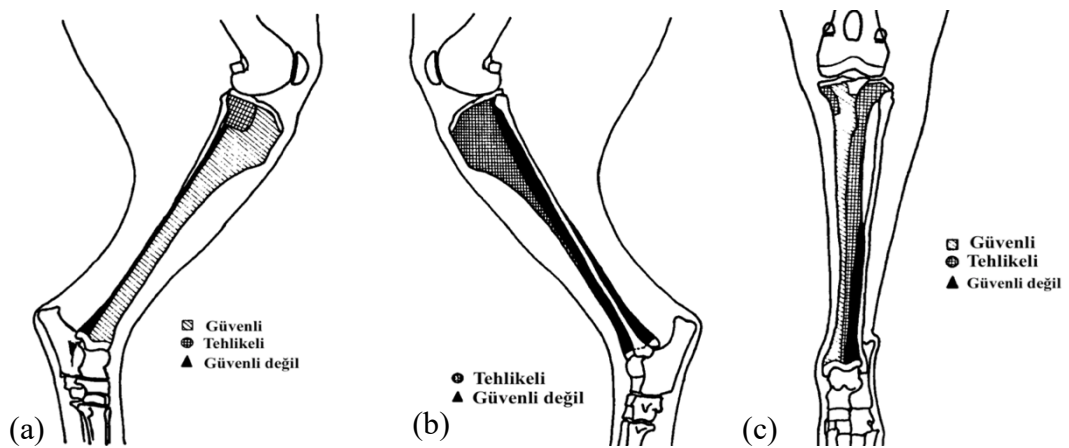
Tibia: Mediyal ve kraniyal yüzeyler güvenli pin uygulama bölgeleri olarak tanımlanır (Palmer, 2012). Tibia'nın lateral yüzeyinde yer alan büyük kas grubu nedeniyle, lateralden pin uygulamanın tehlikeli ve güvensiz olduğu bildirilmiştir (Marti and Miller, 1994a). Ayrıca tibia'nın proksimal metafizinde yer alan spongiyöz kemik yapısından dolayı, bu bölgeye uygulanacak pinlerin gevşeme eğiliminde olduğundan bahsedilmiştir (Palmer, 2012).

Tibia'da güvenli koridorları bildiren bir çalışmada tibia, altı ayrı seviyeye ayrılmakta ve transversal anatomik kesitler halinde incelenerek risk faktörleri ortaya konmaktadır (Marti and Miller, 1994a) (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Köpek tibia'sında transversal anatomik kesit seviyelerinin gösterimi (Marti and Miller, 1994a)

İnsanlarda olduğu gibi, köpeklerde de tibia'nın mediyal yönü subkutan ve anatomik yapılardan tamamen bağımsız olmamasına rağmen, mediyal yüzeyin pin uygulaması için güvenli koridor olduğu bildirilmiştir (Marti and Miller, 1994a) (Şekil 2.16a).

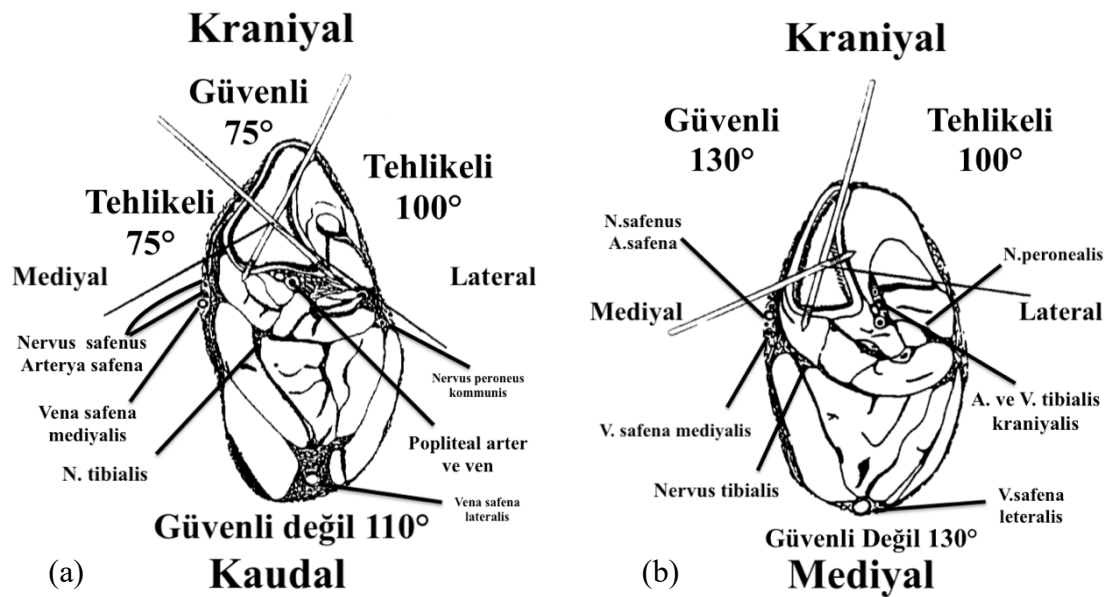


Şekil 2.16. Köpek tibia'sında güvenli, tehlikeli ve güvenli olmayan koridorların görünümü. **a:** mediyal, **b:** lateral ve **c:** kranial'den görünüm. Güvenli (açık), tehlikeli (koyu) ve güvenli değil (en koyu) bölgelerin görünümü (Marti and Miller, 1994b)

Tibia'nın mediyal yüzünde, a. safena'nın ve v. safena medialis'in kraniyal kolu ile nervus safenus demet olarak tibia'nın orta 1/3'ünden oblik olarak geçer. Ancak bu nörovasküler demetin hayati bir önemi yoktur. Bu yapı deri üzerinden kolaylıkla belirlenebilir ve pin uygulaması sırasında korunabilir (Marti and Miller, 1994a). Sartoryus kasının geniş kaudal başı tibianın kaudo-mediyaline bağlanarak tehlikeli bölgenin sınırını belirlemektedir. Muskulus tibialis kaudalis kasının tendosu mediyal malleus'a uzanarak distal tibia'daki mediyal güvenli koridorun kaudal sınırını belirler. Tibia'nın lateral yüzünde pin uygulanabilecek güvenli koridor yoktur (Şekil 2.16b). Kraniyal yüzünün ise neredeyse tamamı subkutan doku ile kaplıdır (Şekil 2.16c). Ayrıca proksimal bölümünde patellar ligament yer aldığından bu bölge pin uygulamak için güvenli değildir (Marti and Miller, 1994a).

Birinci seviyede güvenli koridor 75° olarak ölçülmüştür. Tehlikeli bölgenin sınırı, tibianın kaudal kaudo-mediyal kenarında yer alan sartoryus kası ile belirlenir. Geriye kalan bölge, güvenli olmayan bölge olarak tanımlanır. Bu bölgede n. peroneus, n. tibialis ve popliteal damarlar yer alır (Marti and Miller, 1994a) (Şekil 2.17a).

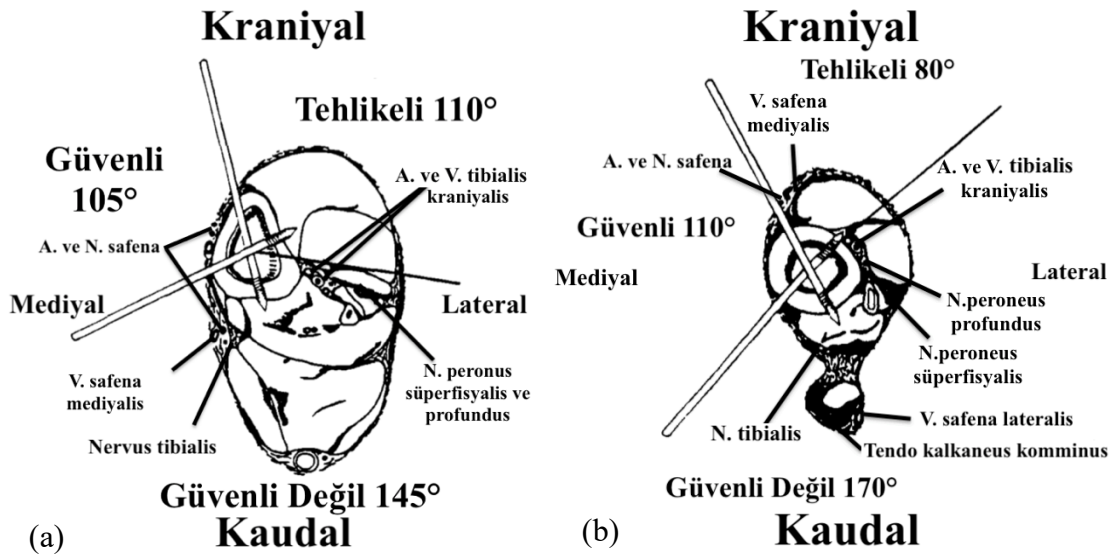
İkinci seviyede tibia'nın mediyal yüzeyi tamamen subkutan doku ile çevirili olduğundan bu seviyede güvenli koridor en geniş aralık olan 130° 'ye ulaşır. Kraniyal tibia'da yer alan damarlar ile popliteal damarların önemli kolları tibia'nın kaudo-lateral kenarında yer almakta ve tehlikeli bölgenin sonunu, güvenli olmayan bölgenin başlangıcını belirlemektedir (Marti and Miller, 1994a) (Şekil 2.17b).



Şekil 2.17. Köpek tibia'sında a: birinci ve b: ikinci seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli aralıkların görünümü (Marti and Miller, 1994a)

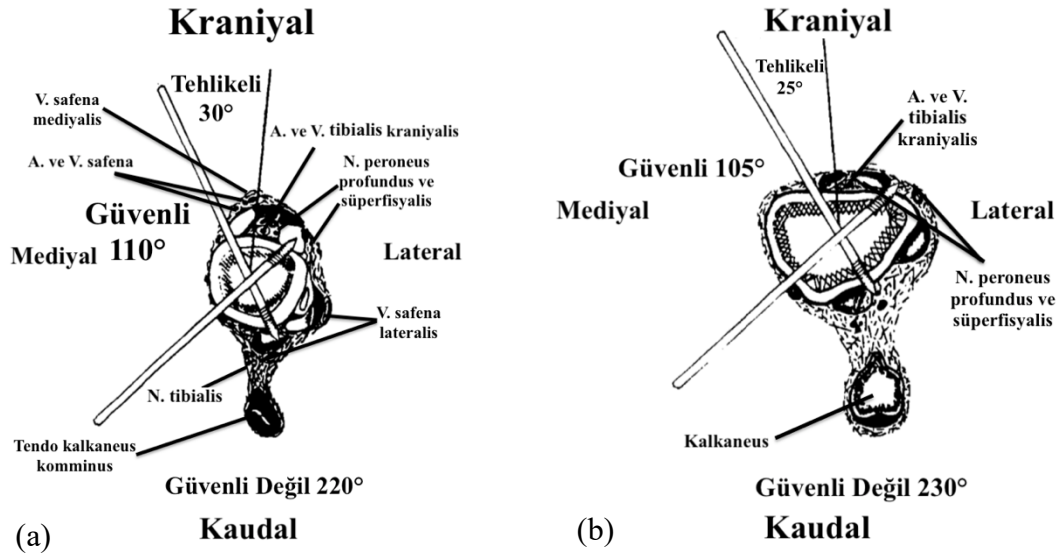
Üçüncü seviyede musculus tibialis kranialis kası orta hattan mediyale doğru geçmeye başladığından güvenli koridorun açısı 105° 'dir. Tehlikeli koridorun 110° olduğu bildirilmiştir. Bu seviyenin lateralinde arterya ve vena tibialis kranialis varlığı nedeniyle, tehlikeli koridorun açısı azalmaya başlamakta ve tibiannın sagittal orta hattına doğru yaklaşmaktadır (Marti and Miller, 1994a) (Şekil 2.18a).

Dördüncü seviyede musculus tibialis kaudalis kası tendosu mediyal güvenli koridorun kaudal sınırını belirler. Güvenli koridor, musculus tibialis kranialis kasının incelenerek distale yönelmesine bağlı olarak 110° 'ye kadar çıkar. Tehlikeli koridorun 80° 'ye kadar düştüğü bildirilmiştir (Marti and Miller, 1994a) (Şekil 2.18b).



Şekil 2.18. Köpek tibia'sında **a**: üçüncü ve **b**: dördüncü seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli aralıkların görünümü (Marti and Miller, 1994a)

Beşinci seviyede güvenli koridor, dördüncü seviye ile aynı kalırken, altıncı seviyede 105° 'ye kadar düşüş gösterir. Tehlikeli koridor ise beşinci seviyede 30° , altıncı seviyede 25° olarak ölçülmüştür (Marti and Miller, 1994a) (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. Köpek tibia'sında **a**: beşinci ve **b**: altıncı seviyelerdeki anatomik yapıların ve güvenli aralıkların görünümü (Marti and Miller, 1994a)

Köpek tibia'sında tehlikeli koridor genel olarak üçgen şeklindedir ve tibia'nın kraniyo-lateral bölgesine yer alır. Tibia'nın kraniyo-lateralinde yer alan m. tibialis kraniyalis, her kesitte tehlikeli koridorun mediyal sınırını belirlerken, kraniyal tibia damarlarının kaudal sınırı belirler. Tibia'nın vasküler yapıları proksimal posterio-lateral tibia sınırından, distal tibia'ya ilerledikçe oblik bir seyir izler. Tehlikeli koridorun derecesi proksimalden distale doğru yavaş yavaş azalır (Marti and Miller, 1994a).

Tehlikeli koridor proksimalden distale doğru azalarak en az 25°'ye kadar düşmektedir. Bunların dışında kalan bölge güvenli olmayan koridor olarak tanımlanır. Güvenli olmayan koridor kraniyal tibia'da yer alan damar yapıları, n. peroneus ve n. tibialis ile önemli muskulo-tendinöz yapıları barındırmaktadır (Marti and Miller, 1994a).

Eksternal fiksasyon uygulamasında tibia'nın mediyal yüzünün, pin uygulamak için en uygun yer olduğu bildirilmektedir. Bunun dışında, tibia'nın kraniyal yüzündeki proksimal 1/3'lük kısım hariç geriye kalan bölge pin uygulamaya uygundur. Ancak Tip 2 ESF çerçevelerinin uygulanmasında, tibia'nın lateral yüzünde sadece proksimal 1/3'lük bölümün tam pin uygulamaya uygun olduğu bildirilmiştir (James, 2014).

2.7.2. İnternal Fiksasyon Yöntemi

İnternal kırık fiksasyon yönteminin sağladığı mekanik stabilizasyon, kırık kemiğin vücut ağırlığını taşımasını, bacağın erken kullanımını ve kemiğin hızlı iyileşmesini sağlar. İnternal fiksasyonda amaç, her kırık fragmentini görerek anatomik

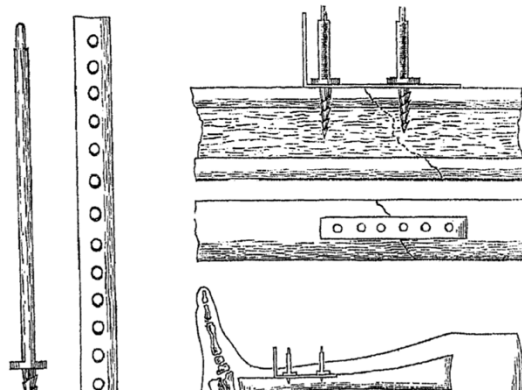
redüksiyon ve rijit stabilizasyon sağlamaktır. Böylece implant ve interfragmental yük paylaşımı desteklenir ve kemik iyileşmesine direkt katkıda bulunulur. Eklem içi veya büyüme plaklarını içeren kırıklarda anatomik redüksiyonun esas olduğu bildirilmektedir (Stiffler, 2004). İnternal fiksasyon yöntemini seçerken, sadece kırığın tipi değil birçok biyolojik, mekanik ve klinik parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekir (Aron et al., 1995). Ayrıca başarılı sonuç alınabilmesi için her hastaya uygun postoperatif rehabilitasyon uygulanması önerilmektedir (Stiffler, 2004).

İnternal fiksasyon uygulamasının seçiminde, kırığı meydana getiren ve fiksasyon tarafından nötralize edilecek kuvvetlerin belirlenmesi gerekir. İnternal fiksasyon oldukça rijit bir stabilizasyon sağlamasına rağmen, kırık iyileşmesi için olumsuz etkileri vardır. Ayrıca tam anatomik redüksiyon uygulanırken invaziv cerrahi yaklaşım gerektirdiğinden, kırığı çevreleyen yumuşak dokuları ve vaskülarizasyonu da bozmaktadır (Stiffler, 2004).

Veteriner ortopedide internal fiksasyonda kullanılan temel implantlar, pinler, teller, vidalar, plaklar ve kilitli medulla içi fiksasyon çivileridir. Bu implantların hem 316L paslanmaz çelik olanları hem de titanyum alaşım çeşitleri mevcuttur (Stiffler, 2004).

2.7.2.1. Plağın Tarihsel Gelişimi ve Plak ile Fiksasyon Yöntemi

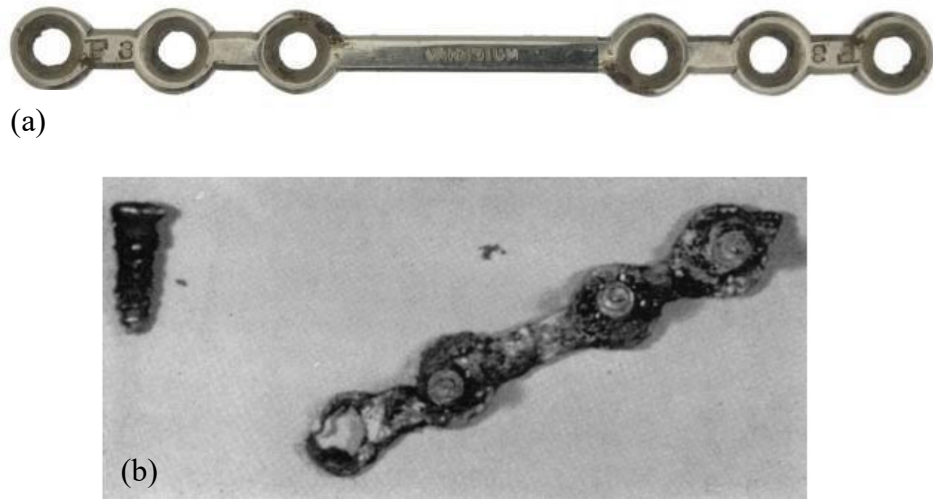
Kırıkların plak ile fiksasyonu uzun bir süredir uygulanmaktadır. Plak ile kırık stabilizasyonunun ilk kez 1886 yılında Alman bilim adamı “Carl Hansmann” tarafından uygulandığı bildirilmiştir (Hansmann, 1886). Hansmann’ın tasarladığı implantın, nikel kaplı çelikten imal edildiği ve kırık iyileşmesinin ardından perkutan olarak plağın uzaklaştırılmasını sağlayan bir çıkıntıya sahip kendine özgü bir yapısı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bu ilk plak örneğinde, plak kemiğe deri üzerinden çıkan uzun vidalar ile sabitlenmekteydi (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. Hansmann’ın plağının görünümü (Hansmann, 1886)

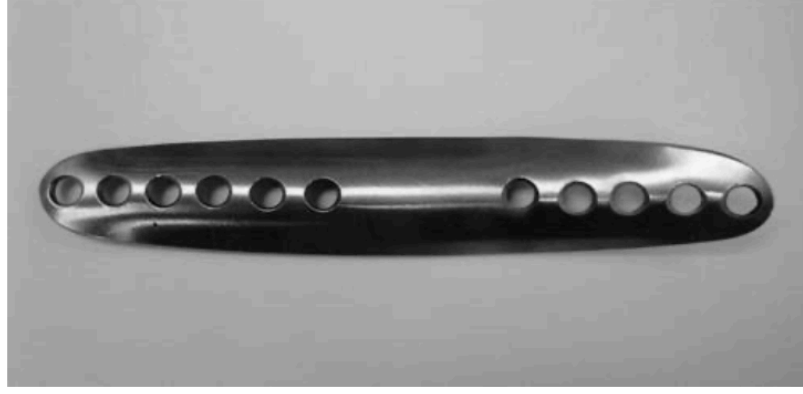
Bu plak zamanında devrim niteliği taşımasına rağmen, gerilim ve gerinim gibi temel biyomekanik konularda eksik kalması nedeniyle kullanımının sınırlı kaldığı bildirilmiştir. Plağın sadece kemik fragmentlerini sabit olarak tutan ve herhangi bir kompresyon uygulamayan bir bağlantı elamanı olarak işlev gördüğünden bahsedilmektedir (Biedrzycki, 2019).

İlk kez 1895 yılında metal bir plağın, tamamen internal olarak kırık fiksasyonunda kullanıldığı bildirilmiştir (Lane, 1895). Ancak bu uygulama sonrası plakta korozyon görüldüğü için kullanımından vazgeçilmiştir (Uthoff et al., 2006) (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. **a:** Lane'nin 6 delikli kemik plağının görünümü (Museum, 2020) ve **b:** Lane'nin plağındaki korozyonun görünümü (Uthoff et al., 2006)

Plak kullanılarak kırık stabilizasyonu bildirilmesinin ardından, Lambotte 1909'da ve Sherman 1912 yılında kendi plak uygulamalarını ve sonuçlarını bildirdiler (Lambotte, 1909; Sherman, 1912) (Şekil 2.22). Plağın zaman içinde metalürjik yapısında meydana gelen değişim sayesinde plak korozyona daha dirençli hale gelmiştir. Ancak ilk plak versiyonlarının en temel problemi yeteri kadar güçlü bir fiksasyon sağlayamamasıdır (Uthoff et al., 2006).



Şekil 2.22. Lambotte'nin plağının görünümü (Uhthoff et al., 2006)

Kemik plaklarının tasarımı zaman içinde değişime uğramaktadır. Eggers adlı araştırmacı 1948 yılında, üzerinde vidanın kaymasına izin veren iki uzun deliği bulunan bir plak tanımladı (Şekil 2.23). Bu plakta kullanılan vidaların kayması ile kırık kemik uçlarındaki rezorpsiyonun önlediği bildirilmiştir (Eggers, 1948). Ancak Eggers plağının zayıf yapıda olması nedeniyle kullanımı sınırlı kalmıştır (Uhthoff et al., 2006).



Şekil 2.23. Eggers plağının görünümü (Industries, 2020)

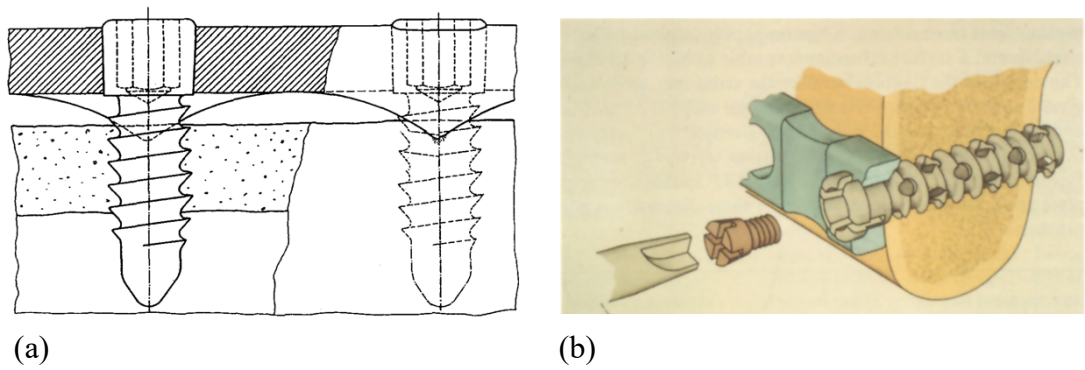
Eggers'in vida başının kaymasına izin veren plağı bildirmesinin ardından, Bagby ve Janes adlı araştırmacılar, 1957 yılında oval vida delikleri olan ve vida başlarının plak üzerinde kayarak kırık fragmentlerine kompresyon yapabilen yeni bir plak tanımladılar (Bagby and Janes, 1957; Bagby and Janes, 1958). Bu gelişmelerin ardından, daha önce Bagby ve Janes tarafından bildirilen oval delikli plağa oldukça benzeyen, “Dinamik kompresyon plağı” (DCP) olarak adlandırılan yeni bir plak bildirilmiştir (Perren et al., 1969; Uhthoff et al., 2006).

Dinamik kompresyon plağının avantajları arasında; maluniyon insidensinin düşük olması, stabil internal fiksasyon sağlaması ve herhangi bir eksternal immobilizasyona ihtiyaç duymaması yer almaktadır. Ancak DCP uygulaması sonrasında kaynama gecikmesinin meydana gelmesi, plak uzaklaştırıldıktan sonra yeniden kırıkların görülmesi, plak altında kalan kemikte kortikal kemik kaybı ve mikroskobik olarak kırık hattında kaynama meydana gelmemesi nedeniyle araştırmacılar plak tasarımını geliştirmeye çalıştılar (Uhthoff et al., 2006).

Bu amaçla, plağın kortikal kemik üzerindeki temasını azaltarak kortikal kemiğin

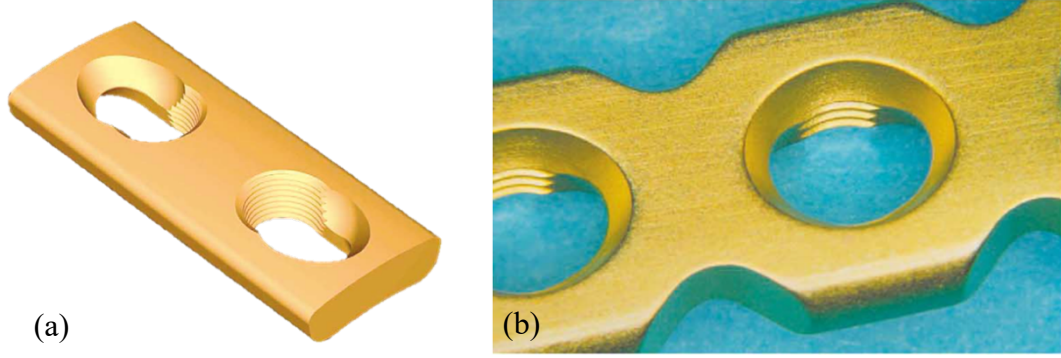
dolaşımını koruma fikri ortaya çıkmıştır. Bunun takiben periost teması DCP'ye göre %50 daha az olan “Sınırlı temas eden dinamik kompresyon plağı” (LC-DCP) geliştirilmiştir (Gauthier and Perren, 1992; Uthoff et al., 2006).

Plak ile periost temas yüzeyini azaltmaya yönelik bir başka tasarım daha geliştirilmiştir. “Nokta temaslı fiksasyon” (PC-Fix) olarak adlandırılan bu plak, periost temasını en aza indiren kendine has yapısıyla diğerlerinden ayrılmaktadır (Tepic and Perren, 1995; Uthoff et al., 2006) (Şekil 2.24 a). Nokta temaslı fiksasyon plaklarında vida kafası, vida deliklerinde konik bir bağlantı ile sabitlenerek anguler stabilite sağlar. Ayrıca bu konik bağlantı, monokortikal vida uygulamayı da mümkün kılar (Schütz and Südkamp, 2003). Benzer bir sistem mandibula rekonstrüksiyonu için geliştirilmiştir. Ancak bu sistemde vidanın plağa konik bağlantı yerine ek bir ekipman ile sabitlendiği bildirilmiştir (Sutter and Raveh, 1988; Tepic and Perren, 1995) (Şekil 2.24b).



Şekil 2.24. **a:** PC-fix plağının uzun kesitinin görünümü ve **b:** kilitli mandibular rekonstrüksiyon plağı ve vidayı plağa kilitleyen üçüncü elamanın görünümü (Sutter and Raveh, 1988; Tepic and Perren, 1995)

Nokta temaslı fiksasyon plaklarının bildirilmesiyle, monokortikal uygulanabilen kilitli vidaların kullanımı literatürde yer almaya başlamıştır (Tepic and Perren, 1995). Sonrasında hem vida başının kayabileceği hem de kilitlenebileceği bir plak prototipi geliştirilmiştir. Bu plak, kilitli kompresyon plağı (LCP) olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.25a). Hem kilitli hem de geleneksel vida uygulanabilen vida delikleri “Birleşik plak deliği” (Combined plate hole) olarak adlandırılmaktadır (Frigg, 2001). Kilitli kompresyon plaklarının dışında vidanın kilitlemesine izin veren “Unilock Sistem” olarak adlandırılan sistemler de geliştirilmiştir (Şekil 2.25b). Bu sistemlerin hem kilitli hem de kilitsiz vida uygulamasına izin veren türevleri de bulunmaktadır (Sommer, 2003).



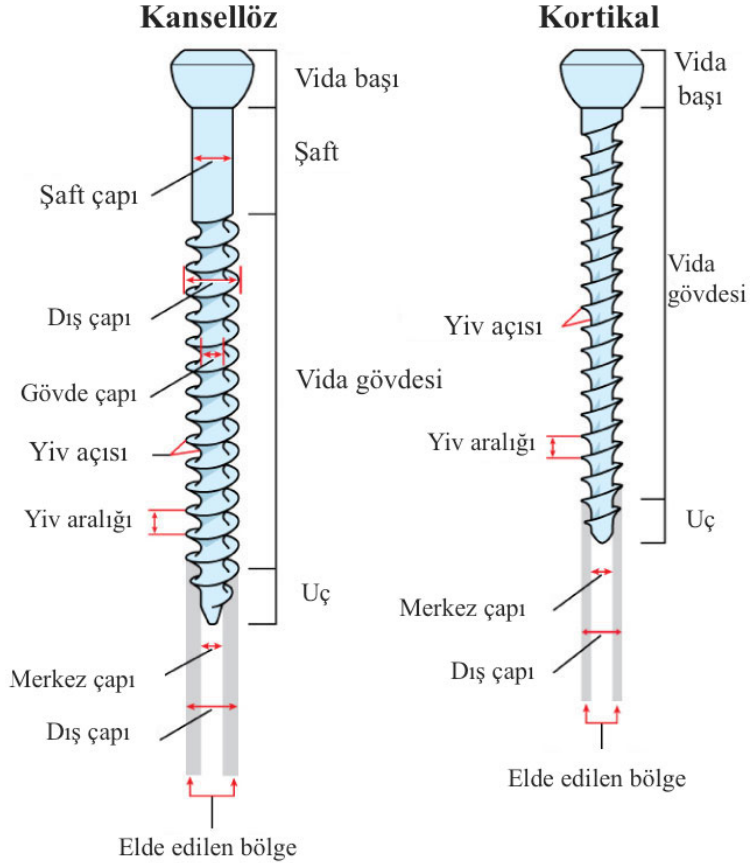
Şekil 2.25. Birleşik plak deliklerinin **a**: bir plakta (LCP) ve **b**: Unilock sistemde görünümü (Sommer, 2003)

Kilitli plaklar veteriner ortopedide ilk olarak, 2004 yılında malokluzyonu bulunan bir köpeğin mandibulasında kullanılmıştır (Boudrieau et al., 2004). Bu çalışmayı takiben 2005 yılında kompakt unilock sisteminin kullanımı bildirilmiştir (Keller et al., 2005). Bunu takiben LC-DCP ve LCP karşılaştıran ilk biyomekanik çalışmalar 2005 yılında yayınlanmıştır (Aguila et al., 2005).

Yapılan başka bir çalışmada, küçük hayvan ortopedisinde kullanılan 18 farklı plak, köprü fiksasyon modeli oluşturularak biyomekanik olarak test edilmiştir (Zahn et al., 2008). Bu çalışmadan elde edilen sonuçların, minimal invaziv osteosenteze (MIPO) temel oluşturduğu düşünülmektedir. Kilitli plakların, tibia plato düzleştirme osteotomisi, vertebra kırıkları ve artrodezde kullanıldığı bildirilmiştir (Fitzpatrick et al., 2012; Leitner et al., 2008; McKee and Downes, 2008). Bu bildirimleri takiben, kilitli plakların veteriner ortopedide kullanımı yaygınlaşmıştır (Maritato, 2019).

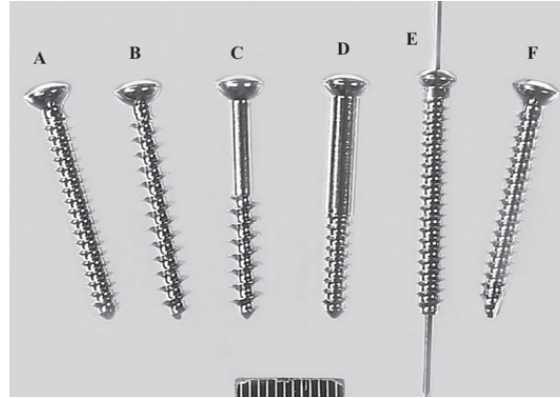
2.7.2.2. Vida Tipleri ve İşlevleri

Kemiğe uygulanan vidalar, yiv yapısına göre temel iki gruba ayrılır. Kortikal kemiğe uygulamaya uygun, daha küçük yiv aralığına sahip vidalar kortikal vidalar olarak adlandırılırken, kansellöz kemiğe uygulamaya uygun daha geniş yiv aralıklarına sahip vidalar kansellöz vidalar olarak adlandırılır (Johnston et al., 2012) (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Kansellöz ve kortikal vidanın şematik görünümü (Johnston et al., 2012)

Bu vidalara ek olarak vida gövdesi tamamen yiv ile kaplı olmayan vidalar da vardır. Bu vidalar parsiyel yivli vidalar olarak adlandırılır ve “Lag vidası” olarak da bilinir. Lag vidası uygulandığında yakın kortekse tutunmayıp uzak kortekse tutunur. Bu sayede uzak korteksi yakın kortekse doğru yaklaştırarak kompresyon uygular. Meydana gelen bu fragmentler arası kompresyon etkisi “Lag etkisi” olarak adlandırılır (Beale, 2014) (Şekil 2.27).

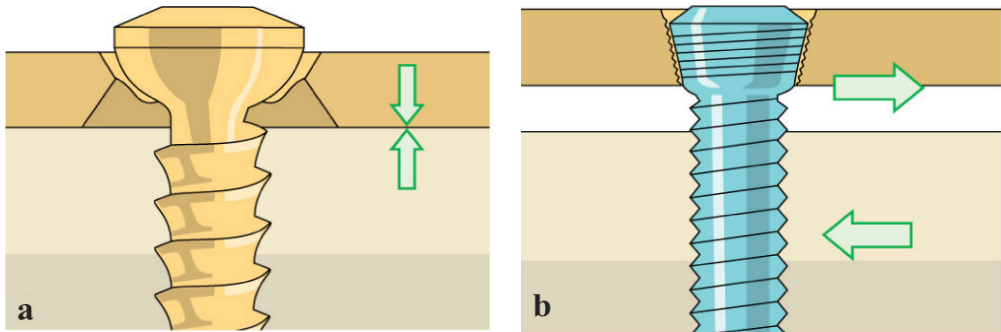


Şekil 2.27. Kırık stabilizasyonunda kullanılan genel 3,5 mm vida tiplerinin görünümü. **a:** Kortikal vida, **b:** kansellöz vida, **c:** parsiyel yivli kansellöz vida, **d:** parsiyel yivli kortikal vida, **e:** kanüllü vida ve **f:** kendi yivini açabilen vida

Minimal invaziv uygulama için geliştirilen ve içinde vidanın uzun ekseninden geçen kanal bulunan özel bir vida türü daha vardır. Bu vidalar kanüllü vida olarak adlandırılır. Bu boşluk Kirschner teli kılavuzluğunda uygulanabilmesine imkân tanır (Johnston et al., 2012).

Vida uygulamasında, kemiğin vida çapına uygun bir matkap ucu ile delinmesi gerekir. Sonrasında vida çapına uygun olacak şekilde kemiğe yiv açılmalıdır. Bu yiv açma işlemi “Tapping” olarak adlandırılır. Kendi yivini açan (Self tapping) vidaların geliştirilmesiyle vida uygulamasının hız kazandığı bildirilmiştir (Andrea et al., 2002). Bu vidaların kendine has uç yapısı vardır. Bu vidaların ucunda yer alan oluk şeklindeki kesici uç sayesinde vida sıkıldıkça kendine yiv açar (Johnston et al., 2012). Kendi yivini açan vidalar ile geleneksel vidaların tutuş gücünü karşılaştıran bir çalışmaya göre, kendi yivini açan vidalar uzak korteksten ≥ 2 mm çıktığında geleneksel vida ile eşit tutuş gücüne sahip olduğu bildirilmiştir (Murphy et al., 2001). Ayrıca bazı araştırmacılara göre, kendi yivini açan vidaların kullanımı vida kaybı insidensini de azalmaktadır (Beosier et al., 2010).

Kemiğe direkt uygulanan vidalar, pozisyon vidası olarak adlandırılır. Özellikle kompleks eklem içi kırıklarda ve kollaps riski olduğunda tercih edilir. Vida kullanımının temel amacı plağı kemiğe sabitlemektir. Kilitli olmayan vida sıkıldığında, vida plağı kemiğe doğru sıkıca çeker. Bu çekim sonrasında ortaya çıkan basınç miktarını, vidanın çapı ve uygulandığı kemiğin niteliği direkt olarak etkiler. Vida başı plak üzerinde yer alan yivlere direkt olarak kilitlenen vidalar “Kilitli vida” olarak adlandırılır. Kilitli vidalar plağı, kemiğe doğru yaklaştırmadan sabitler. Bu temel farklılık kilit mekanizmasının sağladığı anguler stabilizasyon ile meydana gelir (Johnston et al., 2012) (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. **a:** Kilitli olmayan vidanın kemiğe uygulanması ve plak kemik arasında meydana gelen kuvvetin görünümü (oklar) ve **b:** kilitli plaklarda uygulanan vidanın sağladığı anguler stabilizasyonun şematik görünümü (oklar) (Johnston et al., 2012)

Geleneksel vidalar ile kilitli vidalar arasında yapısal birçok farklılık vardır. Geleneksel vidanın, çekme kuvvetine dayanabilmesi için geniş ve asimetrik yiv yapısı bulunurken, kilitli vidalar dar ve simetrik bir yiv yapısına sahiptir. Bu yapısal farklılık sayesinde kilitli vidalar, çekme ve kemiğe ilerlemede eşit derecede kuvvet uygular (Şekil 2.29). İki vida arasındaki bu temel yapısal farklılığın bir sonucu olarak, geleneksel vidanın gövde çapı kilitli vidaya göre daha küçüktür. Bu sayede kilitli vida geleneksel vidaya göre makaslama kuvvetine 2, bükülmeye 3 kat daha dayanıklıdır (Cronier et al., 2010).



Şekil 2.29. Kilitli ve geleneksel vidalar arasındaki yiv ve gövde çapı farkının görünümü

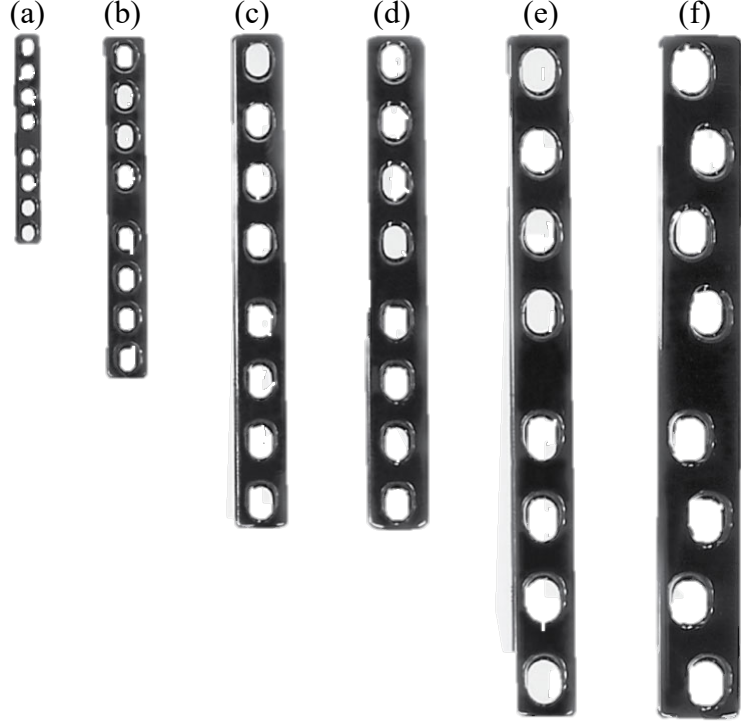
2.7.2.3. Dinamik Kompresyon Plağı (DCP)

Dinamik kompresyon plakları, özel oval vida delikleri sayesinde, kırık hattına aksiyal kompresyon uygulayabilen plaklardır (Johnston et al., 2012) (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. DCP'nin interfragmental kompresyon yapmasına izin veren vida deliğinin uzun kesitinin görünümü (Schatzker et al., 1998)

Veteriner ortopedide, kullanılan vida çapına göre 2,0-2,7-3,5-4,5 mm ölçülerde DCP plakları vardır (Şekil 2.31). Bu plakların 3,5 ve 4,5 mm dar ve geniş olmak üzere iki türü bulunur. Bunlardan 3,5 mm geniş DCP ile 4,5 mm dar DCP benzer profile sahiptir. Ancak 3,5 mm geniş DCP daha rijittir. Ancak geniş DCP'lere yapısal özelliklerinden dolayı şekil verilmesi zordur (Johnston et al., 2012).



Şekil 2.31. DCP çeşitleri. **a:** 2,0 mm, **b:** 2,7 mm, **c:** 3,5 mm dar, **d:** 3,5 mm geniş, **e:** 4,5 mm dar, **f:** 4,5 mm geniş (Johnston et al., 2012)

Bu plaklarda vida, nötralizasyon ve kompresyon olmak üzere iki türlü uygulanabilir. Vida deliğinin ortasından vida uygulanıyorsa nötralizasyon, kenarından uygulanıyorsa kompresyon yapan vida uygulanmış olur. Nötralizasyon yapan vida uygulandığında, vida kemiği plağa doğru yaklaştırır ve sıkı bir şekilde sabitler. Kompresyon yapan vida uygulandığında ise vida başı vida deliğinde kayarak ilerler ve kırık hattına bir kompresyon yapar. Çoğu zaman kompresyonu sağlamak için tek vidanın yeterli olduğu bildirilmektedir. Nötralizasyon ve kompresyon yapan vida uygulayabilmek için özel bir kılavuza ihtiyaç duyulur (Prieur, 2013).

Dinamik kompresyon plaklarının vida delikleri, yaklaşık olarak transversal düzlemde 7° , longitudinal düzlemde 25° 'ye kadar açılı vida uygulamasına izin verir. Böylece kırığın şekline göre vida farklı açılarda konumlandırılabilir (Johnston et al., 2012).

Malunyon insidensinin düşük olması ve rijit internal fiksasyon sağlaması DCP'nin temel avantajları arasında gösterilmektedir (Uthoff et al., 2006). Ancak DCP uygulamasından sonra kaynama gecikmesi görülmesi, plak çıkarıldıktan sonra stres artışına neden olan kalıcı kırık hattı oluşması ve plak altında kalan kemikte kortikal kemik kaybı meydana gelmesi gibi belirgin dezavantajları da bulunmaktadır (Uthoff et al., 2006). Kırık hattında meydana gelen kompresyonun osteoblastik etkiyi

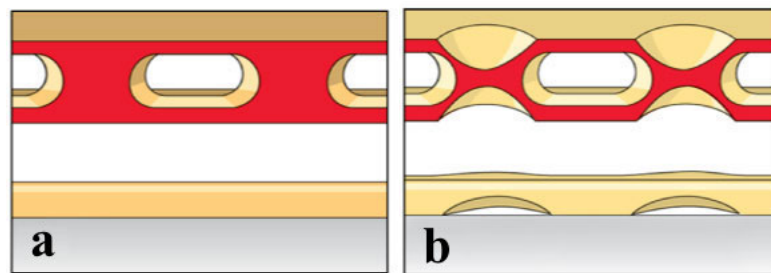
olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (Cross, 2012). Ayrıca plak altında kalan kemiğin radyolojik takibinin zor olduğu da bildirilen bir diğer dezavantajdır (Uthoff et al., 2006).

Plak kemik temasına bağlı olarak meydana gelen kemik nekrozunu değerlendiren bir çalışmada, nekrozun direk olarak kemiğe temas eden plak yüzeyinin miktarıyla ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Gautier et al., 1995). Plak temas alanıyla meydana gelen kemik nekrozu arasındaki korelasyon, köpeklerde de bildirilmiştir (Lippuner et al., 1992). Kırık hattında meydana gelen kemik nekrozu ve rezorpsiyonu, plağın altında kalan korteksin iyileşmesini geciktirir. Fokal kemik nekrozu ve plak altında kalan kortekste meydana gelen kaynama gecikmesinin, plak uzaklaştırıldıktan sonra kemiğin tekrar kırılmasına neden olabileceği söylenmiştir (Gautier et al., 1995).

Wolff yasasına göre kemik, üzerine etki eden kuvvetlere göre yeniden şekillenmektedir. Plak uygulanan kemikte meydana gelen osteoporozun başlangıçta, Wolff yasasına göre stres koruma sonucunda meydana geldiği düşünülmüştür (Tonino et al., 1976; Uthoff et al., 1994). Ancak plak altında kalan kemikte meydana gelen osteoporozun, stres korumadan daha çok kemik dolaşımının bozulması ve nekroz sonucu görüldüğü ortaya konmuştur (Perren et al., 1988).

2.7.2.4. Sınırlı Temas Eden Dinamik Kompresyon Plağı (LC-DCP)

Dinamik kompresyon plağının periosteum yüzeyine teması nedeniyle meydana gelen komplikasyonları göz önünde bulunduran araştırmacılar, periosteum yüzeyine daha az temas eden “LC-DCP” plağını geliştirmişlerdir. Bu plağın periosteum yüzeyine bakan kısmında yer alan çentikleri sayesinde daha az (yaklaşık %50) temas ettiği bildirilmiştir (Allgöwer et al., 1991; Gauthier and Perren, 1992) (Şekil 2.32).



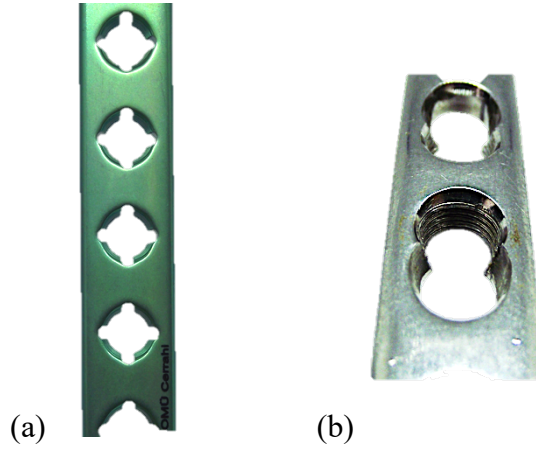
Şekil 2.32. **a:** DCP ve **b:** LC-DCP'nin periosteum temas yüzeylerinin görünümü (Johnston et al., 2012)

Sınırlı temas eden dinamik kompresyon plaklarında vida delikleri arasında yer alan çentikler sadece plak ile kemik arasında temas yüzeyini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda plak dayanıklılığının bütün plak üzerine düzgün bir şekilde dağılmasını sağlar.

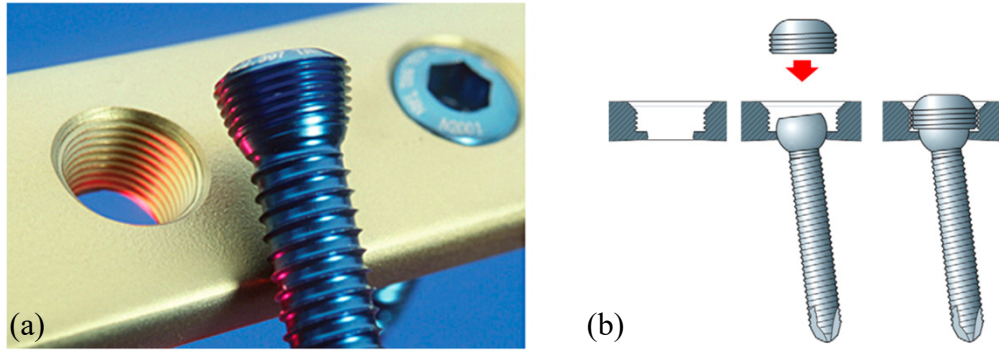
Geleneksel plaklarda bu kuvvet dağılımı düzgün değildir ve özellikle vida delikleri etrafı oldukça zayıftır. Bu özelliği sayesinde LC-DCP'ye daha rahat şekil verilebilir (Perren, 1998).

2.7.2.5. Kilitli Plaklar

Vida başı plak deliklerine kilitlenen plaklar, kilitli plak olarak adlandırılırlar. Kilitli plaklar, sabit açılı vida uygulanabilen ve 15°'ye kadar açılı vida uygulanabilen plaklar olmak üzere temelde iki tiptir (Şekil 2.33). Vida kilit mekanizması ele alındığında, direkt olarak vida başı plağa kilitlenen ve vida başı yardımcı bir aparat ile kilitlenenler olmak üzere iki tip kilit mekanizması bulunmaktadır (Cronier et al., 2010) (Şekil 2.34).



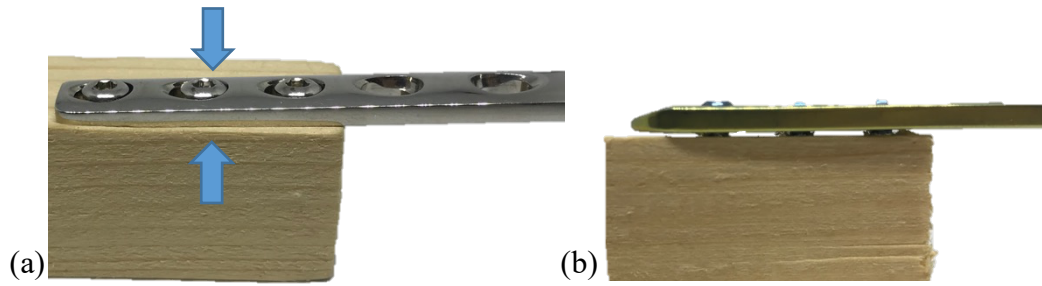
Şekil 2.33. Kilitli plak tiplerinin görünümü. **a:** Açılı ve **b:** sabit açılı vida uygulamaya izin veren plakların görünümü



Şekil 2.34. Farklı kilit mekanizmalarının görünümü. **a:** Vida başı direkt olarak kilitlenen AO kilit sistemi ve **b:** Vida kilitlemek için ek aparat kullanılan Zimmer'in kilitli plak sisteminin görünümü (Cronier et al., 2010)

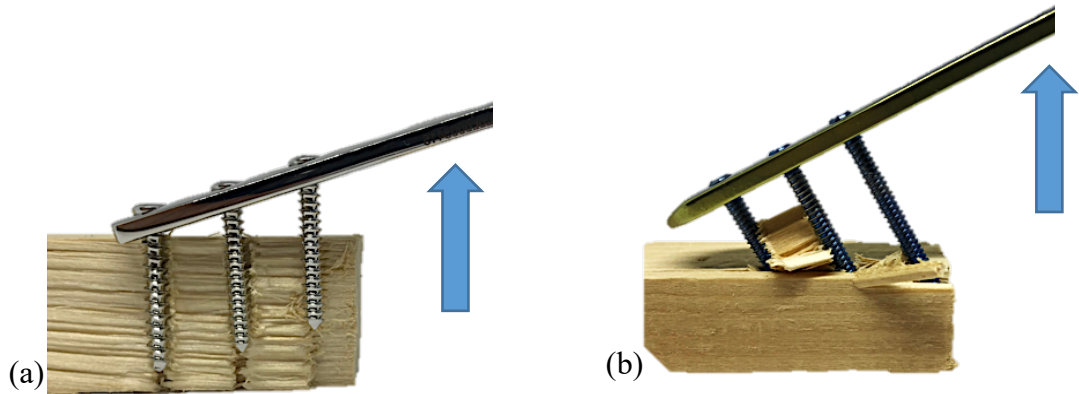
Geleneksel plaklarda stabilizasyon, vidanın plağı kemiğe doğru sıkıştırmasıyla sağlanır (Şekil 2.35a). Bu sistemlerde plak oldukça sıkı bir şekilde kemiğe sabitlenmesine rağmen, vida neredeyse sadece çekip çıkarılma kuvvetine karşı dayanıklıdır. Plağı kemiğe sabitleyen vidaların birinde gevşeme meydana geldiğinde

ve plak aksiyal doğrultuda bir kuvvete maruz kaldığında, plak ve vidada kayma gözlemlenebilir (Cronier et al., 2010). Kilitli plaklarda stabilizasyon, vida başının vida deliğine kilitlenmesiyle sağlandığından, plak-vida ve kemik bağlantısı oldukça güçlüdür. Kilit mekanizmasının sağladığı avantaj sayesinde kilitli plak sistemi, aksiyal doğrultuda bir kuvvete karşı geleneksel plak sistemine göre daha dayanıklıdır (Şekil 2.35b). Ayrıca geleneksel plaklarda, sistemin aksiyal ve bükülme kuvvetine olan direnci, sistemde bulunan vidaların ayrı ayrı dirençlerine bağlıyken bu durum kilitli plaklarda oldukça farklıdır. Kilitli sistemlerde vidalar, tek bir yapı halinde davranırlar. Bu nedenle bu sistemlerde direnç, bütün vidaların dirençlerinin toplamına eşittir. Kilitli sistemlerde vidanın gevşeme insidensi de düşüktür (Biedrzycki, 2019; Cronier et al., 2010).



Şekil 2.35. **a:** Geleneksel plakta plak yüzeyi ilişkisinin (oklar) ve **b:** Kilitli plakta angüler stabilizasyonun model üzerinde görünümü

Kilitli plak ve geleneksel plak sistemleri, bükülme kuvvetlerine maruz kaldıklarında, yapısal farklılıklarından dolayı farklı davranırlar. Geleneksel plaklarda vidalar, sıralı olarak yerinden çıkarken, kilitli plaklarda vidalar tek gövde olarak hareket eder ve zorlanarak çıkarlar (Şekil 2.36). Bu nedenle kilitli plaklarda geleneksel plaklara göre daha sağlam bir stabilizasyon sağlanır (Biedrzycki, 2019; Cronier et al., 2010).

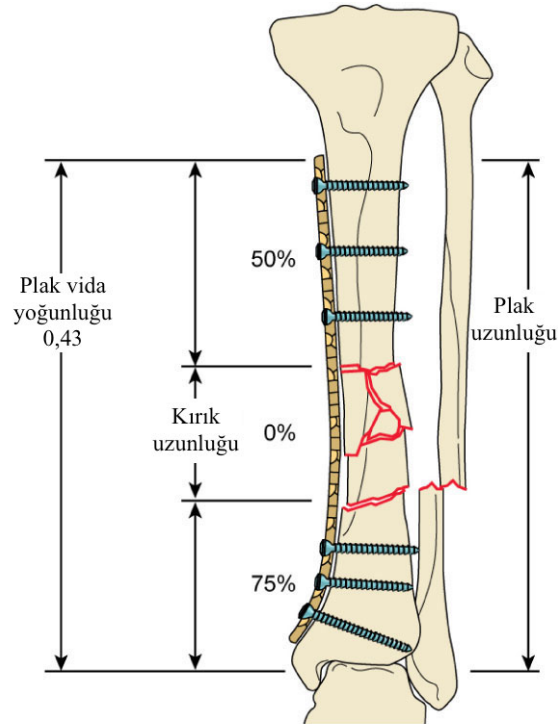


Şekil 2.36. Bükülme kuvvetine (oklar) maruz kalan plakların görünümü. **a:** Geleneksel plaktaki vidaların sıralı olarak yerinden çıkması ve **b:** Kilitli plaktaki vidaların tek gövde olarak davranışının model üzerinde gösterimi

Kilitli kompresyon plaklarında DCP'lerin aksine plağa, kemiğin tam anatomik şekline göre şekil vermeye gerek yoktur. Ancak plağın kemikten çok uzaklaşmaması için plak bükücü ile bükülebilir. Ayrıca LCP'lerde kilitli vidalar gereklilik halinde monokortikal de uygulanabilir (Dahlberg and Bruecker, 2019).

Kilitli plak ile stabilizasyonda, kırık kemiğin vücut ağırlığını taşıması sırasında yeteri kadar stabilizasyon sağlanması amaçlanır. Yeterli mekanik stabilizasyon yapılabilmesi için bazı faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Bu faktörler; kırık fragmentleri arasındaki mesafe, çalışma uzunluğu (her iki kırık fragmentinde yer alan ilk vidalar arasındaki mesafe), vida sayısı ve pozisyonu, plak uzunluğu, plak kemik arası mesafe ve implantın materyal özellikleridir (Stoffel et al., 2003).

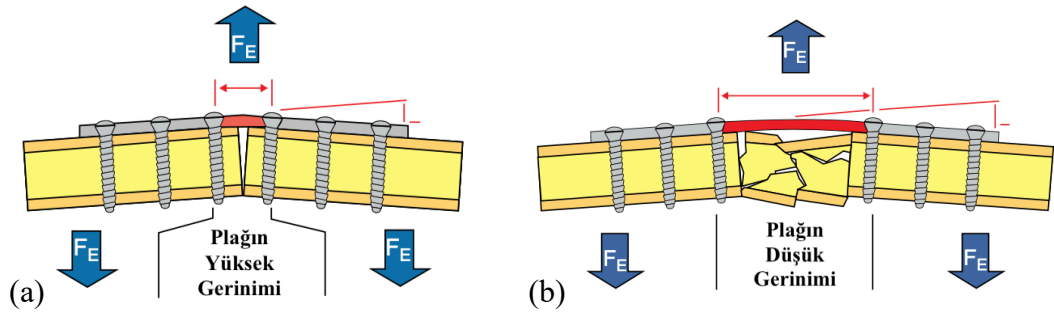
Optimum vida oranı (vida sayısı / plak üzerindeki delik sayısı) küçük hayvan ve insanlarda fragment başına 0,4-0,5 olması gerektiği ifade edilmektedir (Gautier and Sommer, 2003; Hertel et al., 2001) (Şekil 2.37). Daha az vida uygulanması, vida başına düşen yükü azaltarak plak üzerinde düşen yükün artmasına neden olur (Gautier and Sommer, 2003).



Şekil 2.37. Plak vida oranının kırık fragmentleri üzerindeki görünümü (Hipp and Hayes, 2009)

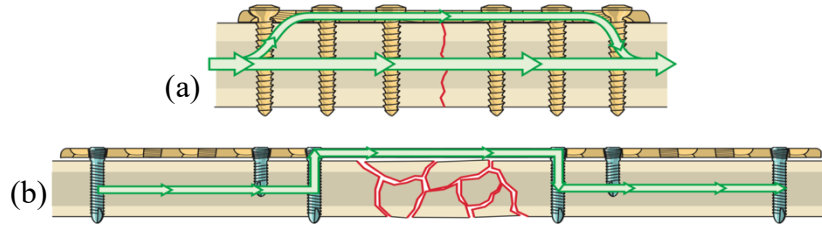
Kilitli plak uygulamasında plak üzerinde ki bütün vida deliklerinin doldurulması ile bazılarının boş bırakılması arasında oldukça farklı biyomekanik sonuçlar meydana gelir. Örnek olarak; vida uygularken kırığın her iki tarafında bir vida deliğinin boş

bırakılması, stabilizasyonu kompresyonda %60 ve torsiyonda %30 daha esnek hale getirmektedir. Çalışma uzunluğu, aksiyal ve torsiyonal sertlik üzerinde, dolayısıyla kırık stabilitesi üzerinde doğrudan etkilidir. Bu nedenle, kırık fragmentleri arasında mesafenin 2 mm'den az olduğu basit kırıklarda, kırık hattına yakın bir veya iki vida deliğinin boş bırakılması tavsiye edilmektedir. Ancak parçalı kırıklarda, her iki kırık fragmentinde kırık hattına en yakın yerden vida uygulanması önerilmektedir (Stoffel et al., 2003) (Şekil 2.38). Vida sayısı göz önünde bulundurulduğunda fragment başına 3 vida uygulanması önerilirken, 4 ve üzeri vida uygulamalarının sadece torsiyonal kuvvetlere karşı sınırlı miktarda dayanıklılığı arttırdığı bildirilmiştir (Biedrzycki, 2019; Cronier et al., 2010; Stoffel et al., 2003).



Şekil 2.38. Kırık fragmentleri arasındaki mesafenin **a**: dar ve **b**: geniş olduğu durumlarda, plağın maruz kaldığı gerininin görünümü (Gautier and Sommer, 2003)

Kilitli plaklar ve geleneksel plaklar arasında bazı yapısal farklılık bulunmaktadır. Kilitli vidaları sayesinde plağı kemiğin hemen üzerinde sıkıca tutması nedeniyle de kemiğe çok yakından uygulanan bir eksternal fiksasyon sistemi gibi davranırlar. Aslında kilitli plaklar, geleneksel plaklara göre daha az rijit sistemlerdir. Geleneksel plaklar, kırık fragmentleri arasındaki gerinimi %2'nin altında tutarak oldukça rijit bir stabilizasyon ve primer kırık iyileşmesi için ortam sağlarlar. Kilitli plaklar eksternal fiksator gibi davranır ve kırık fragmentleri arasındaki gerinimi %10'un altında tutarak sekonder kırık iyileşmesini sağlarlar. Bu nedenle kilitli plaklara geleneksel plaklar gibi yaklaşılması ve geleneksel plağın biyomekanik davranışlarının beklenmesi doğru değildir (Barnhart, 2019; Biedrzycki, 2019; Cronier et al., 2010; Gautier and Sommer, 2003) (Şekil 2.39). Periartiküler ve güçlü stabilizasyonun gerek duyulduğu yerlerde DCP'ler tercih edilirler. Kilitli plaklar ise minimal invaziv ve indirekt redüksiyon uygulamalarında, kemik niteliği yetersiz olduğunda ve parçalı kırıkların köprü stabilizasyonunda sıklıkla tercih edilmektedir (Biedrzycki, 2019).



Şekil 2.39. Vücut ağırlığını taşıma sırasında, **a**: Kilitli olmayan plak ve **b**: Kilitli plakta yük aktarımının görünümü (Wagner and Frigg, 2009)

Geçmiş yıllarda plak ile yapılan stabilizasyonlardan sonra kallus görünümü, yetersiz stabilizasyon olarak yorumlanmaktaydı. Günümüzde kallus oluşumu ile sekonder iyileşme görülmesi hızlı ve olumlu bir reaksiyon olarak kabul edilmekte ve amaçlanan bir durum haline gelmektedir. Osteosentezde meydana gelen bu değişim aşırı rijit stabilizasyon yerine, biyolojik esnek stabilizasyonun tercih edilmesiyle meydana gelmiştir (Palmer, 1999; Stoffel et al., 2003). Ancak esnek stabilizasyon ile kaynama yokluğuna neden olan yetersiz stabilizasyon arasında ince bir çizgi olduğu da unutulmamalıdır (Stoffel et al., 2003).

2.7.3. Kilitli Plakların Eksternal Uygulanması

Plakların eksternal fiksator olarak kullanımı, literatürde ilk olarak beşerî hekimlikte bildirilmiştir. Rutinde kullanılan eksternal fiksatorlerin kaba yapıda olması, plakların eksternal olarak kullanım fikrini ortaya çıkarmıştır (Marti and Besselaar, 1984).

Beşerî hekimlikte eksternal fiksatorün, ileri derecede yumuşak doku hasarı ile birlikte görülen açık kırıklarda, enfeksiyonun olduğu kaynama yokluğunda ve septik artritiste uygulandığı bildirilmiştir. Ancak beşerî hekimlikte kullanılan eksternal fiksatorlerin büyük, ağır ve hantal olduğu, insanların günlük aktivitelerini kısıtladığı ifade edilmektedir. Eksternal fiksatorlerin var olan bu dezavantajları doğrultusunda, bir alternatif olarak, plakların eksternal fiksator gibi kullanımı ortaya çıkmıştır (Kerkhoffs, et al., 2003; Marti and Besselaar, 1984; Marti and van der Werken, 1991).

İlk gündeme geldiği yıllarda, bugün kullanılan kilitli plaklar olmadığı için, kilitsiz plaklar bu amaç için kullanılmıştır. Kilitsiz plaklarda, vida başının vida deliğine tutturulması için ek olarak pul ve bir somundan yararlanılmıştır. Bu yardımcı ekipmanlar sayesinde, vida plak üzerindeki deliğe vasıtalı olarak sabitlenmiştir (Kerkhoffs, et al., 2003; Marti and Besselaar, 1984; Marti and van der Werken, 1991). Bu yeni yöntemin sonuçlarının olumlu olduğu ve plağın normal eksternal çerçevesine

kıyasla, hasta için daha uygun olduğu ifade edilmiştir (Kerkhoffs, et al., 2003). Ayrıca plak deri mesafesi, fiksasyon çerçevesi deri mesafesine göre çok daha yakın olduğundan, bu durumun stabiliteye katkı sağlayacağından bahsedilmektedir. Plaklar eksternal fiksator gibi kullanıldığında, vida güçlü bir şekilde plağa sabitlendiğinden vida gevşemesine bağlı implant kaybı nadir olarak meydana gelmiştir. Bunlara ek olarak, sistemin ucuz ve kolay bir şekilde herhangi bir ek ekipman gerektirmeden uygulanabilir olması, temel avantajları arasında sayılmaktadır (Marti and van der Werken, 1991).

Ticari olarak satılan ve “ZESPOL” olarak adlandırılan başka bir plak sisteminin, bu amaç için kullanıldığı literatürde yer almıştır (Ramotowski and Granowski, 1991). Daha sonra 2003 yılında DCP eksternal olarak kullanılmış ve bu yöntem “Superkutanöz Plak Fiksasyonu” olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada, vida deliğine vidayı sabitlemek için benzer ek ekipmanlar kullanılmıştır (Kerkhoffs, et al., 2003). Bu çalışmaların ardından, 2007 yılında bir insanda maddi kayıplı tibia kırığında, LCP ana kırık segment stabilizasyonunda kullanılmıştır (Apivatthakakul and Sananpanich, 2007). Daha sonra, 2009 yılında LCP’nin eksternal olarak kullanımı bildirilmiştir. Kilitli plaklarda vidanın kilitlenmesinde herhangi bir ek malzemeye ihtiyaç olmadığından operasyon süresinin kısaldığı ifade edilmektedir. Ayrıca standart eksternal fiksatorlerde, çok fazla çıkıntı ve kenarın bulunduğu hastaya bu yapıların zarar vermemesi için kaplanması gerektiği vurgulanmaktadır. Kilitli plaklar ve vidaları düşünüldüğünde, eksternal olarak deri üzerinde hastaya zarar verebilecek bir durumunun olmadığı bildirilmiştir (Kloen, 2009). Kilitli kompresyon plaklarını eksternal uygulamanın dezavantajları; plak ve vidaların tekrar kullanılamaması ile kilitli vidaların sadece dik açı ile uygulanabilmesi olarak tanımlanmıştır (Kloen, 2009).

Veteriner literatürde, plağın eksternal uygulanması “Suprakutanöz Plak” olarak yer alır. Zespol sistemi 1995 yılında 7 köpek ve 1 keçide açık kırık tedavisinde uygulanmıştır (Kłos et al., 1995). Daha sonra, 2011 yılında bir kartalın tarsometatarsal kırığında LCP eksternal olarak uygulanarak sonuçları bildirilmiştir (Montgomery et al., 2011). Bu gelişmelerin ardından 2,5 mm “Fixin” kilitli plağı bir kedinin tibia’sına kapalı olarak uygulanmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Nicetto and Longo, 2017). Konu ile ilgili son çalışma 2019 yılında 5 köpekte yapılmıştır. Bu çalışmada radius/ulna ve tibia kırıklarında 2,5 mm ve 3,5 mm Fixin kilitli plağı uygulanarak sonuçlar bildirilmiştir (Nicetto and Longo, 2019).

Bu uygulama veteriner literatürde kısıtlı hasta sayılarında uygulanmış ve sadece kısa dönem sonuçları tartışılmıştır. Bu tez çalışmasında, kilitli plakların eksternal uygulanmasının kedi ve köpeklerde geniş olgu sayılarında uygulanarak klinik, radyografik ve bilgisayarlı tomografi (BT) ile değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Böylece veteriner literatürde yeterli bilgi sahibi olmadığımız kilitli plakların, eksternal uygulanmasıyla ilgili avantaj ve dezavantajlarını tartışıp, literatüre katkıda bulunacağı düşüncesindeyiz.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

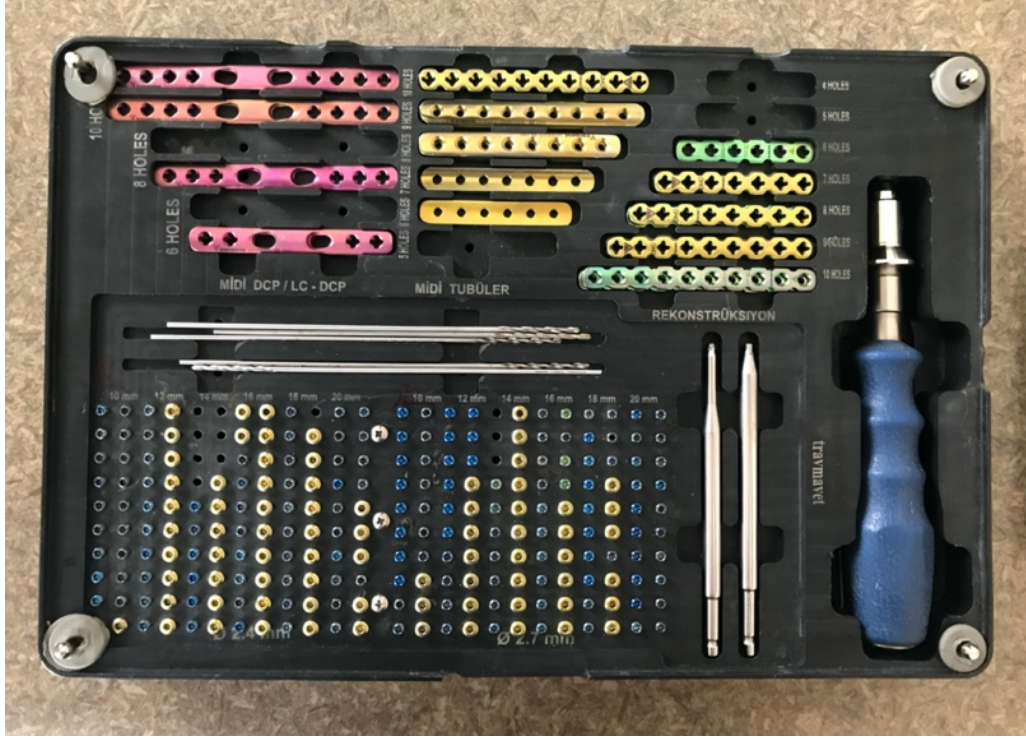
Bu tez çalışmasında, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Eğitim Uygulama ve Araştırma Hastanesine getirilen, travma nedeniyle distal uzun kemik kırığı meydana gelen, toplam 30 kedi ve köpeğe (n:15 kedi ve n:15 köpek) kilitli plaklar eksternal olarak uygulanarak, kırık stabilizasyonu yapıldı. Üç ay ile 12 yaş arasında, radius/ulna veya tibia'sında diyafizier proksimal, orta ve distal bölgede kırığı olan ve fragment başına en az 2 vida uygulanabilen olgular bu tez çalışmasına dahil edildi.

Tez çalışmasına dahil edilecek hastaların önce eşkal bilgileri (ırk, yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı, eşlik eden diğer lezyonlar ve çoklu kırık varlığı) hayvanların tanımlanması için kaydedildi. Ayrıca olguların travma geçirdikten sonra stabilizasyona kadar geçen zaman, travmadan sonra geçen zaman olarak tanımlandı ve not edildi. Hastaların genel klinik muayenesi yapıldı. Hasta anestezi almadan önce, kan değerlerinin referans aralıkta olduğunu doğrulamak amacıyla, rutin laboratuvar (hemogram ve serum biyokimya) testleri için kan örnekleri alınıp laboratuvara gönderildi. Daha sonra hastanın detaylı ortopedik muayenesi yapıldı.

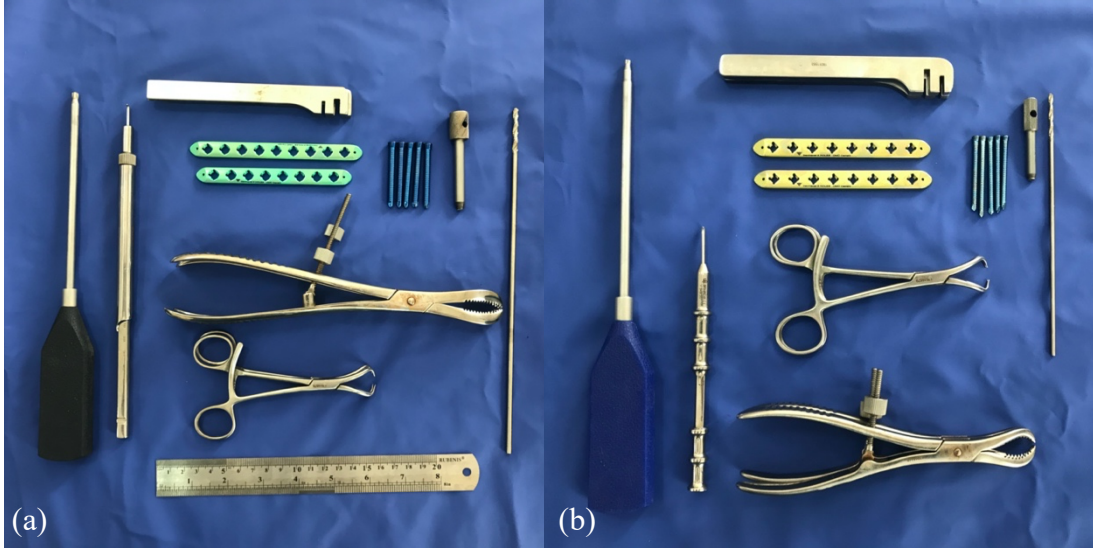
Yapılan klinik, laboratuvar ve ortopedik muayenelerden sonra, hastanın ilgili ekstremitesinin veya ekstremitelerinin kraniyo/kaudal ve mediyo/lateral radyografileri alındı. Elde edilen radyografiler üzerinden kırık kemik, kırığın lokalizasyonu, kırığın tipi ve şekli belirlendi. Bu değerlendirmelerden sonra hasta sahibine, hastanın kırığı ve uygulanacak yöntem hakkında bilgi verilip aydınlatılmış onam formu imzalatıldı.

Alınan radyografilerden yapılan ölçümlerle, operasyon öncesi planlama yapılarak, plak ve vida boyları belirlendi. Plak ve vida seçiminde bir diğer kriter hastanın vücut ağırlığı oldu. Vücut ağırlığına göre kedilerde: ≤ 2 kg kediler için 2,4 mm ve >2 kg kediler için 2,7 mm kilitli plaklar kullanılırken (Travmavet Midi set), köpeklerde: <24 kg köpekler için 3,5 mm ve ≥ 24 kg köpekler için 4,5 mm kilitli plaklar kullanıldı. Ancak kedi radius/ulna kırıklarında radius'un ince anatomik yapısından dolayı iyatrojenik kırık oluşumuna neden olmamak için 2,4 mm plaklar stabilizasyonda kullanıldı. Kediler için kullanılan 2,4 mm ve 2,7 mm titantum alaşım ve 10° 'ye kadar açılı vida uygulamaya izin veren parsiyel yivli vida deliği bulunan kilitli plaklar tercih edildi (Şekil 3.1). Köpekler için kullanılan 3,5 mm ve 4,5 mm paslanmaz çelik LCP ile titantum alaşım (Aysam Ortoepdi LCP) ve 10° 'ye kadar açılı vida uygulamaya izin veren parsiyel yivli vida deliği bulunan kilitli plaklar

(Travmavet) tercih edildi (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Kediler için kullanılan 2,4 ve 2,7 mm kilitli plak setinin görünümü (Travmavet Midi set)



Şekil 3.2. Köpekler için kullanılan **a:** 3,5 mm ve **b:** 4,5 mm kilitli plak setleri

Kemığın anatomik şekline göre, özellikle tibia kırıklarında plak önceden bükülerek sağlam bacak üzerinden plağın şekli doğrulandıktan sonra konumlandırmanın nasıl olacağı, hangi fragmente kaç vida uygulanacağı belirlenerek operasyon öncesi planlama tamamlandı. Operasyon öncesi yapılan hazırlık sayesinde operasyon süresinin kısaltılması amaçlandı. Redüksiyon yöntemi olarak kapalı ve

sınırlı açık yöntemler tercih edildi. Bu yöntemler seçilirken kırığın tipi, lokalizasyonu ve travmadan sonra geçen süre göz önünde bulunduruldu.

Operasyondan yarım saat önce analjezik olarak 0,2 mg/kg meloksikam (Bavet Meloxicam; Bavet, İstanbul, Türkiye) (0,2 mg/kg, subkutan) yapıldıktan sonra, antibiyotik olarak cefazolin (Cefozin 500 mg; Bilim, İstanbul, Türkiye) (20 mg/kg, intravenöz) ve steroid yapıda olmayan antienflamatuar ilaçların olası yan etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla H₂ reseptör antagonisti ranitidin (Ulcuran 50 mg; Avis, İstanbul, Türkiye) (0,5 mg/kg, intramüsküler) uygulandı. Anestezinin indüksiyonunda, asepromazin (Calmivet 5mg/ml, Vetoquinol, Fransa) (0,05-0,2 mg/kg intravenöz) yapıldıktan 15 dk sonra, ketamin (Ketasol %10, İnterhas, Ankara, Türkiye) (10 mg/kg, intravenöz) uygulanarak ve hayvanlar entübe edilip, anestezi isofluran (İsoflurane- USP 100 ml, Adeka, Samsun, Türkiye) ile sürdürüldü. Operasyondan önce, arka ekstremitelerinden operasyon geçirecek hastalara, epidural anestezi lidokain %2 (Jetokain 20 mg/ml, Adeka, Samsun, Türkiye) (1 ml/5 kg, epidural), ön ekstremitelerinden operasyon geçirecek hastalara brakiyal pleksus blokajı lidokain %2 (1 ml/5 kg, lokal) ile uygulandı. Operasyon süresince köpeklere, sabit oranlı infüzyon (CRI) solüsyonu hazırlanarak (Ketamin 30 mg, morfin 12 mg [Morphine HCl, Galen İlaç San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye] ve lidokain 150 mg; izotonik NaCl %0,9 [Polifleks %0,9 izotonik 500 ml solüsyon, Polifarma, İstanbul, Türkiye] 500 ml içinde hazırlandı), 10 ml/kg/saat hızında uygulandı. Kediler için, sabit oranlı infüzyon solüsyonu (Ketamin HCl 30 mg, ve butorfanol 12 mg [Butomidol 10 mg/ml, Richterpharma, Avusturya]; izotonik NaCl %0,9 500 ml içinde) solüsyonu hazırlanarak, operasyon sırasında 10 ml/kg/saat hızla verildi.

Ameliyat öncesinde hastanın ilgili ekstremitelerinin tıraş, asepsi ve antiseptisi yapıldı. Radius/ulna kırığı olan hastalar ilgili ekstremiteleri üstte kalacak şekilde yatırıldı. Kraniyo/lateral yaklaşımla kırık hattına yaklaşıldı. Tibia kırığı olan hastalar ilgili ekstremiteler altta kalacak şekilde yatırıldı. Mediyal yaklaşımla tibia'ya yaklaşıldı.

Kırık redüksiyonu yapılırken kırık hematomu, çevre yumuşak dokular ve kırık fragmentlerinin vaskülarizasyonu korunarak yapıldı ve biyolojik osteosentez esaslarına bağlı kalındı. Ensiyon yapmadan redükte edilebilen veya ana kırık fragmenti aksiyal olarak hizalanabilen parçalı kırıklarda, kapalı redüksiyon yöntemi tercih edildi. Tibia'nın parçalı kırıklarında, ana kırık fragmentlerinin aksiyal hizalanırken gereken durumlarda hizalama pini kullanıldı (Şekil 3.3). Kapalı redüksiyon başta olmak üzere, kırık fragmentlerinin yönlendirilmesi ve redüksiyonun

sağlanması için transdermal olarak uygulanan pozisyon penslerinden yararlanıldı.



Şekil 3.3. Kedi tibia kırığında kullanılan hizlama pinin (Beyaz ok) intra operatif görünümü

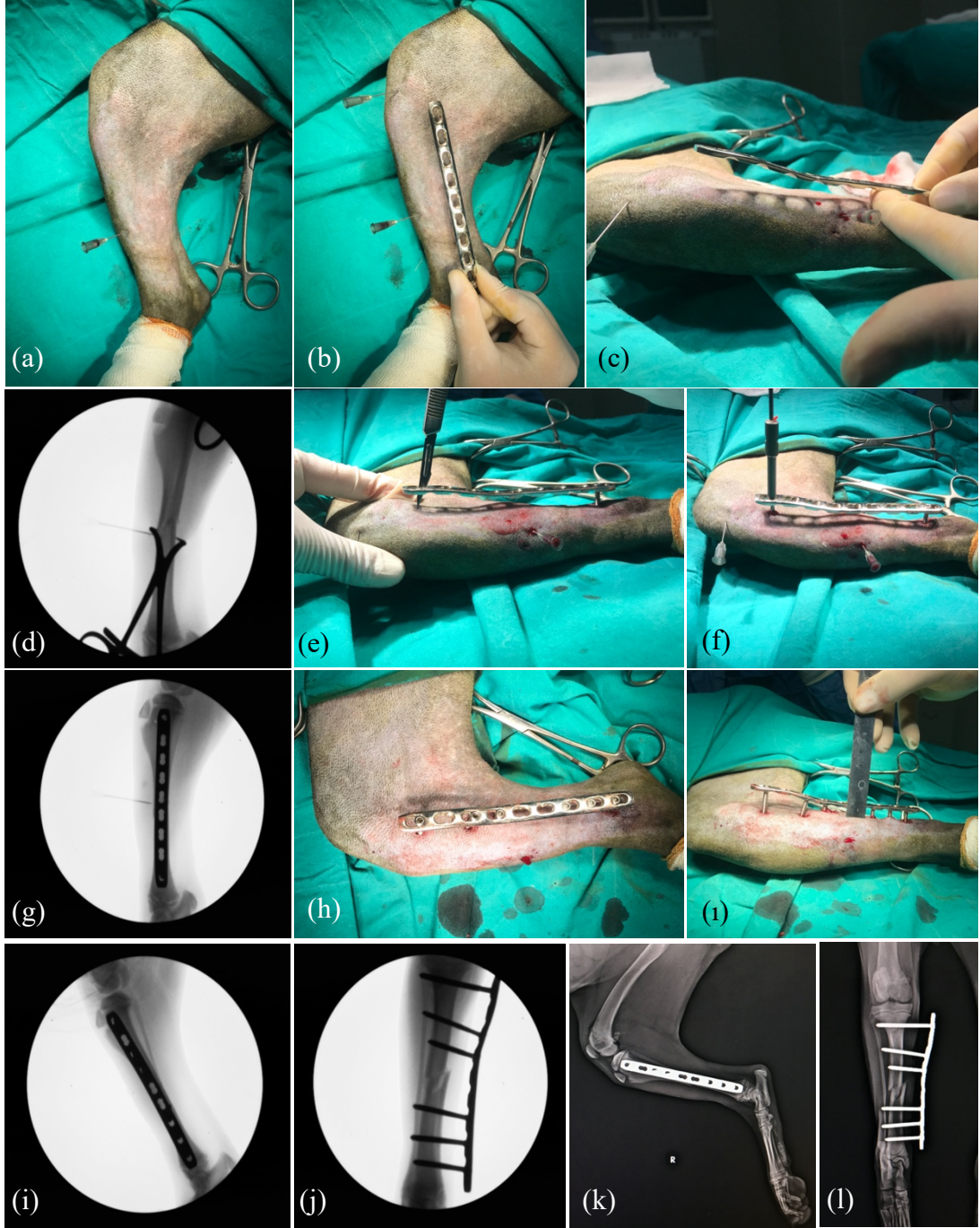
Kapalı redüksiyonun mümkün olmadığı, deplase ve üzerinden zaman geçmiş kırıklarda, kırık fragmentlerini yaklaşık 1-5 cm görebilecek kadar ensizyon yapılarak, sınırlı açık redüksiyon yöntemi kullanıldı.

Redüksiyon işleminden sonra skopi (Polaris, C Kol) (40-100 kV) yardımı ile redüksiyon kontrolü yapıldı (Şekil 3.4d). Skopinin x-ışını etkilerinden korunmak için operasyon ekibi steril önlük altına kurşun önlük ve tiroid koruyucu giydi ve diğer personel çekim sırasında operasyon salonundan çıkarıldı. Plak uygulamasından önce kemiğin anatomik sınırları ve kırık hattı belirlendi. Bu amaçla 22G kanül kemiğin proksimal, distal eklem sınırlarına ve kırık hattına uygulanarak operasyon içinde oryantasyon sağlandı (Şekil 3.4a ve b).

Daha sonra, plak deri üzerinde konumlandırıldı. Konumlandırma sırasında, plak kemiğin anatomik aksından çıkmaması için proksimal ve distal kemik uçarında vida deliklerinin kemiği ortalamasına dikkat edildi (Şekil 3.4c). Radius/ulna kırıklarında kranial ve kraniyo-mediyal yüzeyden plak uygulanırken, tibia kırıklarında, mediyal yüzeyden plaklar uygulandı. Uzak vida deliklerinin doğru hizalanması, bütün plak sistemini de kemik üzerinde doğru hizalanması sağlayacağından, vida uygulamasında uzak-uzak, yakın-yakın prensibi tercih edildi. Vida uygulamasından önce, vida deliğinden no:11 bistirü ile kemiğe kadar inen bir kesi yapıldı (Şekil 3.4e). Daha sonra

uygun matkap ucu ile kemik kılavuz kullanılarak delindi (Şekil 3.4f). Derinlik ölçer ile vida boyu ölçüldükten sonra, kendi yivini açan kilitli vida uygulandı. Uzak-uzak vida uygulamasından sonra skopi ile redüksiyon, vida konumu ve vida boyu kontrol edildi (Şekil 3.4g). Diğer vida uygulamaları da daha önce belirtildiği gibi yapıldı. Kırık fragmenti başına üç vida uygulanmasına dikkat edildi. Fragment başına üç vida uygulamaya izin vermeyen, bazı distal ve proksimal bölge kırıklarında, küçük fragmente iki vida uygulandı. Vida uygulamalarının ardından, tekrar skopi ile stabilizasyon kontrol edildi (Şekil 3.4i ve j).

Hastaya yapılan ilk ensizyondan son dikiş uygulamasına kadar olan süre operasyon süresi olarak hesaplandı ve not edildi. Kapalı redüksiyon uygulanan hastalarda operasyon bitişi son vida uygulamasıyla hesaplandı.



Şekil 3.4. Kapalı redüksiyon ile tibia'ya kilitli plağın eksternal uygulamasının aşamaları. **a:** kırık hattının kanül ile belirlenmesi, **b:** plağın konumlandırılması, **c:** tibia için bükülen plağın yandan görünümü, **d:** pozisyon pensi ile redükte edilen kırığın skopi altında görünümü, **e:** uzak-uzak vida uygulamasının ensizyon aşaması ve **f:** kılavuz ile kemiğe delik açılması, **g:** uzak-uzak vida uygulamasından sonra skopi ile yapılan kontrol, **h:** diğer vidalar uygulandıktan sonra görünüm, **i:** plak deri mesafesinin ölçümü, **j:** bütün sistemin skopi ile kontrolü ve operasyondan sonra alınan **k:** mediyo/lateral ve **l:** kraniyo/lateral radyograflerin görünümü

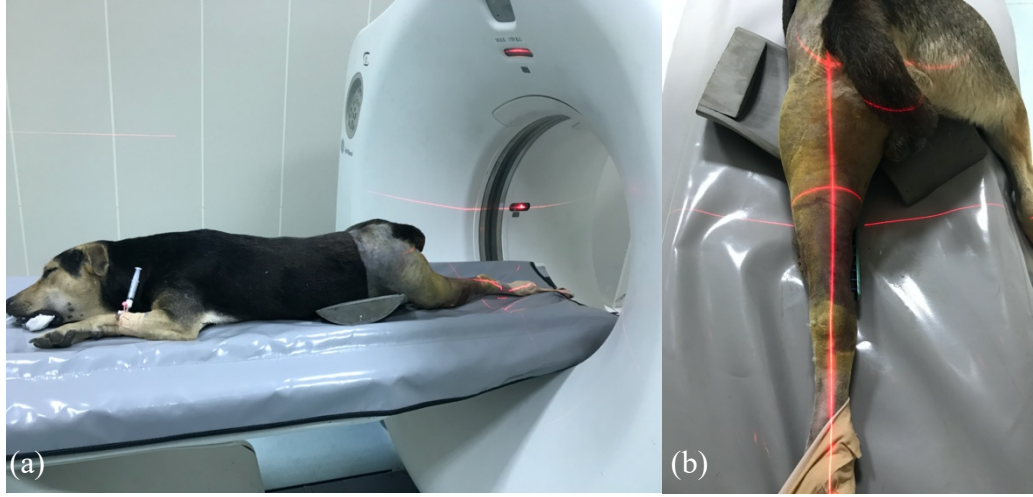
Postoperatif dönemde analjezi amacıyla kedilerde meloksikam (Metacam oral süspansiyon, Boehringer, İstanbul, Türkiye) (0,05 mg/kg, oral) 4 gün süre ile günde 1 kere, köpeklerde karprofen (Rimadyl tablet, Zoetis, İstanbul, Türkiye) (2,2 mg/kg,

oral) 4 gün süre ile günde 2 kere kullanıldı. Steroid yapıda olmayan antienflamatuar ilaçların olası yan etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla famotidin (Famodin 20 mg tablet, Sandoz, İstanbul, Türkiye) (1 mg/kg, oral) 4 gün süre ile aç karnına günde 2 kere uygulandı. Postoperatif antibiyotik olarak amoklavın-klavulonik asit (Synulox, Zoetis, İstanbul, Türkiye) (12,5 mg/kg, subkutan) günde 2 kere 1 hafta süre ile verildi. Buna ek olarak povidon iyot ile vida deri bağlantısının bakımının uygulaması hasta sahiplerine gösterilerek günlük olarak bakım yapılması sağlandı. Vida diplerini veya ensizyon hattını yalayan hastalara Elizabet yakalık önerildi. Ayrıca operasyondan sonra 2 hafta egzersiz kısıtlaması önerildi.

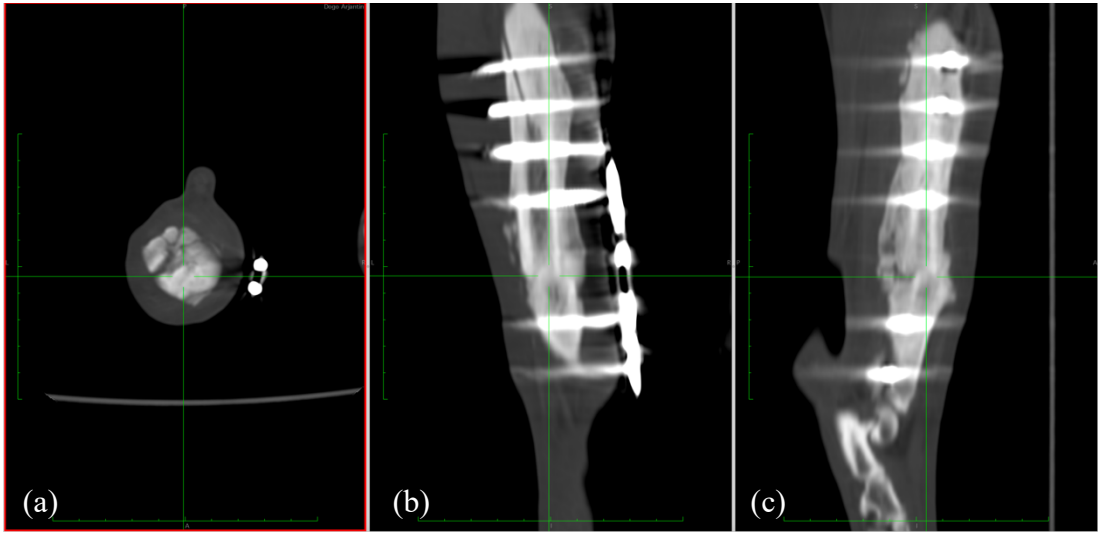
Tüm hayvanların operasyondan hemen sonra ve postoperatif 10., 30., 60. ve 90. günlerde iki yönlü radyografileri çekildi (Intermedical, Basic 100, 40-120 kV). Kemiğin kaynaması radyografik olarak belirlendiğinde, propofol ile kısa süreli bir anestezi altında (Propofol 1%; Fresenius, İstanbul, Türkiye) (6 mg/kg, intravenöz) plak yerinden uzaklaştırıldı.

Bilgisayarlı tomografi (BT) (General Electric, Light Speed, New York, Amerika, 8 kesitli) operasyondan hemen sonra, 30. günde ve plak çıkarıldıktan hemen sonra alındı. Hasta genel anestezi altında sternal pozisyonda yatırıldı, görüntüler 120 kV, 100 mAs ve 2,5 mm kesit kalınlığında alındı (Şekil 3.5). Elde edilen görüntülerden, vidaların konumuna ve kırık kemik fragmentlerinin hizasına bakıldı. Kırık hattındaki kallus miktarı alanı mm² cinsinden belirlendi ve ölçüm yapılan alanın Hounsfield Unit (HU) cinsinden ortalama değeri kaydedildi (Shapurian et al., 2006). Sagittal, transversal ve koranal kesitteki görüntüler eş zamanlı olarak incelenerek kırık hattının yeri belirlendi (Şekil 3.6). Ayrıca alınan BT görüntüleri 3 boyutlu (3D) hale getirildi, kemiğin hacmi ve kırık hattına en yakın iki vida arasının (WL) hacmi cm³ cinsinden ölçüldü (Horos®, Versiyon 3.3.5). Bu sayede kemiğin operasyondan sonraki hacmi ile 1. aydaki ve plak çıkarıldığındaki hacimsel değeri (cm³) belirlendi.

Kemiğin hacmi BT'de belirlendikten sonra, kemik hacmindeki değişim görsel olarak da modellendi. Bu amaçla, alınan BT'ler Horos yazılımı ile 3D hale getirildi. Elde edilen 3D görüntüler Meshmixer (Versiyon 3.5.474) yazılımı ile düzenlendi. Plak uzaklaştırıldıktan sonra elde edilen 3D görüntüden kallus çıkarılarak, operasyondan sonra alınan 3D model üzerine yapıştırıldı ve kallus modellendi.

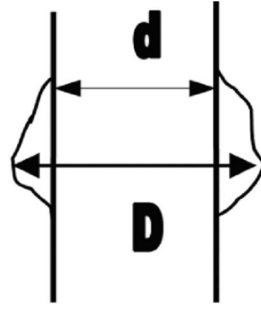


Şekil 3.5. BT çekiminde hastanın pozisyonu **a**: lateralden ve **b**: dorsalden



Şekil 3.6. Olgu 9'a ait BT görüntüsünde transversal kesitte kırık hattının belirlenmesi için **a**: transversal, **b**: koronal ve **c**: sagittal kesitlerin eş zamanlı değerlendirilmesi

Postoperatif dönemde alınan radyografilerde kırık hattı, kallus miktarı, vidaların kemik ve plak ile adaptasyonu yönünden değerlendirmeler yapıldı. Kallus miktarının ölçümünde, kallusun en geniş yerinin çapı ile korteks çapı ölçülerek oranladı (Horos, Versiyon 3.3.5) (Grigoryan et al., 2003) (Şekil 3.7). Kırık hattının radyografik değerlendirilmesinde 5 derece üzerinde skorlama yapıldı. Bu derecelendirmelerin ayrıntısı tablo 3.1'de belirtildi (Hammer et al., 1985).



Şekil 3.7. Kallus korteks oranını ölçümünün şematik görünümü (D: kallusun en geniş noktasının çapı, d: korteks çapı) (Grigoryan et al., 2003)

Tablo 3.1. Radyografik kaynama skoru (Hammer et al., 1985)

Kaynama Durumu	1	2	3	4	5
Kallus yapısı	Homojen kemik yapısında	Kırık hattından geçen masif kemik trabekülü	Kırık hattında köprülenmenin görülmesi	Kırık hattında köprülenme izinin görülmemesi	Kallus yapısı yok
Kırık hattı	Tamamen ortadan kalkmış	Belirli belirsiz görülebilir	Görülebilir	Görülebilir	Görülebilir
Kaynamanın Değerlendirilmesi	Kaynama sağlandı	Kaynama sağlandı	Şüpheli	Kaynama sağlanmadı	Kaynama sağlanmadı

İyileşmenin klinik olarak değerlendirilmesi, plak uygulanan bacağın kullanılma durumuna göre değerlendirildi. Bu değerlendirme 5 derece üzerinden yapıldı (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. İyileşmenin klinik değerlendirilmesi

Derecelendirme	Parametre
1. Mükemmel	Herhangi bir yürüyüş problemi göstermeden bacağını kullanabiliyor, kırık hattının palpasyonunda ağrı bulgusu yok.
2. İyi	Egzersiz uzadığında ve bacağını zorladığında oldukça hafif aralıklı topallık bulgusu var
3. Orta	Vücut ağırlığını taşımada, hafiften ılımlıya değişen sık topallık gösteriyor, kırık hattında hafif dereceli ağrı bulgusu var
4. Zayıf	Yürüyüşte ılımlıdan şiddetli topallığa değişen kalıcı topallık gösteriyor, palpasyonda ciddi ağrı bulgusu var
5. Şiddetli	Bacağını hiç kullanamıyor

Karşılaşılan komplikasyonlar minör ve majör komplikasyonlar olmak üzere ikiye ayrıldı. Hastayı rahatsız eden ancak kırık iyileşmesini etkilemeyen komplikasyonlar minör komplikasyonlar olarak tanımlandı (Tablo 3.3). Kırık

iyileşmesini etkileyecek komplikasyonlar ise majör komplikasyon olarak kaydedildi (Egger, 1991).

Tablo 3.3. Komplikasyonların sınıflandırılması

Minör	Majör
Vida dibi akıntısı	Erken dönem implant kaybı
Ödem	Kaynama yokluğu
Yüzeysel enfeksiyon	
Kaynama Gecikmesi	

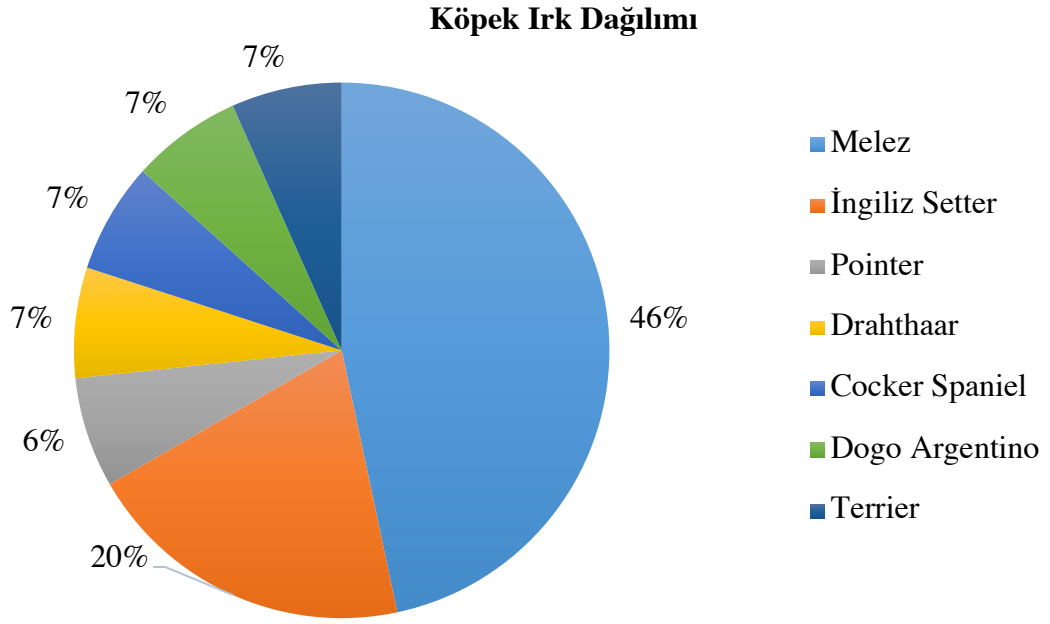
3.1. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin normal dağılıma uygunlukları, Kolmogorov-Smirnov testi ile belirlenmiştir. Hayvanların yaşı, canlı ağırlığı, travmadan sonra geçen süre, operasyon süresi, operasyondan sonra bacağına ilk kullanım zamanı ve kırık iyileşme süresi gibi özelliklerin ortalama değerleri için tanımlayıcı istatistik kullanılmıştır. Operasyon sonrası farklı zamanlarda ölçülen kallus/korteks oranı, kallus alanı, HU ve kemik hacminin tekrarlı ölçümlerinde tek yönlü varyans analizinden yararlanılmıştır (GLM Repeated Measures). Her bir özelliğinin ölçümler arasındaki farkın önem kontrolünde Bonferroni çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Kallus/korteks oranı, kallus alanı, HU ve kemik hacmi ölçümlerinin radyografik skorlarla arasındaki ilişkileri belirlemek için korelasyon testi uygulanmış ve fenotipik korelasyon katsayılarının belirlenmesinde pearson korelasyon testinden yararlanılmıştır. Topallık ve radyografik skor oranlarının karşılaştırılmasında ise chi-square testi kullanılmıştır. Analizlerde olasılık değerleri 0,05'ten küçük olanlar anlamlı kabul edilmiş ($P < 0,05$) ve tüm hesaplamalar ile istatistiksel analizlerde SPSS paket programı kullanılmıştır (SPSS, versiyon 21).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kedi ve Köpeklerin Eşkal Bilgileri

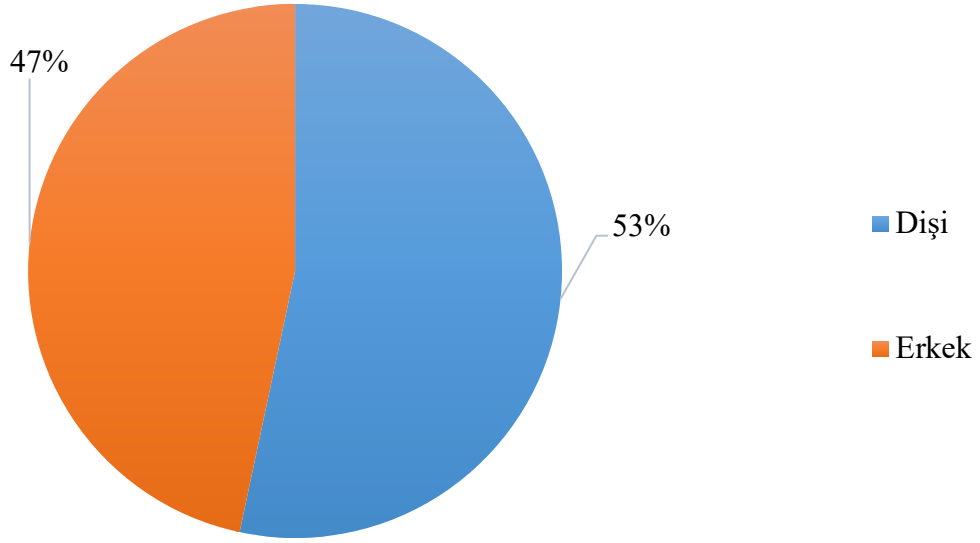
Tez çalışmasının materyalini travma nedeniyle tibia ve radius/ulna kırığı olan 15 kedi ve 15 köpek oluşturdu. Kedilerin tamamının melez olduğu ve köpeklerin ırk dağılımının; 7 melez (%46,7), 3 İngiliz Setter (%20), 1 Pointer (%6,7), 1 Drahthaar (%6,7), 1 Cocker Spaniel (%6,7), 1 Dogo Argentino (%6,7) ve 1 Terrier (%6,7) şeklinde olduğu belirlendi (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Köpek ırk dağılımı

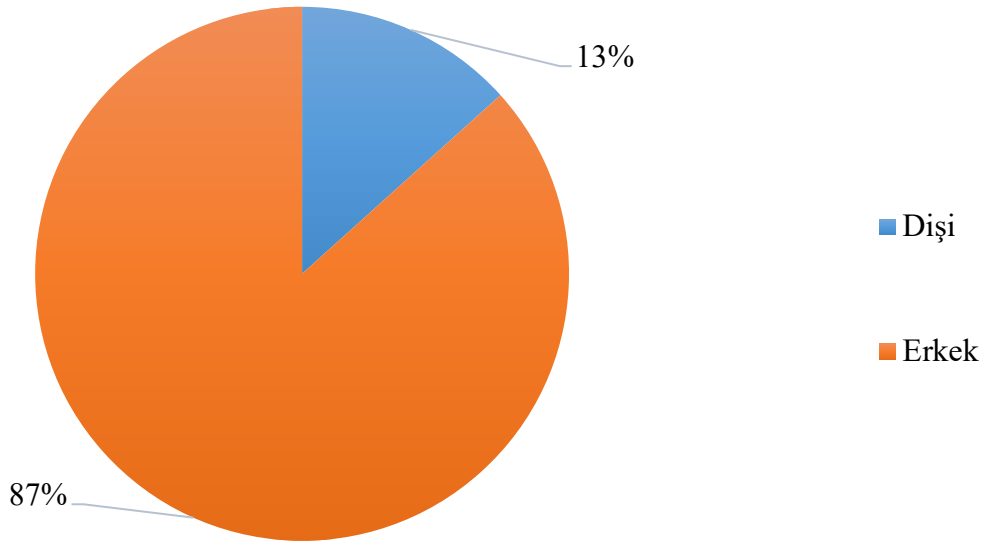
Çalışmada yer alan olguların yaş dağılımı; kedilerde 3-36 ay (Ort. 12,5 ay), köpeklerde 4-120 ay (Ort. 33,6 ay) olarak kaydedildi. Cinsiyet dağılımı; kedilerde 8 dişi (%53), 7 erkek (%47) (Şekil 4.2), köpeklerde 2 dişi, 13 erkek (Şekil 4.3) olarak belirlendi.

Kedi Cinsiyet



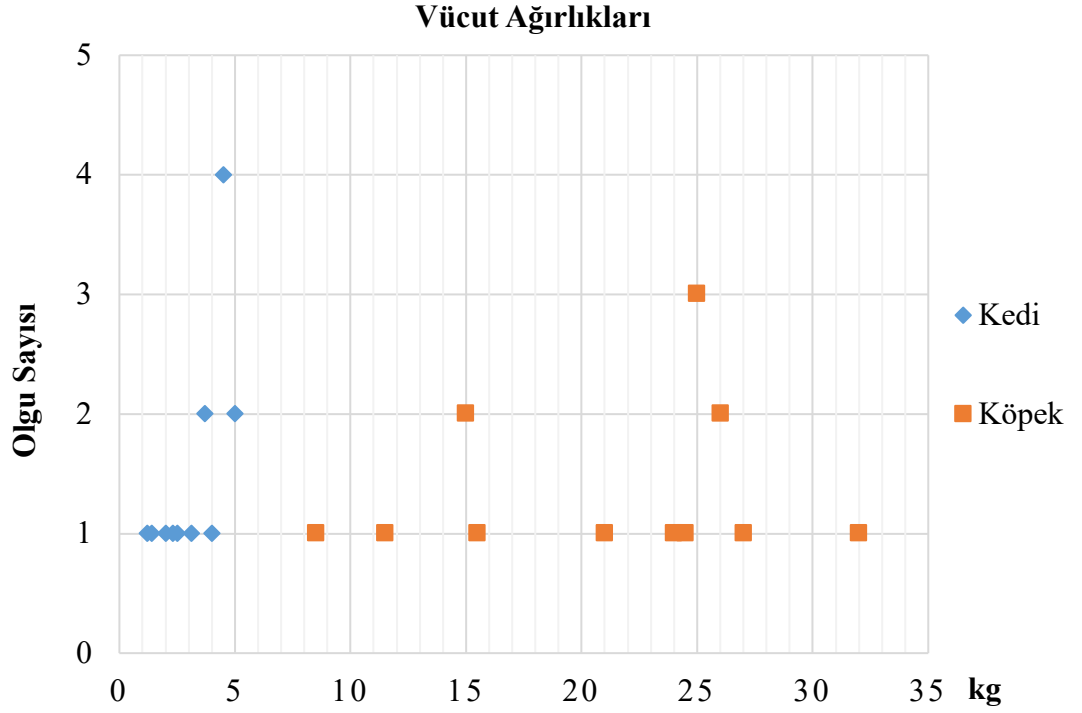
Şekil 4.2. Kedi cinsiyet dağılımı

Köpek Cinsiyet



Şekil 4.3. Köpek cinsiyet dağılımı

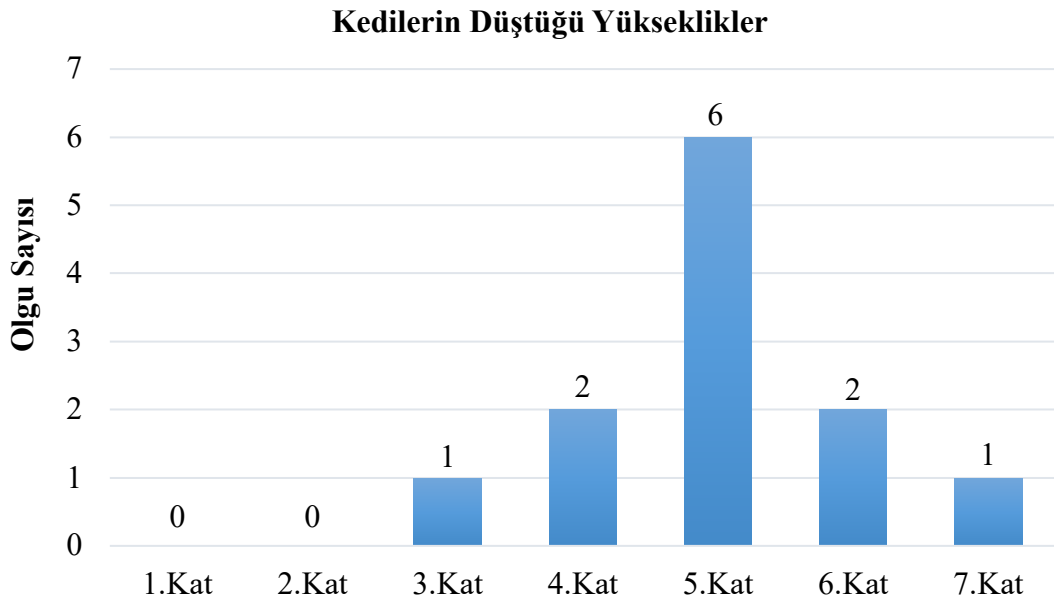
Olguların vücut ağırlıkları; kedilerde 1,2-5,0 kg (Ort. 3,46 kg) ve köpeklerde 8,5-32 kg (Ort. 21,4 kg) olarak ölçüldü (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Kedi ve köpeklerin vücut ağırlıklarının dağılımı

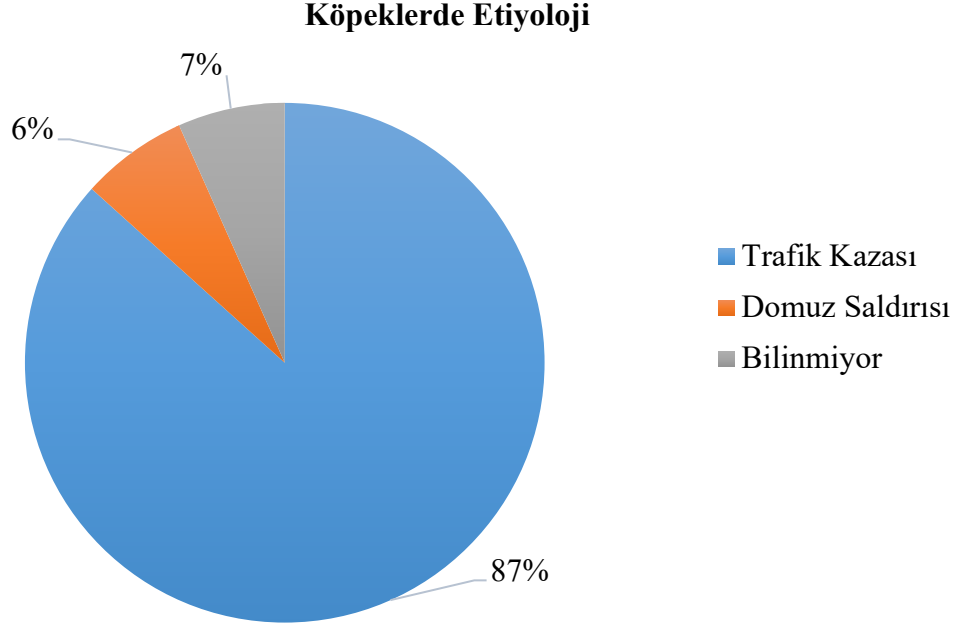
4.2. Etiyoloji, Kırılan Kemik, Kırığın Tipi ve Travmadan Sonra Geçen Süre

Kedilerde en sık karşılaşılan etiyoloji 12 kedide (%80) yüksekten düşme (YD) olarak belirlendi. Diğer 3 kedide (%20) travmanın nedeni bilinmiyordu. Kedilerin düştüğü kat yükseklikleri Şekil 4.5’de belirtilmiştir.



Şekil 4.5. Yüksekten düşen kedilerin katlara göre dağılımı

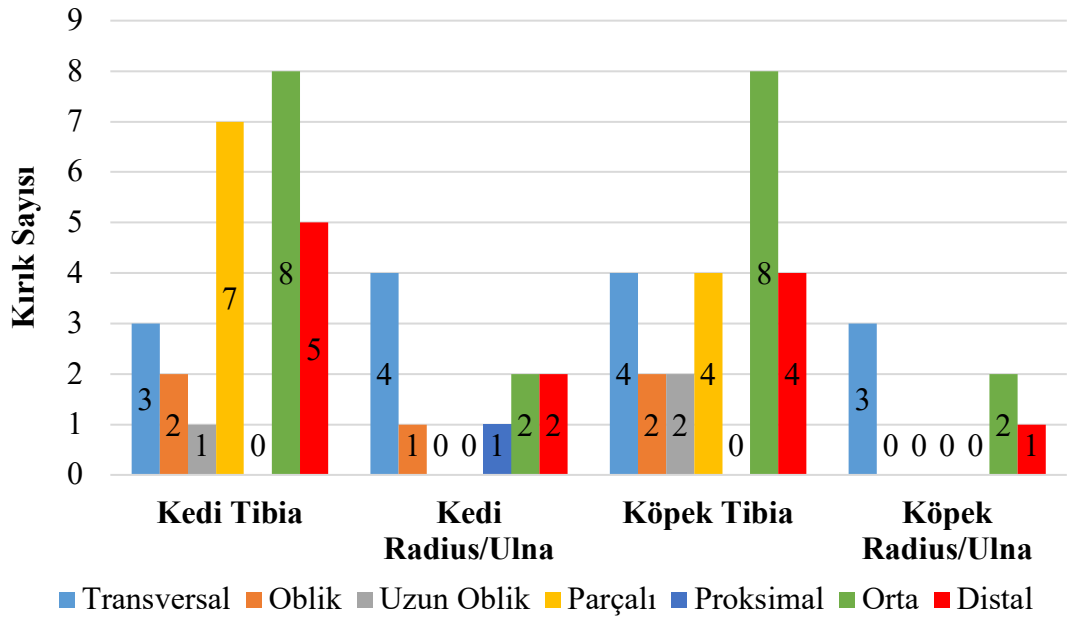
Çalışmada yer alan köpeklerde etiyojisi; 13 trafik kazası (TK) (%86,7) ve 1 domuz saldırısı (%6,7) olarak belirlendi. Bir olguda (%6,7) travmanın nedeni bilinmiyordu (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Köpeklerde etiyojinin dağılımı

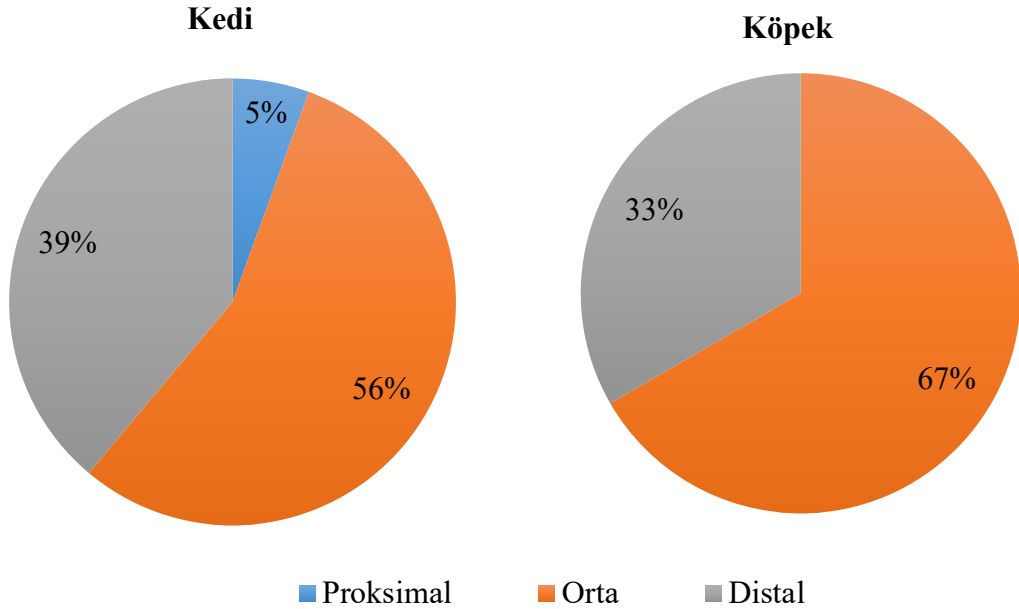
Kedi ve köpekler, tez çalışmasına dahil olan kırıklarına göre radius/ulna ve tibia olarak gruplandırıldı. Onbeş kedinin 18 kemiğinde kırık belirlendi. Kırıkların dağılımı: 13 tibia (%72,2) ve 5 radius/ulna (%27,8) olarak kaydedildi. İki kedide bilateral tibia kırığı görüldü. Onbeş köpekte 15 kırık görüldü. Kırıkların dağılımı: 12 tibia (%80) ve 3 radius/ulna (%20) olarak belirlendi. Kırığın tipinin belirlenmesinde diyafizier kırıklar transversal, oblik, uzun oblik ve parçalı kırıklar olarak kaydedildi. Grafik üzerinde kırılan kemiklerin kedi ve köpek olguları üzerindeki dağılımları ve kırık tipleri gösterildi (Şekil 4.7).

Kırılan Kemik ve Kırık Tipleri



Şekil 4.7. Kırılan kemikler ve kırık tipleri

Kırık lokalizasyonu diyafizier proksimal, orta ve distal bölge olarak üç bölgede incelendi. Kedilerde 1 proksimal, 10 orta ve 7 distal; köpeklerde 10 orta ve 5 distal diyafizier bölgede kırık belirlendi (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Kedi ve köpeklerde kırık lokalizasyonu

Kedilerdeki 18 kırığın 5'i (%27,8) açık (Tip I=4 ve Tip II=1), köpeklerde 15 kırığın 2'si (%13,3) açık kırık olarak kaydedildi. Açık kırık her iki grupta da sadece tibia kırıklarında görüldü. Travmadan sonra geçen zaman; kedilerde 0-4 gün (Ort. 1,5 gün) ve köpeklerde 1-30 gün (Ort. 9,5 gün) olarak belirlendi. Çalışmada yer alan olgulara ait detaylı bilgiler Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Olgulara ait eşkal, etiyojoloji, kırılan kemik, lokalizasyonu, kırık tipi ve travmadan sonra geçen süre

Olgu No	Tür	İrk	Yaş (Ay)	Cinsiyet	Vücut Ağırlığı (kg)	Etiyojoloji	Kırılan kemik/ Lokalizasyonu/ Kırığın Tipi/ Açık-Kapalı	Travmadan Sonra Geçen Süre
1	Kö	Melez	7	Erkek	27	TK	Tibia / Orta / Parçalı / Tip I	1
2	Kö	Terrier	48	Erkek	11,5	N/A	Tibia / Distal / Parçalı	1
3	Kö	İngiliz Setter	12	Erkek	24,5	TK	Tibia / Distal / Parçalı	10
4	Kö	Melez	84	Dişi	24	TK	R/U / Distal / Transversal	30
5	Kö	Melez	120	Erkek	32	TK	R/U / Orta / Transversal	5
6	Kö	İngiliz Setter	24	Erkek	25	TK	Tibia / Orta / Parçalı	2
7	Kö	Melez	36	Erkek	26	TK	Tibia / Orta / Transversal / Tip I	1
8	Kö	Drahtaar	6	Erkek	25	TK	Tibia / Orta / Transversal	25
9	Kö	Dogo Arjentinio	7	Erkek	26	TK	Tibia / Distal / Transversal	30
10	Kö	Pointer	9	Dişi	15	TK	R/U / Orta / Transversal	2
11	Kö	Melez	48	Erkek	21	TK	Tibia / Distal / Transversal	30
12	Kö	Drahtaar	84	Erkek	25	Domuz Saldırısı	Tibia / Orta / Uzun Oblik	1
13	Kö	Melez	4	Erkek	15	TK	Tibia / Orta / Oblik	1
14	Kö	Melez	11	Erkek	15,5	TK	Tibia / Orta / Oblik	2
15	Kö	Cocker Spainel	4	Erkek	8,5	TK	Tibia / Orta / Uzun Oblik	1
16	Ke	Melez	6	Dişi	2,3	N/A	R/U / Distal / Transversal	1
17	Ke	Melez	11	Dişi	3,7	YD	R/U / Distal / Transversal	1
18	Ke	Melez	9	Dişi	4	N/A	R/U / Orta / Transversal	1
19	Ke	Melez	24	Dişi	4,5	YD	Tibia / Orta / Transversal / Tip I	1

Tablo 4.1. (devam)

20	Ke	Melez	4	Dişi	1,4	N/A	Tibia / Distal / Transversal / Tip II	2
21	Ke	Melez	5	Erkek	2,5	YD	R-Tibia / Orta / Parçalı	0
							L-Tibia / Orta / Parçalı	
22	Ke	Melez	3	Erkek	1,2	YD	Tibia / Distal / Oblik	1
23	Ke	Melez	36	Erkek	5	YD	Tibia / Orta / Parçalı / Tip I	4
24	Ke	Melez	16	Dişi	4,5	YD	Tibia / Orta / Parçalı	1
25	Ke	Melez	18	Dişi	3,1	YD	Tibia / Orta / Parçalı / Tip I	2
26	Ke	Melez	12	Erkek	4,5	YD	R-Tibia / Distal Parçalı	1
							L-Tibia / Distal Parçalı / Tip I	
27	Ke	Melez	18	Dişi	2	YD	Tibia / Orta / Uzun Oblik	2
28	Ke	Melez	11,5	Erkek	5	YD	Tibia / Orta / Transversal	1
29	Ke	Melez	7	Dişi	3,7	YD	R/U / Proksimal / Transversal	1
30	Ke	Melez	7	Erkek	4,5	YD	R/U / Orta / Oblik	3
							Tibia / Distal / Oblik	

Kö: Köpek, Ke: Kedi, TK: Trafik kazası, YD: Yüksekten düşme, N/A: Bilinmiyor, R/U: Radius/Ulna, R: Sağ ve L: Sol

4.3. Klinik, Radyografik ve Bilgisayarlı Tomografi Bulguları

Olguların uzun kemik kırıklarına eşlik eden lezyonları not edildi. Yedi kedide (%46,7) (Olgu 20, 22, 25, 26, 28, 29 ve 30) ve 3 köpekte (%20) (Olgu 2, 6 ve 15) uzun kemik kırığına ek lezyonlar belirlendi (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Eşlik eden lezyonlar ve uygulanan tedavi yöntemleri

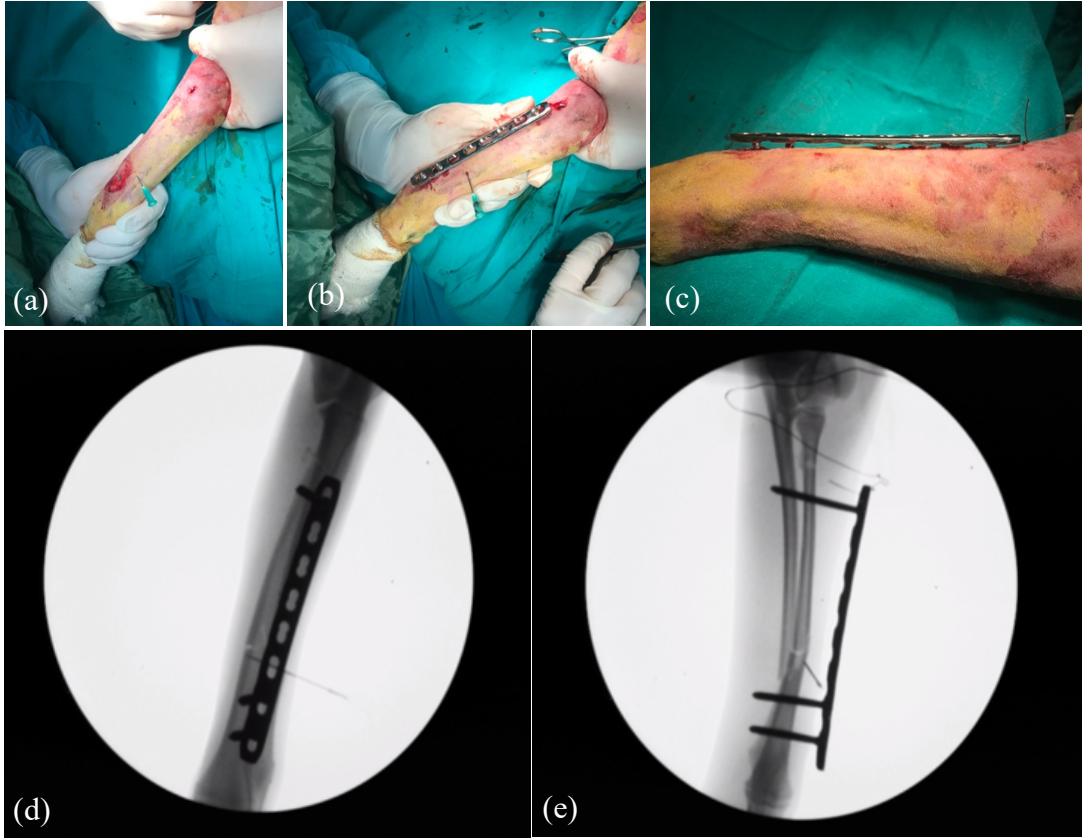
Olgu No	Eşlik Eden Lezyon	Tedavi Şekli
2	Pleural efüzyon	Konservatif
6	Pneumotoraks	Konservatif
15	Koksofemoral luksasyon (R)	Eksizyon Artroplastisi
20	Radial paraliz (L)	Ampütasyon
22	Distal humerus SH Tip IV (L)	2 mm lag vidası ve 1,4 mm Kirschner teli uygulaması
	Distal femur intrakodüler kırık (R)	2,4 mm lag vidası ve 2x1,4 mm Kirschner teli çapraz çivi uygulaması
	Kollum femur kırığı (R)	Eksizyon Artroplastisi
25	Pneumotoraks	Konservatif
	Distal tibia kırığı (R)	Transartiküler eksternal fiksasyon
26	Pneumotoraks	Konservatif
	Ramus mandibula kırığı	1,8 mm Kirschner teli uygulaması

Tablo 4.2. (devam)

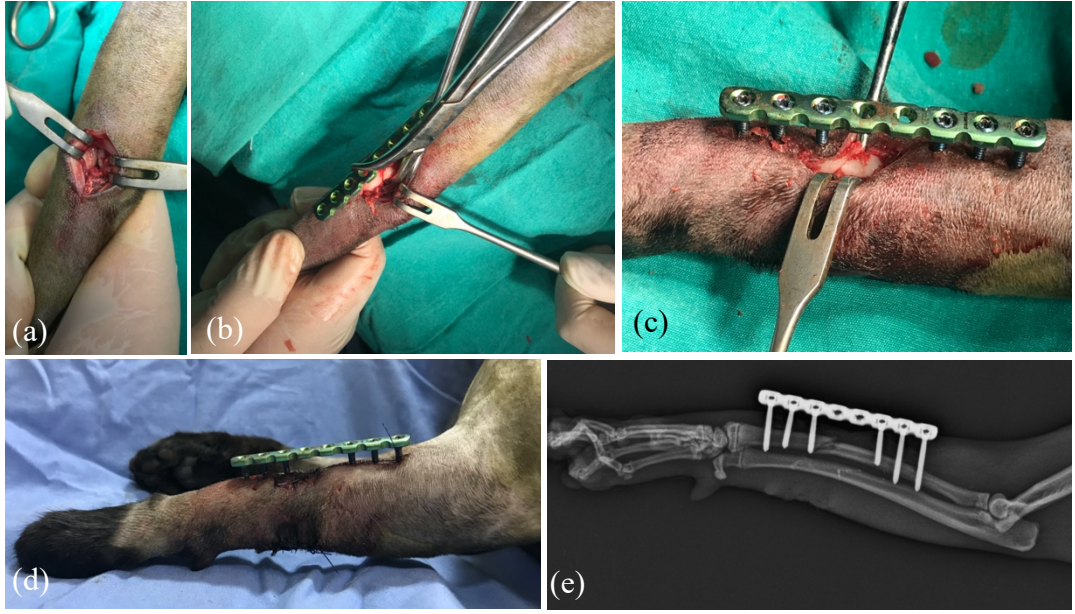
28	Pneumotoraks	Konservatif
	İllum kırığı (R)	2 mm kilitli nötralizasyon plağı
	Sakroiliak ayrılma (L)	Konservatif
	Sakrokaudal avulziyon kırığı	Kaudektomi
29	Pneumotoraks	Konservatif
	Distal tibia kırığı (L)	Transartiküler eksternal fiksasyon
	Proksimal tibia SH Tip I	2x1,4 mm Kirschner teli çapraz çivi uygulaması
30	Pneumotoraks	Konservatif
	Pleural efüzyon	Konservatif

R: Sağ, L: Sol ve SH: Salter-Harris kırık sınıflandırma sistemi

Kırık redüksiyonunda sınırlı açık veya kapalı redüksiyon yöntemleri tercih edildi (Şekil 4.9 ve 4.10). Aksiyal doğrultuda hizalanabilen parçalı kırıklar, kapalı olarak redükte edilebilen kırıklar veya pozisyon pensinin perkutan uygulanmasıyla redükte edilebilen oblik kırıklara kapalı redüksiyon uygulandı. Köpeklerde 4 (%26,7) (Olgu 1, 2, 10 ve 13) ve kedilerde 5 olgu (%33,3) (Olgu 16, 21 [bilateral], 22, 24 ve 25) kapalı olarak, 11 köpek ve 10 kedi sınırlı açık redüksiyon yöntemi uygulanarak redükte edildi.



Şekil 4.9. Olgu 10'a ait kapalı redüksiyonun operatif görünümü. **a:** redüksiyon sonrası, **b:** plak uygulaması sırasında ve **c:** plak uygulaması sonrası görünüm. **d:** kr/kd ve **e:** m/l skopi görüntüsü



Şekil 4.10. Radius/ulna'ya sınırlı açık redüksiyon uygulanan olgu 30'a ait operatif ve postoperatif görünüm. **a:** kırık hattına yaklaşım, **b:** pozisyon penci ile geçici stabilizasyon, **c:** plak uygulaması sonrası kırık hattının görünümü, **d:** postoperatif ön kolun görünümü ve **e:** postoperatif radyografik görünüm

Tez çalışmasındaki bütün tibia kırıklarına mediyal doğrultudan plak uygulandı. Radius/ulna kırıklarına plak uygulama yönleri farklılık gösterdi. Olgulara göre plak uygulanan yüzeyler Tablo 4.3'te belirtildi.

Tablo 4.3. Radius/ulna kırıklarında plak uygulama yönleri

Olgu No	Plak Uygulama Yönü
4	Kraniyo-mediyal
5	Kraniyo-mediyal
10	Kraniyal
16	Kraniyo-mediyal
17	Kraniyo-mediyal
18	Kraniyal
29	Kraniyal
30	Kraniyal

Çalışmada olgularda kullanılan plak türü, boyutu, delik sayısı, kırık hattı üzerindeki boş vida deliği sayısı (Çalışma uzunluğu [WL]), kullanılan vida sayısı ve plak dansitesi (PSD) Tablo 4.4'te belirtildi.

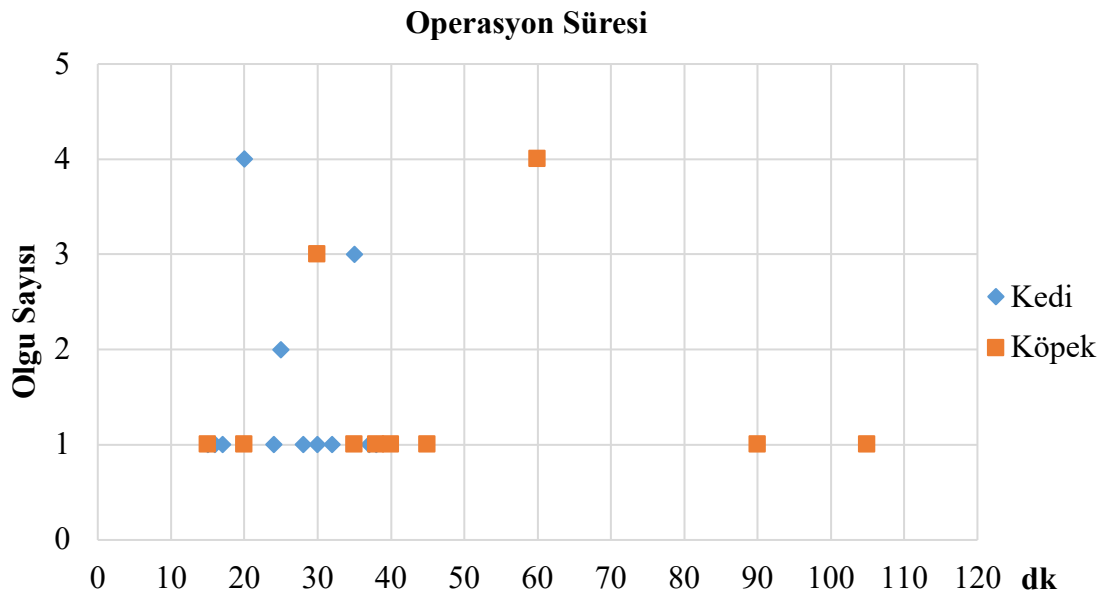
Tablo 4.4. Stabilizasyonda kullanılan plak ve vidaların ayrıntıları

Olgu No	Plak Türü	Plak Boyutu (mm)	Delik Sayısı	Kırık Hattı Üzerindeki Boş Delik Sayısı (WL)	Vida Sayısı		Plak Vida Dansitesi (PSD)
					Proksimal	Distal	
1	LCP	4,5	7	2	2	3	0,71
2	LCP	3,5	8	3	2	3	0,63
3	LCP	4,5	8	3	3	2	0,63
4	LCP	3,5	8	2	3	3	0,75
5	LCP	4,5	7	2	2	3	0,71
6	LCP	4,5	9	3	2	3	0,56
7	LCP	4,5	7	2	3	2	0,71
8	LCP	4,5	7	1	3	3	0,86
9	LCP	4,5	8	2	4	2	0,75
10	LCP	3,5	8	2	4	2	0,75
11	LCP	3,5	8	3	3	2	0,63
12	LCP	4,5	8	3	3	2	0,63
13	LCP	3,5	9	2	3	3	0,67
14	LCP	3,5	8	2	3	3	0,75
15	Kilitli unilock	3,5	9	3	3	3	0,67
16	Kilitli rekonstrüksiyon	2,4	6	1	2	2	0,67
17	Kilitli tubuler	2,4	7	1	3	3	0,86
18	Kilitli rekonstrüksiyon	2,4	10	2	3	3	0,6
19	Kilitli tubuler	2,7	7	1	3	3	0,86
20	Kilitli tubuler	2,4	6	1	3	2	0,83
21	Kilitli rekonstrüksiyon (R tibia)	2,7	10	4	3	3	0,6
	Kilitli rekonstrüksiyon (L tibia)	2,7	10	4	3	3	0,6
22	Kilitli rekonstrüksiyon	2,4	7	1	3	2	0,71
23	Kilitli tubuler	2,7	10	2	4	4	0,8
24	Kilitli rekonstrüksiyon	2,7	10	2	3	3	0,6
25	Kilitli rekonstrüksiyon	2,7	10	3	3	3	0,6
26	Kilitli rekonstrüksiyon (R tibia)	2,7	10	3	3	3	0,6
	Kilitli rekonstrüksiyon (L tibia)	2,7	9	3	3	3	0,67
27	Kilitli tubuler	2,4	10	5	3	2	0,5
28	Kilitli rekonstrüksiyon	2,7	9	2	3	3	0,67
29	Kilitli rekonstrüksiyon	2,4	6	1	2	2	0,67
30	Kilitli rekonstrüksiyon (R/U)	2,4	8	2	3	3	0,75
	Kilitli rekonstrüksiyon (Tibia)	2,7	10	3	3	3	0,6

LCP: Kilitli kompresyon plağı, WL: Çalışma uzunluğu ve PSD: Plak vida dansitesi

Bu çalışmada, operasyon süresi ortalama 36 dk. olarak ölçüldü. Köpeklerin operasyon süresi, kedilere göre daha uzun sürdü. Ayrıca seçilen redüksiyon yönteminin, operasyon süresini doğrudan etkilediği ve sınırlı açık redüksiyon (41 dk.) yöntemi uygulanan hastalarda operasyonun, kapalı redüksiyon (24 dk.) uygulanan hastalara göre 1,7 kat daha uzun sürdüğü görüldü.

Hastaların operasyon süreleri köpeklerde; 15-105 dk. (Ort. 47,9 dk.) ve kedilerde; 16-38 dk. (Ort. 27,8 dk.) olarak ölçüldü. En uzun operasyon süresi köpeklerde olgu 6'da 105 dk. ve olgu 7'de 90 dk. olarak ölçüldü. Olgu 6'da osteosentez materyali çıkarıldıktan 1 hafta sonra travma nedeniyle kırık meydana gelmesi ve olgu 7'nin nonunion olması nedeniyle iki operasyonda da medullar kanalın açılması, kırık fragment uçlarının avive edilmesi ve ilium'dan alınan kansellöz kemik grefti kullanımı operasyon süresinin diğer olgulara göre daha uzun sürmesine neden olmuştur. Olguların operasyon süresinin dağılımı Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

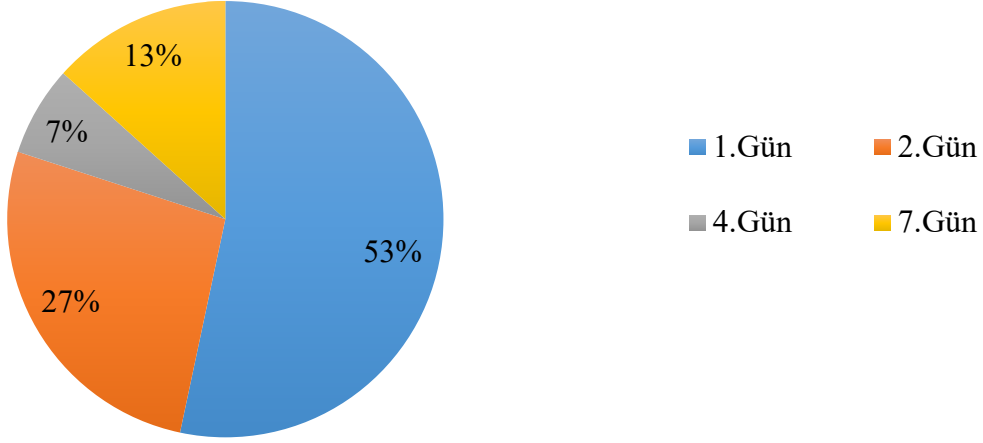


Şekil 4.11. Operasyon süreleri

Operasyondan sonra hastaların bacağına ilk kullanım zamanı köpeklerde; 1-7 gün (Ort. 2,3 gün) ve kedilerde 1-7 gün (Ort. 1,9 gün) olarak kaydedildi (Şekil 4.12 ve 4.13).

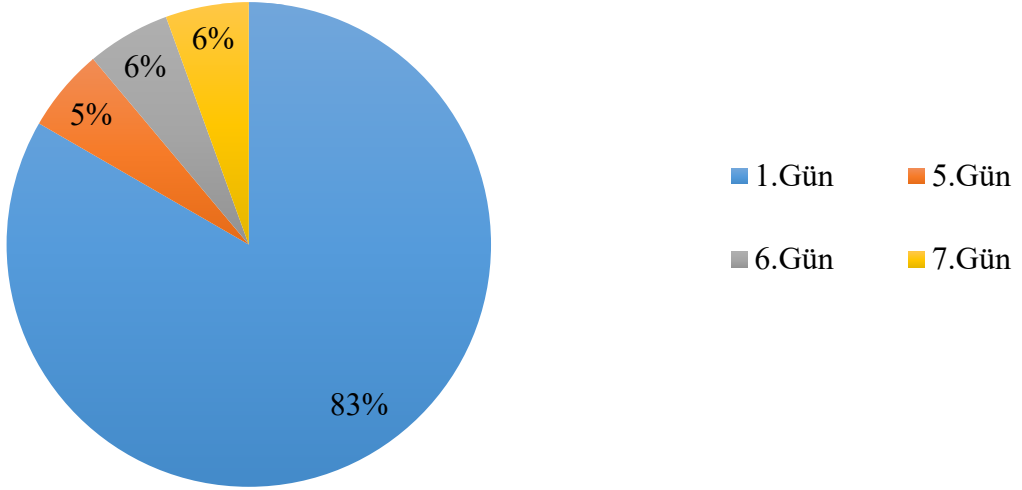
Kedilerin %83,3'ünün (15/18) operasyondan hemen sonra bacağına kullanabildiği belirlendi. Operasyondan sonraki gün bacağına kullanamayan üç olgunun da (Olgu 16, 17 ve 30) radius/ulna kırığı olduğu ve postoperatif dönemde ön kolun distalinde meydana gelen ödemin bu duruma neden olduğu belirlendi. Ödemin geçmesinin ardından olguların bacağına kullanabildiği gözlemlendi.

Köpeklerde Bacağını İlk Kullanım Zamanı



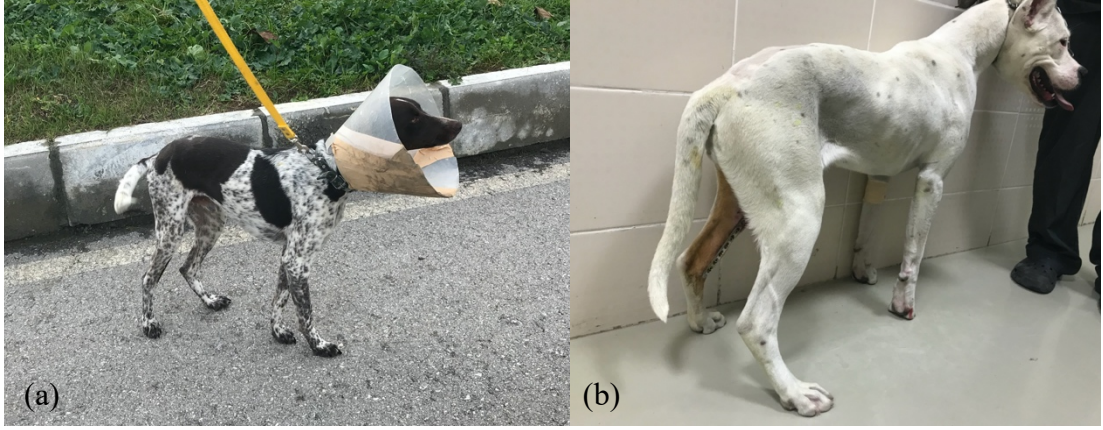
Şekil 4.12. Köpeklerde bacağını ilk kullanım zamanının görünümü

Kedilerde Bacağını İlk Kullanım Zamanı

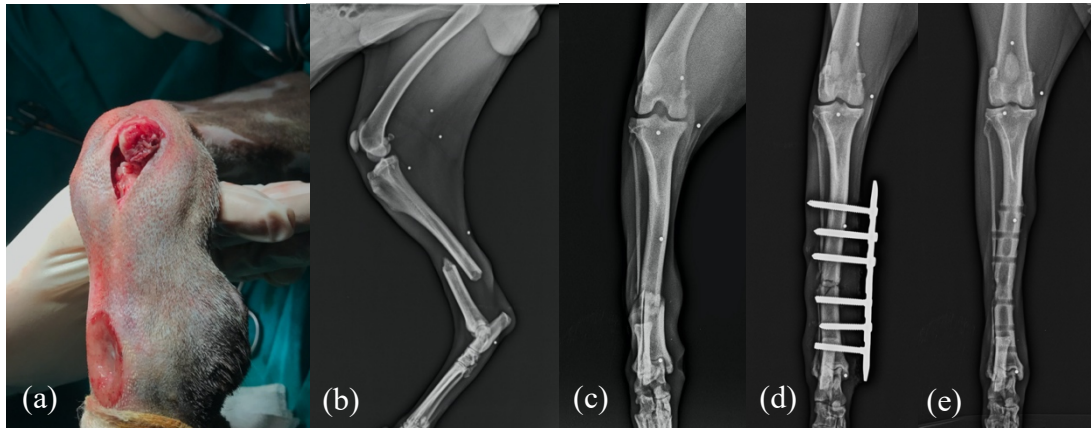


Şekil 4.13. Kedilerde bacağını ilk kullanım zamanının görünümü

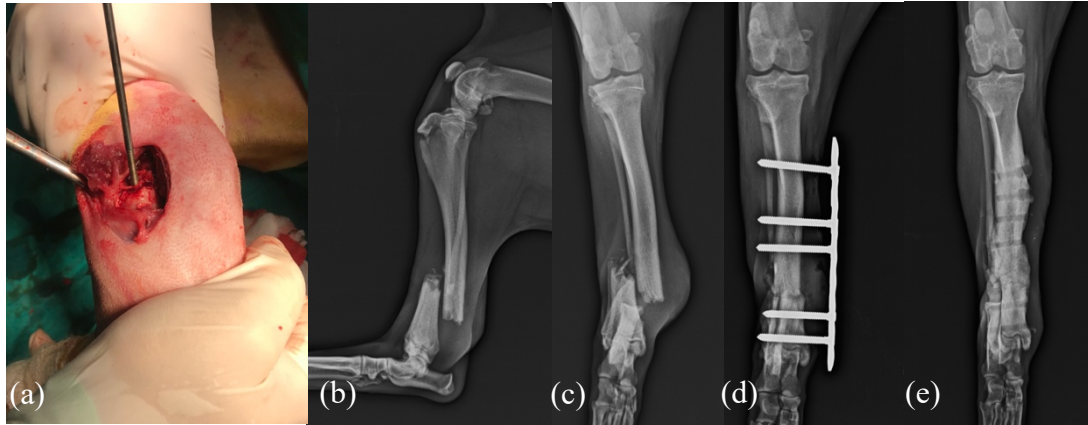
Köpeklerin %73,3'ü (11/15) operasyondan hemen sonra bacağını kullanabildi. Köpeklerde en geç bacağını kullanan hastalar; olgu 8; 7. gün, olgu 9; 4. gün ve olgu 11; 7. gün olarak gözlendi (Şekil 4.14). Bu üç olgununda anamnezinden, travmadan sonra 25-30 gün herhangi bir cerrahi uygulama yapılmadığı öğrenildi. Bu kırıklara sınırlı açık redüksiyon yöntemi ile yaklaşıldı ve medullar kanal açılıp kırık fragmentleri avive edildikten sonra eksternal kilitli plak uygulandı (Şekil 4.15 ve 4.16). Postoperatif dönemde ağrı bulgusu olmamasına rağmen, hastalar bacaklarını belirtilen sürelerde kullanmaya başladılar.



Şekil 4.14. **a:** Olgu 8'in post op 7. gün ve **b:** olgu 9'un post op 4. gün klinik görünümü



Şekil 4.15. Olgu 8'a ait operatif ve radyografik görünüm. **a:** Operasyonda kapanan medullar kanalın açılması. **b:** preoperatif m/l ve **c:** preoperatif k/r/kd radyografik görünüm. **d:** operasyondan sonra alınan k/r/kd radyografik görünüm. **e:** Plak uzaklaştırıldıktan hemen sonra alınan k/r/kd radyografik görünümü



Şekil 4.16. Olgu 9'a ait operatif ve radyografik görünüm. **a:** Operasyonda kapanan medullar kanalın açılması. **b:** preoperatif m/l ve **c:** preoperatif k/r/kd radyografik görünüm. **d:** operasyondan sonra alınan k/r/kd radyografik görünüm. **e:** Plak uzaklaştırıldıktan sonra alınan k/r/kd radyografik görünüm

Postoperatif dönemde kedi ve köpeklerin operasyondan sonra 1., 10., 30., 60. ve 90. günlerde topallık ve radyografik skorlaması yapıldı. Postoperatif 1. gün radyografi skoru bütün olgularda 5 olduğundan grafik üzerinde gösterilmedi. Her iki skorlamada da 5 dereceli skorlama sistemi kullanıldı.

Radyografi skorlaması sonrasında elde edilen verilere “X²-Chi Square” testi uygulandı. Yapılan skorlamada 10. günde %24,4 oranla 4 skoru alındı. Birinci ayda 5 skorunun en az olduğu ve olguların yaklaşık yarısının 3 skorunu aldığı görüldü. 60. günde 5 skorunun hiç olmadığı ve olguların büyük bir çoğunluğunun 1, 2 ve 3 skorunu aldığı belirlendi. 90. günde 5 skoru alan hastanın olmadığı kaydedildi. Ayrıca yatayda bakıldığında, 1 ve 2 skorunun en fazla 60. ve 90. günde, 3 skorunun en fazla 30. günde, 4 skorunun en fazla 10. ve 30. günde görüldüğü ve 5 skorunun en fazla 10. günde görüldüğü belirlendi. Bu verilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü (P<0,01) (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Radyografi skorlarının istatistiksel verileri

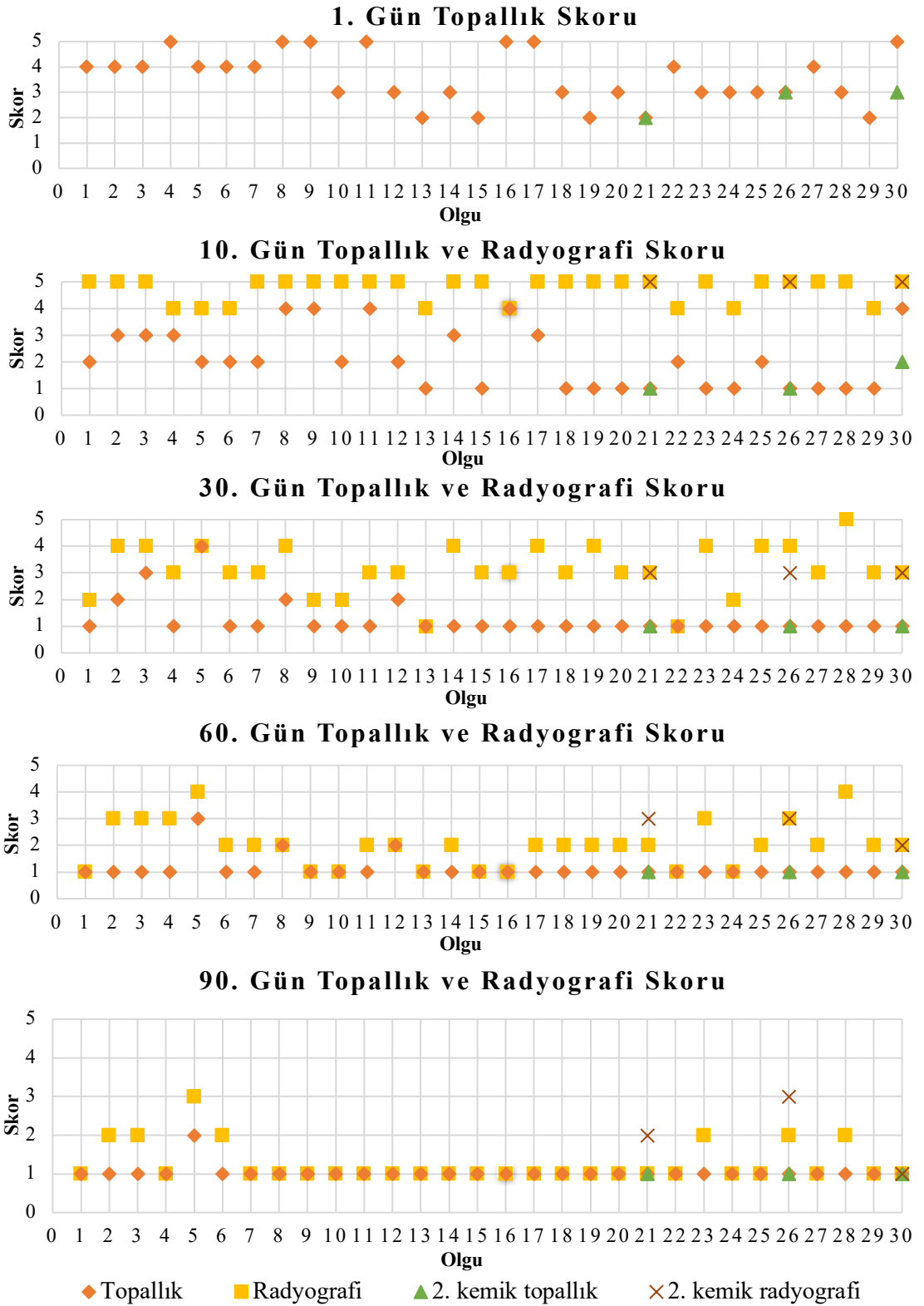
Skor	10. gün	30. gün	60. gün	90. gün	Plak Çıkarıldığında	X ²
1	%0	%6,1	%24,2	%72,7	%18,2	0,01
2	%0	%12,1	%48,5	%21,2	%54,5	0,01
3	%0	%48,5	%21,2	%6,1	%27,3	0,01
4	%24,2	%30,3	%6,1	%0	%0	0,01
5	%75,8	%3	%0	%0	%0	0,01
X ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Topallık skorlaması ile elde edilen verilere X²-Chi Square testi uygulandı. Operasyondan sonra 1. günde yapılan topallık skorlamasında, en fazla 3 ve 4 skoru görülürken, en az 1 skoru görüldü. Postoperatif 10. günde 5 skoru alan hastanın olmadığı ve en fazla verilen skorun 1 olduğu kaydedildi. Birinci ay, 60. ve 90. günlerde olguların büyük bir çoğunluğunun 1 skoru aldığı belirlendi. Yatayda bakıldığında, günler arttıkça 1 skorunu alan hastaların arttığı diğer skorların azaldığı tespit edildi. Bu verilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü (P<0,01) (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Topallık skoru

Skor	1. gün	10. gün	30. gün	60. gün	90. gün	X ²
1	%0,0	%42,4	%75,8	%90,9	%93,9	0,01
2	%18,2	%27,3	%12,1	%6,1	%6,1	0,05
3	%36,4	%15,2	%6,1	%6,1	%0,0	0,01
4	%24,2	%15,2	%6,1	%0,0	%0,0	0,01
5	%22,6	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,01
X ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Belirtilen postoperatif günlerde yapılan topallık ve radyografi skorlamaları Şekil 4.17’de gösterildi. Şekil üzerinde olgulara ait verilerin gösterilmesinde birden fazla kırık ile çalışmaya dahil olan olguların verileri, tüm grafiklerde ikinci kemik olarak ayrıca belirtilmiştir. Bilateral tibia kırığı olan olgu 21 ve 26’da 1. kemik sağ tibia, 2. kemik sol tibia’ya ait verileri göstermektedir. Radius/ulna ve tibia kırığı olan olgu 30’da 1. kemik radius/ulna ve 2. kemik tibia’ya ait verileri belirtmek için kullanılmıştır.

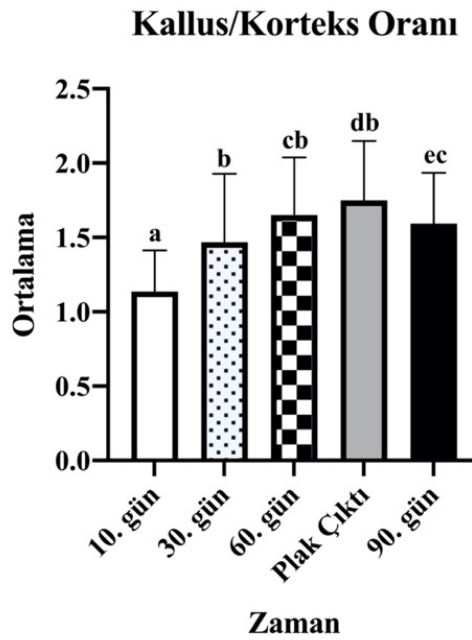


Şekil 4.17. Olguların postoperatif dönemdeki topallık ve radyografik skorları

Postoperatif 10., 30., 60. ve 90. günlerde alınan radyografilerde kallus/korteks oranı belirlendi. Değerlendirme yapılırken kr/kd ve m/l üzerinde ölçümler yapılarak, ortalama değer kaydedildi. Kallus/korteks oranı, ilgili ekstremitenin kr/kd ve m/l

radyografileri üzerinden ölçülerek yapıldı. Tibia kırıklarına mediyalden plak uygulandıktan, m/l radyografi plak çıkarılana kadar skorlamada kullanılmadı. Radius/ulna kırıklarında plak uygulanan yön değişikliği gösterdiğinden, skorlamada kr/kd ve m/l radyografilerin her ikisinden de yararlanıldı.

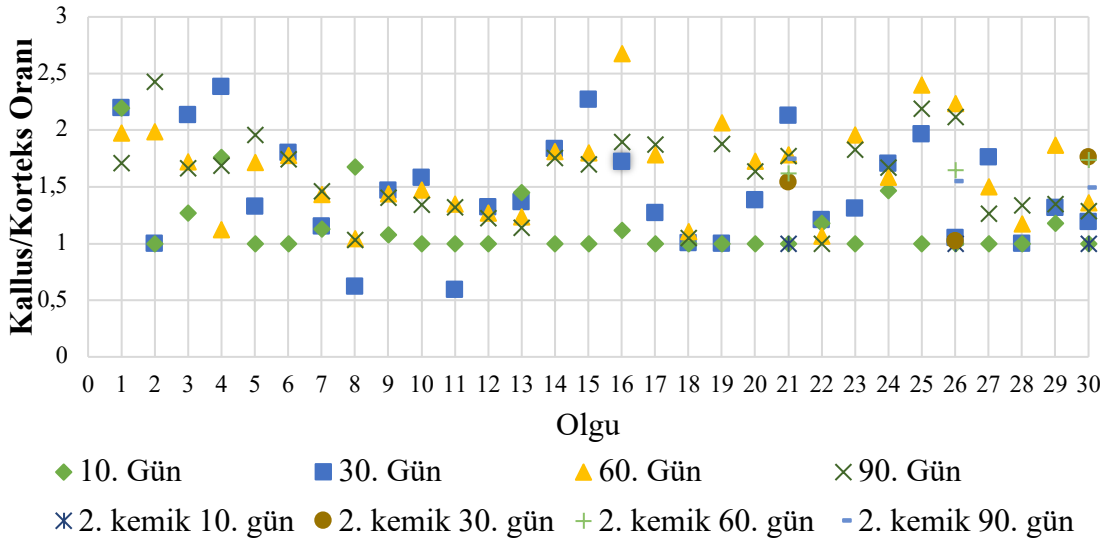
Kallus/korteks oranının ölçümü sonrasında elde edilen verilere tek yönlü varyans analizi uygulandı (Şekil 4.18). Bu oranın plak çıkarılana kadar artış gösterdiği, plak çıkarıldıktan sonra azalma eğiliminde olduğu görüldü. Ayrıca kallus/korteks oranının en düşük değerinin postoperatif 10. günde, en yüksek değerinin plak çıkarıldığında olduğu ve bu verilerin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlendi ($P<0,01$).



Şekil 4.18. Postoperatif farklı günlerde kallus/korteks oranı. a, b, c, d ve e aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0,01$)

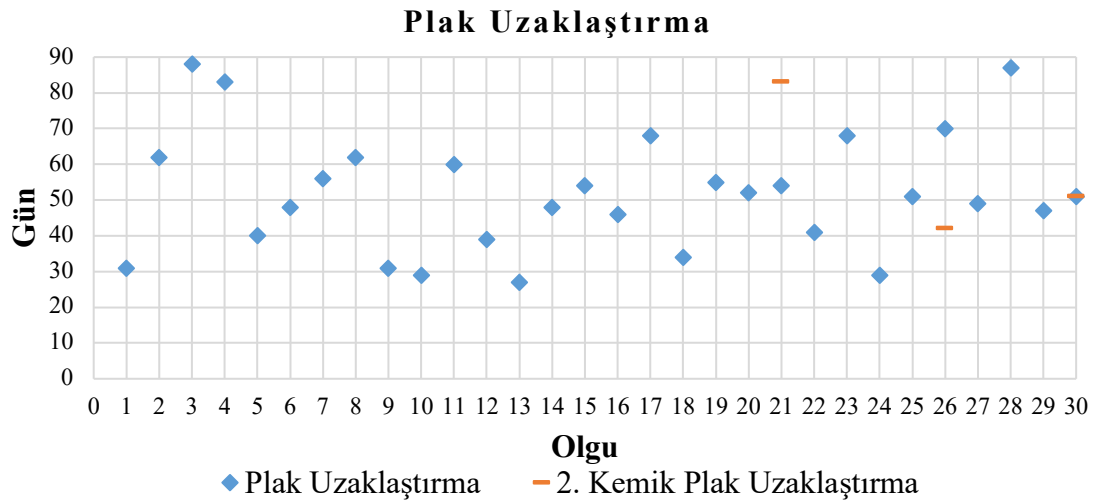
Kallus/korteks oranının postoperatif 30. ve 60. günlerde artış eğiliminde olmasına rağmen, istatistiksel açıdan anlamlı bulunmadı ($P<0,05$). Postoperatif 60. ve 90. günler arasında kallus/korteks oranlarının birbirine yakın olduğu görüldü (Şekil 4.19).

10., 30., 60. ve 90. Gün Kallus/Korteks Oranı



Şekil 4.19. Postoperatif 10., 30., 60. ve 90. günde kallus/korteks oranı

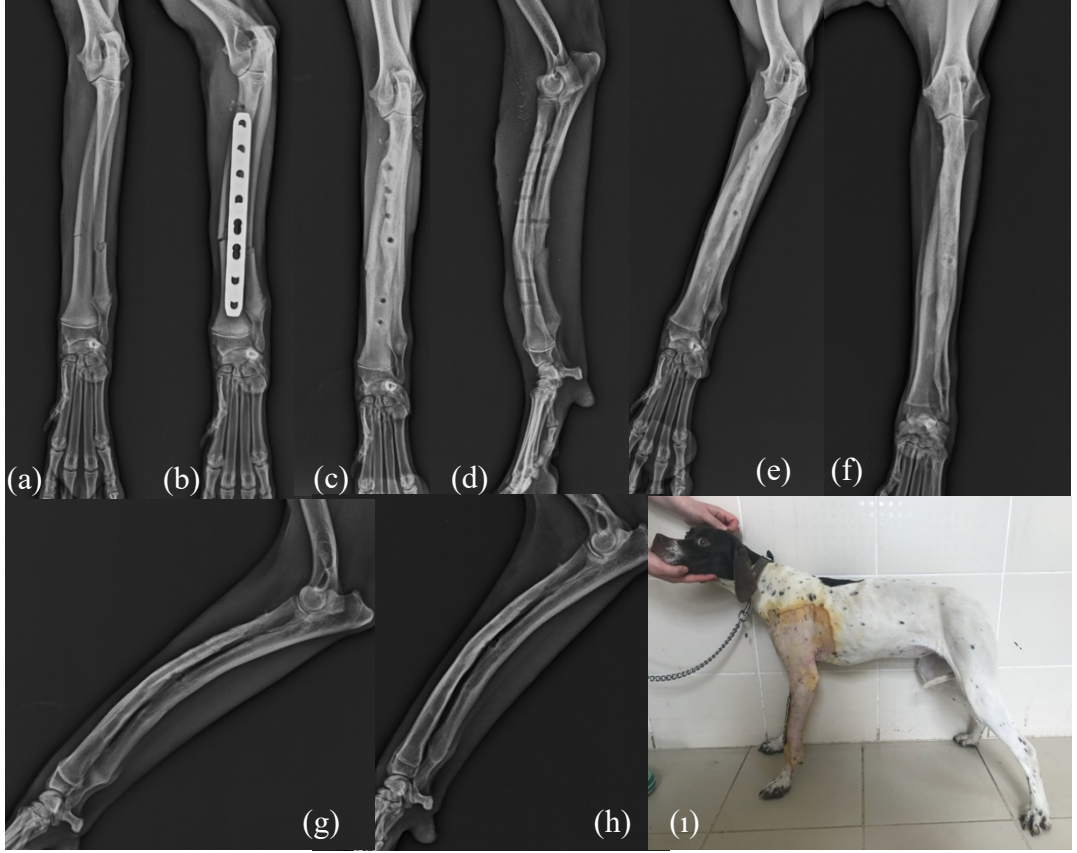
Kontrol radyografilerinde radyografi skoru “ ≤ 3 ” olan hastaların plakları, kısa süreli anestezi altında uzaklaştırıldı. Plak uzaklaştırma zamanı köpeklerde ortalama 50,5 gün (27-88 gün) olarak kaydedilirken, bu süre kedilerde ortalama 54,3 gün (29-87 gün) olarak belirlendi (Şekil 4.20). Hastaların %27,3’ünde kaynama skoru 3 olduğunda plak çıkarıldı ve herhangi bir komplikasyon gözlenmedi.



Şekil 4.20. Olguların plak çıkarılma günleri

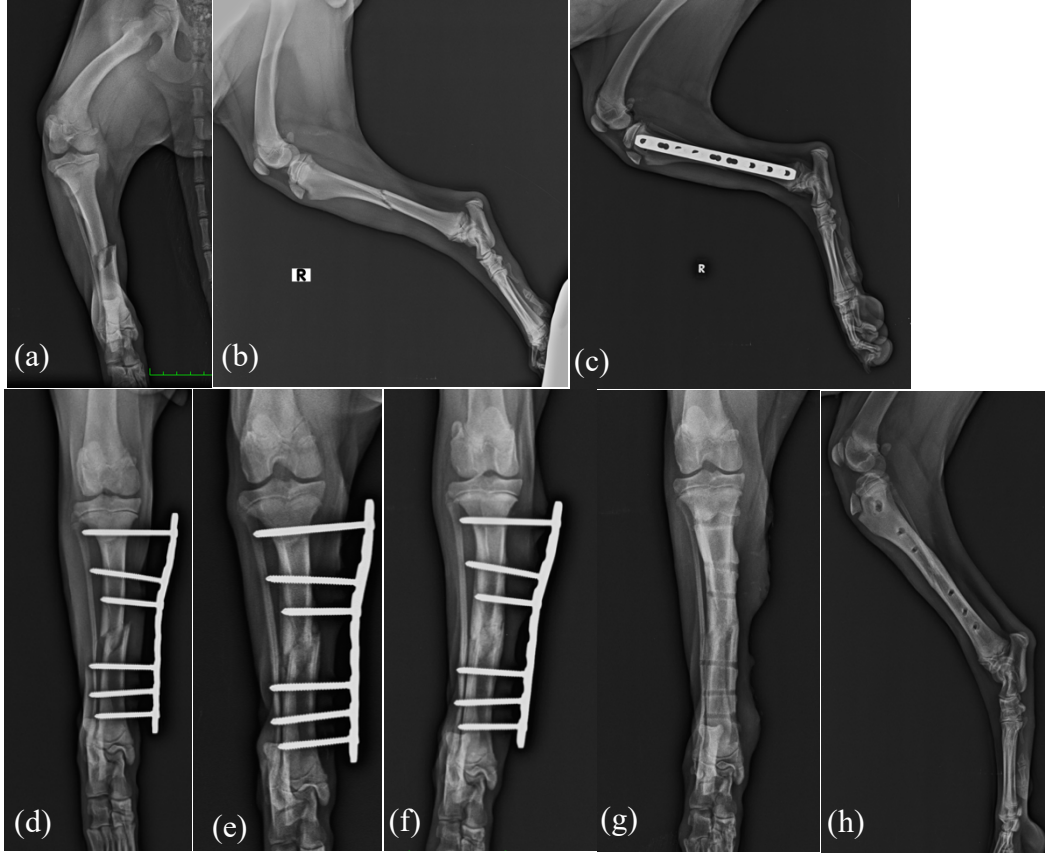
Kapalı redüksiyon uygulanan olgularda (Köpeklerde: 34 gün [14-62 gün]-Kedilerde: 50,7 gün [29-83 gün]), sınırlı açık redüksiyon uygulanan olgulara (Köpeklerde: 53,2 gün [30-88 gün]-Kedilerde: 56,2 gün [34-87 gün]) göre daha hızlı iyileşme sağlandığı görüldü.

Olguların %38,8'inde (7/18) (Olgu 1, 9, 10, 13, 14, 15 ve 24) kırığın 1 ay ve daha kısa sürede iyileştiği görüldü (Şekil 4.21).

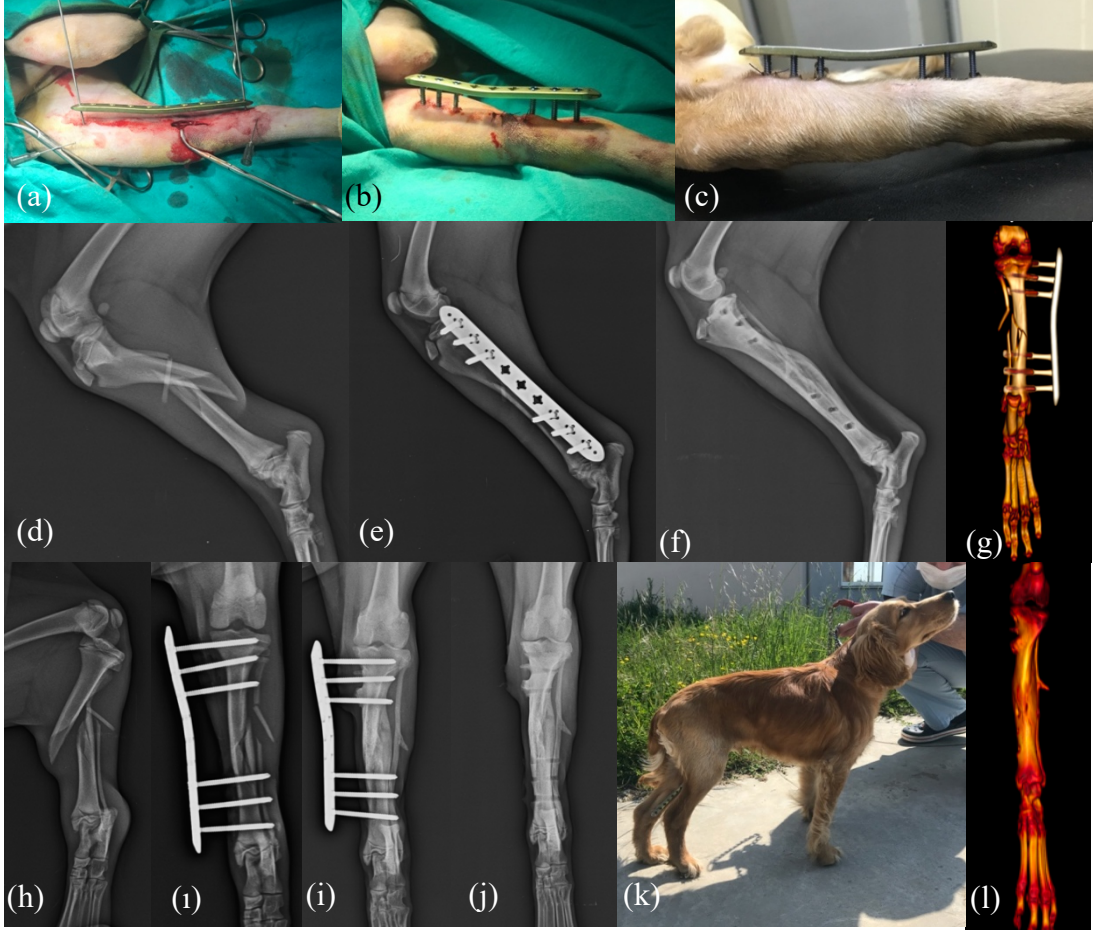


Şekil 4.21. Olgu 10'a ait radyografi ve klinik görünüm. **a:** preoperatif kır/kd radyografik görünüm. Postoperatif, **b:** 1. gün kır/kd, **c:** 1. ay kır/kd, **d:** 1. ay m/l, **e:** 2. ay kır/kd, **f:** 3. ay kır/kd, **g:** 2. ay m/l ve **h:** 3. ay m/l radyografik görünüm. **i:** 1. gün klinik görünüm

Olgu no 13'ün postoperatif 14. günde ve olgu no 15'in 30. günde yapılan kontrollerinde radyografi skoru 3 olarak belirlenmesine rağmen, hastalarda solunum sistemi enfeksiyonu varlığı nedeniyle anesteziye alınamadığı için plak çıkarılmadı. Olgu no 13'ün 27. günde, olgu no 15'in ise 54. günde yapılan kontrollerinde iyileştiği görülen hastaların plağı anestezi altında uzaklaştırıldı (Şekil 4.22 ve 4.23).



Şekil 4.22. Olgu 13'e ait radyografik görünümler. Preoperatif **a**: kr/kd ve **b**: m/l. Operasyondan sonra **c**: m/l ve **d**: kr/kd. Postoperatif **e**: 7. gün kr/kd ve **f**: 14. gün kr/kd. Postoperatif 27. gün plak uzaklaştırıldıktan sonra **g**: kr/kd ve **h**: m/l



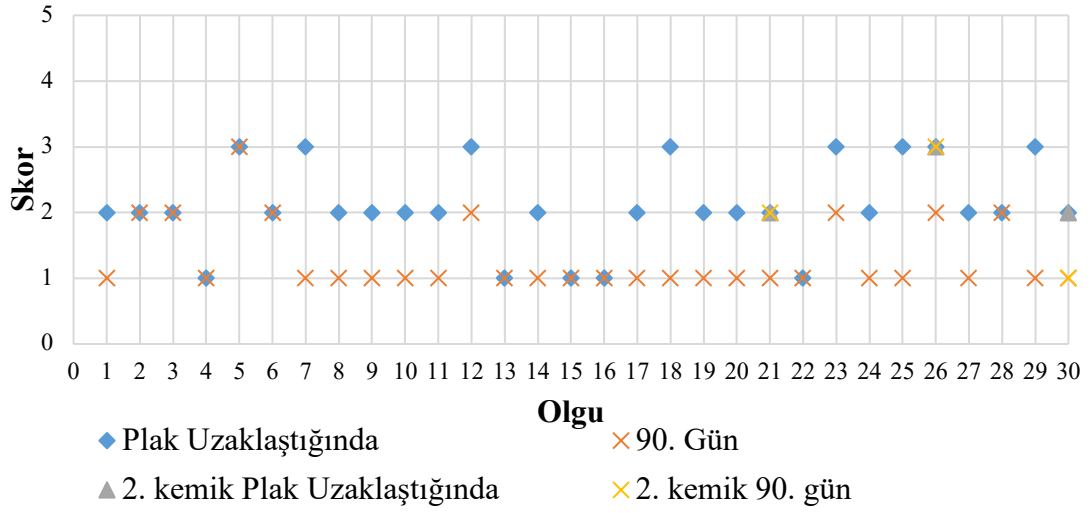
Şekil 4.23. Olgu 15'e ait operatif, klinik, radyografik ve 3D görüntümler. **a:** sınırlı açık redüksiyonun ve **b:** tibia'nın görünümü. Postoperatif klinik, **c:** ve **k:** 30. gün klinik görünüm. Preoperatif **d:** m/l ve **h:** k/r/kd radyografik görünüm. Postoperatif, 1. gün **e:** m/l ve **i:** k/r/kd, 54. gün **i:** ve **j:** k/r/kd, **f:** m/l radyografik görünüm. **g:** operasyondan hemen sonra **l:** 54. gün 3D görünüm

Kırık iyileşme süresi değerlendirildiğinde, operasyon süresi 30 dk. ve altında olan hastaların (46,9 gün), operasyon süresi 30 dk.'nın üzerinde olan hastalara (55,4 gün) göre iyileşmesinin daha kısa sürdüğü belirlendi.

Plak uzaklaştırıldığında radyografi skoru 3 olan 8 olgunun 6'sında 90. gün radyografi skorunun 1 olduğu görüldü. Olgu 26'da plak 70. günde çıkarıldığından radyografi skoru değişmedi.

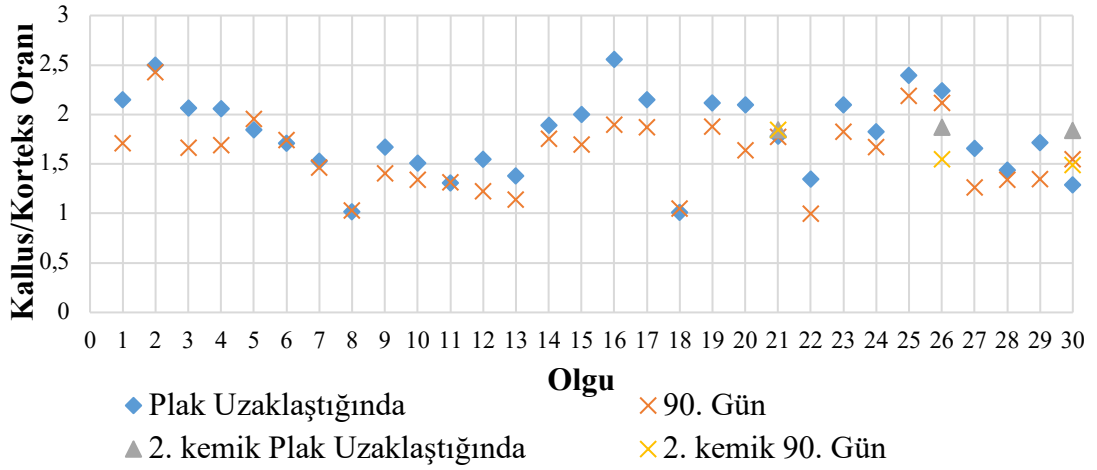
Olguların tümünde (Olgu 5 hariç) kallus/korteks oranı, 90. günde plağın çıkarıldığı güne göre azalma gösterdi. Bu durum kırık iyileşmesinin yeniden şekillenmesi ile açıklandı. Plak uzaklaştırıldığında ve 90. günde, radyografi skoru ile kallus/korteks oranı değişimi şekilde gösterilmiştir (Şekil 4.24 ve 4.25).

Plak Uzaklaştırıldığında ve 90. günde Radyografi Skoru



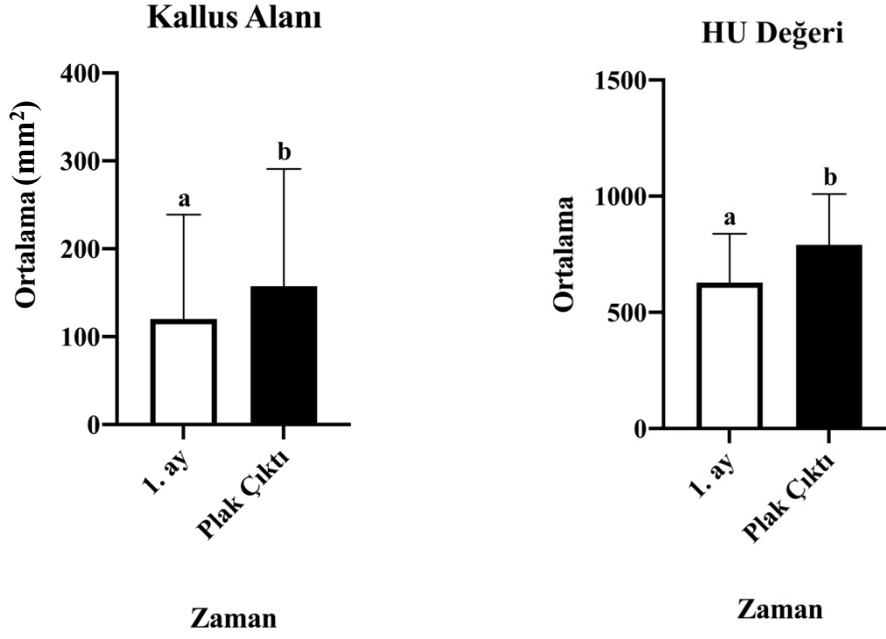
Şekil 4.24. Plak uzaklaştırıldığında ve postoperatif 90. günde radyografi skoru

Plak Uzaklaştırıldığında ve 90. günde Kallus/Korteks Oranı



Şekil 4.25. Plak uzaklaştırıldığında ve postoperatif 90. günde kallus korteks oranı

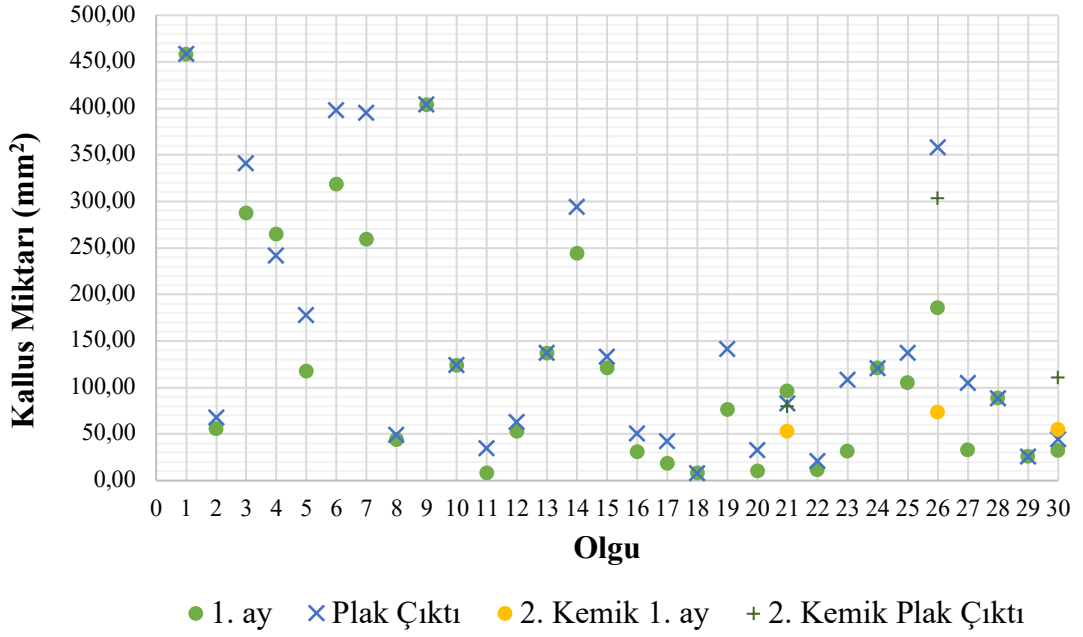
Postoperatif 1. ay ve plak uzaklaştırıldığında alınan BT'lerde kırık hattının transversal kesitinde kallus alanı (mm^2) ölçülerek HU değeri kaydedildi. Elde edilen veriler istatistiksel açıdan değerlendirildi. Buna göre, 1. ayda BT'de yapılan kırık hattı alanı ölçümü ve alanın HU değeri ile plak çıkarıldığında alınan ölçümler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlendi ($P < 0,01$). Birinci aydan plak çıkarılana kadar hem kallus alanında artış hem de kallusun HU değerinde artış görüldü ($P < 0,01$) (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Postoperatif 1. ayda ve plak çıkarıldığında ölçülen kallus alanı ve HU değerlerinin ortalaması. a, b aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir (P<0,01)

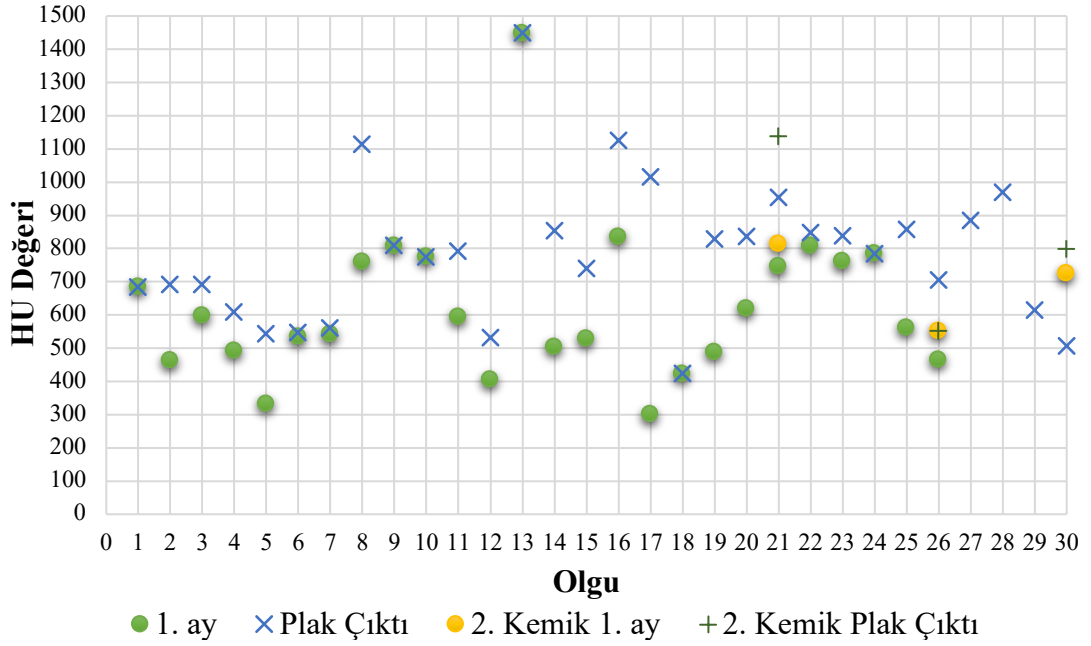
Postoperatif 1. ay ve plak uzaklaştırıldığında alınan BT'lerde yapılan alan ölçümleri ve HU değerleri grafik üzerinde gösterildi (Şekil 4.27 ve 4.28). Köpeklerde kallus alanı 1. ayda ortalama 193,495 mm² (8,769-458,7 mm²) ve plak çıktığında 221,541 mm² (34,836-458,7 mm²) olarak belirlendi (Şekil 4.29). Kedilerde kallus alanı 1. ayda ortalama 59,145 mm² (8,506-1185,5 mm²) ve plak çıktığında 103,838 mm² (8,506-358,7 mm²) olarak ölçüldü (Şekil 4.30).

1. ay ve Plak Uzaklaştırıldığında BT Ölçümleri

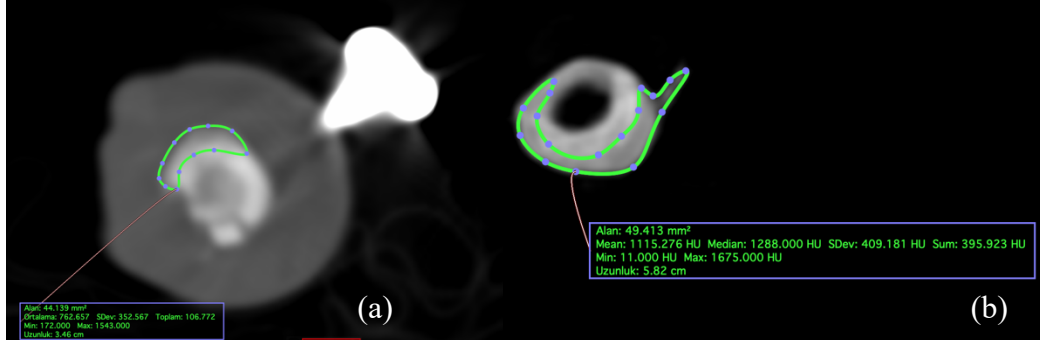


Şekil 4.27. Postoperatif 1. ay ve plak uzaklaştırıldığında alınan BT görüntülerinde kallus miktarı

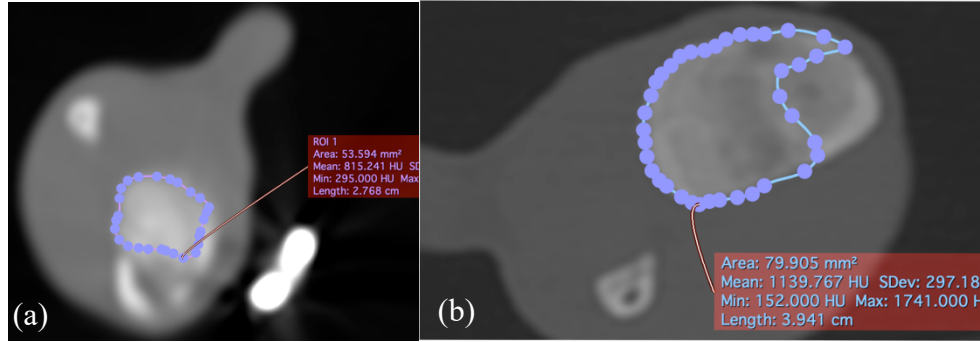
1. Ay ve Plak Çıkarıldığında HU



Şekil 4.28. Postoperatif 1. ay ve plak uzaklaştırıldığında alınan BT görüntülerinde HU değerleri



Şekil 4.29. Olgu 8'e ait transversal kesit BT görüntüleri. **a:** postoperatif 1. ay ve **b:** plak uzaklaştırıldığında kırık hattında yapılan alan ölçümünün görünümü



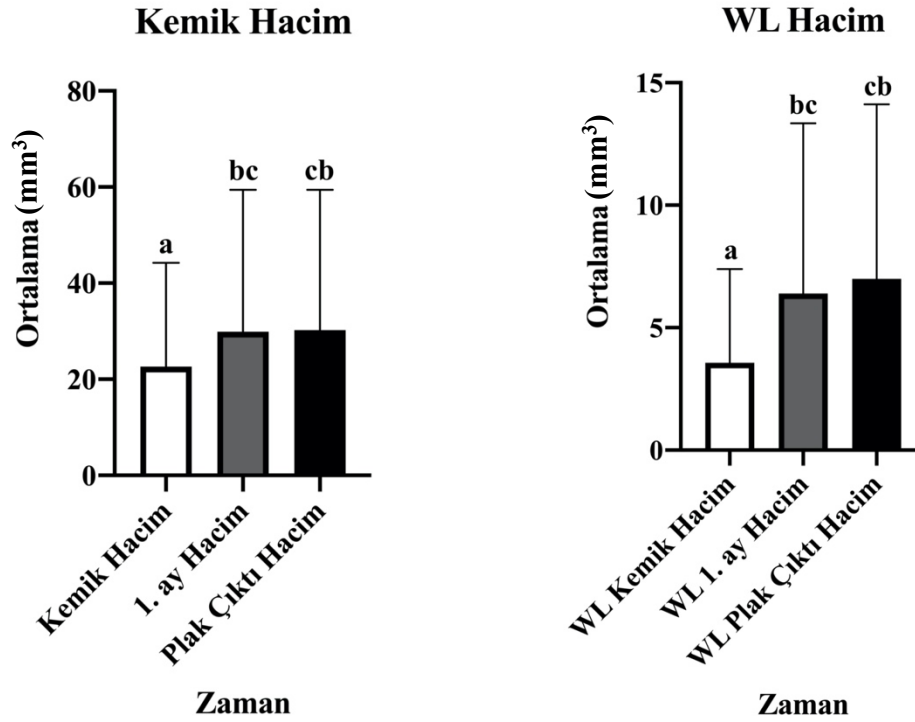
Şekil 4.30. Olgu 21'in sol tibia'sına ait transversal kesit BT görüntüleri. **a:** postoperatif 1. ay ve **b:** plak uzaklaştırıldığında kırık hattında yapılan alan ölçümünün görünümü

Yapılan tüm ölçümlerde (Olgu 21 hariç) kırık alanının plak çıkarıldığında en geniş alana sahip olduğu görüldü ($P<0,01$). Postoperatif 1 ayında kallus fazlalığı görülen olgu 21'in konfigürasyonuna vida eklenerek stabilizasyonu arttırılmıştır. Kallus alanı artışı en az olgu 8'de görüldü. Bu hastada primer iyileşme görüldü.

Kedilerde HU değeri 1. ayda ortalama 625 HU (303-837 HU) ve plak çıktığında ortalama 813 HU (424-1139 HU) olduğu kaydedildi. Köpeklerde HU değeri 1. ayda ortalama 633 HU (333-1450 HU) ve plak çıkarıldığında ortalama 760 HU (532-1450 HU) olarak belirlendi. Radyo dansitenin bir belirteci olan HU değerinin plak çıkarıldığında en üst değere ulaştığı görüldü ($P<0,01$).

Operasyondan sonra hemen, 1. ay ve plak uzaklaştırıldığında alınan BT görüntüleri bilgisayar üzerinde 3 boyutlu (3D) hale getirilerek kemiğin hacmi (cm^3) ölçüldü. Yapılan ölçümlerin istatistiksel değerlendirmesi yapıldı. Birinci ayda ve plak çıkarıldığında kemiğin hacminin operasyondan hemen sonra ölçülen kemik hacmine göre artış gösterdiği ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlendi ($P<0,01$). Kemiğin 30. gün ve plak çıkarıldığında hacminin artış eğiliminde olduğu ancak bu farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu görüldü ($P<0,05$).

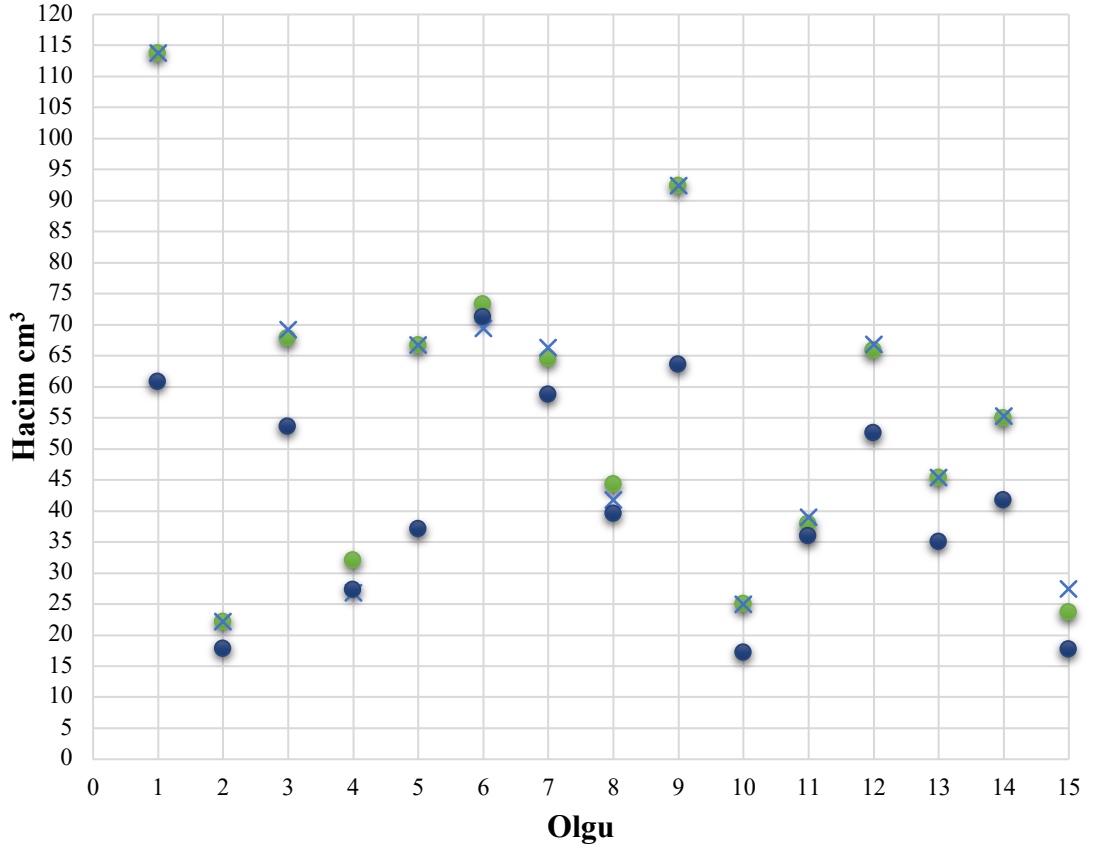
Belirtilen günlerde alınan BT'lerde kırık hattına proksimal ve distalden en yakın iki vida arasının (WL) hacmi ölçülerek kıyaslandı. Ölçülen hacimlerin istatistiksel değerlendirilmesi Şekil 4.31'de gösterildi. Benzer olarak birinci ayda ve plak çıkarıldığında WL hacminin operasyondan hemen sonra ölçülen kemik hacmine göre artış gösterdiği ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlendi ($P<0,01$). Postoperatif 30. gün ve plak çıkarıldığında WL kemik hacminde artış görüldü ancak bu farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulundu ($P<0,05$).



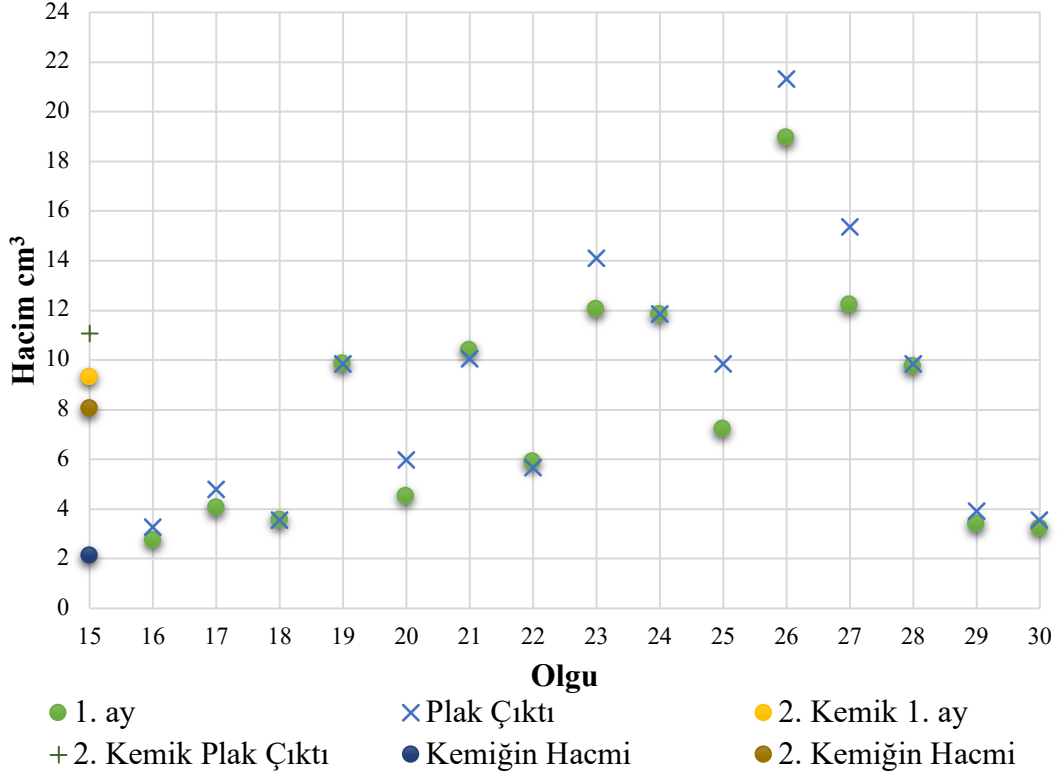
Şekil 4.31. Postoperatif belirtilen günlerde kemik hacmi ve WL hacminin ortalamaları. a,b,c aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0,01$)

Belirtilen günlerde kemik hacimlerinin olgulara göre dağılımı grafikte gösterildi (Şekil 4.32). Operasyondan 1. aya kadar ve 1. aydan plak çıkarılana kadar tüm kemik hacmi ve WL hacmi değişimi yüzdesel olarak ifade edildi. Kedilerde tüm kemik hacmi değişimi 1. kısımda %33, 2. kısımda %9 olurken, WL hacmi değişiminin 1. kısımda %45, 2. kısımda %23 olduğu görüldü. Köpeklerde tüm kemik hacmi değişimi 1. kısımda %30, 2. kısımda %2; WL hacmi değişiminin 1. kısımda %74, 2. kısımda %12 artış gösterdiği belirlendi.

Kemiğin Hacmi (Köpek)



Kemiğin Hacmi (Kedi)



Şekil 4.32. Operasyondan sonra hemen, 1. ay ve plak uzaklaştırıldığında kemiğin hacmi

Bilgisayarlı tomografide elde edilen veriler arasında korelasyona bakıldığında, plak çıkarıldığında ölçülen kırık kallus alanıyla, 1. ay kallus alanı ve kemik hacmindeki kırık iyileşme sırasında meydana gelen değişim arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirlendi. Birinci ayda ve plak uzaklaştırıldığında kallusun HU değerleri arasında pozitif bir korelasyon görüldü. Korelasyon ilişkisi Tablo 4.7’de gösterildi.

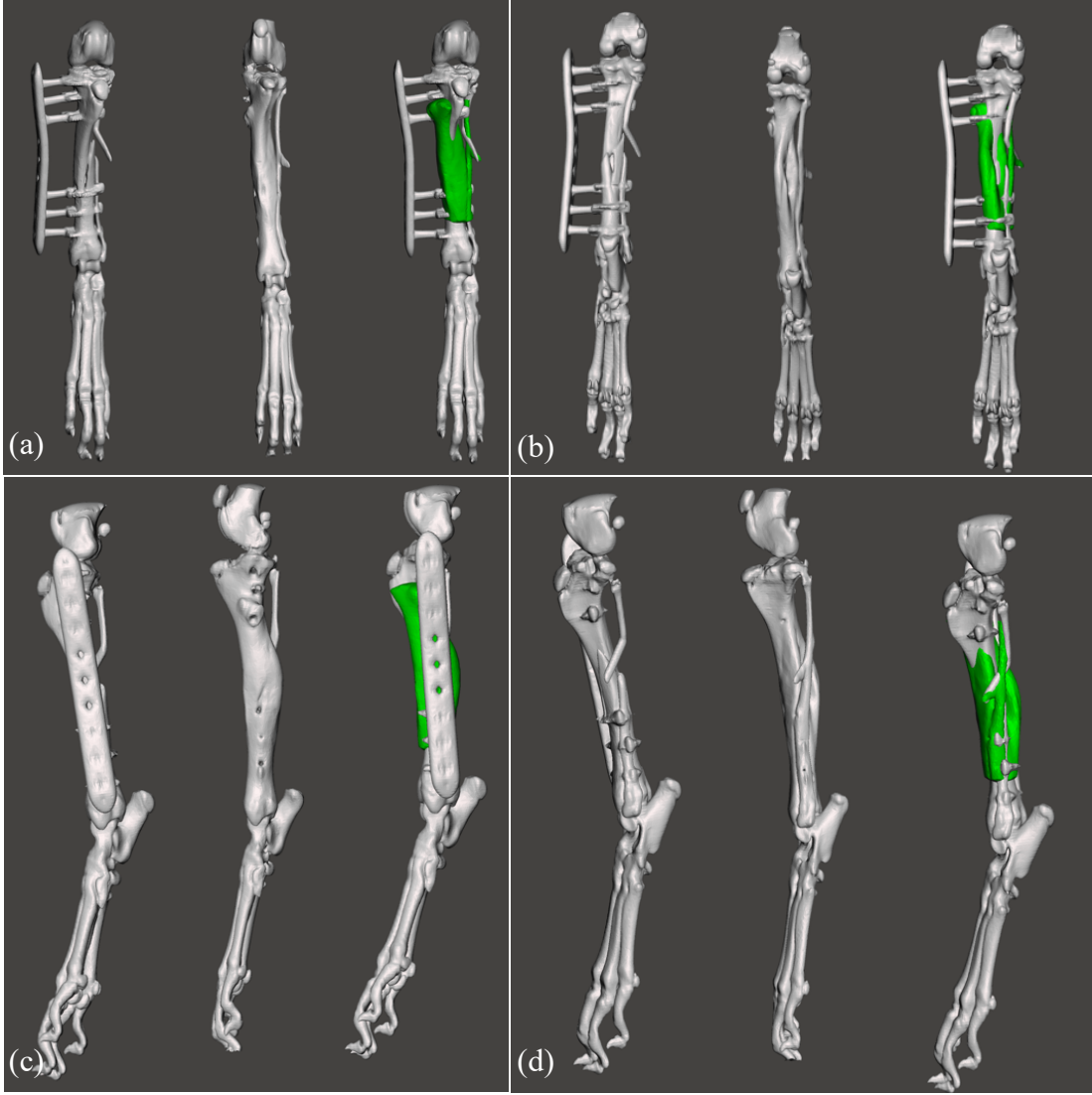
Operasyondan sonra hemen, postoperatif 1. ay ve plak çıkarıldığında kemiğin WL bölümünün hacmi ile kemik hacmi arasında pozitif bir korelasyon belirlendi. Kemik hacmiyle benzer olarak kallus alanı ile WL arasında pozitif korelasyon görüldü.

Tablo 4.7. BT verilerinin birbirleri arasında korelasyon ilişkisi

Parametre	Kallus Alanı 1. ay	Kallus Alanı Plak Çıktı	HU 1. ay	HU Plak Çıktı	Kemiğin Hacmi	Hacim 1. ay	Hacim Plak Çıktı
WL Kemik Hacim	0,824*	0,805*	-0,111	-0,338	0,828*	0,756*	0,759*
WL 1. ay hacim	0,817*	0,735*	-0,072	-0,353	0,918*	0,930*	0,928*
WL Plak Çıktı Hacim	0,778*	0,697*	-0,118	-0,356	0,907*	0,921*	0,923*
Kallus Alanı 1. ay	1	0,914*	0,032	-0,193	0,767*	0,818*	0,812*
Kallus Alanı Plak Çıktı	0,914*	1	-0,075	-0,281	0,709*	0,732*	0,732*
HU 1. ay	0,032	-0,075	1	0,633*	0,003	0,010	0,006
HU Plak Çıktı	-0,193	-0,281	0,633*	1	-0,195	-0,195	-0,195
Kemiğin Hacmi	0,767*	0,709*	0,003	-0,195	1	0,957*	0,952*
Hacim 1. ay	0,818*	0,732*	0,010	-0,195	0,957*	1	0,998*
Hacim Plak Çıktı	0,812*	0,732*	0,006	-0,195	0,952*	0,998*	1

*parametreler arasında korelasyon olduğunu belirtir

Kemik hacmindeki değişimin gösterilebilmesi için 3D modellemeden yararlanıldı. Postoperatif dönemde alınan BT’lerden kemik modeli çıkarılarak kallus 3D olarak gösterildi (Şekil 4.33).



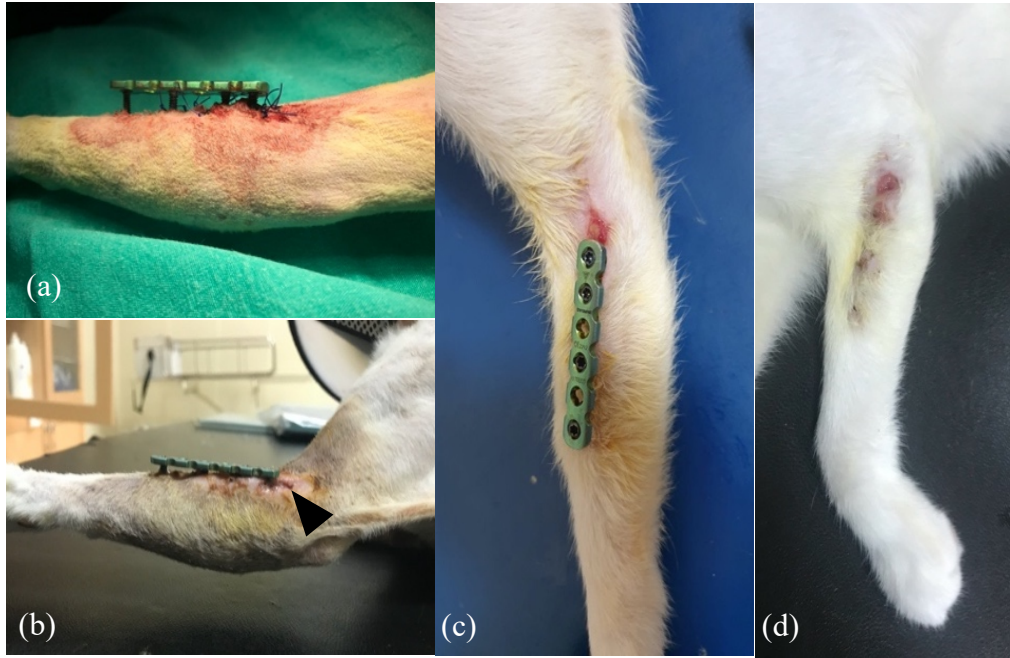
Şekil 4.33. Olgu 15'e ait 3D model. Operasyondan hemen sonra ve plak uzaklaştırıldığında alınan BT görüntülerinden elde edilen 3D modelin ve kallusun (yeşil) görünümü. **a:** kraniyal'den, **b:** kaudal'den, **c:** mediyal'den ve **d:** lateral'den görünüm

Kilitli plakların eksternal uygulamasında karşılaşılan komplikasyonlar minör ve majör komplikasyonlar olmak üzere iki grupta incelendi. Kırıkların %48,5'inde (16/33) minör komplikasyonlar ile karşılaşıldı (Şekil 4.34). Karşılaşılan minör komplikasyonların düzeltilmesinde, hasta sahibinin vida dibi bakımı konusunda yeniden bilgilendirilmesi, lokal uygulamalar ve genel anestezi gerektirmeyen küçük cerrahi girişimler uygulandı. Buna ek olarak minör komplikasyonların, kırık iyileşmesine etki etmediği görüldü.



Şekil 4.34. Minör komplikasyonların olgu sayılarına göre dağılımı

Vida dibi akıntısı en sık karşılaşılan minör komplikasyonlar oldu. Köpeklerin %20'sinde (3/15) vida dibi akıntısı gözlemlendi (Olgu 4, 7 ve 9). Proksimal 1. (P1) ve proksimal 2. (P2) vida diplerinde akıntı belirlendi. Kedilerin %27,7'sinde (5/18) vida dibi akıntısı görüldü. Köpeklerdekine benzer olarak, vida dibi akıntısı kedilerde çoğunlukla P1 ve P2 vida diplerinde görüldü. Proksimal radius/ulna kırığı olan olgu 29'da düzenli vida dibi bakımı yapılmasına rağmen, P1 ve P2 vida diplerinde akıntı meydana geldi. Bu durumun kedinin yürüyüşünü etkilemediği ve postoperatif 47. günde herhangi bir komplikasyon görülmeden kırığın iyileştiği belirlendi (Şekil 4.35).



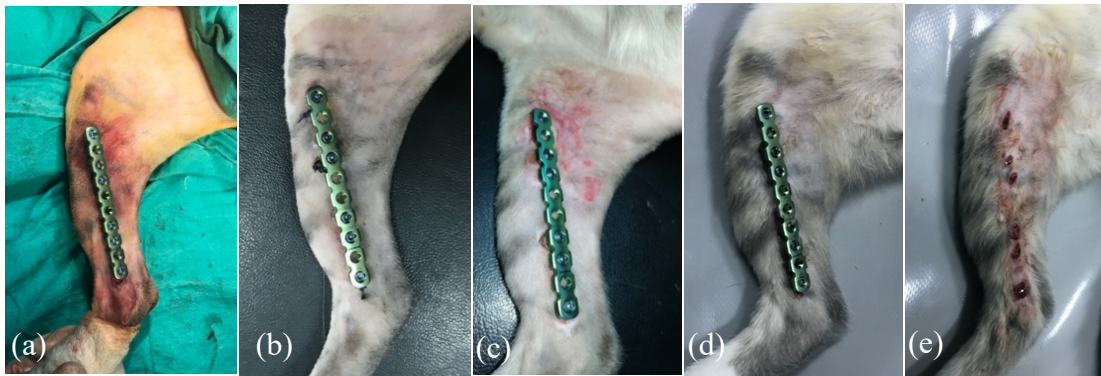
Şekil 4.35. Olgu 29'a ait postoperatif görüntüler. **a:** operasyondan hemen sonra kolun lateralden görünümü. **b:** postoperatif 10. gün kolun lateralden görünümü (siyah ok başı vida dibinde akıntı). **c:** postoperatif 30. gün ve **d:** postoperatif 47. gün plak çıktıktan sonra kolun klinik görünümü

Olgu 23 ve 30'da bütün vida diplerinde akıntı görülmesi üzerine alınan anamnezde, hasta sahibinin postoperatif dönemde antibiyotik kullanmadığı belirlendi. Parantral antibiyotik uygulaması ve lokal vida dibi temizliği ile komplikasyon giderildi (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Olgu 30'a ait postoperatif görüntüler. **a:** Operasyondan hemen sonra kolun lateralden görünümü. **b:** Postoperatif 8. gün kolun kraniolateralden görünümü. **c:** Postoperatif 14. gün kolun klinik görünümü. **d:** Plak uzaklaştırılmadan önce ve **e:** sonra kolun klinik görünümü

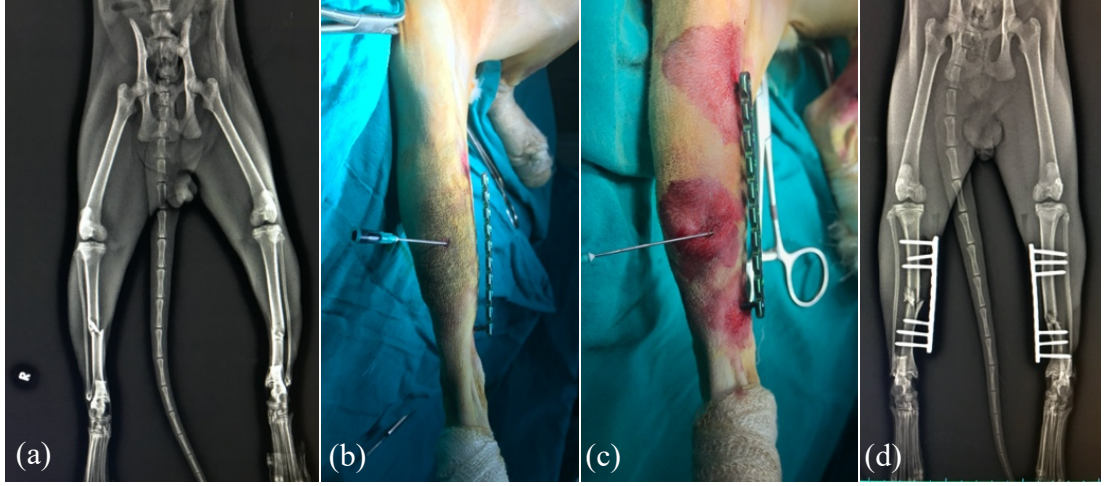
Olgu 24'te vida dibi bakımı için kullanılan batikon solüsyonunun hastada alerjiyle uyumlu deri lezyonlarına neden olduğu görüldü. Bu hastada antiseptik solüsyonu olarak Crystalline sprej (Crystalline, NHP, Türkiye) kullanıldı ve problem giderildi (Şekil 4.37). Vida dibi akıntısı bütün olgularda, antiseptik ile yapılan günlük vida dibi bakımı ile düzeltildi.



Şekil 4.37. Olgu 24'e ait postoperatif görüntümler. **a:** operasyondan hemen sonra, **b:** 3. gün, **c:** 10. gün, **d:** 29. gün ve **e:** plak çıkarıldıktan sonra tibia'nın mediyal'den görünümü

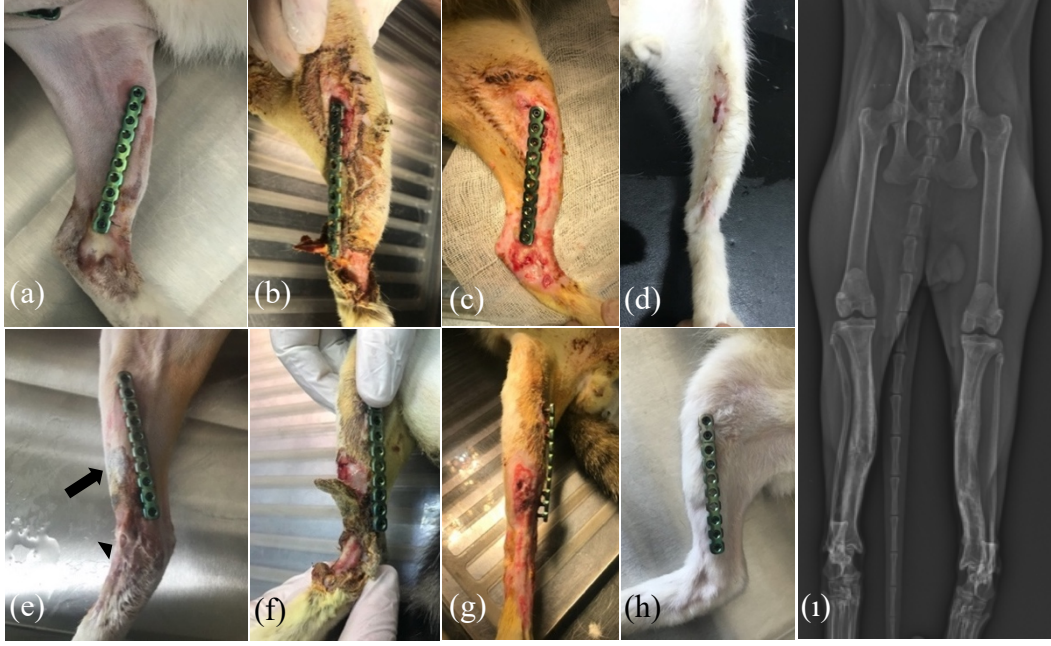
Olgu 28’de postoperatif dönemde alınan takip röntgenlerinde kaynamanın yavaşladığı görüldü. Postoperatif 61. günde P2’nolu vida uzaklaştırıldı. Alınan kontrol röntgenlerinde postoperatif 87. günde radyografi skorunun 2 olduğu görülerek plak uzaklaştırıldı.

İki olguda (Olgu 21 ve 26) yüzeysel enfeksiyona bağlı minör komplikasyon ile karşılaşıldı. Bilateral tibia kırığı olan ve kapalı redüksiyon uygulanan olgu 21’de lokal deri nekrozu meydana geldi (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Olgu 21’e ait radyografik ve operatif görünüm. **a:** preoperatif kır/kd radyografisi, **b:** sağ tibia’nın kapalı redüksiyonu, **c:** sol tibia’nın kapalı redüksiyonu ve **d:** postoperatif kır/kd radyografik görünüm

Olgu 21’de operasyondan sonra 5. günde, tibia’ların kranial ve mediyalinde travmaya bağlı deride demarkasyon ve nekroz gözlemlendi. Hastanın topallık göstermeden her iki bacağı kullanabildiği görüldü. Kısa süreli sedasyon altında nekrotik dokular uzaklaştırıldı. Crystalline sprey lokal olarak uygulandı. Gün aşırı Theranekron D6 (Theranekron D6, Richterpharma, Avusturya) 0,4 ml deri altı 5 gün uygulandı. Kırık iyileşmesinde herhangi bir komplikasyon gözlenmeden yarının iyileştiği görüldü (Şekil 4.39).

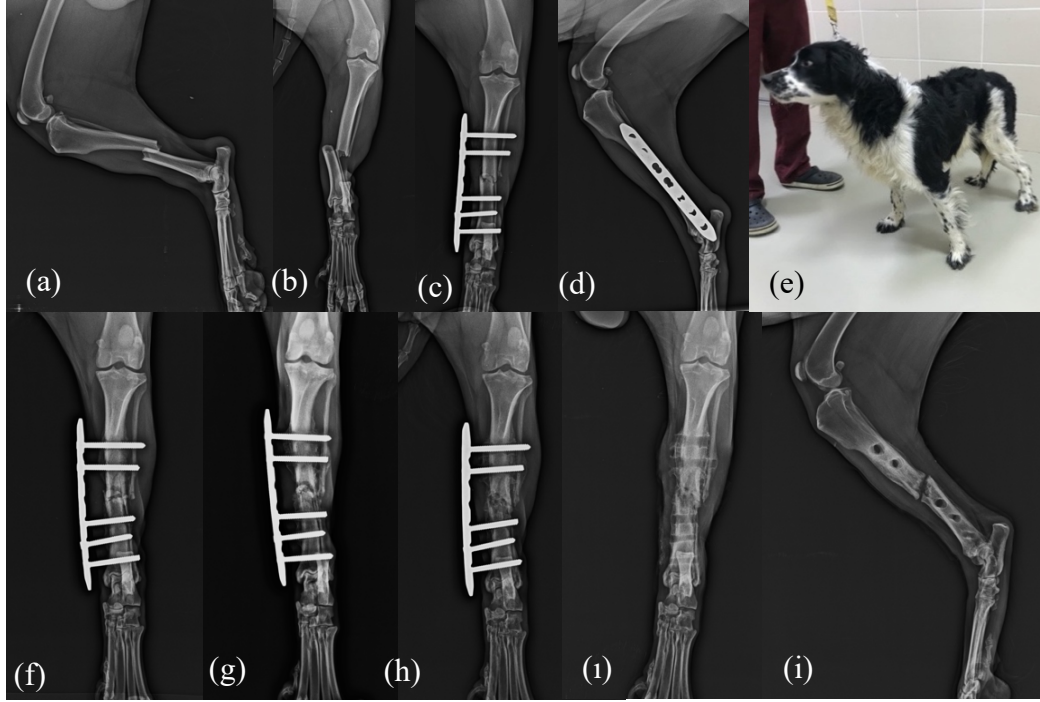


Şekil 4.39. Olgu 21'e ait postoperatif klinik ve radyografik görüntüler. Sol tibia'nın; **a:** 5. gün, **b:** 10. gün, **c:** 10. gün debridman sonrası ve **d:** 83. gün plak çıkarıldığında klinik görünümü. Sağ tibia'nın; **e:** 5. gün (siyah ok ve ok başı nekrotik alan), **f:** 10. gün, **g:** 10. gün debridman sonrası ve **h:** 54. gün klinik görünümü. **i:** Postoperatif 90. gün kontrol radyografisi

Ayrıca olgu 21'in postoperatif 36. gün kontrol radyografisinde sağ tibia'da taşkın kallus yapısı görüldü. Hasta kısa süreli anesteziye alındı ve P4'nolu vida deliğinden vida uygulanarak stabilizasyon artırıldı.

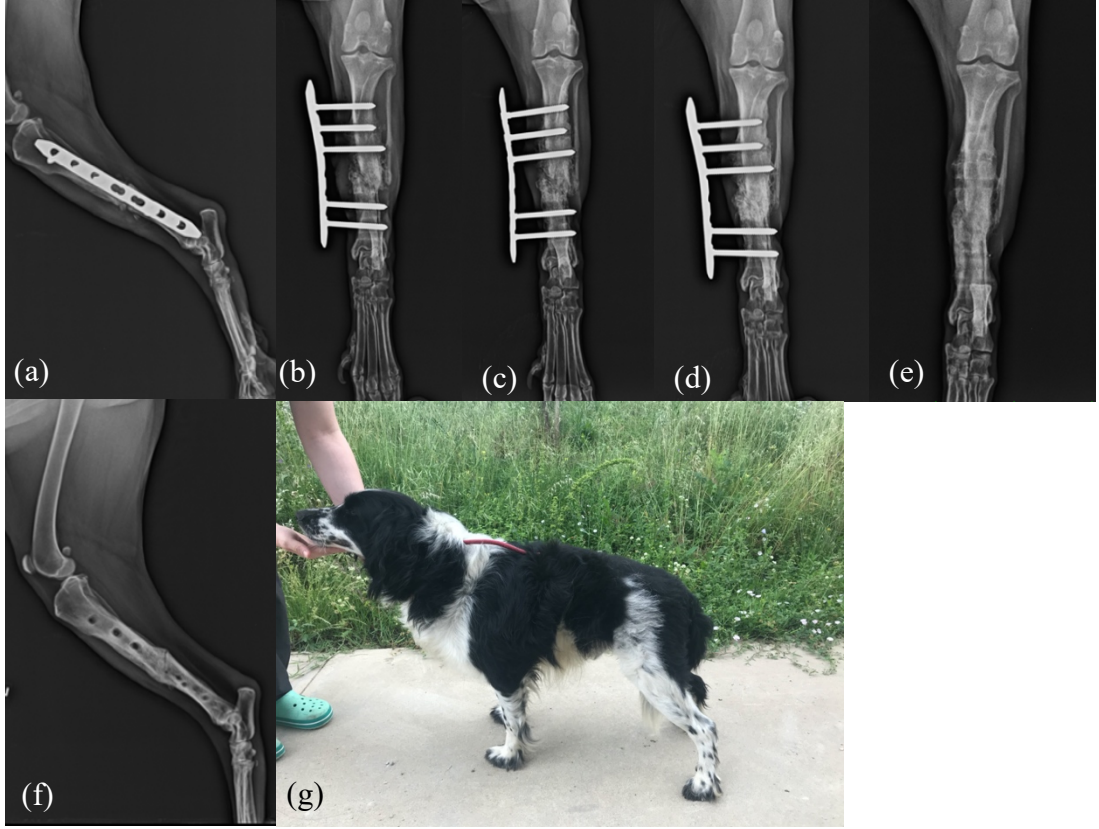
İki kedi ve 3 köpekte operasyondan sonra ödem meydana geldi. Ödem daha çok radius/ulna kırıklarından sonra görüldü. Ödem meydana gelen hastalarda operasyondan sonra 4 gün soğuk kompres uygulaması önerildi. Ayrıca radius/ulna kırıklarında, kraniyal doğrultudan plak uygulanan hastalarda, postoperatif dönemde ön kolun distalinde ödem meydana geldiği görüldü. Kraniyo-mediyal doğrultudan plak uygulanan olgularda, postoperatif dönemde ödem meydana gelmediği izlendi.

Kırıkların %6,1'inde (2/33) majör komplikasyon ile karşılaşıldı. Bu komplikasyonlar, kaynama yokluğu (olgu 7) ve erken dönem implant kaybı (olgu 14) olarak kaydedildi. Olgu 7'de, alınan periyodik radyografiler sonucunda kırık iyileşmesinin durduğu belirlenerek postoperatif 95. günde plak uzaklaştırıldı (Şekil 4.40).



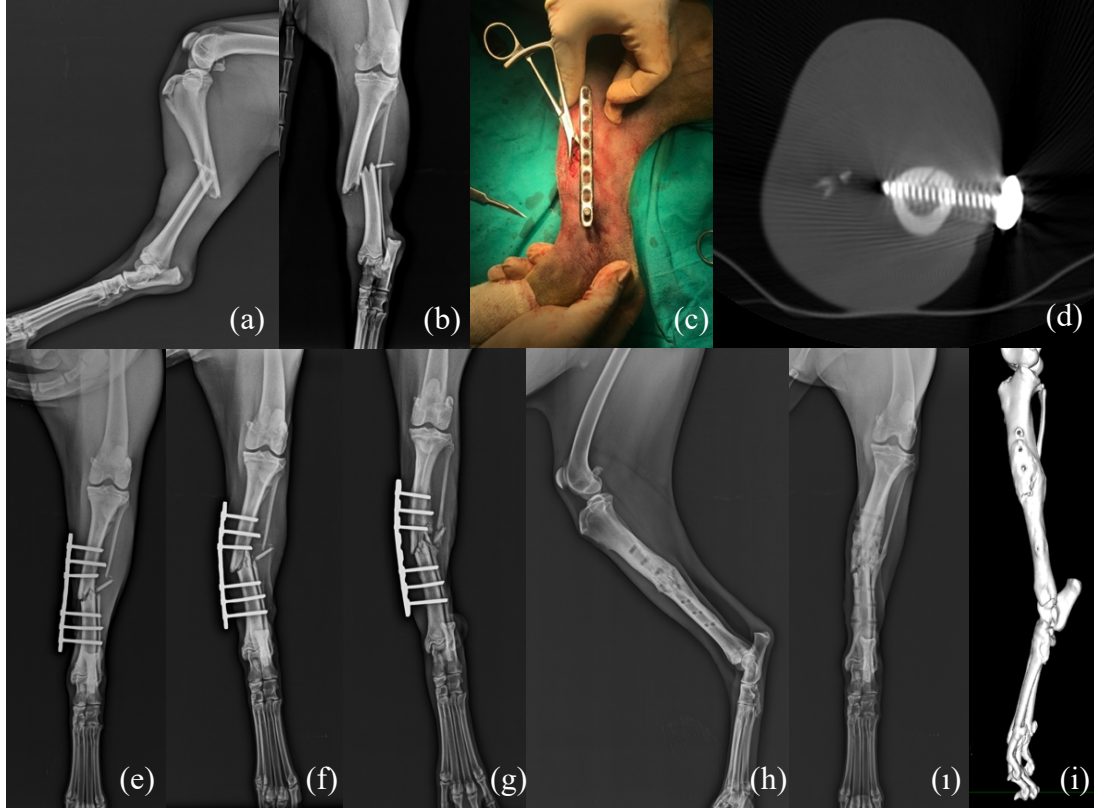
Şekil 4.40. Olgu 7'nin ilk operasyon sonrası klinik ve radyografik görünümü. Preoperatif **a**: m/l ve **b**: kr/kd radyografik görünüm. Postoperatif, 1. gün **c**: kr/kd ve **d**: m/l, **f**: 1. ay, **g**: 2. ay ve **h**: 3. ay kr/kd radyografik görünüm. Postoperatif 95. gün plak çıkarıldıktan sonra **i**: kr/kd ve **i**: m/l radyografik görünüm. **e**: plak çıkarılmadan önce klinik görünüm

İkinci operasyonda, kontrolateral ilium'dan alınan kansellöz kemik grefti kırık hattına dolduruldu. Eksternal olarak uygulanan 4,5 mm LCP ile kırık tekrar stabilize edildi. Postoperatif 56. günde radyografi skorunun 3 olduğu belirlenerek plak uzaklaştırıldı (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. Olgu 7'nin ikinci operasyonu sonrası radyografik ve klinik görüntüleri. Operasyondan hemen sonra alınan **a**: m/l ve **b**: kr/kd radyografik görünüm. Postoperatif; **c**: 30. gün, **d**: 56. gün ve **e**: 90. gün kr/kd radyografik görünüm. **f**: Postoperatif 90. gün m/l radyografik görünüm. **g**: Postoperatif 90. gün klinik görünüm

Postoperatif erken dönemde implant kaybı meydana gelen olgu 14'te operasyondan sonra alınan BT'de P3'nolu vidanın preoperatif röntgenlerde görülmeyen çatlaktan geçtiği görüldü. Fragment ayrılmadığından müdahale edilmedi. Postoperatif 5. günde hastanın bacağına askıya alması üzerine alınan radyografilerde P3'ün olduğu fragmentte ayrılma ve aksiyal hizada hafif açılma görüldü. Hasta kısa süreli anestezide alınıp aseptik antiseptik sağlandıktan sonra vidalar gevşetildi ve kapalı olarak traksiyon uygulanıp, perkutan pozisyon pensi ile tekrar redükte edilerek vidalar sıkıldı. Herhangi bir komplikasyon görülmeden postoperatif 48. günde kırığın iyileştiği görüldü (Şekil 4.42).



Şekil 4.42. Olgu 14'e ait görüntüler. Preoperatif **a**: m/l **b**: kr/kd radyografisi, **c**: intraoperatif görünüm, **d**: postoperatif P3'nolu vidanın transversal kesitte görünümü. Postoperatif kr/kd radyografiler **e**: operasyondan hemen sonra, **f**: 5. gün, **g**: 5. gün kırık yeniden redükte edildikten sonra radyografik görünüm. Plak çıkarıldığında **h**: m/l ve **i**: kr/kd radyografik görünüm. **j**: plak çıkarıldığında tibia'nın 3D görünümü

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, travmatik nedenlerle uzun kemik kırığı meydana gelen kedi ve köpeklerde, kilitli plakların eksternal olarak kullanımı tanımlanmaktadır. Bu yöntemin uygulanmasında biyolojik osteosentez prensipleri esas alınmıştır.

Biyolojik osteosentez fikrinin gelişimi ile kemiğin dolaşımı ve çevresindeki yumuşak dokuların korunması önemli hale gelmiştir. Buna ek olarak kırıkların, rijit stabilizasyon yerine esnek stabilizasyon ile hızlı bir şekilde tedavi edilebileceği de yine biyolojik osteosentez fikrinin bir ürünüdür (Palmer, 1999; Perren, 2002). Bu tez çalışmasında kilitli plakların eksternal uygulanmasının, biyolojik osteosentez prensiplerine uyduğu ve fonksiyonel bir iyileşme sağladığı gözlenmiştir.

Kilitli plaklar internal uygulandığında, kilitli vida yapılarının sağladığı anguler stabilite plağı, kemik üzerinde periostal dolaşımı koruyacak bir mesafede tutar. Bu özellikleri nedeniyle kilitli plaklar, kemiğe çok yakından uygulanan eksternal fiksatöre benzetilirler (Cronier et al., 2010; Wagner and Frigg, 2009). Kilitli plakların periosta temas etmeden sabitlenebilmesi, araştırmacıları kemik plak arasındaki mesafenin stabiliteye olan etkisini araştırmaya itmiştir. Yapılan bir biyomekanik çalışmaya göre, kilitli plaklar kemikten 5 mm uzakta stabilize edildiğinde, fiksasyonun stabilitesinin aksiyal kompresyonda %63 oranında azaldığı bildirilmiştir (Ahmad et al., 2007). Ancak kilitli plak ile kemik arasındaki mesafenin stabiliteye olan etkisini araştıran başka bir çalışmada, plak ile kemik arasındaki mesafe 2 mm'den 6 mm'ye çıkarıldığında, stabilitede %10-15'lik bir azalma meydana geldiği söylenmiştir (Stoffel et al., 2003). İki çalışmada da kilitli plaklar kemiğe çok yakından uygulanan kilitli plaklarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, kilitli plakların kemik üzerinden uzaklaştıkça stabilitesi azalması çok doğaldır. Ancak sadece bu veriler ışığında, kilitli plaklar eksternal olarak uygulandığında, kırık stabilizasyonunda yetersiz olacağı sonucuna varılması mümkün değildir.

Kilitli plak suprakutanöz olarak uygulandığında, lineer bir eksternal fiksator gibi stabilizasyon sağlar. Bu nedenle stabilizasyonunun değerlendirilmesinde, lineer eksternal fiksatorlerle karşılaştırılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Lineer ESF ile kilitli plağın eksternal uygulamasını karşılaştıran biyomekanik bir çalışmada, eksternal olarak uygulanan kilitli plağın sağladığı stabilite ile geleneksel eksternal fiksatöre alternatif olabileceği söylenmektedir (Ang et al., 2017). Başka bir çalışmada plak kemik mesafesi 30 mm'nin altında kaldığında, yeterli stabilizasyon

sağlayabileceği bildirilmiştir (Zhang et al., 2015). Bu tez çalışmasında kitli plakların deri ile olan mesafesi 5 mm-10 mm arasında tutuldu ve herhangi bir mekanik sorunla karşılaşılmadı.

Eksternal fiksasyonda fiksasyonun rijiditesi, pinlerin çapı, sayısı ve ESF barının kemiğe olan uzaklığı başta olmak üzere birçok faktöre bağlıdır (Palmer et al., 1992). Eksternal fiksasyon barı ile deri arasındaki mesafeyi azaltmak, fiksasyonun stabilitesini artırır (Behrens and Johnson, 1989). Ancak geleneksel ESF'lerde barı deriye çok yaklaştırmak, pin tutucu veya klemlerin deriye vurmasına ve ülserasyon oluşturmaya neden olabilir (Palmer, 2012). Ayrıca ESF barı ile deri arasındaki mesafenin azalması, pin kemik yüzeyi arasında stresin azalmasına ve erken dönem pin kaybına veya pinde yorgunluk kırıklarına neden olabilir (Bouvy et al., 1993; Fitzpatrick et al., 2008; Palmer et al., 1992). Kilitli plaklar, vida kilit sistemleri sayesinde pin tutucu, somun, pul veya klemp gibi ek elemanlara gerek olmadan stabilizasyon sağlayabildiğinden, deri üzerine ESF'den daha yakın uygulanabilir (Kerkhoffs, et al., 2003; Kloen, 2009; Marti and Besselaar, 1984; Marti and van der Werken, 1991). Ancak, plak deriye 5 mm'den daha yakın uygulandığında, postoperatif ödemle ülserasyona neden olabilir. Bu nedenle çalışmada köpek tibia kırıklarında, tibia'nın proksimal bölümünün anatomik yapısından dolayı, plağın proksimal kısmının anatomiye göre hafifçe kaldırılıp şekil verilmesi gerekmektedir. Kedilerde böyle bir uygulamaya gerek görülmemiştir.

Kilitli plakların eksternal uygulanmasında, geleneksel ESF'de kullanılan pinlerin yerini kilitli vidalar alır. Çalışmada kedilerde 2,4 mm-2,7 mm ve köpeklerde ise 3,5 mm-5 mm kilitli vidalar kullanıldı. Eksternal fiksasyonda yarım pin uygulamasında genel olarak, kedilerde 2 mm, köpeklerde 3 mm-4 mm Schanz pinleri tercih edilir. Kilitli plak eksternal uygulandığında kullanılan vidalar, ESF'deki pinlere göre daha geniş merkez çapa sahiptir. Çalışmada plak deri mesafesi 5 mm-10 mm arasında tutulmasına rağmen, yorgunluk kırığı ile karşılaşılmadı. Vidanın merkez çapı arttıkça bükülme ve makaslama kuvvetlerine dayanıklılığı artar (Gautier and Sommer, 2003; Merk et al., 2001; Perren, 2002; Wagner, 2003). Yorgunluk kırığının daha az görülmesi bu çıkarımı desteklemektedir.

Geleneksel eksternal fiksatörlerin çıkıntılı kenarları bulunduğundan, hastanın kendine zarar vermemesi için bu çıkıntıların kapatılması gerekmektedir. Kilitli plağın lineer ve kaba olmayan yapısı nedeniyle hastanın kendine zarar verecek çıkıntıları yoktur (Kloen, 2009; Nicetto and Longo, 2019). Bilateral tibia kırıklarında, bilateral

klasik ESF uygulamasında fiksatorlerin birbirine takılma veya dolaşma potansiyeli vardır. Bu durumun potansiyel bir tehlike oluşturabileceği bir çalışmada bildirilmiştir (Nicetto and Longo, 2019). Ancak literatürde, bilateral tibia kırığında ESF veya kilitli plak eksternal olarak uygulanmamış, bu durumun sadece potansiyel bir risk oluşturabileceği vurgulanmıştır. Bu çalışmada bilateral tibia kırığı olan olgu sayısı çok fazla olmamasına rağmen, kedilerin plağı iyi tolere ettiği ve herhangi bir komplikasyon ile karışılmadığı belirlendi. Hastaların operasyondan hemen sonra ekstremitelerini kullanabildiği ve bu durumun da postoperatif bakımı kolaylaştırdığı görüldü.

Çalışmada birden fazla ortopedik lezyonu olan hastalarda, gerekli operatif girişimler yapıldıktan sonra koruyucu bandaj uygulaması yapıldı. Hastaların eksternal kilitli plak uygulanan bacaklarını rahatlıkla kullanabildiği belirlendi. Kilitli plağın kaba olmayan yapısı sayesinde plağın kafese, bandaja veya çevreye takılıp hastanın bakımını zorlaştırmadığı, aksine bu uygulamanın postoperatif bakımı kolaylaştırdığı görüldü. Benzer bir durumla radius/ulna ve tibia kırığı olan bir kedide karşılaşıldı. Her iki kemik de kilitli plağın eksternal uygulamasıyla tedavi edildi. Bir olgu kesin yargıya varmak için yeterli olmamasına rağmen, hastanın bu durumu iyi tolere ettiği, hasta sahibine bağlı faktörler dışında herhangi bir komplikasyon gözlenmeden fonksiyonel bir iyileşme sağlandığı görüldü. Kırıklar aynı tarafta olmasına rağmen, bu uygulama postoperatif dönemde bandaj gerektirmediğinden, hastanın operasyondan sonra ilgili ekstremitelerini rahatlıkla kullandığı ve günlük yaşamına geri döndüğü görüldü. Literatür taramasında birden fazla uzun kemikte kilitli plağın eksternal uygulanması ile ilgili veriye rastlanmadı.

Lineer eksternal fiksatorler ve kilitli plaklar, kırığı tek düzlemde sabitler. Kilitli plak eksternal olarak da uygulansa bu durum değişmez (Cronier et al., 2010; Nicetto and Longo, 2019; Petazzoni et al., 2010). Tibia ve radius/ulna etrafı aha az yumuşak doku ile çevirili olduğundan kapalı redüksiyona uygun kemiklerdir (Pozzi et al., 2013; Pozzi and Lewis, 2009). Bu kemiklere kilitli plaklar eksternal olarak uygulandığında, diğer uzun kemiklere göre plak kemik mesafesi daha yakın olacağından, olguların seçiminde bu durum göz önünde bulunduruldu. Tibia kırıklarında hem kapalı hem de sınırlı açık redüksiyon uygulamasında herhangi bir zorlukla karşılaşılmadı. Ancak özellikle kedi radius/ulna kırıklarında, radius'un proksimal ve orta bölümünün ince anatomik yapısından dolayı kapalı implant uygulanmasının tecrübe gerektirdiği görüldü. Uygulama sırasında herhangi bir iyatrojenik kırıkla karşılaşılmadı. Ancak

radius'a vida uygulama sırasında vidanın radius/ulna arasındaki boşluğa girme ihtimali yüksektir. Bu yüzden radius/ulna kırıklarında kilitli plakları eksternal olarak uygularken, operatif skopi kullanımının vida uygulamayı kolaylaştırdığı görüldü. Benzer olarak radius/ulna kırıklarında MIPO uygulamasında da operatif skopi kullanımı faydalı bulunmuştur (Hudson et al., 2020). Bahsi geçen çalışmada MIPO uygulamasında skopi görüntülemenin operasyon süresini kısalttığı belirtilmesine rağmen, biz operasyon süresini uzattığı görüşündeyiz. Ayrıca bu tez çalışmasında operatif skopi kullanımını azaltmak için kırık hattı ile bir üst ve alt ekleme kanül yerleştirilerek operatif oryantasyon sağlandı. Bu sayede kırık hattının yerini tekrar görmek için yeniden çekim yapılmasına gerek kalmadı.

Minimal invaziv osteosentez kırık iyileşmesinde kemik, periost, kırık hematomu ve çevre dokuların dolaşımının önemini vurgulayan, günümüz osteosentez konseptinin bir ürünüdür. Aslında bu yaklaşım ile AO esasları arasındaki temel fark, AO'nun tüm kırık fragmentlerini görerek açık cerrahi yaklaşımı hedeflemesidir (Barnhart, 2020). Minimal invaziv plak osteosentez için plak ve yöntem geliştirilirken amaç, ESF'nin sağladığı avantajları MIPO'ya kazandırmaktır (Palmer, 2012). Kilitli plakların eksternal uygulanmasında amaç, kilitli plakların sağladığı anguler stabilizasyonu eksternal fiksasyona kazandırmaktır. Bu sayede, hem eksternal fiksatörlerin çıkıntılı kaba yapısı iyileştirilmiş olur, hem de biyolojik osteosentez prensiplerine bağlı kalırken hızlı ve fonksiyonel bir iyileşme sağlanmış olur. Bu yöntemi uygularken ne ORIF gibi tam açık redüksiyon uygulanır, ne de MIPO gibi epiperiosteal tünel açılır, kemiğin ve çevre dokuların dolaşımına hiç dokunulmaz. Bu durum kilitli plakları eksternal uygulamanın bir avantajıdır.

Bu çalışmada, kırığın vasküler desteğinin korunması için kapalı veya sınırlı açık redüksiyon yöntemleri tercih edildi. Çalışma sonuçlarına bakıldığında, kapalı redüksiyon uygulanan olguların ortalama iyileşme süresinin (6,3 hafta), sınırlı açık redüksiyon uygulanan olguların ortalama iyileşme süresine (7,8 hafta) göre daha kısa olduğu görüldü. Minimal invaziv plak osteosentez ile ORIF'in karşılaştırıldığı bir çalışmada, MIPO uygulanan hastalardaki iyileşme süresi (<4 hafta) ile ORIF uygulanan hastalardaki (ortalama 8 hafta) iyileşme süresi arasında benzer bir fark görülmüştür (Pozzi et al., 2012). Ancak bahsedilen çalışmada, kaynama yokluğu insidensi yüksek olan parçalı ve açık kırıklar gibi kırıklar (Gemmill et al., 2004; Haas et al., 2003; Langley-Hobbs et al., 1996, 1997; Richardson and Thacher, 1993), çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmamıza kırık kaynama komplikasyonlarının

sıklıkla karşılaşıldığı bu kırıklar da dahil olmasına rağmen, kırık iyileşme süresinin açık redüksiyondan daha hızlı ve MIPO'ya ise yakın olduğu görüldü (Pozzi et al., 2012). Bu kırıklar dahil edildiğinde iyileşme sürelerinin uzama ihtimali yüksektir. Kırığın klinik iyileşme zamanı, kırığın implant çıkarmak için yeteri kadar stabil olduğunu tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Voss and Montavon, 2009b). Ancak MIPO ile ORIF'i karşılaştıran çalışmada (Pozzi et al., 2012), implantın ne zaman uzaklaştırıldığı belirtilmemiş sadece radyografik olarak iyileştiği bildirilmiştir.

Açık ve parçalı kırıkların da yer aldığı bu tez çalışmasında, kırık iyileşme süresi aynı zamanda implantın tamamen uzaklaştırıldığı (sistemik hastalık nedeniyle implantı geç çıkarılan olgu 13 ve 15 hariç) süre olarak kaydedildi. İyileşme süresi kedi ve köpekler için ayrı ayrı ele alındığında, kapalı redüksiyon sonrası iyileşme köpeklerde <5 hafta, kedilerde ortalama 7,2 hafta olarak belirlendi. Bu çalışmada, kapalı redüksiyon uygulanan kedilerin, kapalı olarak ESF uygulanan kediler (Richardson and Thacher, 1993) ile benzer sürelerde iyileştiği görüldü. Ayrıca çalışmamızdaki kedilerin, açık redüksiyon ile ESF ve plak uygulanan kedilere göre, (Gemmill et al., 2004; Haas et al., 2003; Richardson and Thacher, 1993) daha hızlı iyileştiği belirlendi. Bir olgu sunumunda, bir kedide eksternal kilitli plak uygulamasıyla 8,6 haftada (60 gün) kırığın iyileştiği (Nicetto and Longo, 2017); 5 köpekte kapalı redüksiyon ile eksternal kilitli plak uygulamasının sonuçlarını bildiren başka bir çalışmada, iyileşme süresi ortalama 8,7 hafta (61,2 gün) olduğu bildirilmiştir (Nicetto and Longo, 2019). İki çalışmada da kesin sonuca varmak için olgu sayısı azdır. Ancak belirtilen çalışmalarda ekstra osseöz vasküler yapılar ve kırık hematomu korunarak kapalı redüksiyon kullanılmasına rağmen, bizim sonuçlarımıza göre daha yavaş iyileşme sağladığı görülmektedir. Bu durumun olası nedeni, çalışmada operatif skopi kullanılmamasına bağlı olarak, fragmentlerin düzgün hizalanmaması olduğunu düşünüyoruz.

Açık redüksiyon internal fiksasyonda, cerrahi travma ve anatomik redüksiyon sırasında meydana gelen fragment devaskülarizasyonu nedeniyle, kırık iyileşmesinin ilk aşamaları gecikebilir (Borrelli Jr et al., 2002). Ekstra osseöz vasküler yapıların kırık iyileşmesinin erken döneminde önemli bir rolü vardır (Macnab and De Haas, 1974). MIPO uygulandığında, açık internal fiksasyona göre ekstra osseöz vasküler yapıların korunduğu ve hızlı bir iyileşme sağlandığı bildirilmiştir (Pozzi et al., 2012). Hatta MIPO'da kullanılan kilitli plak, subperiostal yerleştirilmiş ESF'ye benzetilmektedir (Guiot and Déjardin, 2020). Ancak MIPO uygulamasında epiperiosteal tünel açılırken

(Beale and McCally, 2020), kemiğin kas-fasya bağlantısı ayrılır ve dolaşım sınırlı da olsa bozulur. Bu durum perkutan plak uygulamasında ekstra vasküler yapıların açık internal uygulamaya göre daha az hasar görmesi ile açıklanır (Borrelli Jr et al., 2002; Garofolo and Pozzi, 2013). Çünkü iki çalışmada da MIPO uygulamasının ekstra vasküler yapılara hiç hasar vermediğinden bahsedilmemiştir. Kilitli plakların eksternal uygulamasında, ekstra osseöz vasküler yapılara ve kırık hematoma hiç dokunulmaz (Nicetto and Longo, 2017). Özellikle kapalı redüksiyon tercih edildiğinde, kilitli plaklar eksternal uygulanırken sadece travmanın neden olduğu ekstra osseöz yapıların bir hasarından söz edilebilir. Çalışmamızda kapalı redüksiyonda sınırlı açık redüksiyona göre ortalama iyileşme süresinin daha kısa olması bu durumu destekler niteliktedir.

Eksternal fiksatorün gerektiği durumlarda destabilize edilmeye veya stabilizasyonu arttırmaya izin vermesi, internal fiksasyonda olmayan önemli bir avantajdır (Canapp, 2004; Lewis et al., 2001; Palmer, 2012). Kilitli plaklar eksternal olarak kullanıldığında kademeli destabilizasyona ve stabilizasyonu arttırmaya imkân tanır (Nicetto and Longo, 2017, 2019; Tulner et al., 2012; Woon et al., 2010). Alınan takip röntgenlerinde kırık iyileşmesi yavaşlayan bir hastada (Olgu 28) kademeli destabilizasyon uygulanırken, kallus miktarında aşırı artış görülen bir hastada (Olgu 21) vida eklenerek stabilizasyon güçlendirildi. Uygulamalar kısa süreli anestezi altında kolaylıkla gerçekleştirildi. Bu sayede bir hastada kaynama gecikmesi ve diğer hastada kaynama yokluğu ihtimali meydana gelmeden önüne geçildi.

Bu çalışmada, operasyon süresi ortalama 36 dk. olarak ölçüldü. Köpeklerin operasyon süresi, kedilere göre daha uzun sürdü ($P<0,05$). Ayrıca seçilen redüksiyon yönteminin, operasyon süresini doğrudan etkilediği ve sınırlı açık redüksiyon (41 dk) yöntemi uygulanan hastalarda operasyonun, kapalı redüksiyon (24 dk) uygulanan hastalara göre 1,7 kat daha uzun sürdüğü görüldü. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında, kilitli plağın eksternal uygulanmasında operasyonun, MIPO (59 dk) (Schmökel et al., 2007), köpek femur kırıklarının ORIF ile fragment rekonstrüksiyonu ve köprü fiksasyonu karşılaştıran bir çalışmada, 116 dk ve 191 dk (Johnson et al., 1998) ve hibrid ESF (122 dk) (Jiménez-Heras et al., 2014) uygulamasına göre daha kısa sürdüğü belirlendi. Diyafizier tibia kırıkları ORIF ve ESF ile tedavi edildiğinde, ESF'nin ORIF'e göre daha kısa sürede uygulandığı bildirilmiştir (Aronsohn and Burk, 2009; Boone et al., 1986; Dudley et al., 1997; Shani and Shahr, 2002). Kilitli plakları eksternal olarak uygularken kemik delinir ve vidalanır. Bu

yöntem başka bir ek işlem gerektirmeden ve pin tutucu somun gibi ek ekipmanlara ihtiyaç duymadığından uygulanmaktadır. Ayrıca bu yöntemin uygulanmasında açık redüksiyona ihtiyaç duyulmaması ve operasyon sırasında epiperiosteal tünel açılmasına gerek olmaması nedeniyle daha kısa sürede uygulanmıştır.

Bu çalışmada, kapalı redüksiyon uygulanan hastaların ortalama operasyon süresine en yakın süre, tibia kırığında kapalı redüksiyonu ile Tip-Ia ESF uygulayan bir çalışmada (28 dk) bildirilmiştir (Aronsohn and Burk, 2009). Operasyon süresi ile postoperatif enfeksiyon arasında doğrudan bir ilişki vardır (Eugster et al., 2004). Bu nedenle, özellikle postoperatif enfeksiyon riski yüksek olan açık kırıkların stabilizasyonunda, operasyon süresinin mümkün olduğu kadar kısa sürmesi için uygun stabilizasyon yöntemi seçilmelidir. Çalışmada postoperatif enfeksiyon riski yüksek bu kırıklar ile ilişkili majör bir komplikasyon ile karşılaşılmadı.

Uzayan operasyon süresi anestezi süresini de uzattığından, bu durum özellikle çoklu lezyon durumunda önemlidir (Johnson et al., 1998). Bu çalışmada kilitli plakların eksternal uygulanması, diğer osteosentez yöntemlerine göre daha kısa anestezi süresinde uygulanabildi. Çoklu kırık veya eşlik eden lezyon görülen hastalarda, anesteziye bağlı bir komplikasyonla karşılaşılmadı.

Çalışmanın sonuçlarına göre, operasyon süresi 30 dk ve altında olan hastalardaki kırık iyileşme süresinin, operasyon süresi 30 dk 'nin üzerinde olan hastalara göre kırık iyileşme süresinin daha kısa sürdüğü belirlendi. Geçmiş yıllarda yapılan bir çalışmada, operasyon süresi ile kırık iyileşme süresi arasında lineer bir ilişkiden bahsedilmiş ancak bu veri istatistik ile desteklenmemiştir (Reems et al., 2003). Benzer durum bu çalışmada da gözlenmiştir.

Bu tez çalışmasında, baş kısmı yivli ve direkt olarak plağa kilitlenen vidalar kullanıldı. Plağın deri ile olan mesafesi 10 mm'ye kadar çıkmasına rağmen, postoperatif dönemde vida gevşemesi meydana gelmedi. Geçmiş yıllarda kilitli plakların veteriner ortopedide eksternal uygulama örneklerine bakıldığında, konik bağlantılı kilitlenme mekanizması olan "Fixin" kilitli plaklarının kullanıldığı görülmektedir (Nicetto and Longo, 2017, 2019). Bu çalışmalar az sayıda olguda uygulanan, olgu sunumu (1 kedi) ve klinik (5 köpek) çalışmalardır. Çalışmalarda vida gevşemesi meydana gelmemesine rağmen, 26 kg ağırlığında bir köpekte erken dönem implant kaybı meydana geldiği ve yeniden operasyona alınarak, stabilizasyonun iki 3,5 mm Fixin kilitli plağı ile sağlandığı bildirilmektedir (Nicetto and Longo, 2019). Çalışmamızda 20 kg üzeri 9 köpek bulunmasına rağmen, yeterli stabilizasyonun

sağlanması için ek plak uygulanmasına gerek olmadı. Fixin plakları uygulayan çalışmada, 26 kg köpekte bu mekanik problem ile karşılaşılmasının temel nedeni, Fixin plaklarının geleneksel LCP'ye göre daha zayıf olmasıdır (MacArthur et al., 2020). Ayrıca Fixin plaklarının çalışma uzunluklarının (Working length) uzun olması (Petazzoni et al., 2010), fiksasyonun stabilitesini azaltmakta ve vida gevşemesine bir ortam hazırlamaktadır (Rotne et al., 2014).

Kilitli plaklarla esnek stabilizasyon sağlayıp, kırık iyileşmesinin uyarılabilmesi için WL'nin kırık boşluğuna göre ayarlanması gerekir. Kırık boşluğu kısa, basit kırıklarda kırık hattının her iki yanından 1-2 vida deliği boş bırakılarak WL'nin uzatılması önerilirken, kırık boşluğu uzun kırıklarda kırık hattına en yakından vida uygulanıp WL'nin olabildiğince kısa tutulması önerilir (Stoffel et al., 2003). Sadece iki ucunda 3 vida deliği bulunan Fixin plaklarında WL uzun ve sabit olduğundan, kırığa göre ayarlanması mümkün değildir. Bu durum da Fixin plaklarının kullanımını sınırlandıran bir faktördür. Çalışmamızda WL uzunluğu, kırık iyileşmesinin uyarılması için belirtilen esnek stabilizasyon prensibine göre farklılık gösterdi.

Biyomekanik çalışmalara göre; geleneksel kilitli plakların kemikle mesafesi 2 mm kadar arttığında stabilitede herhangi bir değişim görülmemektedir (Ahmad et al., 2007; Stoffel et al., 2003). Ancak konik bağlantılı kilitli vidalara sahip Fixin plakları kemikten 2 mm uzakta sabitlendiğinde, vidalarda yorgunluk kırığı oluşma ihtimali artarken, stabilitenin önemli ölçüde azaldığı söylenmiştir (Rotne et al., 2014). Fixin ve LCP kilitli plaklarını biyomekanik olarak karşılaştıran bir çalışmaya göre, LCP'nin Fixin plaklarına göre daha rijit stabilizasyon sağladığı ve kedilerin kompleks diyafizier tibia kırıklarında daha uygun bir seçim olabileceği bildirilmiştir (MacArthur et al., 2020). Fixin plaklarının eksternal uygulamasını, 20 kg üzeri köpeklerde bildiren başka bir çalışma yoktur. Tek bir olguda implant kaybı görülmesi, kesin sonuca varılması için yeterli olmamasına rağmen, biyomekanik çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, 3,5 mm Fixin plaklarının (kalınlık: 2 mm) 20 kg ve üzeri köpeklerde eksternal olarak uygulanması (Nicetto and Longo, 2019), erken dönem implant kayıplarına nedeni olabileceği söylenebilir. Ayrıca LCP'ye göre zayıflığı bilinen 3,5 mm çapında 2 mm kalınlığında Fixin plağının, 26 kg köpekte, tercih edilmesi implant kaybına zemin hazırlamış olabilir. Çalışmamızda ≥ 24 kg köpeklerde, 4,5 mm LCP (kalınlık: 4 mm) tercih edilmesi, olası implant kayıplarını önlemiştir.

Kilitli plaklarda sabit açılı vida uygulandığından, vida ekleme veya çatlağa geldiğinde kilitli vidayı başka bir yöne yönlendirmek imkansızdır (Bel, 2019). Buna

ek olarak, kilitli vidalar sabit açıda uygulanmadığı zaman, stabilitede azalma meydana gelir ve vidanın yerinden çıkması kolaylaşır (Kääb et al., 2004). Bu problemlerin önlenmesi için geliştirilen poliaksiyal kilitli vidalar sayesinde hem açılı vida uygulanabilir hem de kilitlenme özelliği korunmuş olur. Yapılan biyomekanik bir çalışmada, poliaksiyal kilitli plak sistemi LCP'ye göre %30 daha zayıf olmasına rağmen, yeterli stabilizasyon sağladığı bildirilmiştir (Kaczmarek et al., 2020). Benzer olarak poliaksiyal vida sistemi, veteriner ortopedide kullanılan diğer plaklar ile karşılaştırıldığında, yeterli stabilizasyon sağlayacağından bahsedilmiştir (Bufkin et al., 2013). Kilitli plakların başarısının arkasında, sabit açılı implant uygulaması yer alır. Ancak poliaksiyal vidalar 10°'ye kadar uygulandığında bu başarıyı sürdürebilir (Hebert-Davies et al., 2013). Tez çalışmasında LCP kullanılan hastalarda, kılavuz kullanılarak vidalar sabit açılı olarak uygulandı. Kilitli kompresyon plağı dışındaki plakların vida delikleri, 10°'ye kadar açılı vida uygulamaya izin veren vida deliği yapısında olduğundan kılavuz kullanılmadı. Açılı vida uygulamaya izin veren plaklar çoğunlukla kedilerde kullanıldı ve herhangi bir mekanik problemle veya bununla ilgili implant kaybıyla karşılaşılmadı.

Kilitli plakları eksternal olarak uygularken, bütün vida deliklerinin kemiği ortalayacak şekilde hizalanmasına özen gösterildi. Bu düzgün hizalamaya rağmen, kemiğin anatomik yapısı, çatlak varlığı ve diğer nörovasküler yapılar nedeniyle, her vida deliği vida uygulamaya uygun değildi. Radius plak uygulamaya uygun düz bir kraniyal yüze sahip olmasına rağmen, lateralden bakıldığında hafif kavisli bir yapıya sahiptir (Hudson et al., 2020). Radius'un kendine has bu anatomik yapısı nedeniyle, kraniyo-mediya plak uygulamasında açılı vida uygulamasına ihtiyaç duyuldu. Ayrıca ön kolda vena sefalika ve arka bacakta vena safena'nın korunması sırasında veya çatlak varlığında açılı vida uygulamasından yararlanıldı. Korunan vasküler yapılar sayesinde postoperatif ödem sınırlı sayıda hastada gözlemlendi.

Tibia kırıklarında tibia'nın proksimal kesiti, ucu kraniyale doğru bakan bir üçgene benzediğinden, implant uygularken kaudal üçte birlik kısmı tercih edildi (Barnhart, 2020). Bunu sağlamak için gerektiği durumlarda açılı vida uygulandı. Kilitli plak eksternal sisteminde, vidaların istenilen düzlemde açılı uygulanabilirliği operasyonda uygulama kolaylığı sağladığı ve cerraha alternatifler sunduğu görülmüştür.

Kedi ve köpek tibia kırıklarında kilitli plaklar eksternal olarak uygulanırken plağın, proksimal kısmının deriye yaklaşmasını önlemek için plağa şekil verilmesi

önerilir. Şekil verilirken, en proksimal ve distal vidaların aynı aksiyal hizada kalacak şekilde plağın bükülmesi gerekir (Nicetto and Longo, 2017, 2019). Çalışmada sadece köpek tibia kırıklarında plağın orta ve proksimal kısmına şekil verildi. Kedi tibia'sının düz anatomik yapısından dolayı plağa şekil verilmedi ve bu durumla ilişkili herhangi bir komplikasyon ile karşılaşılmadı.

Kilitli plaklar eksternal uygulandığında, eksternal fiksasyonun avantajlarını kazanır. Özellikle hızlı büyüme potansiyeline sahip genç hayvanlarda, internal uygulamaya kıyasla, implant uzaklaştırılma daha kolay olduğundan eksternal fiksasyon uygulaması tercih nedenidir. Eksternal uygulanan kilitli plakların uzaklaştırılması, kısa süreli anestezi altında yapılan kolay bir işlemdir (Nicetto and Longo, 2019). Çalışmada plaklar benzer şekilde uzaklaştırıldı, vidalar çıkarıldıktan sonra vida deliklerine herhangi bir uygulama yapılmasına gerek kalmadı.

Geleneksel ESF'de pinlerin açılı olarak uygulanabilmesi, kilitli vidaların uzunluk ve çap çeşitliliğinin sınırlı olması ve plak vida sisteminde rijiditenin arttırılamaması kilitli plakların eksternal olarak uygulanmasında dezavantaj olarak bildirilmiştir (Nicetto and Longo, 2017; Woon et al., 2010). Ancak bu çalışmanın sonuçlarına göre, bahsedilen dezavantajlarla karşılaşılmadı. Kullandığımız kilitli plakların açılı vida uygulamasına izin veren plaklar olması, günümüzde istenilen çap ve uzunlukta vidaların bulunabilirliği bu dezavantajları ortadan kaldırdığı görüldü. Ayrıca çalışmada özellikle parçalı tibia kırıklarında kullandığımız hizalama pini, gerek görüldüğünde ek bir stabilizasyon materyali olarak intramedullar boşlukta bırakılabilir. Bu da kilitli plakların eksternal uygulamasında stabilizasyonun rijiditesini arttırmaya katkı sağlayacaktır. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda, stabilizasyonun rijiditesini arttırmak için çift plak uygulanması, (Kloen, 2009; Nicetto and Longo, 2019) vida sayısının arttırılması ve kemik plak mesafesinin arttırılması önerilmiştir (Emmerson and Muir, 1999; Ramotowski and Granowski, 1991). Ancak eksternal kilitli plak uygulamasında kemik plak mesafesi belli bir seviyeden daha kısa olduğunda deride ulkus meydana getirebilir. Ayrıca fragment başına 3 vidadan fazla uygulandığında fiksasyonun stabilitesine sınırlı bir katkı sağlayacağı bildirilmiştir (Biedrzycki, 2019; Cronier et al., 2010; Stoffel et al., 2003). Bu nedenle bu tez çalışmasında fragment başına en az 2 tercihen 3 vida bikortikal olarak uygulandığında ve hastanın vücut ağırlığına göre kilitli plak seçildiğinde ek stabilizasyona ihtiyaç duyulmadığı görüldü.

Bu yöntemin ESF'ye göre asıl dezavantajı, femur ve humerus gibi etrafı güçlü

kas gruplarıyla çevirili uzun kemiklerin stabilizasyonunda, eklem içi kırıklarda ve fragment başına 2 vida uygulanamayan kırıklarda kullanımının uygun olmamasıdır. Yeteri kadar vida uygulanamayan bu kırıklar için “T” şeklindeki kilitli plakların kullanımı bildirilmesine rağmen, (Nicetto and Longo, 2019) bu uygulama ile ilgili yeterli çıkarımın yapılabilmesi için daha geniş olgu sayılarında, farklı vücut ağırlığında ve çeşitli kırık tiplerinde uygulayarak sonuçların değerlendirilmesi gerekir.

Kilitli plakları eksternal olarak uygulamanın, geleneksel ESF’ye göre daha zor olduğu, özellikle yeterli redüksiyon sağlanmadığında plağın konumlandırılması ve vida uygulamanın zorlaşabileceği söylenmiştir (Kloen, 2009; Qiu et al., 2014). Çalışmada redüksiyon sonrası kemik pozisyon penslerinin perkutan uygulanması veya hizalama pini kullanımı ile bu sorunun önüne geçilmiştir. Ayrıca kilitli plakların uygulanması sırasında ESF’ye göre bir zorlukla karşılaşılma aksine bu yöntemde pin tutucu, somun, pul, bar veya halkaların olmayışı sadece plak ve kilitli vidaların varlığı uygulama kolaylığı sağlamıştır. Ayrıca semisirküler ESF’de pinlerin kemiğin uzun eksenine göre dik bir açıyla girmesi gerekir (Yardimci et al., 2011). Bu sınırlayıcı faktör açılı vida uygulamaya izin veren kilitli plaklarda ortadan kalkmaktadır.

Çalışmada kilitli plakların eksternal uygulanmasında postoperatif dönemde karşılaşılan komplikasyonlar, ESF uygulamasına benzer olarak minör ve majör komplikasyonlar olarak ikiye ayrıldı (Egger, 1991). Pin dibi enfeksiyonu ve erken dönem implant kaybı, ESF uygulamasından sonra en sık karşılaşılan komplikasyonlardır (Fitzpatrick et al., 2008; Guerin et al., 1998). Eksternal fiksator komplikasyonları içinde pin dibi akıntısı %41-45 arasında bir oranda görülmüştür (Beever et al., 2017; Gemmill et al., 2004). Çalışmamızda vida dibi akıntısı bütün komplikasyonlar içinde %44’lük bir oranla bu verilere benzer bulunmuştur. Vida uygulama yöntemimizin bu duruma katkı sağladığı düşüncesindeyiz. Literatüre göre, pin uygulama yönteminin pin dibi akıntısına neden olan en önemli etmen olduğu (Beever et al., 2017) ve yumuşak dokunun pin ile sürtünmesinin pin dibi akıntısını tetiklediği bildirilmiştir (Palmer et al., 1992). Bu nedenle pin uygulamadan önce deride bir “Stab” ensizyon yapılması önerilir (Piermattei et al., 2006). Çalışmada, kemik delinmeden önce yumuşak dokuların korunması için no:11 bistüri ile kemiğe kadar inen bir ensizyon yapıldı. Böylece matkap ucunun yumuşak dokulara zarar verme ihtimali ve vidaların yumuşak doku ile sürtünmesi azaltıldı.

Geçmiş yıllarda yapılan ESF çalışmalarında, köpeklerde pin dibi akıntısı %28-57 olarak belirlenirken (Beever et al., 2015; Rovesti et al., 2007), bu oran kedilerde

%9 olarak bildirilmiştir (Beever et al., 2017). Bu verilerin aksine çalışmamızda kedilerde köpeklerden daha çok vida dibi akıntısı meydana geldi. Kedilerde meydana gelen komplikasyonların %60'ının hasta sahibine bağlı faktörlerle ilgili olduğu görülmüştür. Diğer bir neden, köpeklerde üst ekstremitelerde daha geniş yumuşak doku varlığıdır (Halling et al., 2004). Artan yumuşak doku kalınlığının postoperatif pin dibi akıntısıyla doğrudan ilişkili olduğu bildirilmiştir (Harari, 1992). Ayrıca radius'da güvenli koridorların sınırlı olması ve çevresindeki kas yapısı nedeniyle komplikasyonlara yatkın olabileceği bildirilmiştir (Beever et al., 2017; Marti and Miller, 1994b). Çalışmada karşılaşılan vida dibi akıntılarının büyük bir çoğunluğunda, yumuşak dokunun kalın olduğu proksimal bölgedeki vidalarda görülmesi bu verileri destekler niteliktedir. Ayrıca radius/ulna kırıklarında plak proksimale doğru konumlandırıldıkça, yumuşak dokunun kalınlığının artmasıyla doğru orantılı olarak, vida dibi akıntısı daha fazla görüldü.

Geçmiş yıllarda yapılan çalışmaların (Beever et al., 2017; Egger, 1991; Harari, 1992) aksine, bu çalışmada vida dibi akıntılarının yüzeysel olduğu ve implant uzaklaştırılmasına gerek kalmadan hepsinin antibiyotik uygulaması veya sadece lokal vida dibi temizliği ile düzeldiği görüldü.

Yapılan bir çalışmada, köpek radius/ulna kırıklarının suprakutanöz kilitli plak ile tedavisi sadece 3 olguda uygulanmıştır. Doğru çıkarım yapmak için olgu sayısı az olmasına rağmen, plağın kraniyo-mediyal yüzeye konumlandırılması tercih edilmiştir (Nicetto and Longo, 2019). Bu tez çalışmasında radius/ulna kırıklarında kilitli plaklar kraniyo-mediyal doğrultuda ve kraniyal yüzeyden uygulandı. Radius'un mediyal yüzeyinin proksimale çıkıldıkça incelen anatomik yapısından dolayı iyatrojenik kırık riski bulunduğundan, plak uygulamasında bu yüzey tercih edilmedi. Olguların bazılarında postoperatif dönemde ödem meydana geldi. Bu durumun çoğunlukla kraniyal uygulamalarda, vena sefalika'nın fonksiyonunun engellenmesiyle ilişkili olarak meydana geldiği görüldü. Kraniyo-mediyal plak uygulanan olgularda bu komplikasyon ile karşılaşılmadı.

İmplant kaybı; radius/ulna ve tibia kırıklarına ESF uygulandığında olguların %56'sında, (Gemmill et al., 2004) kedi tibia kırıklarına ESF uygulamasında olguların %23'ünde, (Perry and Bruce, 2015) ve kedi ESF uygulamalarında olguların %9'unda bildirilmiştir (Beever et al., 2017). Kedi ve köpeklerde LCP uygulaması sonrası %9 oranında implant ile ilişkili komplikasyon bildirilmiştir (Vallefuoco et al., 2016). Erken dönem implant kaybı ve implant yorgunluk kırıklarının temelinde, hatalı

implant seçimi ve hastaya bağlı faktörler yer alır (Gemmil et al., 2004; Krischak et al., 2002; Nielsen and Pluhar, 2006). Eksternal fiksasyon sisteminde en zayıf noktanın pin olduğu belirtilmiştir (Beever et al., 2017). Bu tez çalışmasında erken dönem implant kaybı sadece bir olguda görüldü. Vida gevşemesi veya kırılması meydana gelmeden, çatlaktan geçen vidanın postoperatif dönemde kemik fragmentini ayırmasına bağlı olarak komplikasyon görüldü. Eksternal fiksasyon ile kıyaslandığında implant kaybı oranının bu kadar düşük olması, stabilizasyonda kullanılan kilitli vidaların merkez çaplarının daha kalın olması, ESF'ye göre kemiğe daha yakından uygulanması, pin tutucu gibi ara ekipmanlara gerek duymadan, vidanın direkt olarak plağa kilitlenmesi ile ilişkilendirildi. Bu ilişkinin iki yöntemi karşılaştıran biyomekanik bir çalışma ile uyumlu olduğu belirlendi (Ang et al., 2017).

Kemiğin dolaşımını koruyan stabilizasyon yöntemlerinin kullanımı, hızlı fonksiyonel bir iyileşme sağlarken, kaynama gecikmesi ve kaynama yokluğu gibi komplikasyonların görülme oranını da azaltır (Moens, 2019). Ancak geçmiş yıllarda yapılan çalışmalara göre, kedilerin uzun kemik kırıklarının büyük ve rijit ESF'lerle stabilizasyonu sonrasında, kaynama yokluğu başta olmak üzere komplikasyon görülme olasılığının oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir (Gemmil et al., 2004; Nolte et al., 2005). Bu durumun nedeni olarak aşırı rijit fiksatörlerin (Tip 2 ESF) kullanımı gösterilmiştir (Gemmil et al., 2004; Nolte et al., 2005). Bu tez çalışmasında sadece bir olguda kaynama yokluğu ile karşılaşıldı. Hastaya tekrar kilitli plak eksternal olarak uygulandı ve otolog greft kullanımı ile iyileşme sağlandı. Kedi diyafizier tibia kırıklarında ESF uygulaması sonrası olguların %18'inde kaynama yokluğu görüldüğü ve ESF uygulamasında ORIF'e göre komplikasyon oranının yüksek olduğu bildirilmiştir (Perry and Bruce, 2015). Kilitli plaklar eksternal kullanıldığında ESF'nin karakteristik özelliklerini taşımasına rağmen, çalışmada daha az (%3) kırık iyileşme komplikasyonu ile karşılaşıldı. Bu durum ESF'de implant ile ilişkili komplikasyonların fazla görülmesiyle ilişkilendirildi (Beever et al., 2017). Çalışmada implant ile ilgili komplikasyonla karşılaşılması bu bağlantıyı güçlendirmektedir. Pin, kemik, pin tutucu ve bar yapısı, kilitli plak ve kilitli vida ikilisine göre iyileşme döneminde daha fazla probleme neden olduğundan, kilitli plakların eksternal kullanımını ESF'ye göre daha üstün kılmaktadır. Kedi diyafizier tibia kırıklarında ESF yerine ORIF önerilmesine rağmen (Perry and Bruce, 2015), bu çalışmada kilitli plakların eksternal kullanımıyla radius/ulna ve tibia'nın diyafizier kırıklarında başarı ile kullanıldı. Ayrıca tibia kırıklarında uygulamanın daha kolay oluşu, operasyondan

sonra hastanın bacağına kullanabilmesi ve fonksiyonel bir iyileşme sağlanması nedeniyle kilitli plakların eksternal olarak kullanımını önermekteyiz.

Kaynama yokluğu cerrahi müdahale olmadan tedavi edilemeyen bir kırık iyileşme komplikasyonudur. Tedavide amaç kemiğin vasküler yapısını koruyarak, kırığın anatomik olarak hizalanması, stabilizasyonu ve fonksiyonel geri kazanımın sağlanmasıdır (Jackson and Pacchiana, 2004). Kaynama yokluğunda kemik dolaşımını koruyan, kademeli destabilizasyona izin veren ve bandaj gerektirmeyen ESF'lerin kullanımı önerilir (Lincoln, 1992). Çalışmada, travmadan sonra 25-30 gün geçmesine rağmen, herhangi bir cerrahi müdahale uygulanmayan 3 hastaya ve kaynama yokluğu meydana gelen 1 hastaya, sınırlı açık redüksiyon uygulanarak kilitli plaklar eksternal uygulandı. Veteriner literatürde, kaynama yokluğunda kilitli plakların eksternal uygulaması yer almamasına rağmen, dört hastada fonksiyonel bir iyileşme sağlandı. Kilitli plakların eksternal uygulamasında, kemik ve çevre dokuların vaskülarizasyonu korunurken, bandaj gerektirmemesi sayesinde operasyondan sonra hastanın bacağına kullanmasına da izin verir. Bu özellikleri bakımından geleneksel ESF'ye bir alternatif olduğu tespit edilmiştir.

Kilitli plak kullanımında, vida deliklerinin tümünü vidayla doldurmak yapılacak en büyük hata olarak kabul edilir. Kilitli plaklarda fragment başına 3 vidanın yeterli olduğu, 4. vidanın önemli bir katkı sağlamadığı biyomekanik olarak kanıtlanmıştır (Biedrzycki, 2019; Cronier et al., 2010; Stoffel et al., 2003). Plak vida dansitesi (PSD), kullanılan vida sayısının plak delik sayısına bölünmesiyle bulunur. Bu değer fragment başına düşen fiksasyonun derecesini gösterir. Uzun plak, fragment başına 2-3 vida kullanımı PSD'yi düşük tutar. Bu da vidaların neden olduğu iyatrojenik kemik hasarını azaltır, kemik dolaşımını korur ve yeterli mekanik stabilizasyon sağlar (Gautier and Sommer, 2003; Guiot et al., 2019). İnternal kilitli plak uygulamasında basit kırıklarda $<0,3-0,4$ parçalı kırıklarda $\leq 0,4-0,5$ PSD değeri önerilir. Minimal invaziv plak osteosentezde bu değer 0,4 olması tavsiye edilir (Gautier and Sommer, 2003). Kilitli plakların eksternal uygulamasında PSD'nin optimal değeri literatürde yer almamaktadır. Çalışmada genel olarak fragment başına 2-3 vida uygulandı. Nadir durumlarda 4. vida stabilizasyona dahil edildi. Ortalama PSD değeri; basit transversal kırıklarda 0,7 olarak ölçülürken, parçalı ve oblik kırıklarda 0,6 olarak belirlendi. Minimal invaziv plak osteosentez ve internal kilitli plak uygulamasına göre, PSD değeri bu çalışmada daha yüksekti. Kilitli plak kemikten uzaklaştıkça daha ense hale geleceğinden (Stoffel et al., 2003), MIPO'da önerilen PSD değerleri kilitli plakların

eksternal uygulamasında kullanıldığında plak bükülmesi, implant kaybı ve implant kırılması gibi mekanik sonuçlar meydana getirme ihtimali vardır. Bu nedenle bu çalışmada, daha yüksek PSD değerlerinde kilitli plak eksternal olarak uygulandı ve herhangi bir mekanik problemle karşılaşılmadı.

Çalışma uzunluğu (WL), kırık hattına en yakın proksimal ve distal vida arasında kalan boş vida deliği sayısıdır. Çalışma uzunluğu uzun bırakıldığında plak-vida yapısı üzerine düşen yükü azaltarak stabilizasyon daha esnek hale gelir ve stres, plakta geniş bir alana yayılır (Gautier and Sommer, 2003; Stoffel et al., 2003). Yapılan çalışmalara göre, internal kilitli plak uygulamasında biyolojik osteosentezin sağlanabilmesi için, basit kırıklarda kırık hattı üzerinde 3 vida deliğini boş bırakmak sistemi daha esnek hale getirerek kallus oluşumunu uyarır. Boş vida deliği bırakılmaması halinde stres, plağın kırık hattına gelen bölümünde toplanarak implant kayıplarına yol açabilir. Parçalı kırıklarda ise yeterli stabilizasyon sağlanması ve plak üzerindeki stresin azaltılabilmesi için proksimal ve distal ana kırık segmentlerine yakın bölgeden vida uygulanması önerilir (Cronier et al., 2010; Stoffel et al., 2003). İnternal kilitli plak uygulamalarında WL değeri, basit kırıklarda 0-3 ve parçalı kırıklarda ≥ 3 önerilir (Gautier and Sommer, 2003). Yapılan çalışmalara göre, WL'nin stabilizasyonun rijiditesi ve siklik yorgunluk kırıkları üzerinde doğrudan etkisi olduğu bildirilmiştir. Yine bu çalışmalarda kırık stabilizasyonunu sağlarken, rijiditenin interfragmental mikro hareketliliğe izin verecek düzeyde tutulması önerilir (Gautier and Sommer, 2003; Kubiak et al., 2006). Çalışma uzunluğunun bu temel mantıktan uzaklaşması halinde implanta bağlı komplikasyonlarla karşılaşma ihtimali yükselir (Beltran et al., 2016; Smith et al., 2007; Wagner et al., 2007). Bu nedenle çalışmada WL belirlenirken, kilitli plakların mekanik özelliklerinin korunabilmesi için internal uygulamada bildirilen esaslar göz önünde bulunduruldu. Çalışma uzunluğu değeri; basit transversal kırıklarda ortalama 2 (1-3), parçalı ve oblik kırıklarda ortalama 3 (1-5) olduğu belirlendi. Çalışmada WL değeri bu değerlerde tutulduğunda plak bükülmesi, vida kırılması ve erken dönemde implant kaybı gibi komplikasyonlar ile karşılaşılmadı. Böylece biyolojik osteosentezin gerekliliklerine bağlı kalınırken plağın stres dengesi de sağlanmış oldu.

Geleneksel radyografi, kırık iyileşmesi takibinde rutin olarak kullanılmasına rağmen, kırık iyileşmesinin erken dönemindeki kallus yapısını değerlendirmede, yeteri kadar hassas bir yöntem değildir (Hammer et al., 1985; Maffulli and Thornton, 1995; Risselada et al., 2005; Wade and Richardson, 2001). Kırık iyileşme sürecini

değerlendirirken, geleneksel subjektif değerlendirmeden ziyade nicel ölçümlerin yapılması muhtemel komplikasyonları erken dönemde belirleyebilir (Augat et al., 2014). Kırık iyileşmesinin takibinde bilgisayarlı tomografi (BT), (Grigoryan et al., 2003) ultrasonografi ve manyetik rezonans görüntüleme gibi bir çok alternatif değerlendirme yöntemleri bildirilmiştir (Feydy et al., 1998; Risselada et al., 2005). Bu yöntemler arasında BT, 3D hacim ölçümü yapabilmesi ve kallusun mineral yapısı hakkında bilgi vermesi açısından üstün bir değerlendirme yöntemidir (Firoozabadi et al., 2008; Grigoryan et al., 2003). Ayrıca BT ile kırık iyileşmesi takibi yapıldığında, eksternal kallus radyografiye göre daha erken belirlenebilir (Grigoryan et al., 2003).

Radyografik gözlemlenilen kırık iyileşme değerlendirmesi, subjektif bir değerlendirme değildir ve hekimler arasında %20-25'lik bir değişkenlik gösterir (Bhandari et al., 2002; Whelan et al., 2002). Bu nedenle çalışmada kırık iyileşmesi, radyografi skorlaması, radyografik kallus/korteks oranı ölçümünün yanında BT'de kallus alanı, kallusun HU değeri ve kemik hacimleri ölçülerek yapıldı.

Radyografik skorlamada olguların büyük bir kısmında 1. ayda kallus görüldü ($P<0,01$). Bu veri MIPO uygulanan hastaların radyografik değerlendirmesiyle uyumlu bulundu (Pozzi et al., 2012). Minimal invaziv plak osteosentez çalışmasından farklı olarak bu çalışmada, skorlama sistemine göre implant uzaklaştırıldı. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda radyografi skoru 1 ve 2 olduğunda kırık iyileşmiş olarak kabul edilmiştir (Pozzi et al., 2012; Whelan et al., 2002). Bu çalışmada, radyografi skoru 3 ve daha altı olan hastaların kırıklarının iyileştiği kabul edildi ve implantları kısa süreli anestezi altında uzaklaştırıldı. Plak uzaklaştırma sonucunda herhangi bir komplikasyon ile karşılaşılma. Bazı hastaların postoperatif takipte röntgenlerinde, radyografi skorlarının 4'ten 2'ye geçtiği görüldü. Hastalar daha sık postoperatif kontrole çağırılarak, iyileşmenin daha erken belirlenebileceği görüldü.

Kallus/korteks oranı, kırık iyileşmesinde önemli bir parametredir (McKibbin, 1978; Uthoff and Rahn, 1981). Bu oran, insanlarda kırık iyileşmesi sırasında sabit bir şekilde artış gösterir (Grigoryan et al., 2003). Benzer bir durumun bizim çalışmamızda da görülmesine rağmen, plak uzaklaştırıldıktan sonra bu oranın azaldığı görüldü. Kallus/korteks oranında meydana gelen bu azalma, kallus yapısının yeniden şekillenme aşamasına geçişi ile açıklandı.

Kallus/korteks oranı ile kemik rijiditesi arasında pozitif bir korelasyon vardır (Sano et al., 1999). Ancak kallus miktarının artması, her zaman kallusun daha rijit olduğu anlamına gelmeyebileceği gibi bu durumun, periostal kallus ölçümünü

sınırlayan bir faktör olduğu bildirilmiştir (Augat et al., 2014). Bu nedenle çalışmada radyografik skorlamanın yanında, kallus/korteks oranı ile BT’de kallus alanı, kallus HU değeri ve kemik hacmi ölçülerek elde edilen veriler karşılaştırıldı. Kırık iyileşmesinin erken döneminde HU değeri dışında verilerde artış gözlenirken, kallusun ossifiye olmasıyla HU değerinin arttığı, kallus/korteks oranının azalma eğilimine geçtiği belirlendi. Bu durum kallus yapısında meydana gelen değişimin ölçümlere yansımalarıyla açıklandı.

Kırık iyileşmesinin yangısal ve onarım fazı iyileşmenin erken döneminde meydana geldiğinden (Cross, 2012; Piermattei et al., 2006), bu süreçte yapılan ölçümlerde kallus yapısının artış eğiliminde olduğu görüldü. Bu durum, kallus alanı ölçümü ve kemik hacminin 1. ayda artışını da açıklamaktadır. Ayrıca iki parametre arasında pozitif korelasyon olması bu ilişkiyi daha da kuvvetlendirmektedir.

Kırık iyileşmesinin 3D WL kemik hacmi takibi ile yapılan deneysel bir çalışmada hacim, operasyondan sonra ilk 3 haftada artış gösterip sonraki dönemlerde yeniden şekillenme aşamasının etkisiyle kemik hacminde hafif bir azalma görüldüğü bildirilmiştir. Ayrıca kemik hacmi azalırken, kemik mineral dansitesinde artış görüldüğü söylenmektedir (Wehrle et al., 2019). Bahsi geçen çalışmada haftalık tomografi çekimleri uygulanarak hacim artışı yakından takip edilmiştir. Bizim çalışmamız klinik çalışma olduğundan, tomografi çekim sayısı sınırlı tutuldu. Deneysel çalışmadan farklı olarak bu çalışmada, kemik hacmi artışının plak çıkarılana kadar devam ettiği görüldü. Ancak kemik hacmindeki değişimin, operasyondan 1. aya kadar olan bölümde, 1. aydan plak çıkarıldığındaki bölüme göre yüzdesel olarak daha fazla olduğu görüldü. Bu durum, yeniden şekillenme fazının iyileşme sürecini devralmasıyla açıklandı. Bu süreçte kallusun mineralizasyon (HU) artışı da bu durumu destekleyen bir veri olduğu görüldü.

Kırık iyileşmesi sırasında vida deliği çevresinde meydana gelen periost reaksiyonları kemik hacmi ölçümünde yanıltıcı bir unsur olabilir. Geçmiş yıllardaki çalışmalara bakıldığında hacim ölçümünün WL kemik bölümünden yapıldığı görülmektedir (Mehta et al., 2012; Wehrle et al., 2019). Ancak kırık iyileşmesi sırasında tüm kemik hacmi ölçümüyle, WL hacmi ölçümünün nasıl bir korelasyon göstereceği bilinmemektedir. Çalışmada kemik hacmi ölçülürken hem tüm kemiğin hacmi hem de WL hacmi ölçüldü. Yapılan ölçümlere göre kemik hacmi ile WL hacmi arasında pozitif korelasyon olduğu görüldü. Çalışma uzunluğu bölgesindeki kalan kemiğin hacminin ölçümünde tüm kemik hacmine kıyasla daha kolay ölçüldüğü

görüldü. Ayrıca bu ölçümde sadece kallus yapısı ölçüldüğünden daha hassas sonuç verebileceği düşünöldü.

Radyodansitenin bir belirteci olan HU değeriyle, kemik mineral dansitesi ve kemiğin kompresyona olan direnci arasında, pozitif korelasyon vardır (Schreiber et al., 2011). Çalışmada kırık iyileşme dönemleri arasında HU değeriinde istatistiksel olarak anlamlı artış göröldü. Bu durum kallusun iyileşme sürecinde mineral yoğunluğu artarak osseöz kallusa dönüşmesiyle açıklandı. Ancak kallus alanı ile HU değeri arasında negatif korelasyon görölməsi, erken dönemde meydana gelen kallusun mineral yoğunluğunun az ve geniş yapıda olması ile ilişkilendirildi. Benzer bir durum ultrason ile yapılan kırık değerlendirmesinde de bildirilmiştir (Risselada et al., 2005).

Deneyisel çalışmalarda, kemiğin dayanıklılığı ile kallusun hacmi ve mineral dansitesi arasında doğrudan korelasyon olduğu bildirilmiştir (Den Boer et al., 1998; Sigurdson et al., 2011). Bu çalışmada kırık iyileşirken zamana bağılı olarak hem kallus hacminde hem de kallusun HU değeriinde artış göröldü.

Bu tez çalışmasını sınırlayan faktörlere bakıldığında, klinik çalışma olması nedeniyle olguların kırık tipleri, kırıkların kemiklere göre dağılımı ve travmadan sonra geçen süre gibi önceden belirlenemeyen faktörler vardır. Ayrıca bilateral kırıklarda olgu sayısı ve birden fazla uzun kemik kırığına kilitli plakların eksternal uygulanışında olgu sayılarının orantılı dağılmayışı, çalışmanın klinik bir çalışma olması ile ilişkilidir. Benzer olarak özellikle köpeklerde vücut ağırlığı 32 kg üzerinde hasta olmaması daha ağır vücut ağırlığına sahip hastalarda bu uygulamanın yeterliliği hakkında yorum yapılmasını kısıtlamaktadır. Bu sınırlamalara rağmen, kilitli plakların eksternal uygulanışı açık ve kapalı kırıklarda, üzerinden zaman geçen kırıklarda, kapalı olarak redükte edilebilen veya sınırlı açık redüksiyon uygulanabilen kırıklarda, kaynama yokluğunda, bilateral veya birden fazla uzun kemik kırığında başarılı bir şekilde uygulanmış ve olumu sonuçlar elde edilmiştir.

6. SONUÇ

Veteriner ortopedide geniş olgu sayılarında ve farklı kırık tiplerinde, kilitli plakların eksternal kullanımı daha önce bildirilmemiştir. Yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre, kedi ve köpeklerin radius/ulna ve tibia diyafizier kırıklarına bu yöntem başarı ile uygulanmıştır. Olgu seçimi, basit komplike olmayan kırıklar ile sınırlandırılmayıp açık, parçalı, üzerinden zaman geçen, kaynama yokluğu bulunan, birden fazla kırığı olan ve bilateral kırıklar da çalışmaya dahil edilmiştir. Bu sayede yöntemin klinik uygulanabilirliği ve karşılaşılabilecek olası komplikasyonların bildirilmesi amaçlanmıştır.

Kilitli plaklar eksternal olarak uygulanırken, redüksiyon sağlandıktan sonra vidalar uygulanana kadar perkutan uygulanan kemik pozisyon penslerinin kullanılması uygulama kolaylığı sağlar. Ayrıca vida uygulamasına başlanmadan önce kırık hattı ile proksimal ve distal eklemlerin kanülle belirlenmesi hem operasyonda oryantasyonu kolaylaştırır hem de tekrarlayan skopi kullanımını azaltacaktır. Kemiğin üst ve alt sınırına kadar uzanan plağın seçilmesi ve bütün deliklerin kemiğin aksında olduğundan emin olunması gerekir. Vida uygulamasında, uzak-uzak yakın-yakın prensibinin kullanılması ile bütün vida deliklerinin kemik aksında kalması sağlanacaktır. Buna ek olarak, postoperatif vida dibi akıntılarını azaltmak için kemik delinmeden önce deriden kemiğe kadar inen, vidanın geçeceği kadar bir ensizyon yapılmasını öneriyoruz.

Biyolojik osteosentezin temelinde, kırık hematomu ile kemik ve çevre dokuların dolaşımının korunması yer alır. Bu çalışmada kilitli plakların eksternal uygulanmasında, biyolojik osteosenteze bağlı kalınırken, esnek stabilizasyon sağlandı.

Çalışma uzunluğunun kırık tipine göre ayarlanması, esnek stabilizasyon sağlanması ve kallus oluşumunun uyarılması için önemlidir. Bu durum sağlanırken stabilizasyon, ne taşkın kallus oluşturacak kadar gevşek ne de kaynama yokluğu meydana getirecek kadar aşırı rijit olmalı; mikroaksiyal hareketliliği sağlayacak düzeyde tutulmalıdır. Ayrıca WL belirlenirken implant bükülmesi veya kırılması ile karşılaşmamak için kırık boşluğuna göre belirlenmelidir.

Kilitli plaklar eksternal uygulandığında lineer ESF gibi kemiği stabilize eder. Kilitli vidanın plağa kilitlenmesinde bir aracı kullanılmazken, ESF'de pin tutucu ve somun gibi ek malzemelere ihtiyaç vardır. Bu yöntemin ESF'den en bariz farkı ESF'ye kıyasla kaba olmayan çıkıntısız yapısıdır. Bu yapı sayesinde bilateral uygulamalarda

implantın birbirine takılması, plağın kafese veya başka bir şeye takılması ihtimalini de azaltır. Kilitli plaklarda vidaların sabit açı ile kullanılması sınırlayıcı bir faktördür. Ancak açılı vida kullanımına izin veren kilitli plakların kullanılması vida uygulaması sırasında cerraha alternatifler sunar. Ayrıca bu durum nörovasküler yapıların korunmasına da yardımcı olur. Eksternal olarak uygulanan kilitli plakların açılı vida uygulamasına izin vermesi oldukça faydalı bulunmuştur.

Kilitli plakların eksternal olarak uygulanabilir olması aslında, veteriner ortopedide kolay ulaşılabilen kilitli plakların, gerektiğinde bir eksternal fiksator gibi kullanılabileceğini ortaya koydu. Bu alternatif sayesinde, kapalı olarak redüksiyon uygulanan kırıklara hiç ensizyon uygulamadan hızlı bir şekilde kilitli plaklar uygulanabilir ve operasyondan sonra bandaj gerektirmediğinden hasta bacağına rahatlıkla kullanabilir. Benzer bir şekilde, komplikasyon olasılığı yüksek çok parçalı kırıklarda ve açık kırıklarda bu yöntem rahatlıkla uygulanabilir. Bandaj gerektirmediğinden varsa yara tedavisi de eş zamanlı olarak yapılabilir. Böylece hastada hızlı ve fonksiyonel bir iyileşme sağlanmış olur.

Eksternal fiksasyonda halka veya bar, klemp, pin tutucu, somun, pul ve pin gibi ekipmanlara ihtiyaç duyulurken bu yöntemde sadece kilitli plak, kilitli vida, tornavida ve matkap ucu uygulama için yeterlidir. Özellikle tibia kırıklarında uygulama kolaylığı ön plana çıkarken, radius/ulna kırıklarında radius'un anatomik yapısı nedeniyle tecrübe gerektirdiğini düşünüyoruz. Ayrıca radius/ulna kırıklarında kilitli plak, kraniyo-mediya yüzden uygulandığında, postoperatif ödem meydana gelmediğinden bu yüzeyin plak uygulamasında tercih edilmesini öneriyoruz.

Kilitli plaklar eksternal olarak uygulandığında, biyolojik osteosentez prensiplerine bağlı kalınması, kedi ve köpeklerin bu uygulamayı iyi tolere etmeleri, postoperatif dönemde bakım kolaylığı, bilateral uygulamaya ve kademeli destabilizasyona izin vermesi, kolay uygulanıp kısa süreli anestezi altında uzaklaştırılabilmesi temel avantajlar arasında sayılabilir.

Biyolojik osteosentezi sağlamayı hedefleyen MIPO uygulamalarında operasyon süresi ORIF'e göre oldukça kısadır. Ancak kapalı olarak redüksiyonu yapılamayan ve üzerinden zaman geçen kırıklarda kullanımı uygun değildir. Kilitli plakların eksternal uygulanması bu kırık tiplerine uygulanabilmektedir. Bu yöntemin kullanımını sınırlayan faktörler arasında, humerus ve femur gibi etrafı kalın kas kitlesi ile çevrili kemiklerin kırıkları, eklem içi kırıklar ve fragment başına 2 vida uygulanamayacak kadar küçük fragmentli kırıklar yer alır. Ayrıca hastanın agresif mizacından veya hasta

sahibine bağlı olarak, günlük vida dibi bakımı yapılamayacak hastalarda eksternal kilitli plak uygulamasını önermiyoruz. Bunun dışında radius/ulna ve tibia'nın açık kırıklarında, kaynama yokluğunda, parçalı kırıklarında köprü fiksasyon olarak ve fragment başına 2 vida uygulanabilen bütün diyafiz kırıklarında kilitli plakların eksternal kullanımını öneriyoruz.

Bu avantajlar göz önünde bulundurulduğunda, bu yöntemin kırık tedavisinin temel amacı olan hızlı ve fonksiyonel iyileşmeyi biyolojik osteosentez prensiplerini koruyarak sağlaması nedeniyle, kedi ve köpeklerin radius/ulna ve tibia kırıklarında alternatif bir stabilizasyon yöntemi olduğu sonucuna varıldı.

KAYNAKLAR

- Aguila, A., Manos, J., Orlansky, A., Todhunter, R., Trotter, E., van der Meulen, M. (2005). In vitro biomechanical comparison of limited contact dynamic compression plate and locking compression plate. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 18(4), 220-226.
- Ahmad, M., Nanda, R., Bajwa, A., Candal-Couto, J., Green, S., Hui, A. (2007). Biomechanical testing of the locking compression plate: when does the distance between bone and implant significantly reduce construct stability? *Injury*, 38(3), 358-364.
- Allgöwer, M., Klaue, K., Küng, R., Mast, J. (1991). The concept of biological plating using the limited contact-dynamic compression plate (LC-DCP): scientific background, design and application. *Injury*, 22, 1-41.
- Anderson, G.M., Lewis, D.D., Radasch, R.M., Marcellin-Little, D.J., Degna, M.T., Cross, A.R. (2003). Circular external skeletal fixation stabilization of antebrachial and crural fractures in 25 dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 39(5), 479-498.
- Andrea, C.R., Stover, S.M., Galuppo, L.D., Taylor, K.T., Rakestraw, P.C. (2002). Comparison of Insertion Time and Pullout Strength Between Self-Tapping and Non-Self-Tapping AO 4.5-mm Cortical Bone Screws in Adult Equine Third Metacarpal Bone. *Veterinary Surgery*, 31(3), 189-194.
- Ang, B., Chen, J., Yew, A., Chua, S., Chou, S.M., Chia, S., Koh, J., Howe, T. (2017). Externalised locking compression plate as an alternative to the unilateral external fixator: a biomechanical comparative study of axial and torsional stiffness. *Bone & Joint Research*, 6(4), 216-223.
- Apivatthakakul, T. and Sananpanich, K. (2007). The locking compression plate as an external fixator for bone transport in the treatment of a large distal tibial defect: a case report. *Injury*, 38(11), 1318-1325.
- Aron, D., Toombs, J., Hollingsworth, S. (1986). Primary treatment of severe fractures by external skeletal fixation: Threaded pins compared with smooth pins. *The Journal of The American Animal Hospital Association (USA)*, 22(5), 659-670.
- Aron, D.N., Johnson, A., Palmer, R. (1995). Biologic strategies and a balanced concept for repair of highly comminuted long bone fractures. *The Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian (USA)*, 17(1), 35-49.
- Aronsohn, M.G. and Burk, R.L. (2009). Unilateral uniplanar external skeletal fixation for isolated diaphyseal tibial fractures in skeletally immature dogs. *Veterinary Surgery*, 38(5), 654-658.
- Aronson, J., Harrison, B., Boyd, C.M., Cannon, D.J., Lubansky, H.J. (1988). Mechanical induction of osteogenesis: the importance of pin rigidity. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 8(4), 396-401.
- Association, O.T. (2020). *Bone Healing*. Retrieved May 01, 2020, from <https://ota.org/media/299093/1-Bone-Healing.pdf>
- Augat, P., Morgan, E., Lujan, T., MacGillivray, T., Cheung, W. (2014). Imaging techniques for the assessment of fracture repair. *Injury*, 45, 16-22.
- Bagby, G.W. and Janes, J. (1957, February). "An impacting bone plate". *Proceedings of The Staff Meetings. Mayo Clinic*, Minnesota.
- Bagby, G.W. and Janes, J.M. (1958). The effect of compression on the rate of fracture healing using a special plate. *The American Journal of Surgery*, 95(5), 761-771.

- Barnhart, M. (2020). Pitfalls of Minimally Invasive Fracture Repair. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 50(1), 17-21.
- Barnhart, M.D. (2019). "Pitfalls of Locking Plate Applications". Barnhart, M.D. and Maritato, K.C. (Eds.). in: *Locking Plates in Veterinary Orthopedics* (s. 9-12). India: John Wiley & Sons.
- Beale, B. (2014). "Fixation with Screw and Bone Plates". Bojrap, M.J. (Ed.), in: *Current Techniques in Small Animal Surgery* (s. 787-797). New York: Teton Newmedia.
- Beale, B. and McCally, R. (2020). Minimally Invasive Fracture Repair of the Tibia and Fibula. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 50(1), 183-206.
- Beever, L., Giles, K., Meeson, R. (2017). Postoperative complications associated with external skeletal fixators in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 19(7), 727-736.
- Beever, L.J., Kulendra, E.R., Meeson, R.L. (2015). Short and long-term outcome following surgical stabilization of tarsocrural instability in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 29(2), 142-148.
- Behrens, F. and Johnson, W. (1989). Unilateral external fixation methods to increase and reduce frame stiffness. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 241, 48-56.
- Bel, J.-C. (2019). Pitfalls and limits of locking plates. *Orthopaedics & traumatology: surgery & research*, 105(1), 103-109.
- Beltran, M.J., Collinge, C.A., Gardner, M.J. (2016). Stress modulation of fracture fixation implants. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 24(10), 711-719.
- Beosier, Y., Daems, R., Janssens, L. (2010). Screw loosening six weeks after triple pelvic osteotomy. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 23(1), 14-18.
- Bhandari, M., Guyatt, G.H., Swiontkowski, M.F., Tornetta Iii, P., Srpague, S., Schemitsch, E.H. (2002). A lack of consensus in the assessment of fracture healing among orthopaedic surgeons. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 16(8), 562-566.
- Biedrzycki, A.H. (2019). "Dynamic Compression vs. Locking Plating – Is One "Better"? A Review of Biomechanical Principles and in vitro Testing". Barnhart, M.D. and Maritato, K.C. (Eds.). in: *Locking Plates in Veterinary Orthopedics* (s. 25-40). India: John Wiley & Sons.
- Boone, E., Johnson, A., Montavon, P., Hohn, R. (1986). Fractures of the tibial diaphysis in dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 188(1), 41.
- Borrelli Jr, J., Prickett, W., Song, E., Becker, D., Ricci, W. (2002). Extraosseous blood supply of the tibia and the effects of different plating techniques: a human cadaveric study. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 16(10), 691-695.
- Boudrieau, R.J., Mitchell, S.L., Seeherman, H. (2004). Mandibular reconstruction of a partial hemimandibulectomy in a dog with severe malocclusion. *Veterinary Surgery*, 33(2), 119-130.
- Bouvy, B.M., Markel, M.D., Chelikani, S., Egger, E.L., Piermattei, D.L., Vanderby Jr, R. (1993). Ex vivo biomechanics of Kirschner-Ehmer external skeletal fixation applied to canine tibiae. *Veterinary Surgery*, 22(3), 194-207.
- Bronson, D.G., Ross, J., Toombs, J., Welch, R. (2003). Influence of the connecting rod on the biomechanical properties of five external skeletal fixation configurations. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 16(2), 82-87.
- Bufkin, B., Barnhart, M., Kazanovicz, A., Naber, S., Kennedy, S. (2013). The effect of screw angulation and insertion torque on the push-out strength of polyaxial locking screws and

- the single cycle to failure in bending of polyaxial locking plates. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 26(3), 186-191.
- Canapp, S.O. (2004). External fracture fixation. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 19(3), 114-119.
- Carmichael, S. (1991). The external fixator in small animal orthopaedics. *Journal of Small Animal Practice*, 32(10), 486-493.
- Carter, D. and Spengler, D. (2002). "Biomechanics of Fracture". Sumner-Smith, G. and Fackelman, G.E. (Eds.). in: *Bone in Clinical Orthopedics* (s. 261-285). Dübendorf: Thieme.
- Cronier, P., Pietu, G., Dujardin, C., Bigorre, N., Ducellier, F., Gerard, R. (2010). The concept of locking plates. *Orthopaedics & traumatology: surgery & research*, 96(4), 17-36.
- Cross, A.R. (2012). "Fracture Biology and Biomechanics". Tobias, K.M. and Johnston, S.A. (Eds.). in: *Veterinary Surgery: Small Animal* (s. 565-571). Canada: Elsevier Health Sciences.
- Dahlberg, J.A. and Bruecker, K.A. (2019). "The Synthes Locking Compression Plate (LCP) System". Barnhart, M.D. and Maritato, K.C. (Eds.). in: *Locking Plates in Veterinary Orthopedics* (s. 97-102). India: John Wiley & Sons.
- Den Boer, F., Bramer, J., Patka, P., Bakker, F., Barentsen, R., Feilzer, A., De Lange, E., Haarman, H. (1998). Quantification of fracture healing with three-dimensional computed tomography. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 117(6-7), 345-350.
- Dudley, M., Johnson, A., Olmstead, M., Smith, C., Schaeffer, D., Abbuehl, U. (1997). Open reduction and bone plate stabilization, compared with closed reduction and external fixation, for treatment of comminuted tibial fractures: 47 cases (1980-1995) in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 211(8), 1008-1012
- Dursun, N. (2008a). *Veteriner Anatomi I*. Ankara: 12. B. Medisan Yayinevi.
- Dursun, N. (2008b). *Veteriner Anatomi II*. Ankara: 12. B. Medisan Yayinevi.
- Dursun, N. (2008c). *Veteriner Anatomi III*. Ankara: 12. B. Medisan Yayinevi.
- Dyce, K., Sack, W., Wensing, C. (2010). "The Forelimb of the Dog and Cat". Dyce, K.- Sack, W.- Wensing, C. (Eds.). in: *Textbook of Veterinary Anatomy* (s. 476-489). China: W.B. Saunders.
- Egger, E.L. (1983). Static strength evaluation of six external skeletal fixation configurations. *Veterinary Surgery*, 12(3), 130-136.
- Egger, E.L. (1991). Complications of external fixation. A problem-oriented approach. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 21(4), 705-733
- Eggers, G. (1948). Internal contact splint. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 30(1), 40-48.
- Egol, K.A., Kubiak, E.N., Fulkerson, E., Kummer, F.J., Koval, K.J. (2004). Biomechanics of locked plates and screws. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 18(8), 488-493.
- Emmerson, T. and Muir, P. (1999). Bone plate removal in dogs and cats. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 12(2), 74-77.
- Eugster, S., Schawalder, P., Gaschen, F., Boerlin, P. (2004). A prospective study of postoperative surgical site infections in dogs and cats. *Veterinary Surgery*, 33(5), 542-550.
- Evans, H. (1993). "The Skeleton". Evans, H. (Ed.), in: *Miller's Anatomy of the Dog* (s. 122-218). Philadelphia: WB Saunders.

- Farese, J.P., Lewis, D.D., Cross, A.R., Collins, K.E., Anderson, G.M., Halling, K.B. (2002). Use of IMEX SK-circular external fixator hybrid constructs for fracture stabilization in dogs and cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 38(3), 279-289.
- Feydy, A., Drapé, J.-L., Beret, E., Sarazin, L., Pessis, E., Minoui, A., Chevrot, A. (1998). Longitudinal stress fractures of the tibia: comparative study of CT and MR imaging. *European Radiology*, 8(4), 598-602.
- Firoozabadi, R., Morshed, S., Engelke, K., Prevrhal, S., Fierlinger, A., Miclau III, T., Genant, H.K. (2008). Qualitative and quantitative assessment of bone fragility and fracture healing using conventional radiography and advanced imaging technologies-focus on wrist fracture. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 22, 83-90.
- Fitzpatrick, N., Lewis, D., Cross, A. (2008). A biomechanical comparison of external skeletal fixation and plating for the stabilization of ilial osteotomies in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 21(4), 349-357.
- Fitzpatrick, N., Yeadon, R., Smith, T.J., Johnson, J., Baltzer, W.I., Amils, R., Farrell, M., Frost, A., Holsworth, I.G. (2012). Shoulder arthrodesis in 14 dogs. *Veterinary Surgery*, 41(6), 745-754.
- Fleming, B., Paley, D., Kristiansen, T., Pope, M. (1989). A biomechanical analysis of the Ilizarov external fixator. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 241, 95-105.
- Fox, D.B. (2012). "Radius and Ulna". Tobias, K.M. and Johnston, S.A. (Eds.). in: *Veterinary Surgery: Small Animal* (s. 760-784). Canada: Elsevier Health Sciences.
- Frey, A.J. and Olds, R. (1981). A new technique for repair of comminuted diaphyseal fractures. *Veterinary Surgery*, 10(1), 51-57.
- Frigg, R. (2001). Locking compression plate (LCP). An osteosynthesis plate based on the dynamic compression plate and the point contact fixator (PC-Fix). *Injury*, 32, 63-66.
- Garofolo, S. and Pozzi, A. (2013). Effect of plating technique on periosteal vasculature of the radius in dogs: a cadaveric study. *Veterinary Surgery*, 42(3), 255-261.
- Gauthier, E. and Perren, S. (1992). Limited contact dynamic compression plate (LC-DCP) biomechanical research as basis to new plate design. *Der Orthopade*, 21(1), 11-23
- Gautier, E., Rahn, B., Perren, S. (1995). Vascular remodelling. *Injury*, 26, 11-19.
- Gautier, E. and Sommer, C. (2003). Guidelines for the clinical application of the LCP. *Injury*, 34, 63-76.
- Gemmill, T., Cave, T., Clements, D., Clarke, S., Bennett, D., Carmichael, S. (2004). Treatment of canine and feline diaphyseal radial and tibial fractures with low-stiffness external skeletal fixation. *Journal of Small Animal Practice*, 45(2), 85-91.
- Green, S.A. (1991). The Ilizarov method: Rancho technique. *The Orthopedic Clinics of North America*, 22(4), 677-688.
- Grigoryan, M., Lynch, J.A., Fierlinger, A.L., Guermazi, A., Fan, B., MacLean, D.B., MacLean, A., Genant, H.K. (2003). Quantitative and qualitative assessment of closed fracture healing using computed tomography and conventional radiography¹. *Academic Radiology*, 10(11), 1267-1273.
- Guerin, S., Lewis, D., Lanz, O., Stalling, J. (1998). Comminuted supracondylar humeral fractures repaired with a modified type I external skeletal fixator construct. *Journal of Small Animal Practice*, 39(11), 525-532.
- Guiot, L.P. and Déjardin, L.M. (2020). Perioperative Imaging in Minimally Invasive Osteosynthesis. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 50(1), 49-66.

- Guiot, L.P., Guillou, R.P., Déjardin, L.M. (2019). Minimally invasive percutaneous medial plate-rod osteosynthesis for treatment of humeral shaft fractures in dog and cats: Surgical technique and prospective evaluation. *Veterinary Surgery*, 48(1), 41-51.
- Haas, B., Reichler, I., Montavon, P. (2003). Use of the tubular external fixator in the treatment of distal radial and ulnar fractures in small dogs and cats. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 16(3), 132-137.
- Halling, K., Lewis, D., Jones, R., Hill, R., Anderson, G. (2004). Use of circular external skeletal fixator constructs to stabilize tarsometatarsal arthrodeses in three dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 17(4), 204-209.
- Hammer, R., Hammerby, S., Lindholm, B. (1985). Accuracy of radiologic assessment of tibial shaft fracture union in humans. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 199, 233-238.
- Hansmann, C. (1886). Eine neue methode der fixierung der fragmente bei complicierten frakturen. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie*, 15, 134-137.
- Harari, J. (1992). Complications of external skeletal fixation. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 22(1), 99-107.
- Hebert-Davies, J., Laflamme, G.-Y., Rouleau, D., Canet, F., Sandman, E., Li, A., Petit, Y. (2013). A biomechanical study comparing polyaxial locking screw mechanisms. *Injury*, 44(10), 1358-1362.
- Hertel, R., Eijer, H., Meisser, A., Hauke, C., Perren, S. (2001). Biomechanical and biological considerations relating to the clinical use of the Point Contact-Fixator-evaluation of the device handling test in the treatment of diaphyseal fractures of the radius and/or ulna. *Injury*, 32, 10-14.
- Hipp, J. and Hayes, W. (2009). "Biomechanics of Fractures". Browner, B.D. (Ed.), in: *Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction* (s. 51-82). Philadelphia: Elsevier Health Sciences.
- Hudson, C.C., Lewis, D.D., Pozzi, A. (2020). Minimally Invasive Plate Osteosynthesis: Radius and Ulna. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 50(1), 135-153.
- Hulse, D.A. and Aron, D.N. (1994). Advances in small animal orthopedics. *The Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian (USA)*, 16(7), 831-832.
- Hulse, D.A., Hyman, W., Nori, M., Slater, M. (1997). Reduction in plate strain by addition of an intramedullary pin. *Veterinary Surgery*, 26(6), 451-459.
- Jackson, L.C. and Pacchiana, P.D. (2004). Common complications of fracture repair. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 19(3), 168-179.
- James, P.T. (2014). "External Skeletal Fixation". Bojrap, M.J. (Ed.), in: *Current Techniques in Small Animal Surgery* (s. 800-857). New York: Teton Newmedia
- Jiménez-Heras, M., Rovesti, G.L., Nocco, G., Barilli, M., Bogoni, P., Salas-Herreros, E., Armato, M., Collivignarelli, F., Vegni, F., Rodríguez-Quiros, J. (2014). Evaluation of sixty-eight cases of fracture stabilisation by external hybrid fixation and a proposal for hybrid construct classification. *BMC Veterinary Research*, 10(1), 189.
- Johnson, A., Smith, C., Schaeffer, D. (1998). Fragment reconstruction and bone plate fixation versus bridging plate fixation for treating highly comminuted femoral fractures in dogs: 35 cases (1987-1997). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 213(8), 1157-1161.
- Johnston, S.A., Pfeil, D.J.F.v., Déjardin, L.M., Weh, M., Roe, S. (2012). "Internal Fracture Fixation". Tobias, K.M. and Johnston, S.A. (Eds.). in: *Veterinary Surgery: Small Animal* (s. 576-607). Canada: Elsevier Health Sciences.

- Kääb, M., Frenk, A., Schmeling, A., Schaser, K., Schuetz, M., Haas, N. (2004). Locked internal fixator: sensitivity of screw/plate stability to the correct insertion angle of the screw. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 18(8), 483-487.
- Kaczmarek, J., Bartkowiak, T., Schuenemann, R., Paczos, P., Gapinski, B., Bogisch, S., Unger, M. (2020). Mechanical performance of a polyaxial locking plate and the influence of screw angulation in a fracture gap model. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 33(1), 36-44.
- Keller, M., Voss, K., Montavon, P. (2005). The ComPact UniLock 2.0/2.4 system and its clinical application in small animal orthopedics. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 18(2), 83-93.
- Kenwright, J., Richardson, J., Cunningham, J., White, S., Goodship, A., Adams, M., Magnussen, P., Newman, J. (1991). Axial movement and tibial fractures. A controlled randomised trial of treatment. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 73(4), 654-659.
- Kerkhoffs, G., Kloen, P., van der Werken, C., Marti, R.K. (2003). Supercutaneous plate fixation: alternative use of the dynamic compression plate as an external fixator. *Techniques in Orthopaedics*, 18(4), 338-343.
- Kerkhoffs, G., Kuipers, M., Marti, R., Werken, V.d. (2003). External fixation with standard AO-plates: technique, indications, and results in 31 cases. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 17(1), 61-64.
- Kloen, P. (2009). Supercutaneous plating: use of a locking compression plate as an external fixator. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 23(1), 72-75.
- Kłos, Z., Ratajska-Michalczak, K., Sterna, J., Wiśniewski, D., Degórska, B. (1995). "Zespol Stabilizer in the Treatment of Open Fractures of the Zeugopodium Bones in Dogs and a Goat". Ram, K. and Nir, K. (Eds.). in: *Advances in Materials Science and Implant Orthopedic Surgery* (s. 73-81). Dordrecht: Springer.
- Krischak, G.D., Janousek, A., Wolf, S., Augat, P., Kinzl, L., Claes, L.E. (2002). Effects of one-plane and two-plane external fixation on sheep osteotomy healing and complications. *Clinical Biomechanics*, 17(6), 470-476.
- Kubiak, E.N., Fulkerson, E., Strauss, E., Egol, K.A. (2006). The evolution of locked plates. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 88, 189-200.
- Kwan, T.W., Marcellin-Little, D.J., Harrysson, O.L. (2014). Correction of biapical radial deformities by use of bi-level hinged circular external fixation and distraction osteogenesis in 13 dogs. *Veterinary Surgery*, 43(3), 316-329.
- Lambotte, A. (1909). Technique et indication des prothèses dans le traitement des fractures. *La Presse Médicale*, 17, 321.
- Lane, W.A. (1895). Some remarks on the treatment of fractures. *British Medical Journal*, 1(1790), 861-863.
- Langley-Hobbs, S., Carmichael, S., McCartney, W. (1996). Use of external skeletal fixators in the repair of femoral fractures in cats. *Journal of Small Animal Practice*, 37(3), 95-101.
- Langley-Hobbs, S., Carmichael, S., McCartney, W. (1997). External skeletal fixation for stabilisation of comminuted humeral fractures in cats. *Journal of Small Animal Practice*, 38(7), 280-285.
- Leitner, M., Pearce, S.G., Windolf, M., Schwieger, K., Zeiter, S., Schawaldner, P., Johnson, K.A. (2008). Comparison of locking and conventional screws for maintenance of tibial plateau positioning and biomechanical stability after locking tibial plateau leveling osteotomy plate fixation. *Veterinary Surgery*, 37(4), 357-365.

- Leunig, M., Hertel, R., Siebenrock, K.A., Ballmer, F.T., Mast, J.W., Ganz, R. (2000). The evolution of indirect reduction techniques for the treatment of fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 375, 7-14.
- Lewis, D., Cross, A., Carmichael, S., Anderson, M. (2001). Recent advances in external skeletal fixation. *Journal of Small Animal Practice*, 42(3), 103-112.
- Lincoln, J.D. (1992). Treatment of open, delayed union, and nonunion fractures with external skeletal fixation. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 22(1), 195-207.
- Lippuner, K., Vogel, R., Tepic, S., Rahn, B., Cordey, J., Perren, S. (1992). Effect of animal species and age on plate-induced vascular damage in cortical bone. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 111(2), 78-84.
- MacArthur, S.L., Johnson, M.D., Lewis, D.D. (2020). Biomechanical comparison of two conical coupling plate constructs for cat tibial fracture stabilization. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 33(4), 252-257.
- Macnab, I. and De Haas, W. (1974). The role of periosteal blood supply in the healing of fractures of the tibia. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 105, 27-33.
- Maffulli, N. and Thornton, A. (1995). Ultrasonographic appearance of external callus in long-bone fractures. *Injury*, 26(1), 5-12.
- Marcellin-Little, D.J. (1999). Fracture treatment with circular external fixation. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 29(5), 1153-1170.
- Maritato, K.C. (2019). "A Brief History of Veterinary Locking Plates Applications". Barnhart, M.D. and Maritato, K.C. (Eds.). in: *Locking Plates in Veterinary Orthopedics* (s. 1-5). India: John Wiley & Sons.
- Marti, J. and Miller, A. (1994a). Delimitation of safe corridors for the insertion of external fixator pins in the dog 1: Hindlimb. *Journal of Small Animal Practice*, 35(1), 16-23.
- Marti, J. and Miller, A. (1994b). Delimitation of safe corridors for the insertion of external fixator pins in the dog 2: Forelimb. *Journal of Small Animal Practice*, 35(2), 78-85.
- Marti, R. and Besselaar, P. (1984). Die Anwendung der AO-Platte als Fixateur externe. *Zeitschrift für Orthopädie und Ihre Grenzgebiete*, 122(2), 225-232.
- Marti, R.K. and van der Werken, C. (1991). The AO-plate for external fixation in 12 cases. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 62(1), 60-62.
- Mason, D.R., Schulz, K.S., Fujita, Y., Kass, P.H., Stover, S.M. (2005). In vitro force mapping of normal canine humeroradial and humeroulnar joints. *American Journal of Veterinary Research*, 66(1), 132-135.
- McKee, W. and Downes, C. (2008). Vertebral stabilisation and selective decompression for the management of triple thoracolumbar disc protrusions. *Journal of Small Animal Practice*, 49(10), 536-539.
- McKibbin, B. (1978). The biology of fracture healing in long bones. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 60(2), 150-162.
- Mehta, M., Checa, S., Lienau, J., Huttmacher, D., Duda, G.N. (2012). In vivo tracking of segmental bone defect healing reveals that callus patterning is related to early mechanical stimuli. *European Cells and Materials*, 24(358), 71.
- Merk, B.R., Stern, S.H., Cordes, S., Lautenschlager, E.P. (2001). A fatigue life analysis of small fragment screws. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 15(7), 494-499.

- Moens, N.M.M. (2019). "The Biology of Locking Plate Applications". Barnhart, M.D. and Maritato, K.C. (Eds.). in: *Locking Plates in Veterinary Orthopedics* (s. 13-21). India: John Wiley & Sons.
- Montgomery, R.D., Crandall, E., Bellah, J.R. (2011). Use of a locking compression plate as an external fixator for repair of a tarsometatarsal fracture in a bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 25(2), 119-125.
- Murphy, T.P., Hill, C., Kapatkin, A.S., Radin, A., Shofer, F.S., Smith, G.K. (2001). Pullout properties of 3.5-mm AO/ASIF self-tapping and cortex screws in a uniform synthetic material and in canine bone. *Veterinary Surgery*, 30(3), 253-260.
- Nicetto, T. and Longo, F. (2017). Supracutaneous plating using a locking plate for the treatment of a tibial fracture in a cat. *The Canadian Veterinary Journal*, 58(6), 585-590.
- Nicetto, T. and Longo, F. (2019). Supercutaneous plating for the treatment of traumatic injuries of the appendicular skeleton in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 32(2), 149-157.
- Nielsen, C. and Pluhar, G. (2006). Outcome following surgical repair of achilles tendon rupture and comparison between postoperative tibiotarsal immobilization methods in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 19(4), 246-249.
- Nolte, D.M., Fusco, J.V., Peterson, M.E. (2005). Incidence of and predisposing factors for nonunion of fractures involving the appendicular skeleton in cats: 18 cases (1998–2002). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 226(1), 77-82.
- Palmer, R., Hulse, D., Pollo, F., Hyman, W., Palmer, D., Rastegar, S., Longnecker, M. (1991, October). "Pin loosening in external skeletal fixation: the effects of pin design and implantation site". *American College of Veterinary Surgeons 26th Annual Meeting*, San Francisco.
- Palmer, R.H. (1999). Biological osteosynthesis. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 29(5), 1171-1185.
- Palmer, R.H. (2012). External fixators and minimally invasive osteosynthesis in small animal veterinary medicine. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 42(5), 913-934
- Palmer, R.H. and Aron, D.N. (1990). Ellis pin complications in seven dogs. *Veterinary Surgery*, 19(6), 440-445.
- Palmer, R.H., Hulse, D.A., Hyman, W.A., Palmer, D.R. (1992). Principles of bone healing and biomechanics of external skeletal fixation. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 22(1), 45-68.
- Peirone, B., Rovesti, G.L., Baroncelli, A.B., Piras, L.A. (2020). Minimally invasive plate osteosynthesis fracture reduction techniques in small animals. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 50(1), 23-47.
- Perren, S., Russenberger, M., Steinemann, S., Müller, M., Allgöwer, M. (1969). A dynamic compression plate. *Acta Orthopaedica Scandinavica. Supplementum*, 125, 31-41.
- Perren, S.M. (1998). "Basic Aspects of Internal Fixation". Brinker, W.O.- Olmstead, M.L.- Sumner-Smith, G.- Prieur, W.D. (Eds.). in: *Manual of Internal Fixation in Small Animals* (s. 1-56). Berlin: Springer.
- Perren, S.M. (2002). Evolution of the internal fixation of long bone fractures: the scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 84(8), 1093-1110.
- Perren, S.M., Cordey, J., Rahn, B.A., Gautier, E., Schneider, E. (1988). Early temporary porosis of bone induced by internal fixation implants. A reaction to necrosis, not to stress protection? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (232), 139-151.

- Perry, K. and Bruce, M. (2015). Impact of fixation method on postoperative complication rates following surgical stabilization of diaphyseal tibial fractures in cats. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 28(2), 109-115.
- Petazzoni, M., Urizzi, A., Verdonck, B., Jaeger, G. (2010). Fixin internal fixator: Concept and technique. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 23(04), 250-253.
- Piermattei, D.L., Flo, G.L., Charles, E.D. (2006). "Fractures: Classification, Diagnosis, and Treatment". Piermattei, D.L.- Flo, G.L.- Charles, E.D. (Eds.). in: *Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Treatment* (s. 25-159). St. Louis: WB Saunders.
- Pozzi, A., Hudson, C.C., Gauthier, C.M., Lewis, D.D. (2013). Retrospective comparison of minimally invasive plate osteosynthesis and open reduction and internal fixation of radius-ulna fractures in dogs. *Veterinary Surgery*, 42(1), 19-27.
- Pozzi, A. and Lewis, D. (2009). Surgical approaches for minimally invasive plate osteosynthesis in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 22(4), 316-320
- Pozzi, A., Risselada, M., Winter, M.D. (2012). Assessment of fracture healing after minimally invasive plate osteosynthesis or open reduction and internal fixation of coexisting radius and ulna fractures in dogs via ultrasonography and radiography. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 241(6), 744-753.
- Prieur, W. (2013). *Manual of Internal Fixation in Small Animals*. Berlin: 2. B. Springer.
- Qiu, X.-s., Yuan, H., Zheng, X., Wang, J.-f., Xiong, J., Chen, Y.-x. (2014). Locking plate as a definitive external fixator for treating tibial fractures with compromised soft tissue envelop. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 134(3), 383-388.
- Ramotowski, W. and Granowski, R. (1991). Zespol. An original method of stable osteosynthesis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*(272), 67-75.
- Reems, M.R., Beale, B.S., Hulse, D.A. (2003). Use of a plate-rod construct and principles of biological osteosynthesis for repair of diaphyseal fractures in dogs and cats: 47 cases (1994–2001). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 223(3), 330-335.
- Richardson, E. and Thacher, C. (1993). Tibial fractures in cats. *The Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian (USA)*, 15(3), 383-395.
- Risselada, M., Kramer, M., De Rooster, H., Taeymans, O., Verleyen, P., Van Bree, H. (2005). Ultrasonographic and radiographic assessment of uncomplicated secondary fracture healing of long bones in dogs and cats. *Veterinary Surgery*, 34(2), 99-107.
- Rotne, R., Bertollo, N., Walsh, W., Dhand, N.K., Voss, K., Johnson, K.A. (2014). Influence of plate–bone contact on cyclically loaded conically coupled locking plate failure. *Injury*, 45(3), 515-521.
- Rovesti, G., Bosio, A., Marcellin-Little, D.J. (2007). Management of 49 antebrachial and crural fractures in dogs using circular external fixators. *Journal of Small Animal Practice*, 48(4), 194-200.
- Rubin, E. (2001). *Essential Pathology*. Lippincott: 3. B. Williams & Wilkins.
- Sano, H., Uthoff, H.K., Backman, D.S., Yeadon, A. (1999). Correlation of radiographic measurements with biomechanical test results. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 368, 271-278.
- Schatzker, J., Meutstege, F., Prieur, W.D. (1998). "Implants and Their Application". Brinker, W.O.- Olmstead, M.L.- Sumner-Smith, G.- Prieur, W.D. (Eds.). in: *Manual of Internal Fixation in Small Animals* (s. 57-126). Berlin: Springer.

- Schmökkel, H., Stein, S., Radke, H., Hurter, K., Schawalder, P. (2007). Treatment of tibial fractures with plates using minimally invasive percutaneous osteosynthesis in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 48(3), 157-160.
- Schreiber, J.J., Anderson, P.A., Rosas, H.G., Buchholz, A.L., Au, A.G. (2011). Hounsfield units for assessing bone mineral density and strength: a tool for osteoporosis management. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 93(11), 1057-1063.
- Schütz, M. and Südkamp, N.P. (2003). Revolution in plate osteosynthesis: new internal fixator systems. *Journal of Orthopaedic Science*, 8(2), 252-258.
- Shani, J. and Shahar, R. (2002). The unilateral external fixator and acrylic connecting bar, combined with IM pin, for the treatment of tibial fractures. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 15(2), 104-110.
- Shapurian, T., Damoulis, P.D., Reiser, G.M., Griffin, T.J., Rand, W.M. (2006). Quantitative evaluation of bone density using the Hounsfield index. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 21(2).
- Sherman, W. (1912). Vanadium steel bone plates and screws. *Surgery, Gynecology and Obstetrics*, 14, 629-634.
- Sigurdson, U., Reikeras, O., Hoiseth, A., Utvag, S.E. (2011). Correlations between strength and quantitative computed tomography measurement of callus mineralization in experimental tibial fractures. *Clinical Biomechanics*, 26(1), 95-100.
- Smith, W.R., Ziran, B.H., Anglen, J.O., Stahel, P.F. (2007). Locking plates: tips and tricks. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 89(10), 2298-2307.
- Sommer, C. (2003). Locking compression plate-LCP-a new AO principle. *Injury*, 34(2), 1-76.
- Stader, O. (1937). A preliminary announcement of a new method of treating fractures. *North American Veterinarian*, 18(1), 37.
- Stiffler, K.S. (2004). Internal fracture fixation. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 19(3), 105-113.
- Stoffel, K., Dieter, U., Stachowiak, G., Gächter, A., Kuster, M.S. (2003). Biomechanical testing of the LCP-how can stability in locked internal fixators be controlled? *Injury*, 34, 11-19.
- Stroncek, J.D. and Reichert, W.M. (2008). "Overview of Wound Healing in Different Tissue Types". WM, R. (Ed.), in: *Indwelling Neural Implants: Strategies for Contending with the in Vivo Environment* (s. 3-40). Boca Raton: CRC Press.
- Sutter, F. and Raveh, J. (1988). Titanium-coated hollow screw and reconstruction plate system for bridging of lower jaw defects: biomechanical aspects. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 17(4), 267-274.
- Tepic, S. and Perren, S. (1995). The biomechanics of the PC-Fix internal fixator. *Injury*, 26, 5-10.
- Tonino, A., Davidson, C., Klopper, P., Linclau, L. (1976). Protection from stress in bone and its effects. Experiments with stainless steel and plastic plates in dogs. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 58(1), 107-113.
- Tulner, S.A., Strackee, S.D., Kloen, P. (2012). Metaphyseal locking compression plate as an external fixator for the distal tibia. *International Orthopaedics*, 36(9), 1923-1927.
- Uthoff, H. and Rahn, B. (1981). Healing patterns of metaphyseal fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 160, 295-303.
- Uthoff, H.K., Boisvert, D., Finnegan, M. (1994). Cortical porosis under plates. Reaction to unloading or to necrosis? *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 76(10), 1507-1512.

- Uthhoff, H.K., Poitras, P., Backman, D.S. (2006). Internal plate fixation of fractures: short history and recent developments. *Journal of Orthopaedic Science*, 11(2), 118-126.
- Unger, M., Montavon, P., Heim, U. (1990). Classification of fractures of long bones in the dog and cat: introduction and clinical application. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 3(2), 41-50.
- Vallefuoco, R., Le Pommellet, H., Savin, A., Decambon, A., Manassero, M., Viateau, V., Gauthier, O., Fayolle, P. (2016). Complications of appendicular fracture repair in cats and small dogs using locking compression plates. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 29(1), 46-52.
- Voss, K. and Montavon, P.M. (2009a). "Fractures". Montavon, P.M.- Voss, K.- Langley-Hobbs, S.J. (Eds.). in: *Feline Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Disease* (s. 129-152). Philadelphia: Mosby Elsevier.
- Voss, K. and Montavon, P.M. (2009b). "Introduction to Musculoskeletal Injuries: Fractures". Montavon, P.M.- Voss, K.- Langley-Hobbs, S.J. (Eds.). in: *Feline Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Disease* (s. 128-152). Philadelphia: Mosby Elsevier.
- Wade, R. and Richardson, J. (2001). Outcome in fracture healing: a review. *Injury*, 32(2), 109-114.
- Wagner, M. (2003). General principles for the clinical use of the LCP. *Injury*, 34, 31-42.
- Wagner, M., Frenk, A., Frigg, R. (2007). Locked plating: Biomechanics and biology and locked plating: Clinical indications. *Techniques in Orthopaedics*, 22(4), 209-218.
- Wagner, M. and Frigg, R. (2009). "Locking Plates: Development, Biomechanics, and Clinical Application". Browner, B.D. (Ed.), in: *Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction* (s. 143-176). Philadelphia: Elsevier Health Sciences.
- Wehrle, E., né Betts, D.C.T., Kuhn, G.A., Scheuren, A.C., Hofmann, S., Müller, R. (2019). Evaluation of longitudinal time-lapsed in vivo micro-CT for monitoring fracture healing in mouse femur defect models. *Scientific Reports*, 9(1), 1-12.
- Whelan, D.B., Bhandari, M., McKee, M.D., Guyatt, G.H., Kreder, H.J., Stephen, D., Schemitsch, E.H. (2002). Interobserver and intraobserver variation in the assessment of the healing of tibial fractures after intramedullary fixation. *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 84(1), 15-18.
- White, D.T., Bronson, D.G., Welch, R.D. (2003). A mechanical comparison of veterinary linear external fixation systems. *Veterinary Surgery*, 32(6), 507-514.
- Williams, T.H. and Schenk, W. (2008). Bridging-minimally invasive locking plate osteosynthesis (Bridging-MILPO): technique description with prospective series of 20 tibial fractures. *Injury*, 39(10), 1198-1203.
- Woon, C.Y.-L., Wong, M.-K., Howe, T.-S. (2010). LCP external fixation-external application of an internal fixator: two cases and a review of the literature. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 5(1), 1-6.
- Yardimci, C., Ozak, A., Nisbet, H.O. (2011). Management of femoral fractures in dogs with unilateral semicircular external skeletal fixators. *Veterinary Surgery*, 40(3), 379-387.
- Yardımcı, C., Önyay, T., İnal, K.S., Özbakır, D.B., Özak, A. (2018). Management of complete talocrural luxations by selective talocrural arthrodesis using hybrid transarticular external skeletal fixation in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 31(4), 291-297.
- Zahn, K., Frei, R., Wunderle, D., Linke, B., Schwieger, K., Guerguiev, B., Pohler, O., Matis, U. (2008). Mechanical properties of 18 different AO bone plates and the clamp-rod

internal fixation system tested on a gap model construct. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 21(3), 185-194.

Zhang, J., Ebraheim, N., Li, M., He, X., Schwind, J., Liu, J., Zhu, L. (2015). External fixation using locking plate in distal tibial fracture: a finite element analysis. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 25(6), 1099-1104.

EKLER

Ek 1. Etik Kurul Kararı



T. C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu



KURUL KARARI

KARAR NO: 2018/12	Proje KABUL NO: 2018_12	KARAR TARİHİ: 23.02.2018
PROJE BAŞLIĞI Kedi ve Köpeklerin Uzun Kemik Kırıklarının Sağaltımında Kilitli Plakların Eksternal Olarak Uygulanmasının Klinik, Radyografik ve Bilgisayarlı Tomografi ile Değerlendirilmesi		
YÜRÜTÜCÜ: Prof. Dr. Ahmet ÖZAK		TCK NO:
E-POSTA		MOBİL TEL
KURUM: OMÜ Veteriner Fakültesi		İÇ HAT TEL NO:
<ul style="list-style-type: none">Yukarıda tanımlanan Laboratuvar Hayvanları ile yapılan çalışmayı; belirtilen araştırmacılar ile gerçekleştireceğini, ekip dışında başka kişileri HADYEK ten izin almadan iştirak ettirmeyeceğini, çalışmanın başından sonuna kadar başkaları ile paylaşmayacağını ve yayın haline dönüştüğünde belirtilen katkı sırasına göre yayınlayacağını,Üniversitemiz WEB sayfasında güncel hali yayınlanan, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Yönergesine uygun olarak çalışacağını,Onay alınmış Projede belirtilen Deneysel İşlem Hayvanları Kullanımına müsaade edilen kişilerin haricinde başkalarına hayvanlarda herhangi bir Deneysel işlem yaptırmayacağını ve Proje sürecinde işlemlerde ve çalışma ekibinde yapılacak her türlü değişiklikler için HADYEK'e izin başvurusunda bulunacağını ve onay gelinceye kadar çalışmalarını durduracağını,Proje onay tarihinden itibaren her 6(altı) ay sonrasında HADYEK'e gelişim raporu vereceğini ve Proje bitim tarihini müteakiben 3 ay içerisinde çalışma sonucunu HADYEK'e bildireceğini, Bu Proje süresince, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Yönergesinde yer alan etik ilkelerle uyum olmayan veya beklenmeyen ters bir etki veya olay olduğunda derhal Yerel Etik Kurul'a bildireceğini Kabul ve taahhüt eden kimlik ve iletişim bilgileri yukarıda yazılı yürütücünün Araştırma Projesi, Etik Kurul Üyeleri tarafından OMU HADYEK yönergesi kapsamında Hayvan Hakları ve Deneysel Etik İlkelerine UYGUN bulunmuştur.		
İMZA Prof. Dr. Abdurrahman AKSOY Üye	KATILMADI Prof. Dr. Ahmet UZUN Üye	KATILMADI Prof. Dr. M. Ender ARITÜRK Üye
KATILMADI Prof. Dr. Ahmet GÜLER Üye	İMZA Prof. Dr. H. Tahsin KEÇELİGİL Üye	İMZA Prof. Dr. N. Umur SAKALLIOĞLU Üye
KATILMADI Prof. Dr. Özcan YILMAZ Üye	İMZA Prof. Dr. Mustafa AYYILDIZ	İMZA Yrd.Doç.Dr. Buğra GENÇ Üye
İMZA Prof. Dr. Yüksel TERZİ Üye	KATILMADI Doç. Dr. Savaş YILMAZ Üye	İMZA Doç. Dr. Berfin M GÖLCÜ Üye
İMZA İnş. Müh. Ahmet CENGİZ Üye	İMZA Vet. Hek. Mustafa ERMİŞ Üye	KATILMADI Ecz. Onur Ferhat KARACAN Üye
İMZA Prof.Dr.Ferhat KOLBAKIR Başkan		

5070 Elektronik İmza Kanunu'na uygun olarak Güvenli Elektronik İmza ile üretilmiş yazı ekidir.
Evrak teyidi <https://ebysorgu.omu.edu.tr> adresinden ilgi yazıda belirtilen kod ile yapılabilir.

ÖZ GEÇMİŞ

Lise eğitimimi Kilis H.M.K. Anadolu Lisesi'nde bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi'nden 2013 yılında ikincilik derecesiyle mezun oldum. Mezuniyetimden bu yana araştırma görevlisi olarak görev yapmakta ve orta derecede İngilizce bilmekteyim. Evli ve Doğa isimli bir kız çocuğu babasıyım. İlgi alanlarım veteriner ortopedi ve plastik maket yapımı.

İletişim Bilgileri

E-mail : 14220238@stu.omu.edu.tr

Öğr. No : 14220238

ORCID ID: 0000-0003-0690-5743

Yayınlanmış Çalışmalar:

1. Yardımcı C, Özak A, Önyay T, **İnal KS**: Management of traumatic tarsal luxations with transarticular external skeletal fixation in cats. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 29(3): 232-238, 2016 DOI: 10. 3415/VCOT-15-04-0056.

2. Yardımcı C, Özak A, Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD: Management of femoral fractures in dogs with unilateral semicircular external skeletal fixator-intramedullary pin tie-in configurations, *Ankara Univ Vet Fak*, 65(2) 129-136, 2018

3. Yardımcı C, Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD, Özak A: Management of Humeral Fractures in Dogs By Using Semicircular External Fixator and Intramedullary Pin Tie-in Combination, *Kafkas Üniv Vet Fak Derg*, 24(2), 295-300, 2018

4. Yardımcı C, Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD, Özak A: Management of complete talocrural luxations by selective talocrural arthrodesis using hybrid transarticular external skeletal fixation in dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 31(4): 291-297, 2018 DOI: 10.1055/s-0038-1651486.

5. Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD, Nisbet HÖ, Yardımcı C, Sağlam K, Özak A: Colonoscopic diagnosis of atresia coli in calves: 19 cases (2016-2018). *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 26 (2): 165-169, 2020. DOI: 10.9775/kvfd.2019.22636

6. Yardımcı C, **İnal KS**, Önyay T, Özak A: Interconnected multiple gastroesophageal fish hook retrievals by endoscopic or surgical interventions in dogs: 13 cases (2010-2017). *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 26 (2): 209-215, 2020. DOI:

10.9775/kvfd.2019.22766

7. Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD, Yardımcı C, Özak A: Evaluation of Computed Tomography, Clinical and Surgical Findings of Two Cats with Paranasal Tumours, Kafkas Üniv Vet Fak Derg, 23(5): 835-838, 2017 DOI: 10.9775/kvfd.2016.16505

8. Yardımcı C, Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD, Özak A: Surgical management of ectrodactyly in a Turkish Kangal dog, Ankara Univ Vet Fak, 64, 229-233, 2017

9. Yardımcı C, Özak A, Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD: Management of a complete stifle luxation with a hinged transarticular hybrid external fixator in a dog, Ankara Univ Vet Fak, 64, 345-348, 2017

10. Özak A, Yardımcı C, Nisbet HÖ, **İnal KS**: Treatment of traumatic thoracic instability with pedicle screw-rod fixation system in a dog. Kafkas Univ Vet Fak Derg, 24(4):627-630, 2018 DOI: 10.9775/kvfd.2018.19663

11. Yardımcı C, Özak A, Önyay T, **İnal KS**: Bir köpekte diz eklemi tam çıkığının transartiküler hibrit eksternal fiksator ile onarılması. XV. Ulusal & I. Uluslararası Türkiye Veteriner Cerrahi Kongresi, 287-288, 11-14 Mayıs, Erzurum, 2016.

12. Yardımcı C, Özak A, Önyay T, **İnal KS**: Bir köpekte elektrodaktilinin kemik rekonstrüksiyon ve füzyon podoplasti ile sağaltımı. XV. Ulusal & I. Uluslararası Türkiye Veteriner Cerrahi Kongresi, 289-290, 11-14 Mayıs, Erzurum, 2016.

13. Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD, Yardımcı C, Özak A: Paranasal sinüs tümörü olan iki kedide üç boyutlu bilgisayarlı tomografi bulgularının cerrahi planlama üzerine etkisi. XV. Ulusal & I. Uluslararası Türkiye Veteriner Cerrahi Kongresi, 395-396, 11-14 Mayıs, Erzurum, 2016.

14. Yardımcı C, Özak A, Önyay T, **İnal KS**: Use of semicircular external skeletal fixation in challenging orthopaedic problems. 3rd International Vetistanbul Group Congress 2016, p:257, May 17-20, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2016.

15. Yardımcı C, Özak A, Önyay T, **İnal KS**: Surgical management of ectrodactyly in a dog. 3rd International Vetistanbul Group Congress 2016, p:274, May 17-20, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2016.

16. Yardımcı C, Özak A, Önyay T, **İnal KS**: Management of a complete stifle luxation with a hinged transarticular hybrid external fixator in a dog. 3rd International Vetistanbul Group Congress 2016, p:275, May 17-20, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2016.

17. Nisbet HÖ, Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD: Treatment of traumatic eye protosis in a dog. 3rd International Vetistanbul Group Congress 2016, p:282, May 17-20, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2016.

18. **İnal KS**, Kanat M, Özbakır BD, Özak A: Bir köpekte travmatik intra kranial hematomun tanı ve tedavisi. XV. Ulusal & I. Uluslararası Türkiye Veteriner Cerrahi Kongresi, 311-312, 11-14 Mayıs, Erzurum, 2016.

19. Yardımcı C, Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD, Özak A: Management of open complete talocrural luxations by transarticular hybrid external fixator in dogs. 2nd International Veterinary Surgery Congress of Turkey, p:52-53, September 20-23, North Cyprus, 2018.

20. **İnal KS**, Önyay T, Yılmaz MS, Yardımcı C, Özak A: Evaluation of non-union and delayed union encountered in 15 dogs. 2nd International Veterinary Surgery Congress of Turkey, p:50-51, September 20-23, North Cyprus, 2018.

21. Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BS, Sağlam K, Nisbet HÖ, Yardımcı C, Özak A: Colonoscopic diagnosis for atresia coli of calves. 2nd International Veterinary Surgery Congress of Turkey, p:72-73, September 20-23, North Cyprus, 2018.

22. Yardımcı C, **İnal KS**, Önyay T, Özak A: Removal of esophago-gastric multiple fish hooks by endoscopic and surgical interventions in dogs. 2nd International Veterinary Surgery Congress of Turkey, p: 330-331, September 20-23, North Cyprus, 2018.

23. **İnal KS**, Abadan S, Önyay T, Yardımcı C, Özak A: Bone lengthening in two dogs with large tibial defects using distraction osteogenesis. 2nd International Veterinary Surgery Congress of Turkey, p:262-263, September 20-23, North Cyprus, 2018.

24. Özak A, Yardımcı C, Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD: Treatment of a compound proximal phalanx fracture of an arab stallion. 2nd International Veterinary Surgery Congress of Turkey, p:288-289, September 20-23, North Cyprus, 2018.

25. Özak A, Yardımcı C, **İnal KS**, Önyay T, Özbakır BD: Computed tomography imaging and surgical treatment of a calf with conjoined twin. 2nd International Veterinary Surgery Congress of Turkey, p:290-291, September 20-23, North Cyprus, 2018.

26. Yardımcı C, Özak A, Önyay T, **İnal KS**: Ruminantlarda eksternal fiksasyon

uygulamaları. Türkiye Klinikleri J Vet Sci, Surg Special Topics, 1 (1): 90-97, 2015

27. Yardımcı C, **İnal KS**, Önyay T: Patella Luksasyonlarının Operatif Sağıaltım Yöntemleri. Türkiye Klinikleri J Vet Sci, Surg Special Topics, 3(2):100-110, 2017

28. Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD: Spinal Nöroanatomi. Türkiye Klinikleri J Vet Sci, Surg Special Topics, 2(3):1-5, 2016

29. Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD: Spinal Hastalıklarda Klinik Muayene. Türkiye Klinikleri J Vet Sci, Surg Special Topics, 2(3):6-12, 2016

30. Özak A, **İnal KS**: Spinal travmalarda stabilizasyon. Türkiye Klinikleri J Vet Sci, Surg Special Topics, 2(3):6-12, 2016

31. Beyazkılınç S, Yarım M, Özak A, **İnal KS**, İshiaq A, Gülbahar MY: Beş aylık bir köpekte oro nazal yassı hücreli karsinom. VIII: Ulusal Veteriner Patoloji Kongresi, 123, 1-3 Eylül, Samsun, 2016.

32. İshiaq A, Kabak YB, **İnal KS**, Karaca E, Özbakır BD, Sözmen M: Bir kedide periferik rip keratinize ameloblastom. VIII: Ulusal Veteriner Patoloji Kongresi, 121, 1-3 Eylül, Samsun, 2016.

33. **İnal KS**, Tanık ŞN: Kedilerde Yüksekten Düşme Sendromu Sonucunda Şekillenen Diyafram Fıtıklarının Retrospektif Değerlendirilmesi. 3.Veteriner Tıp Acil ve Yoğun Bakım TUVECCA Kongresi, Bildiri özetleri:65-66, 25-28 Nisan 2019, Belek, Antalya, 2019.

34. **İnal KS**, Memiş NB: Beş Köpekte Ateşli Silah Yaralanmasına Bağlı Meydana Gelen Kallus Komplikasyonları. 3.Veteriner Tıp Acil ve Yoğun Bakım TUVECCA Kongresi, Bildiri özetleri:78-79, 25-28 Nisan 2019, Belek, Antalya, 2019.

33. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Kedi ve köpeklerde travmatik diyafram fıtıkları, Petinfo Cerrahi Köşesi, Ağustos 2017.

34. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Kedi ve köpeklerde travmatik keratitler, Petinfo Cerrahi Köşesi, Eylül 2017.

35. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Köpeklerde dış kulak yolu muayenesi ve sık karşılaşılan hastalıklarda tedavi protokolü, Petinfo Cerrahi Köşesi, Ekim 2017.

36. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Kedilerin aortik tromboembolizmi, Petinfo Cerrahi Köşesi, Kasım 2017.

37. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Kedi ve köpeklerde sindirim sistemi yabancı cisimleri, Petinfo Cerrahi Köşesi, Aralık 2017.

38. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Köpeklerin dirsek displazisi,

Petinfo Cerrahi Köşesi, Ocak 2018.

39. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Kedilerin dejeneratif eklem hastalığı, Petinfo Cerrahi Köşesi, Şubat 2018.

40. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Evcil hayvanlarda bandaj komplikasyonları, Petinfo Cerrahi Köşesi, Mart 2018.

41. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Evcil hayvanlarda açık kırıklara yaklaşım, Petinfo Cerrahi Köşesi, Nisan 2018.

42. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Evcil hayvanlarda mukosel (sialosel), Petinfo Cerrahi Köşesi, Mayıs 2018.

43. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Köpeklerde perineal fitik, Petinfo Cerrahi Köşesi, Haziran 2018.

44. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Genç kedi ve köpeklerde kırık sağaltımı, Petinfo Cerrahi Köşesi, Temmuz, 2018.

45. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Köpeklerde periodontal hastalık, Petinfo Cerrahi Köşesi, Ağustos 2018.

46. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Biyolojik osteosentez Bölüm –I, Petinfo Cerrahi Köşesi, Eylül 2018.

47. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Yılmaz MS: Biyolojik osteosentez Bölüm –II, Petinfo Cerrahi Köşesi, Ekim, 2018.

48. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Juvenil kedi ve köpeklerde nadir gözlenen ortopedik hastalıklar, Petinfo Cerrahi Köşesi, Kasım, 2018.

49. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Ön çapraz bağ kopuklarında kolay tanı, Petinfo Cerrahi Köşesi, Aralık 2018.

50. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Böbrek ve üreterlerin kontrast radyografi ile incelenmesi (Ekskretorik ürografi, IVU, IVP), Petinfo Cerrahi Köşesi, Ocak 2019.

51. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Kedi ve köpeklerde megakolon, Petinfo Cerrahi Köşesi, Şubat 2019.

52. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Brahiyosefalik solunum yolu sendromu, Petinfo Cerrahi Köşesi, Mart 2019.

53. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Kedi ve köpeklerde ortopedik cerrahilerde anestezi ve analjezi, Petinfo Cerrahi Köşesi, Nisan 2019.

54. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Okuler acil durumlar, Petinfo Cerrahi Köşesi, Mayıs 2019.
55. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Vasküler ring anomalisi, Petinfo Cerrahi Köşesi, Haziran 2019.
56. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Spinal travmalarda acil, Petinfo Cerrahi Köşesi, Temmuz 2019.
57. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Kedi ve köpeklerde vestibüler sendrom, Petinfo Cerrahi Köşesi, Ağustos 2019.
58. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Kedi ve köpeklerde genel ortopedik muayene, Petinfo Cerrahi Köşesi, Kasım 2019.
59. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Kedi ve köpeklerde pediatrik anestezi, Petinfo Cerrahi Köşesi, Aralık 2019.
60. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Pisi pisi otu kâbusu, Petinfo Cerrahi Köşesi, Ocak 2020.
61. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Köpeklerde bisipital tendosinovitis, Petinfo Cerrahi Köşesi, Şubat 2020.
62. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Geriatrik anestezi (Bölüm 1), Petinfo Cerrahi Köşesi, Mart 2020.
63. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Geriatrik anestezi (Bölüm 2), Petinfo Cerrahi Köşesi, Nisan 2020.
64. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Kedi ve köpeklerde ısırık yaraları, Petinfo Cerrahi Köşesi, Mayıs 2020.
65. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Kedi ve köpeklerde ateşli silah yaralanmaları, Petinfo Cerrahi Köşesi, Haziran 2020.
66. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Köpeklerde immün aracılı poliartritis, Petinfo Cerrahi Köşesi, Temmuz 2020.
67. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Köpeklerde panosteitis, Petinfo Cerrahi Köşesi, Ağustos 2020.
68. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Kedilerin pelvis kırıkları, Petinfo Cerrahi Köşesi, Eylül 2020.
69. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Scottish fold osteokondrodizplazi, Petinfo Cerrahi Köşesi, Ekim 2020.
70. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Kedilerin Kalça Displazisi, Petinfo Cerrahi Köşesi, Kasım 2020.

71. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S: Pannus, Petinfo Cerrahi Köşesi, Aralık 2020.

72. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S, Semerci Z, Acaroğlu M: Patellar luksasyon ırk predispozisyonları, Petinfo Cerrahi Köşesi, Ocak 2021.

73. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S, Semerci Z, Acaroğlu M: Kedilerde mandibula kırıkları, Petinfo Cerrahi Köşesi, Şubat 2021.

74. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S, Semerci Z, Acaroğlu M: Kedi ve Köpeklerde Görülen “Beyaz Göz” Hastalıklarında Doğru Tanı, Petinfo Cerrahi Köşesi, Mart 2021.

75. Yardımcı C, **İnal KS**, Özbakır BD, Göl M, Bağatır E, Yılmaz MS, Abadan S, Semerci Z, Acaroğlu M: Temporomandibular luksasyon, Petinfo Cerrahi Köşesi, Nisan 2021.

76. Özak A, **İnal KS**, Kedi ve köpeklerde baş ve boyun bölgesi radyografisi. Topal A, Gül Satar NY, Çeçen Ayalp G, editörler. Kedi ve Köpeklerde Radyografik Tanı Yöntemleri ve Yorumlanması. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021. 5-18. (ISBN: 978-625-401-294-5)

77. Önyay T, **İnal KS**, Özak A. Köpeklerde nörolojik yutma bozuklukları. Gökçe AP, editör. Kedi ve Köpeklerde Gastrointestinal Hastalıklar. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021. 34- 38. (ISBN: 978-625-401-341-6)

Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

1. En iyi poster bildiri ödülü: Yardımcı C, Özak A, Önyay T, **İnal KS**: Bir köpekte diz eklemi tam çıkığının transartiküler hibrit eksternal fiksator ile onarılması. VOTDER, Veteriner Ortopedi ve Travmatoloji alanında en iyi bilimsel çalışma ödülü. XV. Ulusal & I. Uluslararası Türkiye Veteriner Cerrahi Kongresi, 11-14 Mayıs, Erzurum, 2016.

2. En iyi poster bildiri ödülü: Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD, Yardımcı C, Özak A: Paranasal sinüs tümörü olan iki kedide üç boyutlu bilgisayarlı tomografi bulgularının cerrahi planlama üzerine etkisi. Veteriner Onkoloji Derneği Bilim Ödülü, XV. Ulusal & I. Uluslararası Türkiye Veteriner Cerrahi Kongresi, 11-14 Mayıs, Erzurum, 2016.

3. En başarılı poster bildiri ödülü: Özak A, Yardımcı C, **İnal KS**, Önyay T, Özbakır BD: Bir Buzağıda Asimetrik Yapışık İkizlik Olgusunun Bilgisayarlı

Tomografi ile Görüntülenmesi ve Cerrahi Sağaltımı, 2nd International 16th National Veterinary Surgery Congress p: 290-291, September, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, Veteriner Cerrahi Derneği Ödülü, 2018.

4. En özgün araştırma ödülü: Yardımcı C, Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD, Özak A: Köpeklerin Açık Tam Talokrural Eklem Çıkıklarında Transartiküler Hibrit EksternalFiksator ile Sağaltımı, 2nd International 16th National Veterinary Surgery Congress p: 52-53, September, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, 2018.

5. En başarılı sözlü sunum ödülü: Önyay T, **İnal KS**, Özbakır BD, Sağlam K, Nisbet HÖ, Yardımcı C, Özak A: Atrezia Koli Olgularında kolonoskopik Tanı, 2nd International 16th National Veterinary Surgery Congress p: 72-73, September, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, Veteriner Cerrahi Derneği Ödülü 2018.

